



**II Congresso Brasileiro de
Produção Animal e Vegetal**

Produção Animal e Vegetal: Inovações e Atualidades Volume 2

Organizadores

Jackson Andson de Medeiros

Carolina Madazio Niro



AGRON FOOD
ACADEMY



**II Congresso Brasileiro de
Produção Animal e Vegetal**

Produção Animal e Vegetal: Inovações e Atualidades Volume 2

Organizadores
Jackson Andson de Medeiros
Carolina Madazio Niro



Venda proibida



Open access



Revisado por pares

EDITOR-CHEFE

Jackson Andson de Medeiros
Agron Food Academy

CORPO EDITORIAL

Carolina Madazio Niro
Jackson Andson de Medeiros

REVISÃO FINAL

Carolina Madazio Niro
Jackson Andson de Medeiros

CAPA

Carolina Madazio Niro

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
(Câmara Brasileira do Livro, SP, Brasil)

Congresso Brasileiro de Produção Animal e Vegetal
(2. : 2022 : Jardim do Seridó, RN)
II Congresso Brasileiro de Produção Animal
e Vegetal [livro eletrônico] : inovações e
atualidades : volume 2 / organização Jackson
Andson de Medeiros, Carolina Madazio Niro. --
1. ed. -- Jardim do Seridó, RN : Agron Food Academy,
2022.
PDF.

Vários autores.
Bibliografia.
ISBN 978-65-85062-03-9

1. Agricultura e tecnologias relacionadas
2. Adubação 3. Fisiologia 4. Irrigação 5. Nutrição
6. Produção vegetal 7. Zootecnia - Congressos
8. Zootecnia (Producao Animal) I. Medeiros,
Jackson Andson de. II. Niro, Carolina Madazio.

22-140146

CDD-636.08206

Índices para catálogo sistemático:

1. Produção animal e vegetal : Congresso 636.08206

Aline Grazielle Benitez - Bibliotecária - CRB-1/3129

 **10.53934/9786585062039**

**Todas as opiniões e textos presentes neste livro são de inteira
responsabilidade de seus autores e coautores.**

Agron Food Academy
agronfoodacademy.com

Apresentação

Este livro reúne os trabalhos aprovados no II Congresso Brasileiro de Produção Animal e Vegetal, organizado pela Agron Food Academy.

Os trabalhos estão organizados nas modalidades de pesquisa e revisão de literatura distribuídos conforme os eixos temáticos do evento, que incluíram as áreas: Adubação, nutrição de plantas e manejo de irrigação, Fisiologia vegetal e pós-colheita de frutos, Forragicultura e pastagem, Genética e melhoramento animal, Identificação e controle de pragas, doenças e plantas invasoras, Nutrição animal, patologia e clínicas, Organismos do solo e insumos biológicos à agricultura, Pesquisa e desenvolvimento em alimentos de origem animal, Pesquisa e desenvolvimento em alimentos de origem vegetal, Produção animal e ambiente e Recursos pesqueiros e aquicultura.

Esperamos que apreciem a leitura dos trabalhos aqui apresentados!

Comissão Avaliadora

Alice Pereira Lourenson

Antonio Rogerio Rosa Ness

Betina Bueno Peres

Bruna Antunes

Bruna Trindade Paim

Carolina Madazio Niro

Eduarda Caetano Peixoto

Estefani Tavares Jansen

Estefania Julia Dierings de Souza

Felipe Nardo dos Santos

Idael Matheus Gões Lopes

Igor Henrique de Lima Costa

Izadora Perez

Jackson Andson de Medeiros

Janaina Vilella Goveia

Josinaldo Lopes Araujo Rocha

Leticia Bueno dos Santos

Liciane Oliveira da Rosa

Luiz Filipe Pereira

Maria Betânia Galvão dos Santos Freire

Railene Hérica Carlos Rocha Araújo

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	21
MICROPLÁSTICO NO TRATO INTESTINAL DO PEPINO DO MAR <i>Holothuria (Halodeima) grisea</i> Selenka 1867	
Anna Rafaela Rodrigues dos Santos  ; Maria Helena Sousa Lima 	
CAPÍTULO 2	33
EFEITO DO SISTEMA DE VENTILAÇÃO AUTOMÁTICO NO CONFORTO TÉRMICO DE VACAS LEITEIRAS EM COMPOST BARN	
Frederico Márcio Corrêa Vieira  ; Matheus Deniz  ; Karolini Tenffen de Sousa  ; Jucemara Aparecida Rosler  ; Kátia Atoji-Henrique 	
CAPÍTULO 3	44
A BOVINOCULTURA DE CORTE FRENTE AO PARASITISMO: REVISÃO DE LITERATURA	
Isabela de Almeida Cipriano* ¹ ; Giordani Mascoli de Favare ¹ ; Tábata Alves do Carmo ² ; Mateus Oliveira Mena ³ ; Gabriel Jabismar Guelpa ¹ ; Ricardo Velludo Gomes de Soutello ⁴ .	
CAPÍTULO 4	52
Suplementação de bovinos no período das águas	
Ana Claudia da Costa  *; Raquel de Mattos Cazonato  ; Alessandra Schaphauser Rosseto Fonseca  ; Jéssica Coutinho Mezzomo da Silva  ; Shirlei Pereira Camargo  ; Carla Heloisa Avelino Cabral  ; Carlos Eduardo Avelino Cabral 	
CAPÍTULO 5	63
PECUÁRIA DE CORTE: USO DE ÓLEOS ESSENCIAIS NA MANIPULAÇÃO DA FERMENTAÇÃO RUMINAL	
Alessandra Schaphauser Rosseto Fonseca  ; Ana Claudia da Costa  ; Luciano da Silva Cabral  ; Rosemary Lais Galati  ; Farah Arruda Petter  ; Jhonathann Willian Furquin da Silva  ; Vinícius Patrick Silva Souza 	

CAPÍTULO 6 **79**

PROPOSTA DE IMPLANTAÇÃO DO PASTOREIO RACIONAL VOISIN E RECUPERAÇÃO DE MATA CILIAR EM PROPRIEDADE AGRÍCOLA DO MUNICÍPIO DE SÃO MARTINHO - SC

André Steiner Vieira ; Mirian Cristina Feiten 

CAPÍTULO 7 **92**

PROBIÓTICOS, PREBIÓTICOS E SIMBIÓTICOS NA AVICULTURA: REVISÃO DE LITERATURA

Júlio Cesar Lopes Brasileiro ; João Marcos Monteiro Batista ; Allan Gabriel Ferreira Dias ; Alison Batista Vieira Silva Gouveia ; Lorrayne Moraes de Paulo ; Fernando Ariel Moura Aranha ; Julia Marixara Sousa da Silva 

CAPÍTULO 8 **108**

UTILIZAÇÃO DE IVERMECTINA SOB DIFERENTES VIAS DE ADMINISTRAÇÃO EM EQUINOS

Giordani Mascoli de Favare; Isabela de Almeida Cipriano; Mateus Oliveira Mena; Tábata Alves do Carmo; Gabriel Jabismar Guelpa; Dayane Sargento Romão; Ricardo Velludo Gomes de Soutello.

CAPÍTULO 9 **120**

CENÁRIO E REGULAMENTAÇÃO DA PRODUÇÃO DE LEITE ORGÂNICO NO BRASIL: REVISÃO

Joice Fátima Moreira Silva ; Maria Isabela Moreira Silva ; Bruna Vieira Alonso ; Larissa de Souza Valladares ; Carolina Schettino Kegele ; João Batista Ribeiro ; Geraldo Márcio da Costa 

CAPÍTULO 10 **134**

AQUAPONIA: A INTEGRAÇÃO ENTRE PEIXES E PLANTAS: REVISÃO DE LITERATURA

Diana Carla Fernandes Oliveira ; Renan Rosa Paulino ; Pedro Teodoro da Silva ; Rafael Antônio Borges ; José Irineu Inácio ; Rafaela Ramos Soares ; Rilke Tadeu Fonseca de Freitas 

CAPÍTULO 11 **148**

ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÔMICA DA CADEIA PRODUTIVA DA PISCICULTURA NO BRASIL

Bruna Caus Rothmann ; Fábio Londero ; Heitor Spagnol ; Juliana Ferreira Menezes ; Marieli Rosseto 

- CAPÍTULO 12** **160**
ENRAIZAMENTO DE ESTACAS CAULINARES DE *Mucuna Bennettii* E *Strongylocodon Macrobotrys* TRATADAS COM ÁCIDO INDOL BUTÍRICO
Leandro Miranda de Almeida ; João Sebastião de Paula Araujo ; Tarcisio Rangel do Couto 
- CAPÍTULO 13** **170**
CARACTERÍSTICAS COMERCIAIS DE FRUTAS NÃO-CLIMATÉRICAS NO MUNICÍPIO DE CHAPADINHA-MA
Lucianne Martins Lobato ; Giselly Martins Lobato ; Cyntia Airagna Fortes dos Santos ; Antonio Deusimar Oliveira de Sousa Junior ; Juliana Aljahara Sousa do Nascimento ; Gênesis Alves Azevedo 
- CAPÍTULO 14** **179**
PERDAS PÓS-COLHEITAS DE FRUTAS CLIMATÉRICAS NO MUNICÍPIO DE MATA ROMA - MA.
Cyntia Airagna Fortes dos Santos ; Lucianne Martins Lobato ; Antônio Deusimar Oliveira de Sousa Junior ; Giselly Martins Lobato ; Gênesis Alves de Azevedo 
- CAPÍTULO 15** **187**
UTILIZAÇÃO DE REGULADORES VEGETAIS NA AGRICULTURA
Djanildo Francisco da Silva Júnior ; Ivanildo Pereira de Mendonça Filho ; Lindemberg Timóteo dos Santos ; Gardênia Maul de Andrade ; Thyago Augusto Medeiros Lira ; Mileny dos Santos de Souza 
- CAPÍTULO 16** **200**
AVANÇO NA UTILIZAÇÃO DE FILMES E REVESTIMENTOS COMESTÍVEIS COM AÇÃO ANTIMICROBIANA NA CONSERVAÇÃO DE FRUTAS E HORTALIÇAS: UMA REVISÃO
Rosenildo dos Santos Silva ; Amélia Ruth Nascimento Lima ; Dilson Cristino da Costa Reis ; Larissa Morais Ribeiro da Silva 
- CAPÍTULO 17** **216**
SECAGEM FOAM-MAT DE MARACUJÁ
Hana Aparecida Pereira da Silva Prado ; Isabela Souza Borges ; Palloma Piovanelli de Souza Santos ; Amanda Araújo Rodrigues de Rezende ; Ellen Godinho Pinto 

CAPÍTULO 18	222
POTENCIAL ANTIMICROBIANO DO ÓLEO ESSENCIAL DE ORÉGANO (<i>Origanum vulgare</i> L.) E SUA APLICAÇÃO EM ALIMENTOS Alef Goes Costa; Letícia Campos Ferreira; Claudia Dorta; Elke Shigematsu; Juliana Audi Giannoni	
CAPÍTULO 19	232
QUALIDADE DE GOIABAS ‘PALUMA’ SUBMETIDAS AO RECOBRIMENTO COM POLÍMEROS COMESTÍVEIS Wélida Cristina Dantas Venceslau  ; Diego Eduardo da Silva  ; Adriana Ferreira dos Santos  ; Julia Medeiros Bezerra  ; Maíra Felinto Lopes 	
CAPÍTULO 20	245
POTENCIALIDADES E LIMITAÇÕES DO USO DA MANIÇOBA COMO FORRAGEM: REVISÃO DE LITERATURA Antônio Daniel Lima do Nascimento  ; Rafael Mateus Alves  ; Rossana Herculano Clementino 	
CAPÍTULO 21	260
EFEITO DO MANEJO DE PASTEJO SOBRE A COMPOSIÇÃO DA FORRAGEM, COMPORTAMENTO INGESTIVO E DESEMPENHO DE BOVINOS Bheatriz Resende Gomes  ; Bruna Karolayne Andrade Nogueira  ; Jéssica Heloiza Coutinho  ; Letícia Rosa Gasques  ; Carlos Eduardo Avelino Cabral  ; Carla Heloisa Avelino Cabral 	
CAPÍTULO 22	269
CARACTERÍSTICAS AGRONÔMICAS E NUTRICIONAIS DE GENÓTIPOS DE MILHETO João Vitor Araújo Ananias  ; Daniel Ananias de Assis pires  ; Marielly Maria Almeida Moura  ; Renê Ferreira Costa  ; Irisléia Pereira Soares de Sousa  ; Aladine de Assis Sousa  ; Thalía Cecilli Custódio e Silva 	
CAPÍTULO 23	280
ALTURA DE RESÍDUO E INTERVALO ENTRE A DESFOLHA E A ADUBAÇÃO NITROGENADA DO CAPIM MOMBAÇA. Gustavo Barbosa Alves Silva  ; Renata Batista da Silva  ; Lucas Delguingaro Gomes  ; Anderson Barros de Lima  ; Camila Fernandes Domingues Duarte  ; Carla Heloisa Avelino Cabral  ; Carlos Eduardo Avelino Cabral 	

CAPÍTULO 24 **288****ESTIMATIVA DE MASSA DE FORRAGEM DE BRAQUIÁRIAS POR MEIO DA ALTURA DO PASTO**

Rodrigo Schaurich Mativi Righi ; Luis Carlos Oliveira Borges ; Anna Cláudia Cardoso Paimel ; Letícia Nunes Vieira ; Camila Fernandes Domingues Duarte ; Carla Heloisa Avelino Cabral ; Carlos Eduardo Avelino Cabral 

CAPÍTULO 25 **295****SELETIVIDADE DE HERBICIDAS EM FESTUCAS (*Lolium arundinaceum*), AZEVÉM (*Lolium multiflorum*) E AVEIA (*Avena spp.*)**

Patricia Jacinta da Luz Nascimento ; Lucas Gabriel do Santos Nascimento ; Lucas Antônio Marin ; Marina Gonzatto de Castro ; Gabriela Quiezi ; Pedro Valério Dutra de Moraes 

CAPÍTULO 26 **304****INTERVALO ENTRE A DESFOLHA DO CAPIM BRS ZURI E A ADUBAÇÃO NITROGENADA**

Lucas Delguingaro Gomes ; Anderson Barros de Lima ; Lucas Matheus Barros Assis ; Aline Muller Motta ; Camila Fernandes Domingues Duarte ; Carla Heloisa Avelino Cabral ; Carlos Eduardo Avelino Cabral 

CAPÍTULO 27 **313****CARACTERÍSTICAS AGRONÔMICAS E NUTRICIONAIS DE GENÓTIPOS DE SORGO**

Isabella Almeida Martins ; Daniel Ananias de Assis pires ; Marielly Maria Almeida Moura ; Renê Ferreira Costa ; Leandra Cristina Soares Santos ; Mariana Rabelo Madureira ; Irisléia Pereira Soares de Sousa 

CAPÍTULO 28 **322****ADUBAÇÃO FOSFATADA NO CAPIM-MOMBAÇA**

Carlos Manoel Galvão Caldeira ; Camila Fernandes Domingues Duarte ; Anne Caroline Dallabrida Avelino ; Paulo Henrique Guimarães da Silva ; João Victor de Oliveira Barcelos ; Giovanna Pimentel Lima Peloi ; Carlos Eduardo Avelino Cabral 

- CAPÍTULO 29** **332**
ESTUDO DE EXTRATOS VEGETAIS PARA CONTROLE DE *Fusarium Oxysporum* ASSOCIADOS À CULTURA DO QUIABO (*Abelmoschus esculentus*. L. Moench)
Maria Helena Sousa Lima ; Anna Rafaela Rodrigues dos Santos 
- CAPÍTULO 30** **345**
EFEITOS DA NUTRIÇÃO SOBRE A FUNÇÃO TIREOIDIANA E DESEMPENHO DE ANIMAIS DE PRODUÇÃO: REVISÃO DE LITERATURA
Antônio Daniel Lima do Nascimento ; Juliano Martins Santiago ; Rossana Herculano Clementino 
- CAPÍTULO 31** **361**
COLINA COMO ADITIVO NA NUTRIÇÃO DE FRANGOS DE CORTE: REVISÃO DE LITERATURA
Allan Gabriel Ferreira Dias ; Alison Batista Vieira Silva Gouveia ; João Marcos Batista Monteiro ; Júlio Cesar Lopes Brasileiro ; Lorrayne Moraes de Paulo ; Valesca Ribeiro Lima ; Marcos Barcellos Café 
- CAPÍTULO 32** **368**
FARELO DE ALGODÃO NA ALIMENTAÇÃO DE FRANGOS DE CORTE E SUÍNOS: REVISÃO DE LITERATURA
Allan Gabriel Ferreira Dias ; Alison Batista Vieira Silva Gouveia ; João Marcos Batista Monteiro ; Júlio Cesar Lopes Brasileiro ; Lorrayne Moraes de Paulo ; Valesca Ribeiro Lima ; Rogério Marcos da Silva Junior 
- CAPÍTULO 33** **380**
FARINHA DE INSETO COMO ALIMENTO NUTRACÊUTICO PARA ANIMAIS: REVISÃO DE LITERATURA
Diana Carla Fernandes Oliveira ; Letícia Tavares Martins ; Anderson Henrique Venâncio ; Renan Rosa Paulino ; Matheus Ribeiro Galuppo ; Ana Carolina Morais Lima ; Rilke Tadeu Fonseca de Freitas 

CAPÍTULO 34 **393****SUPLEMENTAÇÃO PROTEICA NA RECRIA DE BOVINOS EM PASTEJO NA ESTAÇÃO SECA**

Tiago Gonçalves Cuissi ; Jossanya Benilsy dos Santos Silva Castro ; Caroline Chaves Moraes ; Cristiano Rezende Garcia ; Luiz Guilherme Santos de Oliveira ; Carla Heloisa Avelino Cabral ; Carlos Eduardo Avelino Cabral 

CAPÍTULO 35 **404****PROBIÓTICOS NA ALIMENTAÇÃO DE FRANGOS DE CORTE E POEDEIRAS: REVISÃO DE LITERATURA**

Lorrayne Moraes de Paulo ; Alison Batista Vieira Silva Gouveia ; Allan Gabriel Ferreira Dias ; João Marcos Monteiro Batista ; Natiele Ferraz de Oliveira ; Cibele Silva Minafra ; José Henrique Stringhini 

CAPÍTULO 36 **416****FARINHA DE SEMENTE DE ABÓBORA NA ALIMENTAÇÃO DE GALINHAS EM FASE DE POSTURA**

Édina de Fátima Aguiar ; Talitha Kássia Alves dos Santos Dessimoni ; Joashlenny Alves de Oliveira ; Amauri Felipe Evangelista ; Yasmim Gonçalves Lacerda ; Valéria Quintana Cavicchioli ; André Gomes Faria 

CAPÍTULO 37 **430****SILAGEM E CASCA DE SOJA NA DIETA DE VACAS LEITEIRAS NO PERÍODO DE RESTRIÇÃO HÍDRICA**

Jéssica Coutinho Mezzomo da Silva ; Rodrigo Schaurich Mativi Righi ; Letícia Nunes Vieira ; Yara Stefani da Silva ; Isis Scatolin de Oliveira ; Carlos Eduardo Avelino Cabral ; Carla Heloisa Avelino Cabral 

CAPÍTULO 38 **447****FITASE NA NUTRIÇÃO DE AVES DE CORTE E POSTURA: REVISÃO DE LITERATURA**

Alison Batista Vieira Silva Gouveia *¹; Lorrayne Moraes de Paulo ¹; Allan Gabriel Ferreira Dias ¹; João Marcos Monteiro Batista ; Júlio César Lopes Brasileiro ; Cibele Silva Minafra ; José Henrique Stringhini 

CAPÍTULO 39 **463****BIOQUÍMICA CLÍNICA DE ENZIMAS DO SANGUE, FÍGADO, PÂNCREAS E ESTRESSE OXIDATIVO DE FRANGO DE CORTE: REVISÃO DE LITERATURA**

Alison Batista Vieira Silva Gouveia ; Lorryne Moraes de Paulo ; Allan Gabriel Ferreira Dias ; João Marcos Monteiro Batista ; Júlia Marixara Sousa da Silva ; Fabricio Eumar de Sousa ; Cibele Silva Minafra 

CAPÍTULO 40 **480****INFECÇÃO HELMÍNTICA POR *Strongylus vulgaris* EM EQUINOS E MEIOS DE DIAGNÓSTICOS**

Mateus Oliveira Mena ; Tábata Alves do Carmo ; Giordani Mascoli de Favare ; Isabela de Almeida Cipriano ; Gabriel Jabismar Guelpa ; Ricardo Velludo Gomes de Soutello 

CAPÍTULO 41 **488****INFLUÊNCIA DO TRATAMENTO ANTI-HELMÍNTICO EM BOVINOS CRIADOS SOB SISTEMA DE CONFINAMENTO**

Mateus Oliveira Mena ; Tábata Alves do Carmo ; Isabela de Almeida Cipriano ; Giordani Mascoli de Favare ; Gabriel Jabismar Guelpa ; Ricardo Velludo Gomes de Soutello 

CAPÍTULO 42 **503****FORMAS FÍSICAS DE RAÇÕES PARA AVES: REVISÃO DE LITERATURA**

Lorryne Moraes de Paulo ; Alison Batista Vieira Silva Gouveia ; Allan Gabriel Ferreira Dias ; João Marcos Monteiro Batista ; Júlio César Lopes Brasileiro ; Fayane Morais Vieira ; Cibele Silva Minafra 

CAPÍTULO 43 **522****POTENCIAL PRODUTIVO DOS PRODUTORES DE LEITE DO SUDESTE PARAENSE**

Rosilene da Costa Porto de Carvalho ; Flavia Naiane de Macedo Santos ; Thanna Aryella Martins de Carvalho ; Cibelle Christine Brito Ferreira ; Caio Felipe Cavalcante Dantas ; Mariuza Barbosa da Silva Neiva 

CAPÍTULO 44 **533****PROSPECÇÃO DE BACTÉRIAS ÁCIDO LÁTICAS RESISTENTES AO ESTRESSE TÉRMICO**

Larissa de Souza Valladares ; Carolina Schettino Kegele ; Joice Fátima Moreira Silva ; Bruna Vieira Alonso ; Italo Perrone ; Joao Batista Ribeiro 

CAPÍTULO 45 **545****ANÁLISES DE QUALIDADE DO LEITE CRU COMERCIALIZADO EM MUNICÍPIOS DO ALTO OESTE POTIGUAR, RN, BRASIL**

Bruno Fonsêca Feitosa ; Emanuel Neto Alves de Oliveira ; Jennifer Viviany dos Santos Fonseca ; Regilane Marques Feitosa ; Pedro Victor Crescêncio de Freitas ; Francisco Lucas Chaves Almeida ; Álvaro Gustavo Ferreira da Silva 

CAPÍTULO 46 **552****EMBALAGENS ATIVAS APLICADAS NA CONSERVAÇÃO DE ALIMENTOS DE ORIGEM ANIMAL**

Laura Martins Fonseca ; Eduarda Caetano Peixoto ; Francine Tavares da Silva ; Estefani Tavares Jansen ; Alvaro Renato Guerra Dias ; Elessandra da Rosa Zavareze 

CAPÍTULO 47 **563****COMPARAÇÃO SENSORIAL E MICROBIOLÓGICA DE CARNES FRESCAS BOVINAS COM COBERTURAS COMESTÍVEIS ADICIONADAS DE ÓLEOS ESSENCIAS OU PROBIÓTICO**

Elke Shigematsu ; Milena Rodrigues da Silva ; Natália Saito Arashiro ; Victória Magalhães Dolci ; Claudia Dorta ; Leandro Repetti ; Marie Oshiiwa 

CAPÍTULO 48 **575****POTENCIAL TECNOLÓGICO DE BACTÉRIAS ÁCIDO LÁTICAS COMO BIOCONSERVANTES: REVISÃO DE LITERATURA**

Carolina Schettino Kegele¹ ; Larissa de Souza Valladares ; Joice Fátima Moreira Silva ; Bruna Vieira Alonso ; João Batista Ribeiro 

- CAPÍTULO 49** **586**
CORANTES SINTÉTICOS EM ALIMENTOS INFANTO-JUVENIS:
INGREDIENTES ATRATIVOS COM SÉRIAS IMPLICÂNCIAS PARA A SAÚDE
PUBLICA
Flavia Maria Vasques Farinazzi Machado ; Renata Bonini Pardo ; Juliana
Audi Giannoni 
- CAPÍTULO 50** **598**
MECANISMOS DE DEFESA DO TOMATEIRO À ARTRÓPODES-PRAGA:
REVISÃO DE LITERATURA
Marcela Padilha Iastremski ; Cristiane Hauck Wendel 
- CAPÍTULO 51** **607**
ESTABILIDADE FÍSICO-QUÍMICA DE GRUMIXAMA PASSAS
Joice Any Alves Urzêda ; Fellype Alves Rodrigues ; Ellen Godinho Pinto ;
Wiaslan Figueiredo Martins ; Ana Paula Stort Fernandes ; Dayana Silva
Batista Soares 
- CAPÍTULO 52** **612**
DESAFIOS NA PRODUÇÃO E MELHORAMENTO GENÉTICO DO
MORANGUEIRO: REVISÃO DE LITERATURA
Cristiane Hauck Wendel ; Marcela Padilha Iastremski 
- CAPÍTULO 53** **626**
COMPOSTOS FENÓLICOS EM NOZ PECAN: UMA REVISÃO
Tatiane Jéssica Siebeneichler 
- CAPÍTULO 54** **638**
UTILIZAÇÃO DO MÉTODO DE REDE *CHECK-ALL-THAT-APPLY* (CATA) E
ACEITAÇÃO SENSORIAL DE CHIPS DE COCO CONDIMENTADOS
Maria de Fatima de Medeiros Garcia ; Maíra Felinto Lopes ; Rayane Nobrega
Lima ; Valkiria Gonçalves de Lima ; Vitória Larissa Melquiádes da Silva 

- CAPÍTULO 55** **647**
PERFIL MINERAL DE *BLEND* DE POLPAS DE MELANCIA E ACEROLA
Leiliane Silva Lopes Lima ; Joan Carlos Alves Pereira ; Thalís Leandro Bezerra de Lima ; Daniela Dantas de Farias Leite ; Rossana Maria Feitosa de Figueirêdo ; Alexandre José de Melo Queiroz 
- CAPÍTULO 56** **654**
ANÁLISE SOBRE A CADEIA PRODUTIVA DO BIODIESEL A PARTIR DA MAMONA NO ESTADO DO TOCANTINS
Caio Felipe Cavalcante Dantas ; Cibelle Christine Brito Ferreira ; Flávia Naiane de Macedo Santos ; Rosilene da Costa Porto de Carvalho ; Thiago Magalhães de Lázari ; Severino José de Paulo Neto 
- CAPÍTULO 57** **663**
EMBALAGENS NA CONSERVAÇÃO DE FRUTAS E HORTALIÇAS MINIMAMENTE PROCESSADAS
Laura Martins Fonseca ; Elder Pacheco da Cruz ; Felipe Nardo dos Santos ; Juliani Buchveitz Pires ; Alvaro Renato Guerra Dias ; Elessandra da Rosa Zavareze 
- CAPÍTULO 58** **674**
INFLUÊNCIA DAS CARACTERÍSTICAS NÃO SENSORIAIS NA ACEITAÇÃO SENSORIAL DE ALIMENTOS E BEBIDAS
Vanessa Caroline de Oliveira ; Érica Nascif Rufino Vieira 
- CAPÍTULO 59** **684**
ELABORAÇÃO DE KOMBUCHA ADICIONADA DE PIMENTA DEDO-DE-MOÇA (*Capsicum baccatum*) COM HIBISCO (*Hibiscus sabdariffa* L.) E ERVA-MATE (*Ilex paraguariensis*): AVALIAÇÃO DO SEU POTENCIAL FÍSICO QUÍMICO E ANTIOXIDANTE
Isac Gonçalves de Oliveira ; Julia Fagundes Trojahn ; Fernanda Gubert de Souza ; Gabriela Avello Crepaldi ; Maria Lauren Deferrari Arrojo Freitas ; Pamela Haissa de Oliveira Sampaio ; Andressa Carolina Jacques 

CAPÍTULO 60 **694**

EXTRAÇÃO DE ÓLEO ESSENCIAL DA CASCA DE LARANJA 'PERA' (*Citrus sinensis* L. Osbeck) POR HIDRODESTILAÇÃO: AVALIAÇÃO DE RENDIMENTO E ATIVIDADE ANTIOXIDANTE

Fernanda Gubert de Souza ; Gabriela Avello Crepaldi ; Isac Gonçalves de Oliveira ; Pamela Haissa Oliveira Sampaio ; Rayssa Ferreira Rosso ; Caroline Costa Moraes ; Andressa Carolina Jacques 

CAPÍTULO 61 **702**

ELABORAÇÃO DE FARINHA A PARTIR DA CASCA DE LARANJA *PERA* (*Citrus sinensis* L Osbeck) E SEU POTENCIAL PARA DESENVOLVIMENTO DE NOVOS PRODUTOS: TEOR DE FIBRAS E ATIVIDADE ANTIOXIDANTE

Gabriela Avello Crepaldi ; Pamela Haissa de Oliveira Sampaio ; Isac Gonçalves de Oliveira ; Maria Lauren Deferrari Arrojo Freitas ; Rayssa Ferreira Rosso ; Catarina Motta de Moura ; Andressa Carolina Jacques 

CAPÍTULO 62 **713**

MOUSSE COM PROPRIEDADES PREBIÓTICAS ELABORADO A PARTIR DA BIOMASSA DE BANANA VERDE E CONSTRUÇÃO DE SUA TABELA DE INFORMAÇÃO NUTRICIONAL

Rayssa Ferreira Rosso ; Júlia Fagundes Trojahn ; Isac Gonçalves de Oliveira ; Maria Lauren Deferrari Arrojo Freitas ; Pamela Haissa Sampaio ; Andressa Carolina Jacques 

CAPÍTULO 63 **723**

DESENVOLVIMENTO DE BARRAS DE CEREAIS ADICIONADAS DE FARINHA DE CASCA DE LARANJA *PERA* (*Citrus sinensis*) E AVALIAÇÃO DE SEU POTENCIAL ANTIOXIDANTE

Pamela Haissa de Oliveira Sampaio ; Gabriela Avello Crepaldi ; Maria Lauren Deferrari Arrojo Freitas ; Rayssa Ferreira Rosso ; Catarina Motta de Moura ; Andressa Carolina Jacques 

CAPÍTULO 64 **732**

DIETAS VEGETARIANAS E *PLANT- BASED*: PREVENÇÃO CONTRA AS DOENÇAS CRÔNICAS NÃO TRANSMISSÍVEIS?

Elke Shigematsu ; Jessica Daniele Rodrigues Aguiar ; Valdir de Oliveira dos Santos ; Claudia Dorta ; Juliana Audi Giannoni ; Alda Maria Machado Bueno Otoboni ; Silvana Pedroso de Góes Favoni 

CAPÍTULO 65 **741****MICRO-ONDAS APLICADAS EM PRODUTOS DE ORIGEM VEGETAL – UMA REVISÃO**

Vanessa Caroline de Oliveira ; Érica Nascif Rufino Vieira 

CAPÍTULO 66 **751****FARINHA DA CASCA DO MARACUJÁ AMARELO: ELABORAÇÃO, CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA E APLICAÇÃO EM BISCOITOS DO TIPO MIGNON**

Amélia Ruth Nascimento Lima ; Maria Tereza Lucena Pereira ; Lorena Maria Freire Sampaio ; Vanessa Bordin Viera ; Aluizio Freire da Silva Junior ; Êmyle Myrelle Alves dos Santos ; Luciana de Siqueira Oliveira 

CAPÍTULO 67 **761****BOLO FUNCIONAL DE MAÇÃ ISENTO DE TRIGO, LEITE E AÇÚCARES ADICIONADOS**

Maria Lauren Deferrari Arrojo Freitas ; Gabriela Avello Crepaldi ; Isac Gonçalves de Oliveira ; Júlia Trojahn ; Rayssa Rosso ; Pamela Haissa Sampaio ; Andressa Carolina Jacques 

CAPÍTULO 68 **771****DESENVOLVIMENTO DE BISCOITOS PARA CELÍACOS UTILIZANDO FARINHA DE POLPA PROVENIENTE DO BAGAÇO DE AZEITONA**

Rafaela Moura Rodrigues ; Andressa Carolina Jacques ; Catarina Motta de Moura 

CAPÍTULO 69 **783****POTENCIAL PRODUTIVO DOS HORTICULTORES DO SUDESTE PARAENSE**

Flavia Naiane de Macedo Santos ; Rosilene da Costa Porto de Carvalho ; Thanna Aryella Martins de Carvalho ; Cibelle Christine Brito Ferreira ; Caio Felipe Cavalcante Dantas ; Mariuza Barbosa da Silva Neiva 

CAPÍTULO 70 **792****DESENVOLVIMENTO DE BEBIDA ALCOÓLICA FERMENTADA A PARTIR DO APROVEITAMENTO DO RESÍDUO DE ABACAXI**

Lia Lucia Sabino ; Maurício Bonatto Machado de Castilhos 

- CAPÍTULO 71** **808**
DESEMPENHO PRODUTIVO DE CULTIVARES DE SOJA NA REGIÃO DE ASSIS, ESTADO DE SÃO PAULO, NA SAFRA 2021/2022
Sergio Doná ; Marcia Marise de Freitas Cação Rodrigues ; Éverton Luís Finotto 
- CAPÍTULO 72** **821**
COMPOSIÇÃO DE PIMENTA ROSA (*Schinus terebinthifolius* Raddi), ATIVIDADES BIOLÓGICAS, ENCAPSULAMENTO E APLICAÇÕES EM ALIMENTOS: UMA REVISÃO
Tatiane Jéssica Siebeneichler ; Eduarda Caetano Peixoto ; Bruna da Fonseca Antunes ; Vanessa Galli ; Cesar Valmor Rombaldi 
- CAPÍTULO 73** **834**
DESIDRATAÇÃO OSMÓTICA DE FATIAS DE MAMÃO EM DIFERENTES AGENTES OSMÓTICOS
Marina Macêdo Fernandes ; Aline Dias de Oliveira ; Dyego da Costa Santos ; João Paulo de Lima Ferreira ; Thalís Leandro Bezerra de Lima 
- CAPÍTULO 74** **847**
CARACTERIZAÇÃO FÍSICA E FÍSICO-QUÍMICA DE CASTANHOLA EM DIFERENTES ESTÁDIOS DE MATURAÇÃO
Yasmin Jaine Alves de Lucena ; Maíra Felinto Lopes ; Rayane Nobrega Lima ; Valkiria Gonçalves de Lima ; Juvêncio Olegário de Oliveira Neto 
- CAPÍTULO 75** **856**
FRUTO DA CASTANHOLA: ESTUDO DE SEUS COMPOSTOS BIOATIVOS EM DIFERENTES ESTÁGIOS DE MATURAÇÃO
Yasmin Jaine Alves de Lucena ; Alison dos Santos Oliveira ; Juvêncio Olegário de Oliveira Neto ; Maíra Felinto Lopes ; Vitória Larissa Melquíades da Silva 
- CAPÍTULO 76** **866**
ELABORAÇÃO DE FARINHA A PARTIR DE RESÍDUO CERVEJEIRO
Isabele de Reis Siqueira ; Mariana Sodré Castrillon ; Káren Maciel Pires ; Andressa Carolina Jacques ; Catarina Motta de Moura 

- CAPÍTULO 77** **874**
A IMPORTÂNCIA DAS PLANTAS ALIMENTÍCIAS NÃO CONVENCIONAIS
NA SOCIEDADE: REVISÃO DE LITERATURA
Ana Clara Caetano Menditi 
- CAPÍTULO 78** **881**
CARACTERIZAÇÃO E ESTABILIDADE DE BANANA D'ANGOLA
PRODUZIDA POR SECAGEM OSMO-CONVECTIVA
Aline Dias de Oliveira ; Marina Macêdo Fernandes ; Dyego da Costa Santos
; João Paulo de Lima Ferreira ; Thalís Leandro Bezerra de Lima 
- CAPÍTULO 79** **892**
AMIDO – UMA ABORDAGEM ACERCA DA COMPOSIÇÃO, ESTRUTURA,
PROPRIEDADES, MODIFICAÇÃO E APLICAÇÃO
Poliana Sander Ferreira ; Eveline Lopes Almeida 
- CAPÍTULO 80** **909**
ELABORAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DE FARINHAS DE
CASCAS DE MELÃO (*Cucumis melo L.*) DESIDRATADAS OSMOTICAMENTE
E POR SECAGEM CONVECTIVA
Maria Tereza Lucena Pereira ; Amélia Ruth Nascimento Lima ; Vera Solange
de Oliveira Farias ; Aluízio Freire da Silva Júnior ; Vanessa Bordin Vieira 
; Raíra da Silva Campos ; Camila Araújo Costa Lira 
- CAPÍTULO 81** **919**
DETERMINAÇÃO DO PERFIL FÍSICO-QUÍMICO DOS VINHOS DO SUL DE
MINAS GERAIS
Matheus Felipe de Oliveira Silva ; Maurício Bonatto Machado de Castilhos 
- CAPÍTULO 82** **927**
REVISÃO DE LITERATURA A RESPEITO DA NUTRIÇÃO E DA
TOLERÂNCIA DE PLANTAS DE FEIJÃO SOB ESTRESSE BIÓTICO E
ABIÓTICO
Cibelle Christine Brito Ferreira; Clauber Rosanova; Caio Felipe Cavalcante
Dantas; Flávia Naiane Macedo Santos; Rosilene da Costa Porto de Carvalho;
Thanna Aryella Martins de Carvalho

CAPÍTULO 83 **941****ADUBAÇÃO ORGÂNICA COMO ALTERNATIVA DE PRODUÇÃO DE MILHO (ZEA MAYS L.) NO BRASIL: REVISÃO DE LITERATURA**

Antonio Deusimar Oliveira de Sousa Junior ; Gênesis Alves de Azevedo 
; Lucianne Martins Lobato ; Giselly Martins Lobato ; Cyntia Airagna Fortes
dos Santos ; Gerson Freitas Vieira Neto ; Fernanda Mendonça Freitas 

CAPÍTULO 84 **951****USO DE POME (PALM OIL MILL EFFLUENT) COMO FONTE DE POTÁSSIO NA FERTIRRIGAÇÃO DE PASTAGEM**

Cíntia Cármen de Faria Melo ; Danilo Silva Amaral ; Luís César Dias
Drumond 

CAPÍTULO 85 **961****DESEMPENHO DE CULTIVARES DE ALFACE SUBMETIDAS A DIFERENTES REPOSIÇÕES HÍDRICAS**

Joan Carlos Alves Pereira ; Leiliane Silva Lopes Lima ; Thalís Leandro
Bezerra de Lima 

CAPÍTULO 86 **974****FONTES E DOSES DE FÓSFORO NO ESTABELECIMENTO DO CAPIM MOMBAÇA**

Gustavo Barbosa Alves Silva ; Danilo Guimarães Borges ; Anne Caroline
Dallabrida Avelino ; João Victor de Oliveira Barcelos ; Paulo Henrique
Guimarães da Silva ; Camila Fernandes Domingues Duarte ; Carlos Eduardo
Avelino Cabral 



ÁREA: Produção animal e ambiente

DOI: <https://doi.org/10.53934/9786585062039-1>

CAPÍTULO 1

MICROPLÁSTICO NO TRATO INTESTINAL DO PEPINO DO MAR *Holothuria (Halodeima) grisea* Selenka 1867

Anna Rafaela Rodrigues dos Santos *; Maria Helena Sousa Lima 

*Anna Rafaela Rodrigues dos Santos (Corresponding author) – Email: anna.rafs@hotmail.com

Resumo: Com o crescimento da pesca comercial do pepino mar *Holothuria (Halodeima) grisea*, principalmente para o consumo de países asiáticos, tem sido fundamental compreender a ecologia trófica desse animal. Com isso, objetivou-se verificar se o conteúdo intestinal de *Holothuria (Halodeima) grisea* coletados na Praia de Barra Grande, Cajueiro da Praia, Piauí possui microplástico. Nesta região *H. grisea* é encontrada em costões rochosos, substratos moles e em pradarias de capim agulha (*Halodule wrightii*). Os pepinos foram coletados em três áreas, denominadas: pradaria, área 1 (mais próximo a pradaria) e área 2 (mais distante da pradaria), essas duas últimas sendo áreas de recife de arenito intertidal. Os indivíduos foram dissecados, retirados os intestinos e submetidos a digestão química utilizando um ácido (HNO₃, 22,5 M) para realizar após, a análise microscópica para identificação dos fragmentos de plásticos. Estes dados foram analisados através do teste não-paramétrico de Kruskal-Wallis com nível de significância de 5% (0,05). A digestão química do conteúdo intestinal revelou microplásticos nos intestinos em todas as áreas de coletas, pertencentes as seguintes classes: fibras, péletes e filmes. Principalmente dos pepinos do mar que habitam regiões próximas a ocupação urbana, presença de turistas, ambulantes e pescadores.

Palavras-chave: Fragmentos de plásticos; ingestão; digestão química; Equinodermata; recife de arenito.

Abstract: With the growth of commercial fishing of the sea cucumber *Holothuria (Halodeima) grisea*, mainly for consumption in Asian countries, it has been essential to understand the trophic ecology of this animal. The aim of this study was to identify the presence of passively ingested microplastic from the local pollution in the intestinal contents of these animals collected at Praia de Barra Grande, Cajueiro da Praia, Piauí. At the study area, *H. grisea* is found in rocky shores, soft substrates and in seagrass (*Halodule wrightii*). Cucumbers were collected in three sites, named: named: seagrass, area 1 (closest to the seagrass meadow) and area 2 (further from the seagrass meadow), the latter two being areas of intertidal sandstone reef. The individuals were dissected, the intestines removed, and subjected to chemical digestion using an acid (HNO₃, 22.5 M) to perform afterwards, the microscopic analysis for identification of the plastic fragments. These data were analyzed using the Kruskal-Wallis non-parametric test with a significance level of 5% (0.05). Chemical digestion of the gut contents revealed microplastics in the intestines in all collection sites, belonging to the following classes:

fibers, pellets and films. Mainly from sea cucumbers that inhabit regions near urban occupation, presence of tourists, peddlers and fishermen.

Key words: Plastic fragments; ingestion; chemical digestion; Echinodermata; sandstone reef.

INTRODUÇÃO

Um dos problemas ambientais mais recorrentes nas últimas décadas nos mares é a poluição por plástico, item bastante corriqueiro em absolutamente tudo que utilizamos no dia a dia, desde nossas roupas até acidentalmente na alimentação, e no ar inalado (1) tanto dos seres humanos quanto dos animais marinhos em si. Pesquisas mais recentes já fizeram a detecção de microplásticos na placenta e sangue humano (2,3). De acordo com os dados da União Internacional para a Conservação da Natureza (IUCN), a produção de plástico oceânico é superior a 8 milhões de toneladas por ano (4), o que vem causando numeroso impacto ambiental e econômico.

Um dos mais relevantes riscos ambientais dos microplásticos é a sua biodisponibilidade para os organismos marinhos, pois devido a sua semelhança a alimentos, podem ser ingeridos e comprometer a funcionalidade dos sistemas digestivos (5). No entanto, microplásticos já foram encontrados no trato intestinal de diferentes animais, como em mamíferos marinhos: toninha *Phocoena phocoena*, golfinho de Risso *Grampus griseus*, baleia de bico de Cuvier *Ziphius cavirostris* e cachalote *Physeter macrocephalus* (6), em decápodes: *Nephrops norvegicus* (7), em tartarugas *Caretta caretta* (8), em invertebrados: *Mytilus galloprovincialis* (bivalve marinho), (9) em copépodes marinhos como *Acartia tonsa* (10) entre diversos outros animais, incluindo várias espécies costeiras utilizadas na alimentação humana (11).

Outro fator de risco é que, embora o consumo de microplásticos raramente mate os animais como observado por Galloway et al. (12), é possível dizer que muitos, principalmente invertebrados bentônicos, fazem a acumulação desses fragmentos em seus organismos e podem transferi-los na cadeia alimentar (13,14). Desta forma, ressaltamos que se trata de uma ameaça para toda cadeia trófica, pois além da toxicidade de contaminantes químicos, esses fragmentos podem transportar de outros poluentes.

Os pepinos do mar da espécie *Holothuria (Halodeima) grisea*, são equinodermos detritívoros bentônicos, comedores de depósito e sem seletividade alimentar (15). Na costa brasileira é a espécie mais abundante de pepino do mar, sendo encontrada desde o sul do estado de Santa Catarina até a região Nordeste, e registrada principalmente na zona litoral entremarés (16,17). No Piauí, pode ser encontrada nas áreas de recife de arenito ao longo da costa, incluído a Praia de Barra Grande, no município de Cajueiro da Praia-PI, onde a espécie ocorre em recifes de arenito e em vegetação marinha no mesolitoral. (18)

Esses animais estão sujeitos a ingerir acidentalmente microplásticos presentes nos depósitos disponíveis para sua alimentação no ambiente natural, afinal, os sedimentos são considerados os maiores depósitos desses plásticos (19), e encontram-se atualmente contaminados em todos os oceanos, inclusive nas regiões polares (20). Este fato consiste evidentemente em uma ameaça, não apenas para o animal, mas também para o ser humano que pode sofrer contaminação por transferência trófica, já que diversas espécies de pepino do mar fazem ingestão acidental de microplásticos e são comercializadas para alimentação humana por apresentar significativo valor nutricional (21, 22).

Devido a demanda de alto valor comercial nos mercados asiáticos para a gastronomia e farmacêutica, os pepinos do mar chegam custar centenas de dólares/kg. Este grupo vem recebendo crescente atenção de especialistas da aquicultura, e sido explorados através da captura de maneira intensiva e majoritariamente ilegal ou não regulada (23,24,25,26).

Os pepinos do mar vêm exercendo papel de bioindicadores no ambiente, devido a sua característica de não seletividade na alimentação, e aos consequentes riscos de ingestão de poluentes, como foi visto pela presença significativa dos fragmentos microplásticos nas espécies *Holothuria floridana*, *Holothuria mexicana* e *Actinopyga agassizi* analisadas por Plee T.A e Pomory (27), coletadas no ambiente natural Florida Keys, nos EUA.

Sua importância econômica é detectada através da pesca extrativista local em Barra Grande para exportação de países asiáticos gerando renda extra para os pescadores da região do litoral do Piauí, apresentando-se como um dos recursos econômicos mais importantes para a pesca costeira do Brasil (28, 29,30).

É relevante um estudo sobre a identificação de microplásticos presentes nos intestinos de *H. grisea*, pois servirá de base para o entendimento sobre a transferência trófica de microplástico no ambiente aquático, e na avaliação de processos interativos dos contaminantes em ambientes aquáticos. Além de ser uma utilidade pública para alertar focos de poluição em uma Área de Preservação Ambiental (APA), e precaução quanto quem fará o consumo desses animais.

MATERIAL E MÉTODOS

Área de estudo e coleta dos indivíduos

As amostras dos indivíduos de *H. grisea* (figura 1) foram coletadas na Praia de Barra Grande, no município de Cajueiro da Praia no litoral do Piauí (figura 2), localizada a uma latitude 02°55'40" sul e a uma longitude 41°20'10" oeste, estando a uma altitude de 10 metros. As coletas foram realizadas durante a maré de sizígia, período de máxima amplitude de maré em abril/2018, onde a espécie ocorre em recifes de arenito e em vegetação marinha no mesolitoral (pradaria).



Figura 1: Indivíduo de *H. grisea* coletado na praia de Barra Grande, Cajueiro da Praia-PI. Fonte: autoral.

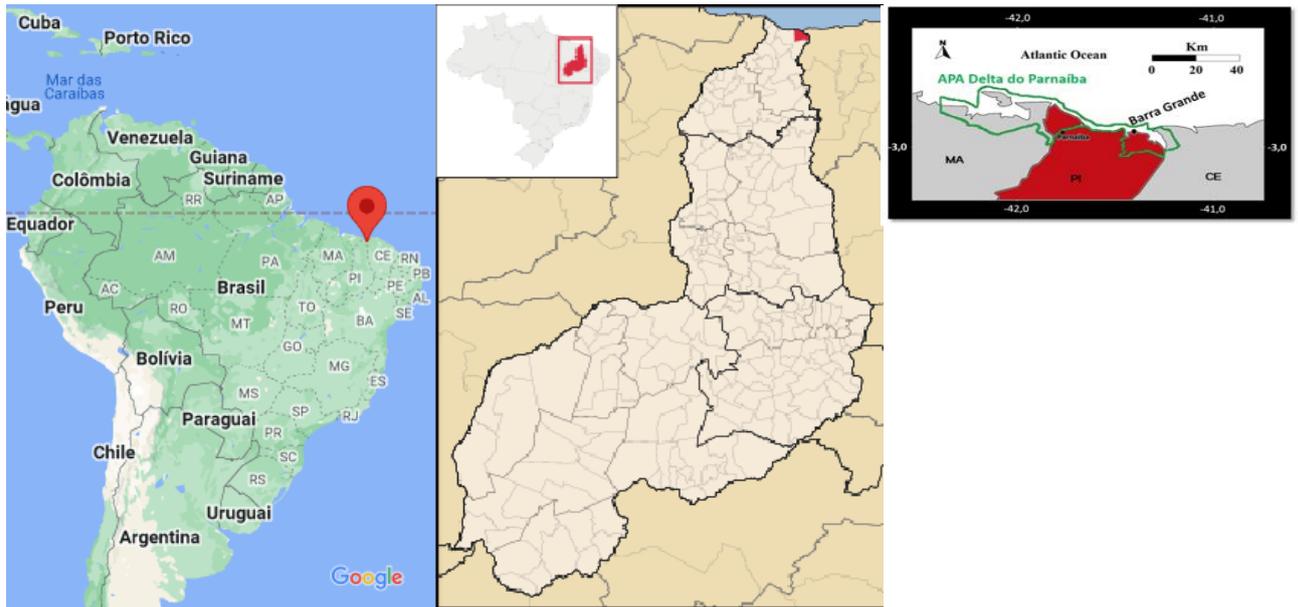


Figura 2: Área de estudo: Praia de Barra Grande. Fonte: AQUINO-SOUZA e GOMES-FILHO (2017)

O estudo foi feito em duas áreas de recife de arenito próximas a pradaria existente no local, e na própria pradaria, formada pela fanerógama marinha *Halodule wrightii* (figura 3a, 3b). A área de coleta para cada um dos pontos foi de 1 m².

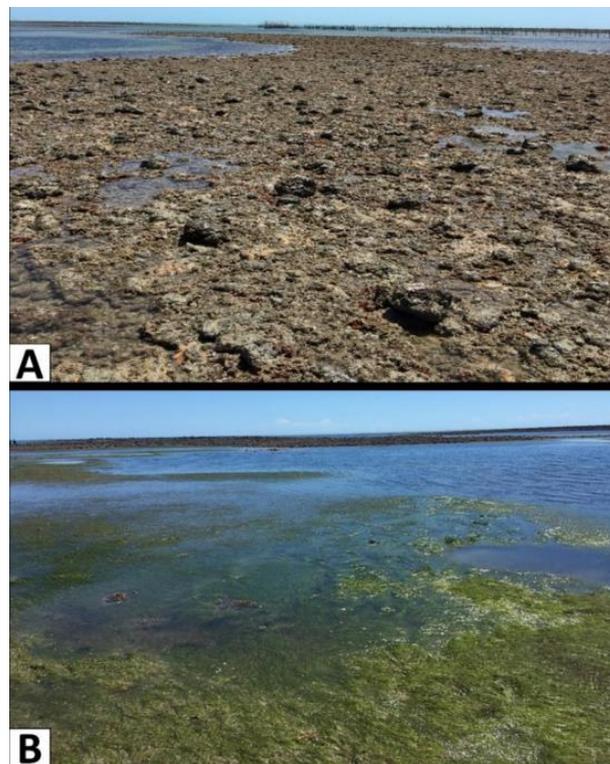


Figura 3: a) Áreas 1 e 2, recife de arenito onde os indivíduos foram coletados; b) Área de pradaria. Fonte: Autoral.

Denominadas de área 1, que se encontra mais próxima a pradaria sendo coberta pela maré quando ela sobe, possui ainda uma maior densidade de indivíduos e com os menores comprimentos. A área 2 estando mais distante da pradaria, na qual nunca é coberta pela maré, ocorrendo indivíduos maiores e com menor densidade dos mesmos (31). (figura 4)

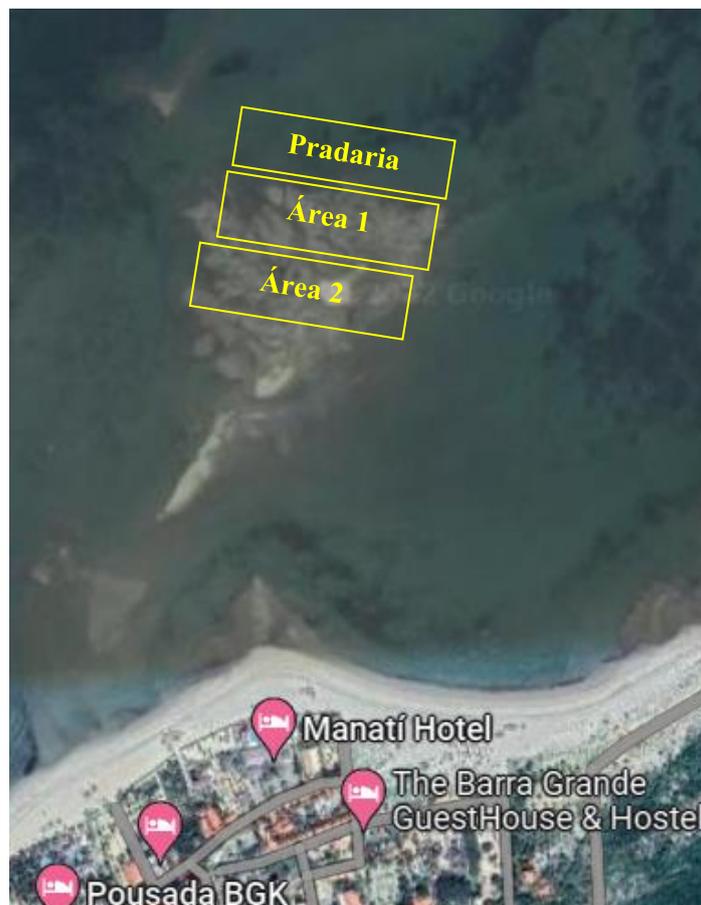


Figura 4: Vista superior da distribuição das áreas de coletas: pradaria, área 1 e área 2 na Praia de Barra Grande, no município de Cajueiro da Praia no litoral do Piauí. Fonte: Google Maps.

Análise dos microplásticos

Foram selecionados 5 intestinos de cada área em estudo de um lote de coleta (abril/2018), que após agrupadas as amostras o processo de digestão foi realizado baseado na metodologia de Claessens et al. (32) que resumindo se tratava no desenvolvimento da técnica de extração envolvendo a digestão química do tecido mole, utilizando um ácido (HNO_3 , 22,5 M) em temperatura ambiente, seguido por 2 h de ebulição ($\sim 100^\circ \text{C}$). A mistura resultante foi então diluída com água deionizada filtrada morna ($\sim 80^\circ \text{C}$) e filtrada a vácuo em um filtro de membrana de nitrato de celulose de $5\mu\text{m}$ imediatamente após a diluição.

Neste estudo, os intestinos foram dissecados e colocados seus conteúdos em tubos de ensaio de 10 ml. Em seguida, foi adicionado 5 ml de ácido nítrico 65% P.A em cada

tubo que ficou agindo por 24 horas. Após esse tempo, para garantir que todo o microplástico fosse retirado dos tubos, o material foi drenado com solução salina para as placas de *petri*. Porém, as adaptações no método consistiram no uso da solução salina com o objetivo de ajudar na visualização dos microplásticos que ficaram suspensos pela menor densidade. Posteriormente, levadas para a lupa com um papel fotográfico com coloração escura embaixo para classificação e contagem dos microplásticos. (figura 7 a,b,c,d,e, e f).

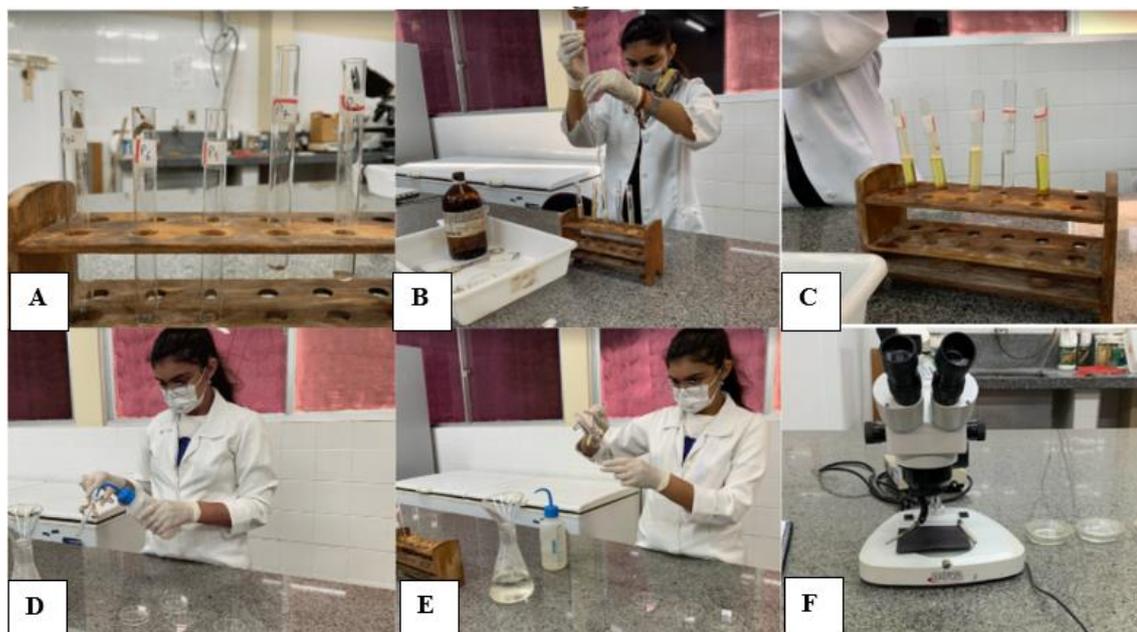


Figura 7: a) Conteúdo dos intestinos colocados em seus respectivos tubos de ensaio; b) Adição de 5 ml de ácido nítrico 65% P.A em cada tudo; c) O ácido fazendo a digestão por 24 horas; d) Inserção de solução salina para drenagem completa do conteúdo para as placas de Petri; e) Transferência da solução salina com o conteúdo para as placas de Petri; f) Análise e contagem dos microplásticos com auxílio de microscópio estereoscópico. Fonte: Autoral

Tratamento de dados e análise estatística

Os microplásticos foram agrupados em uma tabela por conseguintes classes: fibras (transparentes, azuis e vermelhas), peletes e filmes, com seus respectivos cálculos da média e desvio padrão de acordo com as respectivas áreas de coleta.

Foi utilizado o teste de Kruskal-Wallis para verificar as possíveis diferenças estatísticas dos microplásticos entre as áreas de estudo. Para as análises estatísticas foi considerado o nível de significância de 5% ($p < 0,05$). Todas as análises foram realizadas com o auxílio do programa Software Statística 8.0.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na análise microplástica apenas com o uso do microscópio estereoscópico houve limitações, na qual só foi possível identificar a ocorrência de fibras na dieta (Figura 14). Pois as fibras apresentavam maior visibilidade em virtude de seu maior comprimento e colorações chamativas como: azul e vermelha. A dificuldade da visualização dos

fragmentos de forma mais abrangente estava relacionada com a grande quantidade de itens não digeridos dos intestinos dos indivíduos.



Figura 14: Microplástico da classe de fibras na coloração azul e transparente, identificados na dieta do pepino do mar (*H.grisea*) coletado na praia de Barra Grande, Cajueiro da Praia-Piauí. Fonte: Autoral

Com isso, foi realizada a digestão do conteúdo intestinal com o uso de ácido nítrico (HNO_3) para isolar as partículas de microplásticos e melhorar a visualização, para que então fosse possível contabilizar além de fibras, péletes e filmes. (Figura 15). A presença de microplásticos no trato intestinal pode ser possível detectar com mais quantidade nesses animais de hábito bentônico, do que os pelágicos devido sua prática de buscar alimentos no próprio sedimento, assim ingerindo acidentalmente os detritos de microplásticos que estão presentes no ambiente.

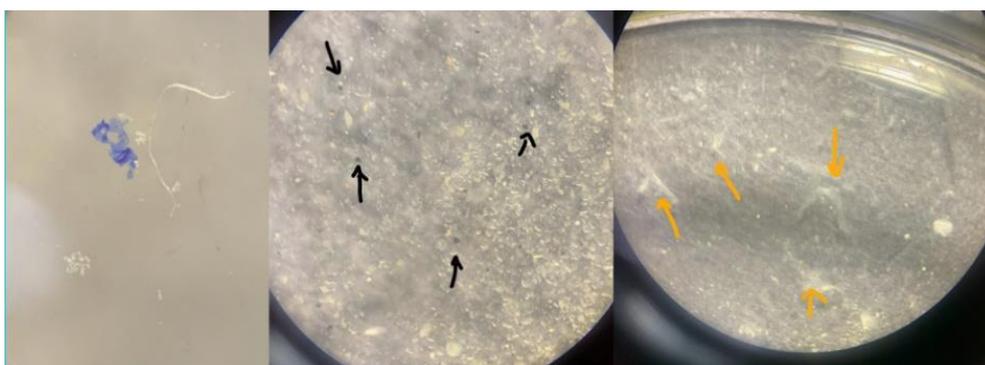


Figura 15: Microplástico da classe de fibras (seta em vermelho), péletes (setas em preto) e filmes (setas em amarelo), na identificação da dieta do pepino do mar (*H.grisea*) coletado na praia de Barra Grande, Cajueiro da Praia-Piauí. Fonte: Autoral

O trabalho mostrou que todos os habitats em estudo estão afetados por estes detritos, devido ao fato de o ambiente haver vínculo da proximidade de fontes antrópicas. Segundo a tabela 1 e figura 16, a quantidade de microplásticos da classe de péletes foram onipresentes e abundantes em todos os habitats sem haver diferença significativa, com as

seguintes médias: área 1= (\bar{X}) 18,5; área 2= (\bar{X}) 14,6 e pradaria (\bar{X}) 28,8. Os péletes que são esferas utilizadas para produção de plásticos menores (já vem bem degradado para o oceano) como microesferas esfoliantes em cosméticos e pellets (33), podendo ser proveniente de águas residuais das habitações existentes na praia de Barra Grande que podem ser descartadas no mar sem anteriormente o devido tratamento. A praia está situada em uma região que hospedam várias instalações de pousadas e chalés para os turistas, na qual concentra muitas pessoas e com isso, maior o uso de utensílios plásticos. Como também pode ser proveniente aglomerado com o principal item da dieta do *H. grisea*, a areia. Pois as maiores quantidades de pellets são encontradas nas areias das praias (34), que se mostrou presentes em todos os exemplares analisados independente da área de coleta, semelhante a areia.

Tabela 1: Número médio e desvio padrão das classes de microplásticos nos intestinos de indivíduos de *H. grisea* das três áreas de coleta da praia de Barra Grande, Cajueiro da Praia-PI, coletados em abril de 2018.

Local da amostra	Fibras		Fibras Azuis		Péletes	Filmes
	Transparentes	Fibras Vermelha	Fibras Azuis	Fibras Azuis		
Área 1						
Média	9,5	0,3	0,8	0,8	18,5	0,8
Desvio Padrão	3,9	0,5	1,5	1,5	6,6	1,0
Área 2						
Média	9,8	-	0,6	0,6	14,6	4,2
Desvio Padrão	4,4	-	0,9	0,9	11,9	2,6
Pradaria						
Média	3,6	-	-	-	28,8	10,2
Desvio Padrão	0,9	-	-	-	22,5	11,4

Fonte: Autoral

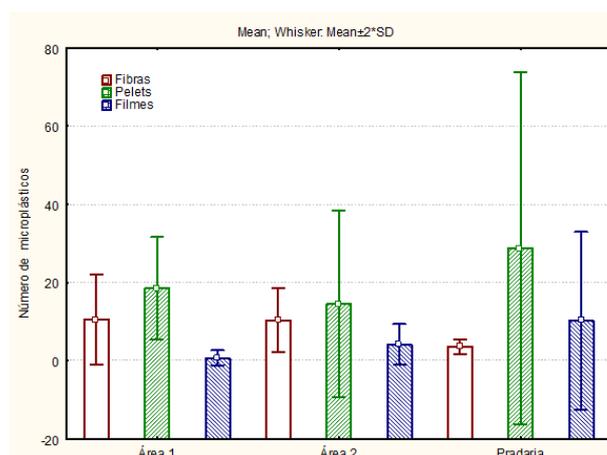


Figura 16: Número médio de microplásticos encontradas no intestino do pepino do mar (*H. grisea*) nas três áreas de coleta na praia de Barra Grande, Cajueiro da Praia-Piauí no mês de abril/2018. Fonte: Autoral

Os testes de Kruskal-Wallis indicaram que houve variação na abundância média de fibras e filmes em intestinos entre as áreas de coleta, mas não na abundância de pellets.

O número médio de fibras na área 1 e 2 apresentando medianas maiores ($H=9,312245$ $p=,0095$) foi significativamente maior, que estão relacionadas, por exemplo, aos materiais de pesca, fragmentos de sacolas, garrafas pets, que foram mais presentes nas áreas de recife (área 1 e área 2) que apresenta recorrente presença de turistas. Foi encontrado a presença de redes de pesca abandonadas e plástico de utensílios descartáveis em degradação pela radiação solar. Havendo ainda próximo a área de amostragem de coleta dos pepinos do mar um curral de pesca, podendo ser a fonte de origem das fibras.

Enquanto os filmes foram significativamente mais presentes na pradaria e área 2 ($H=6,760000$ $p=,0340$), em razão da degradação de embalagens proveniente dos turistas que frequentam o ambiente, como sacolas plásticas, que podem ficar retidas na vegetação da pradaria. Os filmes são de uso mais acentuado na agricultura, porém, quando fragmentados são facilmente escoados pela chuva e posteriormente escoados para o ambiente marinho (35)

CONCLUSÕES

O presente trabalho mostrou que microplástico estão presentes no conteúdo intestinal de *Holothuria (Halodeima) grisea* coletados na Praia de Barra Grande, Cajueiro da Praia, Piauí. Principalmente dos pepinos do mar que habitam regiões próximas a ocupação urbana, presença de turistas, ambulantes e pescadores.

Fibras, péletes e filmes são as categorias de microplásticos presentes no conteúdo intestinal de *H. grisea*.

REFERÊNCIAS

1. GASPERI, Johnny et al. Microplastics in air: are we breathing it in?. **Current Opinion in Environmental Science & Health**, v. 1, p. 1-5, 2018.
2. RAGUSA, Antonio et al. Plasticenta: First evidence of microplastics in human placenta. **Environment International**, v. 146, p. 106274, 2021.
3. Leslie, Heather A., et al. "Discovery and quantification of plastic particle pollution in human blood." *Environment international* 163 (2022): 107199.
4. IUCN, 2020. Disponível em: <https://www.iucn.org/theme/marine-and-polar>. Acesso em: 26/08/2022 às 21:32.
5. GALL, Sarah C.; THOMPSON, Richard C. The impact of debris on marine life. **Marine pollution bulletin**, v. 92, n. 1-2, p. 170-179, 2015.
6. ALEXIADOU, Paraskevi; FOSKOLOS, Ilias; FRANTZIS, Alexandros. Ingestion of macroplastics by odontocetes of the Greek Seas, Eastern Mediterranean: Often deadly!. **Marine pollution bulletin**, v. 146, p. 67-75, 2019.
7. HARA, Jenevieve; FRIAS, João; NASH, Róisín. Quantification of microplastic ingestion by the decapod crustacean *Nephrops norvegicus* from Irish waters. **Marine pollution bulletin**, v. 152, p. 110905, 2020.

8. DUNCAN, Emily M. et al. Microplastic ingestion ubiquitous in marine turtles. **Global change biology**, v. 25, n. 2, p. 744-752, 2019.
9. TRESTRAIL, Charlene et al. Microplastics alter digestive enzyme activities in the marine bivalve, *Mytilus galloprovincialis*. **Science of The Total Environment**, v. 779, p. 146418, 2021.
10. BAI, Zhuoan; WANG, Nan; WANG, Minghua. Effects of microplastics on marine copepods. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 217, p. 112243, 2021.
11. HANTORO, Inneke et al. Microplastics in coastal areas and seafood: implications for food safety. **Food Additives & Contaminants: Part A**, v. 36, n. 5, p. 674-711, 2019.
12. GALLOWAY, Tamara S.; COLE, Matthew; LEWIS, Ceri. Interactions of microplastic debris throughout the marine ecosystem. **Nature ecology & evolution**, v. 1, n. 5, p. 1-8, 2017.
13. SFRISO, Andrea Augusto et al. Microplastic accumulation in benthic invertebrates in Terra Nova Bay (Ross Sea, Antarctica). **Environment international**, v. 137, p. 105587, 2020.
14. FARRELL, Paul; NELSON, Kathryn. Trophic level transfer of microplastic: *Mytilus edulis* (L.) to *Carcinus maenas* (L.). **Environmental pollution**, v. 177, p. 1-3, 2013.
15. SANTOS, Anna Rafaela Rodrigues dos et al. Dieta do pepino do mar *Holothuria grisea* Selenka 1867 na Praia de Barra Grande em Cajueiro da praia, Piauí. **Aquaciência, Natal-RN**, 2018.
16. MENDES, Fabricio M. et al. Population patterns and seasonal observations on density and distribution of *Holothuria grisea* (Holothuroidea: Aspidochirotida) on the Santa Catarina Coast, Brazil. **SPC Beche-de-mer Information Bulletin**, v. 23, p. 5-10, 2006.
17. PAWSON, David L.; PAWSON, Doris J.; KING, Rachael A. A taxonomic guide to the Echinodermata of the South Atlantic Bight, USA: 1. Sea cucumbers (Echinodermata: Holothuroidea). **Zootaxa**, v. 2449, n. 1, p. 1-48, 2010.
18. AQUINO-SOUZA R., GOMES-FILHO J.G.F. Are seagrass meadows nursery areas for the sea cucumber *Holothuria grisea*? **17º Congresso Latino-Americano de Ciências do Mar, Camboriú-SC**, 2017.
19. VAN CAUWENBERGHE, Lisbeth et al. Microplastics in sediments: a review of techniques, occurrence and effects. **Marine environmental research**, v. 111, p. 5-17, 2015.

20. OBBARD, Rachel W. Microplastics in polar regions: the role of long-range transport. **Current Opinion in Environmental Science & Health**, v. 1, p. 24-29, 2018.
21. LI, Yuli et al. Sea cucumber genome provides insights into saponin biosynthesis and aestivation regulation. **Cell discovery**, v. 4, n. 1, p. 1-17, 2018.
22. ROCHMAN, Chelsea M. et al. Rethinking microplastics as a diverse contaminant suite. **Environmental toxicology and chemistry**, v. 38, n. 4, p. 703-711, 2019.
23. PURCELL, S.W et al. Sea cucumber fisheries: global analysis of stocks, management measures and drivers of overfishing. **Fish and Fisheries**, 14:34-59, 2013.
24. PURCELL, Steven W.; WILLIAMSON, David H.; NGALUAFE, Poasi. Chinese market prices of beche-de-mer: Implications for fisheries and aquaculture. **Marine Policy**, v. 91, p. 58-65, 2018.
25. PAWSON, D.L. **Phylum Echinodermata**. Zootaxa. 1668: 749-764. 2007.
26. MOURA, R. D. et al. **Holothuria grisea agglutinin (HGA): the first invertebrate lectin with antiinflammatory effects**. Fundam.Clin.Pharmacol, 2012.
27. PLEE, Tara A.; POMORY, Christopher M. Microplastics in sandy environments in the Florida Keys and the panhandle of Florida, and the ingestion by sea cucumbers (Echinodermata: Holothuroidea) and sand dollars (Echinodermata: Echinoidea). **Marine Pollution Bulletin**, v. 158, p. 111437, 2020.
28. JUNIOR, José Souza et al. Sea cucumber fisheries in Northeast Brazil. **SPC Beche-de-mer Information Bulletin**, v. 37, p. 43-47, 2017.
29. ANDERSON, Sean C. et al. Rapid global expansion of invertebrate fisheries: trends, drivers, and ecosystem effects. **PLOS one**, v. 6, n. 3, p. e14735, 2011.
30. LEITE-CASTRO, Liliane Veras et al. Reproductive biology of the sea cucumber *Holothuria grisea* in Brazil: importance of social and environmental factors in breeding coordination. **Marine Biology**, v. 163, n. 3, p. 67, 2016.
31. GOMES-FILHO, J. G. F.; AQUINO-SOUZA, R. Population structure of *Holothuria grisea* in a fishery area: baseline data for future comparisons and evidence of variations linked to seagrass presence. **17º Congresso Latino-Americano de Ciências do Mar, Camboriú-SC**, 2017.
32. CLAESSENS, Michiel et al. New techniques for the detection of microplastics in sediments and field collected organisms. **Marine pollution bulletin**, v. 70, n. 1-2, p. 227-233, 2013.

33. BROWNE, Mark Anthony et al. Accumulation of microplastic on shorelines worldwide: sources and sinks. **Environmental science & technology**, v. 45, n. 21, p. 9175-9179, 2011.
34. EPA. **Plastics Pellets in the Aquatic Environment: Sources and recommendations**. Environmental Protection Agency. 1992. Disponível em: <http://www.globalgarbage.org/13%20EPA%20Plastic%20Pellets.pdf>. Acessado em: 19 ago 2022.
35. ANDERSON, A. et al. Sources, fate and effects of microplastics in the environment: a global assessment. 2015

CAPÍTULO 2

EFEITO DO SISTEMA DE VENTILAÇÃO AUTOMÁTICO NO CONFORTO TÉRMICO DE VACAS LEITEIRAS EM COMPOST BARN

Frederico Márcio Corrêa Vieira^{1*} ; Matheus Deniz^{1,2} ; Karolini Tenffen de Sousa³ ; Jucemara Aparecida Rosler¹ ; Kátia Atoji-Henrique¹ 

¹Grupo de Estudo em Biometeorologia, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Dois Vizinhos, Paraná, Brasil.

²Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, São Paulo, Brasil

³Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, Paraná, Brasil.

*Frederico Márcio Corrêa Vieira – E-mail: fredericovieira@utfpr.edu.br

Resumo: Para se adaptar aos novos desafios climáticos, os confinamentos no modelo *compost barn* surgiram com o objetivo de proporcionar conforto térmico para as vacas leiteiras. O *compost barn* possui laterais abertas o que auxilia na ventilação, porém ventiladores também podem ser utilizados para amenizar os efeitos do estresse térmico. O objetivo desse estudo foi avaliar a influência de diferentes programas de acionamento automático de ventiladores no conforto térmico e termorregulação de vacas leiteiras em *compost barn*. O estudo foi realizado entre fevereiro e março de 2020 em uma fazenda comercial no Paraná, Brasil. Durante esse período, variáveis microclimáticas e termorregulação de 26 vacas Holandesas em lactação foram medidas em quatro diferentes programas de ventilação (temperatura do ar | umidade relativa): (1) 23°C|50%, (2) 23°C|70%, (3) 25°C|50%, e (4) 25°C|70%. Em média, as vacas permaneceram 12h em ambiente térmico acima do limiar de conforto. As vacas foram mais prováveis ($p < 0.001$) de apresentar maiores valores de temperatura superficial da pele e frequência respiratória após às 9h. Além disso, as vacas foram mais propensas ($p < 0.001$) a apresentar valores mais altos de temperatura superficial da pele e frequência respiratória no programa de ventilação 23°C|70%. Em conclusão, o programa de ventilação 23°C|70% foi termicamente desconfortável para as vacas, pois teve a maior amplitude de carga de calor acumulada e os maiores valores de temperatura superficial da pele e frequência respiratória.

Palavras-chave: Biometeorologia; estresse por calor; sistema confinado.

Abstract: To adapt to the new climatic challenges, housing systems like the *compost barn* emerged to provide thermal comfort for dairy cows. The *compost barn* has open sides which aid in ventilation, but fans can also be used to mitigate the effects of thermal stress. The objective of this study was to evaluate the influence of different automatic fan

activation programs on the thermal comfort and thermoregulation of dairy cows in a compost barn. The study was carried out between February and March 2020 on a commercial farm in Paraná, Brazil. During this period, microclimatic variables, and thermoregulation of 26 lactating Holstein cows were measured in four different ventilation programs (air temperature | relative humidity): (1) 23°C|50%, (2) 23°C|70%, (3) 25°C| 50%, and (4) 25°C|70%. On average, the cows remained for 12 h in a thermal environment above the comfort threshold. Cows were more likely ($p<0.001$) to have higher values of skin surface temperature and respiratory rate after 9:00 am. In addition, cows were more likely ($p<0.001$) to have higher values of skin surface temperature and respiratory rate in the 23°C|70% ventilation program. In conclusion, the 23°C|70% ventilation program was thermally uncomfortable for the cows, as it showed the highest amplitude of accumulated heat load and, the cows showed the highest values of skin surface temperature and respiratory rate.

Key Word: Biometeorology, heat stress, housing system.

INTRODUÇÃO

Em função das mudanças climáticas, o *International Panel on Climate Change* estima que nos próximos anos ocorrerá um aumento na ocorrência de eventos climáticos extremos (1). Esse fato pode comprometer o conforto térmico dos animais de fazenda. À medida que aumenta a temperatura do ar, diminui o número de horas que os animais permanecem dentro da zona de termoneutralidade [vacas leiteiras: -5°C a 25°C (2)]. Quando expostas a altas temperaturas, as vacas apresentam quadros de estresse por calor, e para manter a integridade corporal, recorrerem a vias fisiológicas para lidar com o ambiente desafiador. Entre os indicadores fisiológicos associados ao estresse por calor, destacam-se o aumento da temperatura superficial da pele (3) e da frequência respiratória (4).

Para se adaptar aos novos desafios climáticos, os confinamentos no modelo *compost barn* surgiram com o objetivo proporcionar conforto térmico, higiene e controle sanitário das vacas leiteiras (5). Quando projetado e manejado adequadamente, o *compost barn* possibilita que o microclima interno seja controlado. Para isso, é necessário que a estrutura seja adaptada a condição climática local (6) e as instalações sejam equipadas com ventiladores que auxiliam no abatimento de calor das vacas leiteiras. Embora o uso de ventiladores possa reduzir a magnitude do estresse por calor e melhorar a termorregulação das vacas leiteiras, os sistemas de ventilação utilizados em *compost barn*, geralmente são de acionamento manual (7). Sistemas automatizados para acionamento de ventiladores, podem ajudar os produtores a manter a condição térmica ideal para o gado. A decisão de ativar os mecanismos de redução de calor com base nas variáveis ambientais locais é mais precisa do que a decisão do agricultor; assim, podemos reduzir o tempo que os animais ficam expostos a condições desfavoráveis. Com base no exposto, o objetivo desse estudo foi avaliar a influência de diferentes programas de acionamento automático de ventiladores no conforto térmico e termorregulação de vacas leiteiras criadas em *compost barn*.

MATERIAL E MÉTODOS

Localização e padrão climático

O estudo foi realizado entre fevereiro e março de 2020 (abrangendo quatro semanas de medições) no *compost barn* de uma fazenda leiteira comercial localizada na cidade de São Jorge D'Oeste, no estado do Paraná, região sul do Brasil (-25°69'90,13", -52°92'30.72"; 520 m acima do nível do mar). O clima da região é classificado como subtropical úmido mesotérmico (Cfa) de acordo com a classificação de Köppen, com precipitação anual média de 2045 mm, temperaturas médias de -3°C a 18°C nos meses frios e temperaturas médias acima dos 22°C nos meses quentes (8).

Alojamento

O *compost barn* possuía telhado de aluzinco (caimento de 15°), lanternim (abertura de 1,2 m e altura de 0,6 m) e 19 ventiladores trifásicos (Weifang Yihe Electrical Appliance Co. LTDA, distribuídos pela DeLaval®). Cada ventilador possuía seis pás (1,36 m de largura, 1,36 m de altura e 0,23 m de profundidade), com capacidade de fluxo de ar de 34.000 m³/h. O galpão também possuía aberturas laterais para entrada e saída de animais e de máquinas, orientação Leste-Oeste, cercado por mureta de 0,9 m de altura, pé direito de 4,5 metros de altura. Dos 900 m² (30 x 30 m) do galpão, 750 m² eram destinados a área de descanso e pista de alimentação. A área de descanso era aberta (sem divisórias) composta por cama de maravalha com profundidade de 0,65 m.

Animais

Participaram deste estudo 26 vacas em lactação da raça Holandesa. As vacas possuíam produção de leite média \pm desvio padrão, de 28 \pm 10 L/ dia, idade de 45 \pm 20 meses, dias em lactação de 165 \pm 131,4 e média de parto de 2 \pm 1,4. As vacas eram ordenhadas duas vezes ao dia (6h e 18h) e tinham acesso livre ao alimento (fornecido três vezes ao dia - 6h, 13h e 18h) e água.

Definição de tratamentos

Quatro programações de acionamento automático dos ventiladores, baseadas na temperatura do ar e umidade relativa dentro do galpão, foram avaliadas. As programações (temperatura do ar | umidade relativa) foram: (1) 23°C | 50%, (2) 23°C | 70%, (3) 25°C | 50%, e (4) 25°C | 70%. Para a ativação automática do sistema de ventilação, um sensor ambiente (DHT22) acoplado a um microcontrolador (ESP32) foi posicionado na altura da linha dos ventiladores (3,14m). O conjunto (DHT22 + ESP32) foi acoplado ao painel de controle central do sistema de ventilação, e acionava automaticamente o sistema de ventilação quando identificava a programação pré-determinada. Cada tratamento teve duração de sete dias e durante esse período dados microclimáticos e a termorregulação das vacas foram registrados.

Microclima e indicadores bioclimáticos

As variáveis microclimáticas medidas no galpão foram a temperatura do ar (TA, °C) e a umidade relativa do ar (UR, %). As medidas foram realizadas durante 24h com intervalo de 10 min., durante todo o período experimental (30d). Os dados microclimáticos foram medidos com o auxílio de dois registradores de dados autônomos (HOBO U12-013) a uma altura de 3,14 m do solo, que correspondia à altura da linha dos

ventiladores. Com os dados microclimáticos, determinamos os seguintes indicadores bioclimáticos: Índice de Temperatura e Umidade (ITU) e carga de calor acumulado (CCA). O ITU foi calculado conforme proposto por (9), usando a equação 1.

$$ITU = TA + 0,36 * (TA - (100 - UR) / 5) + 41,2 \quad (1)$$

A carga de calor acumulado (CCA) foi calculada conforme proposto por (10), usando a equação 2. O CCA sempre resulta em um valor de +Y,0, ou -Y. Assim, se o valor medido foi maior que o limiar de conforto, resulta uma diferença positiva (+Y); ou seja, o animal está ganhando carga térmica do ambiente; se o valor medido foi = ao limiar de conforto, resulta em zero, o animal está em condição termoneutra; e se o valor medido foi menor que o limiar de conforto, resulta em uma diferença negativa (-Y); ou seja, o animal está perdendo carga térmica para o ambiente.

$$CCA = (\text{valor do limiar de conforto} - \text{valor medido}) \times (-1) \quad (2)$$

Fisiologia da termorregulação

As variáveis temperatura superficial da pele (TSP, °C) e frequência respiratória (FR, mov./min.) foram medidas com um intervalo de 2h, entre 9h e 17h. A TSP foi medida com um termômetro infravermelho em cinco pontos diferentes no corpo de cada vaca (cabeça, pescoço, lateral, barriga e úbere) e posteriormente determinamos o valor médio. A FR foi aferida por observação visual direta, contando os movimentos torácicos durante um período de 30s, que posteriormente foi multiplicado por dois, para obtenção da frequência respiratórias por minuto.

Desenho experimental e análise estatística

O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado, com medidas repetidas ao longo do tempo (horas e dias). Todas as análises (influência, descritiva (mínima, média, desvio padrão e máxima) e confirmatória) foram realizadas por meio do software estatístico R versão 4.0.5 (11). A análise descritiva baseou-se na sumarização dos dados por hora de avaliação e tratamento, uma vez que todas foram observadas no mesmo período. As análises de influência foram realizadas através de modelo linear misto. Os modelos foram ajustados pelo método de aproximação de máxima verossimilhança com o pacote *lme4* (12). Os intervalos de confiança foram estimados por meio de testes de qui-quadrado de Wald Tipo II. A adequação dos modelos foi testada inspecionando o resíduo nos gráficos, uma linha de melhor ajuste. A normalidade dos fatos aleatórios foi dada pelas médias do gráfico quartil com intervalo de confiança de 95%.

Para a análise confirmatória do microclima, os dados do Índice de Temperatura e Umidade (ITU) foram submetidos ao teste de Kruskal-Wallis e a comparação múltipla das médias foi realizada pelo teste de Bonferroni (95% de nível de confiança). Além disso, dados horários (24h) da carga de calor acumulada foram utilizados para análise descritiva.

Para confirmar que os programas de ventilação e horas de avaliação influenciaram temperatura superficial da pele e frequência respiratória das vacas em compost barn, os dados foram analisados por um modelo linear misto com distribuição Gaussiana e intervalo de confiança de 95%. Os programas de ventilação e as horas de

avaliação foram definidos como efeito fixo, dias e animais foram definidos como efeitos aleatórios. Para fins de interpretação do modelo foi utilizada a razão de taxa de incidência (RTI), que representa a chance de um determinado evento ocorrer em relação à categoria de referência (programa de ventilação e hora com melhores valores). Além disso, os dados foram submetidos ao teste de Kruskal-Wallis e a comparação múltipla das médias foi realizada pelo teste de Bonferroni (95% de nível de confiança).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores médios da carga de calor acumulada variaram em função das horas (Figura 1). Durante o período vespertino foi registrado o maior valor acumulado de calor (+13). Em média, os animais permaneceram 12h em um ambiente propício para o balanço térmico positivo. Ou seja, a carga térmica recebida do ambiente foi maior do que a carga térmica perdida para o ambiente. Embora os indicadores de conforto térmico sejam bons preditores das condições térmicas a que os animais estão sujeitos (10,13), estes ainda não consideram em sua fórmula o tempo de exposição dos animais a condições térmicas adversas do ambiente (14). É importante considerar por quanto tempo os animais foram submetidos às condições de estresse por calor, pois a resposta dos animais ao estresse pode ocorrer com *delay* (15).

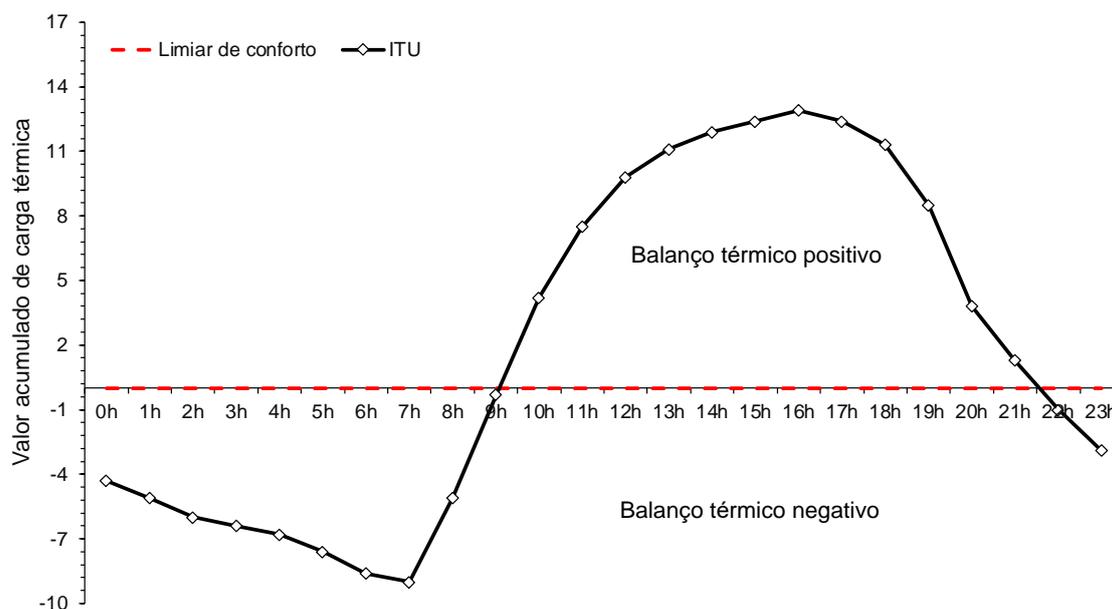


Figura 1 – Valores médios da carga de calor acumulada (horas acima e abaixo do limiar de conforto) ao longo de 24 horas durante o período experimental.

Em todos os programas de ventilação os valores (média \pm DP) de ITU ($71 \pm 5,4$; variação: 58 – 83) permaneceram acima do limiar de conforto (68 unidades de ITU; 10) para vacas em lactação. No programa de ventilação $23^{\circ}\text{C} \mid 70\%$ foi observada o maior valor (+11) de carga de calor acumulada (Figura 2) e os maiores valores médios ($p=0,003$) de ITU ($23^{\circ}\text{C} \mid 50\% = 71 \pm 5,5$; variação: 58 – 83; $23^{\circ}\text{C} \mid 70\% = 73 \pm 5,7$; variação: 62 – 83; $2 - 25^{\circ}\text{C} \mid 50\% = 71 \pm 4,8$; variação: 61 – 79; e $25^{\circ}\text{C} \mid 70\% = 71 \pm 5,2$; variação: 60 –

81). O índice de temperatura e umidade é um dos indicadores de conforto térmico mais utilizados para animais de fazenda (17,18). No entanto, uma desvantagem do ITU é considerar apenas duas variáveis ambientais: temperatura do ar e umidade relativa do ar (3). Há uma grande discussão sobre os valores ideais de ITU para bovinos leiteiros. O *National Weather Service* (19) estima que valores de ITU até 74 representam ambientes seguros para os animais, e de 74 a 78 requerem cuidados especiais (alerta). No entanto, Rosenberg et al. (20) relataram que mudanças comportamentais e produtivas ocorreram quando o ITU estava acima de 72 unidades, o que determina uma situação de alerta. Além disso, perdas de produção e alterações na frequência respiratória podem ocorrer quando o ITU atinge 65 unidades; assim (16,21), definiram um limite máximo de 68 unidades de ITU para vacas com produção acima de 35 kg/dia.

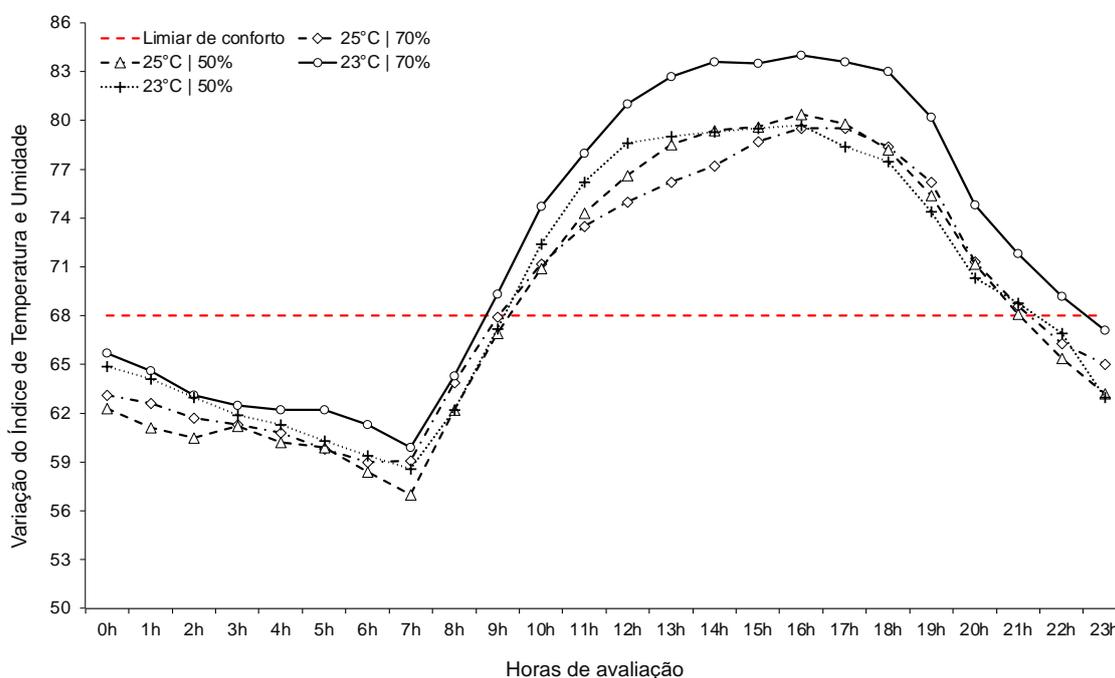


Figura 2 – Variação dos valores médios de índice de temperatura e umidade (ITU) e carga de calor acumulada (horas acima do limiar de conforto) nos diferentes programas de acionamento automático de ventiladores, ao longo de 24 horas, durante o período experimental.

Os detalhes do modelo de regressão multinível construído para determinar a influência dos programas de ventilação e horas de avaliação na temperatura superficial da pele (TSP, °C) e frequência respiratória (FR, mov./min.) das vacas estão apresentados na Tabela 1. As vacas foram mais prováveis ($p < 0.001$) de apresentar maiores valores de TSP e FR após às 9h. Além disso, as vacas foram mais propensas ($p < 0.001$) a apresentar valores mais altos de TSP e FR no programa de ventilação 23°C | 70%. Animais condicionados em ambiente estressante (com indicadores de conforto térmico acima do limiar de conforto), ativam mecanismos de dissipação da carga de calor como a alteração de comportamento e fisiologia. Alguns efeitos negativos associados ao estresse por calor são o aumento da temperatura corporal (3,22) e da frequência respiratória (4). A frequência respiratória é um dos primeiros mecanismos de termorregulação a serem

acionados quando os animais são submetidos a estresse térmico, sendo um indicativo de estresse térmico valores de FR acima de 60 mov./min. (23)

Tabela 1 - Modelo de regressão linear multinível com distribuição Gaussiana e intervalos de confiança (95%) para avaliar a influência dos programas de ventilação e horas de avaliação na temperatura superficial da pele e frequência respiratória das vacas (n=26) criadas em *compost barn*.

Temperatura superficial da pele (°C)						
Preditor	Parâmetro	RTI	Intervalo de confiança		valor de t	p-valor
			Inferior	Superior		
Programas de ventilação	23°C 50%	Ref.	-	-	-	-
	23°C 70%	9,02	2,36	3,93	34,58	<0,001
	25°C 50%	1,21	1,56	2,99	18,72	<0,001
	25°C 70%	2,21	1,71	2,84	6,1	<0,001
Horas de avaliação	9h	Ref.	-	-	-	-
	11h	2,84	2,15	3,77	7,27	<0,001
	13h	1,12	1,42	2,62	16,86	<0,001
	15h	1,52	1,15	2,026	19,00	<0,001
	17h	1,37	1,02	1,83	17,50	<0,001
Frequência respiratória (mov./min.)						
Preditor	Parâmetro	RTI	Intervalo de confiança		valor de t	p-valor
			Inferior	Superior		
Programas de ventilação	23°C 50%	Ref.	-	-	-	-
	23°C 70%	9,6881	1,34	7,01	13,65	<0,001
	25°C 50%	3,633	2,74	4,81	3,48	<0,001
	25°C 70%	0,07	5,07	9,87	-0,34	0,73
Horas de avaliação	9h	Ref.	-	-	-	-
	11h	1,25	4,81	6,06	3,57	<0,001
	13h	2,36	2,09	2,66	9,04	<0,001
	15h	1,08	1,13	8,94	12,41	<0,001
	17h	5,4	1,21	1,92	14,10	<0,001

A razão de taxa de incidência (RTI) representa a chance de um determinado evento ocorrer em relação à categoria de referência.

Os menores valores médios de TSM foram observados no programa de ventilação 23°C|50% (Figura 3a), enquanto os maiores valores médios de FR foram observados no programa de ventilação 23°C|70% (Figura 3b). Um dos problemas de aferir somente a temperatura superficial da pele é a alta sensibilidade desta variável ao calor (24). Todavia, a temperatura da superfície corporal é uma medida não invasiva e tem correlação positiva com a frequência respiratória (25), que é um dos principais mecanismos para a dissipação de calor (26). Além disso, tanto a temperatura superficial da pele quanto a frequência respiratória são bons preditores de estresse por calor (27).

Em relação aos programas de ventilação avaliados, a umidade relativa do ar (70%) foi um agravador de desconforto térmico. Embora a temperatura do ar no programa de ventilação 23°C|70% estava dentro zona de conforto do animal, a quantidade de umidade do ar tornou-se um elemento com impacto negativo para a manutenção da homeostase do animal. Os bovinos podem tolerar temperaturas altas com baixa umidade relativa do ar, pois dissipam o calor excessivo de maneira eficaz por mecanismos evaporativos (28). No entanto, durante o clima quente e úmido, a alta umidade relativa do ar é redutor da

capacidade dos animais de troca de calor pela transpiração e frequência respiratória (22,28). O teor de vapor de água do ar tem um impacto negativo na perda de calor por evaporação através da pele e dos pulmões. Por isso, condições de desconforto térmico (alta temperatura do ar e umidade relativa do ar) requerem sistemas de ventilação eficientes. Mesmo quando o sistema de refrigeração é eficiente, sua capacidade de manter o ambiente térmico interno em condição de conforto, dependendo das condições externas, e a eficiência de refrigeração diminui em condições de alta umidade relativa (5,29).

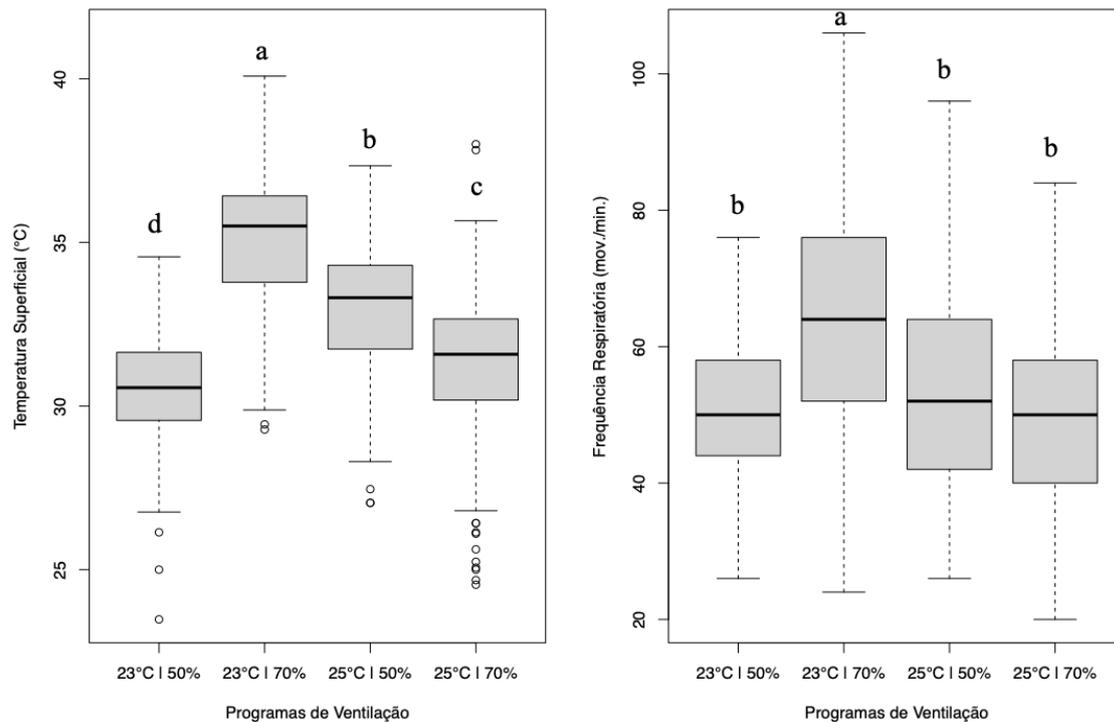


Figura 3 – Valores médios da temperatura superficial da pele (a) e frequência respiratória (b) nos diferentes programas de acionamento automático dos ventiladores avaliados.

CONCLUSÕES

Os programas de ventilação não foram eficientes em mitigar o ambiente térmico do *compost barn*, devido ao índice de temperatura e umidade permanecer acima do limiar de conforto. Além disso, a umidade relativa foi o principal agravador do conforto térmico, uma vez que na programação 23°C | 70%, embora tenha a menor temperatura de acionamento do sistema, foi observado o maior valor de carga de calor acumulada, os maiores valores de temperatura superficial da pele e frequência respiratória.

REFERÊNCIAS

1. IPCC. Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press. 2021. doi:10.1080/03736245.2010.480842

2. Avendano-Reyes L. Heat Stress Management for Milk Production in Arid Zones. In: Chaiyabutr N, editor. *Milk Production - An Up-to-Date Overview of Animal Nutrition, Management and Health*. Intech; 2012. pp. 165–184. doi:<http://dx.doi.org/10.5772/51299>
3. Sejian V, Bhatta R, Gaughan JB, Dunshea FR, Lacetera N. Review: Adaptation of animals to heat stress. *Animal*. 2018;12: S431–S444. doi:10.1017/S1751731118001945
4. Herbut P, Angrecka S, Godyń D, Hoffmann G. The Physiological and Productivity Effects of Heat Stress in Cattle-A Review. *Ann Anim Sci*. 2019;19: 579–593. doi:10.2478/aoas-2019-0011
5. Leso L, Barbari M, Lopes MA, Damasceno FA, Galama P, Taraba JL, et al. Invited review: Compost-bedded pack barns for dairy cows. *J Dairy Sci*. 2020;103: 1072–1099. doi:10.3168/jds.2019-16864
6. Ahn GC, Jang SS, Lee KY, Baek YC, Oh YK, Park KK. Characteristics of sawdust, wood shavings and their mixture from different pine species as bedding materials for Hanwoo cattle. *Asian-Australasian J Anim Sci*. 2020;33: 856–865. doi:10.5713/ajas.19.0519
7. Vieira FMC, Soares AA, Herbut P, Vismara E de S, Godyń D, Santos ACZ Dos, et al. Spatio-thermal variability and behaviour as bio-thermal indicators of heat stress in dairy cows in a compost barn: A case study. *Animals*. 2021;11: 1–19. doi:10.3390/ani11051197
8. Alvares CA, Stape JL, Sentelhas PC, De Moraes Gonçalves JL, Sparovek G. Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorol Zeitschrift*. 2013;22: 711–728. doi:10.1127/0941-2948/2013/0507
9. Thom EC. The Discomfort Index. *Weatherwise*. 1959;12: 57–61. doi:10.1080/00431672.1959.9926960
10. Volpi D, Alves FV, Arguelho S, Martinez M, Deniz M, Zopolatto M. Environmental variables responsible for Zebu cattle thermal comfort acquisition. *Int J Biometeorol*. 2021;66. doi:<https://doi.org/10.1007/s00484-021-02124-x>.
11. R Core Team. *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing. Viena, Austria; 2021. Available: <https://www.r-project.org/>
12. Bates D, Mächler M, Bolker BM, Walker SC. Fitting Linear Mixed-Effects Models Using lme4. *Journal of Statistical Software*. 2015;67: 01–48. doi:10.18637/jss.v067.i01
13. de Sousa KT, Deniz M, Moro MF, Gomes IC, do Vale MM, Dittrich JR, et al. Developing of a model to predict lying behavior of dairy cows on silvopastoral

- system during the winter season. *Int J Biometeorol.* 2021.
doi:<https://doi.org/10.1007/s00484-021-02121-0>
14. Gaughan JB, Mader TL, Holt SM, Lisle A. A new heat load index for feedlot cattle. *J Anim Sci.* 2008;86: 226–234. doi:10.2527/jas.2007-0305
 15. St-Pierre NR, Cobanov B, Schnitkey G. Economic losses from heat stress by US livestock industries. *J Dairy Sci.* 2003;86: E52–E77. doi:10.3168/jds.S0022-0302(03)74040-5
 16. Bohmanova J, Misztal I, Cole JB. Temperature-Humidity Indices as Indicators of Milk Production Losses due to Heat Stress. *J Dairy Sci.* 2007;90: 1947–1956. doi:10.3168/jds.2006-513
 17. Habeeb AA, Gad AE, Atta MA. Temperature-Humidity Indices as Indicators to Heat Stress of Climatic Conditions with Relation to Production and Reproduction of Farm Animals. *Int J Biotechnol Recent Adv.* 2018;1: 35–50. doi:10.18689/ijbr-1000107
 18. Herbut P, Angrecka S, Walczak J. Environmental parameters to assessing of heat stress in dairy cattle—a review. *Int J Biometeorol.* 2018;62: 2089–2097. doi:10.1007/s00484-018-1629-9
 19. National Weather Service. *Livestock Hot Weather Stress. Regional Operations Manual Letter.* Washington, D.C: National Academy Press; 1976.
 20. Rosenberg LJ, Biad BL, Verns SB. *Human and animal biometeorology. Microclimate, the biological environment.* New York: Wiley Interscience Publication; 1983. pp. 423–467.
 21. Renaudeau D, Collin A, Yahav S, De Basilio V, Gourdine JL, Collier RJ. Adaptation to hot climate and strategies to alleviate heat stress in livestock production. *Animal.* 2012;6: 707–728. doi:10.1017/S1751731111002448
 22. Lees AM, Sejian V, Wallage AL, Steel CC, Mader TL, Lees JC, et al. The impact of heat load on cattle. *Animals.* 2019;9: 1–20. doi:10.3390/ani9060322
 23. Becker CA, Aghalari A, Marufuzzaman M, Stone AE. Predicting dairy cattle heat stress using machine learning techniques. *J Dairy Sci.* 2021;104: 501–524. doi:10.3168/jds.2020-18653
 24. Kadzere CT, Murphy MR, Silanikove N, Maltz E. Heat stress in lactating dairy cows: A review. *Livest Prod Sci.* 2002;77: 59–91. doi:10.1016/S0301-6226(01)00330-X
 25. Vieira FMC, Deniz M, Vismara ES, Herbut P, Pilatti JA, Sponchiado MZ, et al. Thermoregulatory and Behaviour Responses of Dairy Heifers Raised on a Silvopastoral System in a Subtropical Climate. *Ann Anim Sci.* 2020;20: 613–

627. doi:10.2478/aoas-2019-0074
26. Saizi T, Mpayipheli M, Idowu PA. Heat tolerance level in dairy herds: A review on coping strategies to heat stress and ways of measuring heat tolerance. *J Anim Behav Biometeorol.* 2019;7: 39–51. doi:10.31893/2318-1265jabb.v7n2p39-51
27. Shu H, Wang W, Guo L, Bindelle J. Recent Advances on Early Detection of Heat Strain in Dairy Cows Using Animal-Based Indicators: A Review. *Animals.* 2021;11: 980. doi:10.3390/ani11040980
28. Castro Júnior SL, Silva IJO da. The specific enthalpy of air as an indicator of heat stress in livestock animals. *Int J Biometeorol.* 2021;65: 149–161. doi:10.1007/s00484-020-02022-8
29. Fournel S, Rousseau AN, Laberge B. Rethinking environment control strategy of confined animal housing systems through precision livestock farming. *Biosyst Eng.* 2017;155: 96–123. doi:10.1016/j.biosystemseng.2016.12.005

CAPÍTULO 3

A BOVINOCULTURA DE CORTE FRENTE AO PARASITISMO: REVISÃO DE LITERATURA

Isabela de Almeida Cipriano*¹; Giordani Mascoli de Favare¹; Tábata Alves do Carmo²; Mateus Oliveira Mena³; Gabriel Jabismar Guelpa¹; Ricardo Velludo Gomes de Soutello⁴.

¹Mestrando(a). Faculdade de Ciências Agrárias e Tecnológicas – Unesp/FCAT, Dracena, SP;
*E-mail: isabela.cipriano@unesp.br;

²Doutorando(a). Universidade Federal de Viçosa – UFV, Viçosa, MG;

³Doutorando (a). Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia – Unesp/FMVZ, Botucatu, SP;

⁴Professor Assistente. Faculdade de Ciências Agrárias e Tecnológicas – Unesp/FCAT, Dracena, SP.

Resumo: As infecções por nematódeos do trato gastrointestinal influenciam de maneira negativa na produtividade e no bem-estar dos bovinos, sendo necessário que se promovam medidas de controle e profilaxia que as minimizem. Devido a esta característica e ao clima tropical brasileiro, a produção é afetada por vários fatores, como a baixa disponibilidade e qualidade de pasto durante determinadas épocas do ano, manejo errôneo, ocorrência de parasitos, doenças e carências minerais. Em território nacional, os bovinos criados em pastagens naturais estão expostos à infecção por larvas de nematódeos gastrintestinais e pulmonar, particularmente dos gêneros: *Cooperia* spp., *Haemonchus* spp., *Ostertagia* spp., *Strongylus* spp., *Trichostrongylus* spp., *Oesophagostomum* spp., e *Dictyocaulus* spp. O uso mais frequente de controlar as infecções parasitárias se dá ao uso de anti-helmínticos, porém, os mesmos já apresentam baixo histórico de ineficácia, devido ao uso frequente e continuado de uma mesma base farmacológica destinada ao controle dos parasitas e esta pressão de seleção é gradativa e silenciosa, caso não diagnosticada precocemente somente será detectada quando atingir níveis com danos aos animais.

Palavras-chave: bovinos; drogas; helmintos; resistência

Abstract: Infections by nematodes of the gastrointestinal tract negatively influence the productivity and welfare of cattle, and it is necessary to promote control and prophylaxis measures that minimize them. Due to this characteristic and to the Brazilian tropical climate, production is affected by several factors, such as low availability and quality of pasture during certain times of the year, wrong management, occurrence of parasites, diseases and mineral deficiencies. In national territory, cattle raised on natural pastures are exposed to infection by larvae of gastrointestinal and pulmonary nematodes, particularly of the genera: *Cooperia* spp., *Haemonchus* spp., *Ostertagia* spp., *Strongylus* spp., *Trichostrongylus* spp., *Oesophagostomum* spp., and *Dictyocaulus* spp. The most frequent use to control parasitic infections is the use of anthelmintics, however, they already have a low history of ineffectiveness, due to the frequent and continued use of the

same pharmacological base for the control of parasites and this selection pressure. is gradual and silent, if not diagnosed early it will only be detected when it reaches levels with damage to animals.

Key Word: cattle; drugs; helminths; resistance

INTRODUÇÃO

A pecuária de corte no Brasil é há muito tempo um dos principais e mais importantes setores da economia. De acordo com o Anuário da Pecuária Brasileira, o Brasil conta com aproximadamente 111.057.169 milhões de cabeças de bovinos de corte, sendo o 2º maior rebanho comercial e um dos maiores produtores de carne e subprodutos bovinos do mundo (1).

No Brasil, a maior parte do rebanho abatido no último ano (22,2 milhões de cabeças) ainda é terminado à pasto (2). Devido a esta característica e ao clima tropical brasileiro, a produção é afetada por vários fatores, como a baixa disponibilidade e qualidade de pasto durante determinadas épocas do ano, manejo errôneo, ocorrência de parasitos, doenças e carências minerais (3). No entanto, a produção de bovinos possui alguns entraves como o parasitismo causado por helmintos gastrintestinais que levam a perdas anuais de mais de 7 bilhões de dólares (4), considerados os principais fatores sanitários que comprometem o desenvolvimento da bovinocultura (5).

Dessa forma, as infecções por nematódeos do trato gastrintestinal influenciam de maneira negativa na produtividade e no bem-estar dos bovinos, sendo necessário que se promovam medidas de controle e profilaxia que as minimizem (6). As três classes farmacológicas mais utilizadas no controle das helmintoses são os benzimidazóis, imidazotiazóis e as lactonas macrocíclicas (7). Dentre estas, as com maior aplicação são do grupo das lactonas macrocíclicas (LM's), sendo elas: as Avermectinas (ivermectina, abamectina, doramectina e eprinomectina) e a Milbemicina (moxidectina) (8). Contudo, o uso intensificado destes anti-helmínticos, aplicação de doses errôneas, diagnósticos incorretos e a falta de rotatividade de bases farmacológicas têm causado um problema sanitário sério, que é a resistência dos helmintos aos fármacos, ou seja, a capacidade hereditária de uma população de parasitas reduzir sua sensibilidade à ação de uma ou mais drogas (9).

Principais Helmintos Gastrintestinais de Bovinos

Uma característica importante da pecuária brasileira é ter a maior parte de seu rebanho criado em pasto, por ser uma forma mais econômica e prática para produzir e oferecer alimentos para os bovinos (10) desta forma, um dos principais problemas que afetam a saúde do gado é a infecção gastrointestinal por nematoides que causam perdas significativas na produção, explicado pelo ciclo evolutivo dos helmintos que passam uma parte de sua existência no trato gastrintestinal e o restante está presente nas pastagens e em qual os ruminantes acabam sendo infectados durante o pastejo devido a ingestão de larvas infectantes existentes que previamente foram eliminadas via fezes por um animal já parasitado (11).

Em território nacional, os bovinos criados em pastagens naturais estão expostos à infecção por larvas de nematódeos gastrintestinais e pulmonar, particularmente dos

gêneros: *Cooperia* spp., *Haemonchus* spp., *Ostertagia* spp., *Strongylus* spp., *Trichostrongylus* spp., *Oesophagostomum* spp., e *Dictyocaulus* spp. A incidência e distribuição destes parasitos, variam de regiões e sazonalidade, dependendo de vários fatores como regime pluvial, ecossistema, manejo, tipo e idade dos animais. Mesmo em períodos de seca, encontra-se considerável quantidade de larvas, principalmente de *Cooperia* spp. nas pastagens (12). De todas as espécies de nematódeos, a *Ostertagia ostertagi* é a capaz de causar maiores perdas econômicas (13).

Diversos fatores influenciam a incidência e a prevalência das verminoses gastrintestinais, entre estes existem diversos fatores físicos, tais como: chuva, temperatura, umidade relativa, umidade e temperatura do solo, evapotranspiração e radiação solar (14). As variações sazonais na dinâmica das populações dos helmintos são reguladas, principalmente, pelas condições climáticas sobre os estádios de vida livre, pela raça e pela suscetibilidade individual do hospedeiro. A interação hospedeiro versus parasito é influenciada pela precipitação pluvial, faixas climáticas favoráveis, concentração de animais por área, faixa etária e índice nutricional (15).

Segundo Soutello (16), os nematóides, principalmente os gastrintestinais, ocupam um papel de destaque dentre os helmintos e causam grandes perdas econômicas por conta da queda na produção animal. Stromberg (17) relata que os bovinos que são infectados por parasitas, apresentam retardo no crescimento, queda na produção de carne e leite e uma redução no desempenho reprodutivo, e causam prejuízos aos produtores. Dessa forma, as infecções por nematódeos do trato gastrintestinal influenciam de maneira negativa na produtividade e no bem-estar dos bovinos, sendo necessário que se promovam medidas de controle e profilaxia que as minimizem (6).

Anti-helmínticos mais Utilizados na Bovinocultura

As três classes farmacológicas mais utilizadas no controle das helmintíases são os benzimidazóis, imidazotiazóis e as lactonas macrocíclicas (7). Dentre estas, as com maior aplicação são do grupo das lactonas macrocíclicas (LM's), sendo elas: as Avermectinas (ivermectina, abamectina, doramectina e eprinomectina) e a Milbemicina (moxidectina).

As lactonas macrocíclicas surgiram no início da década de 1980 e produziram grande revolução no mercado mundial dos antiparasitários. Além de apresentarem maior poder residual que os piretroides, são também eficientes contra vermes e bernes, sendo por isso chamados de “endectocidas”. São derivados de produtos obtidos com a fermentação do fungo *Streptomyces avermitilis*, e existem quatro subgrupos no mercado (Ivermectina, Moxidectina, Doramectina e Abamectina (18). O exato mecanismo de ação das lactonas macrocíclicas ainda não está totalmente esclarecido. Isso ocorre devido a algumas características da droga, tais como, apresentar vários locais de ação, várias espécies alvo com sensibilidades diferentes a seu efeito e pouca solubilidade em soluções aquosas (19). A primeira hipótese formulada para explicar o modo de ação das lactonas macrocíclicas relata que elas atuam como agonistas do ácido gama amino butírico (GABA), aumentando a permeabilidade dos íons cloro (Cl⁻), resultando em paralisia muscular (20).

O grupo de imidazotiazóis atua, sobretudo na coordenação neuromuscular dos parasitos, como agonista colinérgico nicotínico. Penetram no parasito através da cutícula e estimulam de modo reversível, estruturas do tipo ganglionar, inibindo a produção de succinato de hidrogenase, ligando-se aos receptores neurotransmissores

acetilcolinérgicos, produzindo sua ativação, o que resulta no acúmulo de acetilcolina na fenda sináptica, ocorrendo deste modo uma despolarização excessiva da membrana pós-sináptica e, como consequência, hiperexcitabilidade e paralisia espástica dos parasitos (21). Os receptores colinérgicos para o levamisol em helmintos apresentam diferenças farmacológicas das ligações em receptores dos vertebrados, explicando a sua atividade específica (22).

Os benzimidazóis pertencem a um grupo central de benzimidazoles, a partir dos quais foram sintetizadas uma grande quantidade de moléculas classificadas quimicamente em quatro grupos: benzimidazóis tiazoles; benzimidazóis metilcarbamatos; próbenzimidazóis e benzimidazóis halogenados, entre esses os principais para bovinos são os benzimidazóis metilcarbamatos que tem como principal representante o albendazole e seu metabólito ativo sulfóxido de albendazole, também denominado de ricobendazole (23). O mecanismo que os benzimidazóis utilizam para exercer sua atividade anti-helmíntica é a ligação altamente específica com a subunidade β da tubulina, fazendo sua polimerização e impedindo que esta estrutura consiga realizar suas atividades celulares, resultando na morte do parasita. Os benzimidazóis provocam alterações nas ultraestruturas das células intestinais dos nematódeos e nas células tegumentares dos cestódeos (24).

Resistência Anti-helmíntica

Considerando a resistência aos anti-helmínticos pelos nematódeos, na literatura existem mais estudos para ovinos e caprinos, nos quais se observa até mesmo resistência simultânea a várias classes de drogas (25). No Brasil, a princípio, a resistência a esse tipo de drogas foi constatada em ovinos na região sul com as principais classes de anti-helmínticos: benzimidazóis, levamisóis e ivermectinas (26).

No Brasil, o primeiro relato em bovinos foi feito por Pinheiro & Echevarria (27), no Rio Grande do Sul, que verificaram resistência do *H. contortus* ao oxfendazole e ao albendazole. Souza et al. (28), em Santa Catarina, publicaram resultados parciais sobre a resistência de *Trichostrongylus* spp e *Ostertagia* spp ao levamisole, *Haemonchus* spp e *Cooperia* spp à ivermectina e *Cooperia* spp ao sulfóxido de albendazole. Mais recentemente, a resistência também foi demonstrada por Paiva et al. (29) e Costa et al. (30) em São Paulo e por Borges et al. (31) e Rangel et al. (32) em Minas Gerais.

Segundo Paiva et al. (29) a resistência ocorre pelo uso frequente e continuado de uma mesma base farmacológica destinada ao controle dos parasitas e esta pressão de seleção é gradativa e silenciosa, caso não diagnosticada precocemente somente será detectada quando atingir níveis com danos aos animais.

De modo geral, a possibilidade de aparecimento de populações de parasitas resistentes é desprezada, não só pelos produtores, mas também pelos profissionais da área, pois a eficiência dos anti-helmínticos não é clinicamente óbvia e só pode ser observada, se especificamente investigada (25). Entretanto, uma vez instalada, não será revertida, mesmo após a descontinuação do uso da classe de anti-helmínticos que lhes deram origem (21); dado que os genes da resistência estão presentes em frequência muito alta nos parasitas e isto lhes proporcionam mecanismos metabólicos que inibem ou evitam os efeitos críticos ou letais das drogas (33). Em bovinos, o gênero predominante nos registros de resistência é *Cooperia* spp. (34; 35; 36; 37) sendo estas descrições feitas na

Austrália, Nova Zelândia e Argentina. Outra espécie citada é *Trichostrongylus axei*, na Austrália, resistente a oxfendazole e benzimidazol (38).

CONCLUSÕES

Dessa forma, as infecções por nematódeos do trato gastrointestinal influenciam de maneira negativa na produtividade e no bem-estar dos bovinos, sendo necessário que se promovam medidas de controle e profilaxia que as minimizem.

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos meus colegas de mestrado e a equipe do EEPPA (Equipe de Extensão e Pesquisa em Parasitologia Animal) da UNESP FCAT – Dracena.

REFERÊNCIAS

1. ANUALPEC. Anuário da pecuária brasileira. São Paulo: FNP Consultoria/Agros Comunicação, p. 35. 2021.
2. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Mapa. 2020.
3. Bianchin, I. Controles estratégicos dos nematódeos gastrintestinais em bovinos de corte no Brasil. A Hora Veterinária, Porto Alegre, v. 7, n. 39, p. 49- 53, 1987.
4. Grisi, L., Leite, R.C., Martins, J.R.S., Barros, A.T.M., Caçado, P.H.D., Guimarães, M. P.; Ribeiro, M. F. B; Facuri-Filho, E. J.; Lima, W. S. Strategic Control of Gastrointestinal Nematodes in Dairy Calves in Florestal, Minas Gerais, Brazil. Veterinary Research Communications, v. 24, n. 1, p. 31- 8, 2000.
5. Giglioti, R., Bilhassi, T. B., Ibelli, A. M. G., De Sena, M. C., Oliveira, M. M. D. A., De Oliveira, H. N. Estudo da resistência/suscetibilidade aos endo e ectoparasitas em bovinos Nelore e cruzados com raças taurinas. IX Simpósio Brasileiro de Melhoramento Animal. João Pessoa - PB, 2012.
6. Geary T.G. 2005. Ivermectin 20 years on: Maturation of a wonder drug. Trends Parasitology v.21, p.530-532, 2005.
7. Soutello, R. G. V., Seno, M.C.Z., Amarante, A. F. T. Anthelmintic resistance in cattle nematodes in northwestern São Paulo State, Brazil. Veterinary Parasitology, v. 148, p. 360-364, 2007.
8. Sartor, I.F., Bicudo, P.L. Agentes empregados no controle de ectoparasitas. In: Spinosa, H.S.; Górnaiak, S.L.; Bernardi, M.M. Farmacologia aplicada à medicina veterinária. 2.ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, p.480-492, 1999.
9. Fiel, C.A. et al. Resistencia antihelmíntica en bovinos: causas, diagnóstico y profilaxis. Veterinaria Argentina, v.18, n.171, p.21-33, 2003.

10. Ferraz, J. B. S.; Felício, P. E. D. Production systems - An example from Brazil. *Meat Science*, v. 84, n. 2, p. 238-243, 2010.
11. Medeiros L.; Girão R.; Girão E.; Pimentel J. “Caprinos – princípios básicos para sua exploração”. Teresina: Embrapa CPAMN. Brasília: Embrapa SPI, 1994.
12. Bianchin I.; Mello, H. J. H. Epidemiologia e controle de helmintos gastrointestinais em bovinos de corte nos Cerrados. 2. ed. Campo Grande, EMBRAPA/CNPQC, p. 7, 1985.
13. Smith, B. P. Medicina interna de grandes animais. 3. ed. São Paulo, Brasil. Manole, 2006.
14. Saueressig, T.M., Produção de proteína animal de qualidade com sustentabilidade: controle racional das parasitoses dos bovinos. Embrapa Cerrados. Planaltina, DF. ISSN, 1517 – 5111; 157, 2006.
15. Pimentel Neto, Manoel; Fonseca, Adivaldo Henrique da. Epidemiology of pulmonary and gastrointestinal helminthoses in calves in the lowland of the state of Rio de Janeiro. *Pesquisa Veterinária Brasileira*, Rio de Janeiro, v. 22, n. 4, 2002.
16. Soutello, R. V. G., Seno, M. C. Z., Bergamaschine, A. F., Bianchini, E., Tozi, C. R., 2001b. Infestação de carrapatos em relação ao tratamento estratégico com endectocidas e suplementação proteica em novilhos. *Ciências Agrárias e da Saúde*. 1 (2), 16–22.
17. Stromberg B. E., Gasbarreb L. C., Waitec A., Bechtolc D. T., Brownd M. S., Robinsona N. A., Olsona E. J., Newcombe H. *Cooperia punctata*: Effect on cattle productivity. *Veterinary Parasitology* 183 284– 291, 2012.
18. Furlong, J.; Martins, J.R.S. Resistência dos carrapatos aos carrapaticidas. Juiz de Fora: CNPGL-EMBRAPA, 2000. 25p. (Boletim Técnico 59).
19. Turner, M.J.; Schaeffer, J.M. Mode of action of ivermectin. In: CAMPBELL, W.C. (ed.) *Ivermectin and abamectin*, Springer Verlag, New York, p. 73-88, 1989.
20. Mellin, T.N.; Busch, R.D.; Wang, C.C. Postsynaptic inhibition of invertebrate neuromuscular transmission by avermectin B1a. *Neuropharmacology*, v. 22, p.89-96, 1983.
21. Martin, R. J. Neuromuscular transmission in nematodes parasites and antinematodal drug action. *Pharmacology and Therapeutics*, Oxford, v. 58, n. 1, p. 13–50, 1993.
22. Moreno-Guzmán, M. J.; Coles, G. C.; Jiménez-González, A.; Criadofornelio, A.; Ros-Moreno, R. M.; Rodríguez-Caabeiro, F. Levamisole binding sites in

- Haemonchus contortus. International Journal for Parasitology, Oxford, v. 28, n. 3, p. 413- 418, 1998.
23. Lanusse, C.E., Alvarez, L.I., Lifschitz, A.L. Princípios farmacológicos da terapia antihelmíntica. In: CAVALCANTE, A.C.R., VIEIRA, L., CHAGAS, A.C.S., MOLENTO, M.B. Doenças Parasitárias de Caprinos e Ovinos Epidemiologia e Controle. Brasília, DF, cap. 22, p. 547–603, 2009.
 24. Köhler, P. The biochemical basis of anthelmintic action and resistance. International Journal for Parasitology, v. 31, p. 336-345, 2001.
 25. Waller, P.J Sustainable nematode parasite control strategies for ruminant livestock by grazing management and biological control. Animal Feed Science and Technology. 2005.
 26. Echevarria, F.A.M.; Pinheiro, A.C. Eficiência de antihelmínticos em bovinos. In: Seminário Brasileiro de Parasitologia Veterinária, 11., Seminário de Parasitologia Veterinária dos Países do Mercosul, 2., 1999, Salvador, BA. Anais... Ilhéus: Universidade Estadual de Santa Cruz. p.150, 1999.
 27. Pinheiro, A.C.; Echevarria, F.A.M. Susceptibilidade de Haemonchus spp em bovinos ao tratamento anti-helmíntico com albendazole e oxfendazole. Pesquisa Veterinária Brasileira, v.10, n.1/2, p.19-21, 1990.
 28. Sousa, Marcio Reis Pereira de; Costêlha, Sabrina dos Santos; Oliveira, Valéria Moura de. Helminthoses com relevância em saúde pública, transmissíveis através da água e dos alimentos. Revista Higiene Alimentar. v.15, n.90/91, São Paulo, p.19-24, 2001.
 29. Paiva, F. et al. Resistência a ivermectina constatada em Haemonchus placei e Cooperia punctata em bovinos. A Hora Veterinária, v.20, n.120, p.29-32, 2001.
 30. Costa, A.J. et al. Avaliação comparativa da ação antihelmíntica e do desenvolvimento ponderal de bezerros tratados com diferentes avermectinas de longa ação. A Hora Veterinária, v.24, n.139, p.31-34, 2004.
 31. Borges, F.A. et al. Resistência de Haemonchus placei, Cooperia punctata e C. spatulata a ivermectina em bovinos do estado de Minas Gerais, Brasil. In: Congresso Brasileiro de Parasitologia Veterinária, 13., Simpósio Latino-Americano de Rickettsioses, 2004, Ouro Preto, SP. Anais... Ouro Preto: CBPV, p.249, 2004.
 32. Rangel, V.B. et al. Resistência de Cooperia spp e Haemonchus spp as avermectinas em bovinos de corte. Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia, v.57, n.2. p.186- 190, 2005.

33. Gill J.H. & Lacey E. 1998. Avermectin/milbemycin resistance in trichostrongyloid nematodes. *Int. J. Parasitol.* 28:863-877.
34. Jackson, M.H., Hutchison, W.M., Siim, J.C. Prevalence of *Toxoplasma gondii* in meat animals, cats and dogs in central Scotland. *Br Vet J*, v. 143, n. 2, p. 159-165, 1987.
35. Vermunt, J.J.; West, D.M.; Pomroy, W.E. Multiple resistance to ivermectin and oxfendazole in *Cooperia* species of cattle in New Zealand. *Veterinary Record*, v.137, p.43-45, 1995.
36. Williams JC, DeRosa A, Nakamura Y, Loyacano AF 1997. Comparative efficacy of ivermectin pour-on, albendazole, oxfendazole and fenbendazole against *Ostertagia ostertagi* inhibited larvae, other gastrointestinal nematodes and lungworm of cattle. *Vet Parasitol* 73: 73-82.
37. Anziani, O.S.; Suarez, V.; Guglielmone, A.A.; Warnke, O.; Grande, H.; Coles G.C. Resistance to benzimidazole and macrocyclic lactone anthelmintics in cattle nematodes in Argentina. *Veterinary Parasitology*, v.122, p.303-306, 2004.
38. Eagleson J.S.; Bowie, J.Y. Oxfendazole resistance in *Trichostrongylus axei* in cattle in Australia. *Vet. Rec.*, v. 119, p. 604, 1986.

CAPÍTULO 4

Suplementação de bovinos no período das águas

Ana Claudia da Costa *; Raquel de Mattos Cazonato ; Alessandra Schaphauser Rosseto Fonseca ; Jéssica Coutinho Mezzomo da Silva ; Shirlei Pereira Camargo ; Carla Heloisa Avelino Cabral ; Carlos Eduardo Avelino Cabral 

*Autor correspondente (Corresponding author) – Email: agroclaudia1@hotmail.com

Resumo: A estratégia de suplementação de bovinos em pasto durante a época das águas visa atingir um ganho de peso adicional a partir da utilização da energia latente das gramíneas tropicais. Algumas estratégias de suplementação podem ser adotadas nesse período, elas consistem em suplementar os animais com minerais, energia e proteína em diversas proporções. Consequentemente, o objetivo com essa revisão é apresentar as estratégias disponíveis e mostrar em quais casos cada uma se adequa. O que determina o tipo de suplementação é o conhecimento do valor nutritivo do recurso forrageiro basal, principalmente a relação energia:proteína, e as necessidades nutricionais dos animais. Se a relação energia:proteína for baixa, indica-se a suplementação energética, que geralmente ocorre quando há excesso de proteína nas gramíneas, em decorrência do manejo do pasto e da adubação nitrogenada. Quando a relação energia:proteína é alta o suplemento deve conter maior teor de proteína. As restrições de proteína são mais comuns em sistemas nacionais de produção de carne bovina. No entanto, existem situações específicas, dependendo da meta de produção, em que a suplementação deve ser realizada com fornecimento de energia e proteína.

Palavras-chave: bovinos de corte; energia; gramíneas tropicais; proteína

Abstract: The supplementation strategy of cattle on pasture during the rainy season aims to achieve additional weight gain from the use of latent energy from tropical grasses. Some supplementation strategies can be adopted during this period, they consist of supplementing animals with minerals, energy and protein in different proportions. Consequently, the objective of this review is to present the available strategies and show in which cases each one is suitable. What determines the type of supplementation is the knowledge of the nutritional value of the basal forage resource, especially the energy:protein ratio, and the nutritional needs of the animals. If the energy:protein ratio is low, energy supplementation is indicated, which usually occurs when there is excess protein in the grasses, as a result of pasture management and nitrogen fertilization. When the energy:protein ratio is high, the supplement should contain a higher protein content. Protein restrictions are more common in national beef production systems. However, there are specific situations, depending on the production target, in which supplementation must be carried out with energy and protein supply.

Key Word: beef cattle; energy; tropical grass; protein

INTRODUÇÃO

O Brasil possui o maior rebanho comercial de bovinos do mundo, somado a intensificação e uso de tecnologias o país tornou-se o que mais exporta carne bovina (1). A maior parte da carne produzida é oriunda da criação de bovinos em pasto com utilização de gramíneas tropicais com recurso basal, o que confere elevada competitividade ao setor, em razão do seu baixo custo de produção. No entanto, o sistema apresenta um entrave que é a sazonalidade quantitativa e qualitativa na produção de forrageira (2,3).

As dietas de animais em pastejo dificilmente poderão ser caracterizadas como equilibradas, tendo em vista as alterações que ocorrem na forrageira, dependente da estação do ano. Sendo que no período seco há redução da concentração de proteína bruta (PB), conseqüentemente limitação do crescimento microbiano ruminal, que carrega em menor utilização de carboidratos fibrosos potencialmente digestíveis, e é neste momento que a forrageira possui o maior teor de fibra, tendo seu aproveitamento reduzido. Desta forma, pode ocorrer redução do consumo voluntário, conseqüentemente diminuindo o ganho de peso, aumentando idade de abate, comprometendo o ganho por área.

Em contrapartida, é no período das águas que a maior parte dos produtores depositam expectativas quanto à eficiência no ganho de peso dos animais, visto que nesse período as gramíneas tropicais apresentam crescimento vigoroso, e o seu valor nutritivo superior aquelas encontrados na seca. No entanto, pesquisadores apontam para um ganho potencial que pode ser obtido quando os animais são suplementados no período das águas (3).

Dessa forma, o objetivo com essa revisão é o de abordar os principais aspectos relacionados aos tipos de estratégias de suplementação que podem ser adotadas para bovinos no período das águas.

CARACTERÍSTICAS DA FORRAGEM NO PERÍODO DAS ÁGUAS

Segundo Reis et al. (4) para avaliar a qualidade da forragem deve-se observar não somente seu valor nutricional, mas também a interação entre sua composição química, sua digestibilidade e variações no consumo pelos animais, o que resulta em diferentes resultados no desempenho dos bovinos em pastejo. Por sua vez, o consumo e a digestibilidade da forragem podem variar de acordo com o estágio de maturidade da planta, a estação do ano e a espécie forrageira.

Velásquez et al. (5) observaram que durante o período das águas, no qual ocorre maior crescimento da planta forrageira, o espessamento da parede celular gera aumento das concentrações de fibra em detergente neutro conforme aumenta a maturidade dos tecidos vegetais, ou seja, quanto mais avançada é a idade da forrageira colhida. Desta forma, segundo Paulino et al. (6), durante este período é importante direcionar o manejo das pastagens com objetivo de minimizar a diferenciação morfológica e a senescência nas plantas forrageiras.

Além disso, Detmann et al. (7) ressaltam que durante o período das águas as forrageiras tropicais apresentam um desequilíbrio na relação proteína:energia, com excesso de energia, sendo recomendado o uso de programas de suplementação para garantir o equilíbrio dietético e aproveitamento máximo do potencial da forragem. Assim, para obter máximos resultados na produção animal é preciso que sejam observadas as características específicas da forragem a ser ofertada e suas relações com o manejo, consumo dos animais e o suplemento que será fornecido.

SUPLEMENTAÇÃO ENERGÉTICA

Embora o crescimento das gramíneas tropicais seja mais intenso e com valor nutritivo superior na época das águas comparado com as gramíneas durante a época das secas, para que haja um aumento significativo na taxa de crescimento anual dos animais criados em pasto é necessário que o ganho médio diário na estação chuvosa aumente cerca de 300 g/d. Esse objetivo pode ser alcançado através do fornecimento, via suplementação, do nutriente que é limitante no recurso forrageiro basal (8).

Uma das estratégias adotadas durante a estação chuvosa é a suplementação energética, que se baseia na hipótese de que a energia é o nutriente limitante nas gramíneas nesta época do ano. Um dos princípios que fundamentam a utilização dessa estratégia é que diferente da época de restrição hídrica, as gramíneas não são consideradas deficientes em PB, visto que o crescimento microbiano e a otimização da digestibilidade dos carboidratos fibrosos ocorrem quando a dieta possui pelo menos 7% de PB (9) e a quantidade de proteína das gramíneas tropicais na época das águas varia de 7 a 13,5% MS (10).

Outro ponto importante diz respeito ao perfil da PB das gramíneas na estação chuvosa, que possui alta concentração de nitrogênio não proteico (NNP) e proteína insolúvel em detergente neutro (PIDN) (5). O NNP é rapidamente degradado no rúmen, ao contrário da FDN, que possui lenta e incompleta digestão (11). Logo, a disponibilidade de energia da degradação da FDN é mais lenta do que a disponibilização do N do NNP, e essa falta de sincronia entre N e energia reduz a assimilação de nitrogênio pelos microrganismos, e conseqüentemente, a síntese de proteína microbiana ruminal. Diante disso, a suplementação energética com carboidratos não fibrosos de rápida digestão aumentaria a quantidade de energia prontamente disponível no rúmen e resolveria o problema da falta de sincronia com o NNP.

Ramalho (10) encontrou GMD de 200 g/d extra ao fornecer suplemento energético na proporção de 0,6% PC para bovinos recriados em pasto de capim colônia manejados em lotação rotacionada. Costa (12), por sua vez, encontrou ganho extra de 400 g/d ao utilizar suplementação energética na proporção de 0,6% PC para bovinos criados em pasto marandu em lotação rotacionada. Nesses estudos, as possíveis explicações para os efeitos benéficos da suplementação energética estão relacionadas ao aumento do aporte de energia no rúmen e da proteína metabolizável que chega ao intestino ou a combinação desses dois fatores

Poppi e McLennan (8) acreditam que a relação entre proteína bruta e matéria orgânica digestível (MOD) da dieta exerce papel fundamental na eficiência do metabolismo proteico. Segundo os autores, quando o teor proteico da dieta for inferior a 160 g de PB por kg MOD o fluxo da proteína microbiana, proteína não degradável no

rúmen e proteína endógena para o intestino são realizadas com eficiência. Quando o teor de proteína excede 210 g de PB por kg MOD ocorrem perdas de N ruminal resultando em menor fluxo de PB para o intestino, o que diminui a eficiência do metabolismo proteico.

Vale ressaltar que a concentração de PB presente nas forragens utilizadas nos experimentos (15 a 17% PB) muitas vezes não condiz com o encontrado na maioria dos sistemas de produção, e por isso, os ganhos com a suplementação energética se mostraram bem pronunciados. Por outro lado, considerando a importância do nitrogênio para o crescimento das gramíneas, a adubação nitrogenada de manutenção é indicada para as forrageiras tropicais (13). Contudo, em sistemas menos intensivos, em que talvez a adubação nitrogenada não seja praticada, a proteína pode não ser um nutriente em excesso e sim limitante mesmo na época das águas.

Existe uma outra linha de raciocínio contrária a utilização da suplementação energética nas águas. Segundo Detmann e colaboradores (3), a afirmação de que na época da seca a proteína é limitante e na época das águas o nutriente deficiente é a energia não tem respaldo científico, como também, não leva em consideração a avaliação em conjunto da qualidade nutricional do pasto (principalmente o teor de PB) e exigências nutricionais dos animais. Ainda de acordo com os autores, a quantidade de PB encontrada nos capins na época das águas são maiores do que o mínimo para promover o crescimento microbiano, o que indica que as limitações para utilização adequada dos recursos forrageiros basais estão além das restrições do crescimento microbiano.

Avaliações da relação NDT:PB em gramíneas tropicais sobre sistema contínuo, demonstram que a relação é superior a exigida pelos animais (3), sugerindo que na época das águas há um excesso de NDT. Portanto, a suplementação energética agravaria esse quadro levando os animais a um desconforto metabólico causado pelo excesso de energia, que pode acarretar diminuição do consumo diário de matéria seca causado pelo aumento da produção de calor corporal e necessidade de eliminar o excedente de energia (8; 3).

Lazzarini e colaboradores (14) ao avaliar os efeitos da suplementação com amido na época das águas sobre o desempenho nutricional de bovinos nelore, verificaram que a suplementação com amido diminuiu a digestibilidade da FDN, o que pode indicar diminuição na utilização da fibra no rúmen. A diminuição da utilização ruminal da fibra, teoricamente, causaria um aumento no enchimento ruminal e conseqüentemente redução no consumo.

Assim, a suplementação energética na época das águas pode ser benéfica em sistemas intensivos de criação, onde o manejo da pastagem junto com a adubação proporciona elevado teor de PB nas gramíneas. Enquanto em sistemas menos intensificados a suplementação energética pode não apresentar melhoria ou pode até reduzir o desempenho dos animais pelo fornecimento excessivo de energia comparado ao aporte de PB. No geral, é necessário conhecer a composição da forragem ofertada para os animais em pastejo, especialmente a relação NDT:PB, juntamente com as exigências nutricionais dos animais para melhor determinar a estratégia a ser adotada que vise otimizar a utilização dos recursos forrageiros basais, o desempenho animal e a lucratividade.

SUPLEMENTAÇÃO PROTEICA

A estação chuvosa é caracterizada pela alta precipitação pluviométrica, radiação solar e temperatura. Essas características são favoráveis ao desenvolvimento das plantas forrageiras de clima tropical, resultando em acúmulo de forragem neste período, geralmente com maior concentração de proteína bruta (PB) e menores concentrações de componentes fibrosos em relação as demais estações do ano, permitindo que animais em pastejo apresentem melhores desempenhos.

Por outro lado, do ponto de vista nutricional existem alterações na qualidade do material ingerido durante esse período. Tal fato está relacionado ao aumento na concentração de tecidos de sustentação e, conseqüentemente, maiores valores de fibra insolúvel em detergente neutro (FDN), decorrente do avanço na idade fisiológica dos tecidos (15).

Forrageiras de clima tropical apresentaram percentuais de digestibilidade que variaram de 57,8 % a 67,4 % e PB de 7,9 a 17,4 % da matéria seca (MS) (16). Considerando os inúmeros sistemas de produção que variam conforme a espécie ou cultivar forrageiro, características físicas e químicas do solo, adubação, intensidade e manejo do pastejo e condições climáticas estima-se que tais variações nas relações de PB e matéria orgânica digestível sejam ainda maiores, influenciando diretamente na resposta animal.

Portanto, mesmo em condições de pasto bem manejado, com oferta de forragem em quantidade e qualidade ainda é possível que a composição química da forrageira não atenda o requerimento nutricional do animal para o seu máximo potencial de ganho.

A recria é caracterizada pela melhor eficiência biológica dos animais quanto a deposição de tecidos corporais, comparada com a fase de terminação, assim o potencial de produção de animais nesta fase deve ser explorado. Nesse período, são esperados ganhos superiores aos da estação seca, considerando a quantidade e qualidade da forragem disponível (17). Portanto, a suplementação proteica no período chuvoso pode ser uma tecnologia que permite aumentar o desempenho de animais, reduzindo ainda mais a idade de abate ou a primeira cria.

No Brasil, segundo o Ministério de Agricultura, Pecuária e Abastecimento (18) um suplemento proteico é classificado como aquele que contém na sua composição macro e/ou micro minerais, no mínimo 20 % de proteína bruta e fornece no mínimo 30 g de proteína bruta por cem quilos de peso corporal.

A utilização de suplementos contribui para estimular o consumo de forragem, melhorar a digestibilidade da dieta, a síntese de proteína microbiana através da utilização da amônia produzida no rúmen e fornecer os nutrientes necessários aos animais (19). A determinação do desempenho esperado influenciará na escolha do tipo de suplemento a ser utilizado, onde o uso do suplemento proteico é indicado quando há aumento na massa de forragem e no conteúdo de fibra e redução no teor proteico (17).

O uso da suplementação com proteína mostrou efeito pronunciado em condições de alta oferta de forragem e baixo conteúdo de proteína (Tabela 1). Não foi observado resposta apenas na condição de baixo teor de fibra e alto conteúdo de proteína, que nas condições brasileiras em pastagens com gramíneas tropicais dificilmente é encontrado. Assim, quanto menor o valor nutritivo do pasto maior a probabilidade de resposta a suplementação proteica no verão (20).

Tabela 1 - Resposta de bovinos a diferentes tipos de suplementos em função das características dos pastos

	Nível baixo (B) alto (A)							
	B				A			
Massa de forragem	B				A			
Conteúdo de fibra	B		A		B		A	
Conteúdo de proteína	B	A	B	A	B	A	B	A
Suplementação*								
Energia	+	+	++	++	0	0	+	+
Proteína	+	0	+	+	+++	0	++	+
NNP	+	0	0	0	++	0	+	0

*Resposta nula (0), pequena (+), média (++) e alta (+++).

Fonte: (16), adaptado de Siebert & Hunter (21).

A máxima eficiência na síntese microbiana é atingida quando é verificado 160 g de proteína degradável (PD) por quilo de matéria orgânica (MO) fermentável, enquanto valores da ordem de 210 g de PD/kg de MO fermentável resultam em apreciável perda de nitrogênio (8). Por outro lado, dietas com 12% de PB no verão possibilitam melhor utilização dos recursos nutricionais basais, devido a correção dos níveis de compostos nitrogenados no rúmen (3).

Pesquisas evidenciam o efeito positivo da suplementação proteica na quantidade de 0,1% do peso corporal sobre o desempenho dos animais no verão (Tabela 2), com ganho médio diário adicional que variam de 0,104 a 0,180 kg/dia, mesmo em forragens com valores de PB próximos de 12%.

Tabela 2 – Desempenho de bovinos de corte mantidos em pasto de clima tropical na estação do verão

Autores	Quantidade suplemento	PB (%) suplemento	Espécie	GMD adicional (kg/dia)
Moretti et al. (22)*	0,1 % PC	19,8	C. Marandú	0,104
Moretti (23)*	0,1 % PC	43,8	C. Marandú	0,160
Sampaio (24)*	0,1 % PC	33,3	C. Marandú	0,122
Roth (25)*	0,1 % PC	30	C. Tânzania	0,180

PC: peso corporal; GMD: ganho médio diário; PB: proteína bruta; NDT: nutrientes digestíveis totais.

*Numeração referências: Moretti et al. (22), Moretti (23), Sampaio (24) e Roth (25).

Durante a época das águas, mesmo com a melhoria do valor nutricional das pastagens, a suplementação proteica tende a melhorar a utilização dos nutrientes no rúmen, a possibilitar a sincronia entre proteína e energia. Sendo assim, a utilização de suplementos, além de suprir o nutriente limitante do pasto, possibilita melhorar a utilização dos nutrientes do pasto (26) e promove ganho adicional aos animais, uma vez que existe um ganho latente durante a estação do verão que pode atingir 200 g/ animal/dia e que deve ser explorado (27).

Analisando os resultados das estratégias de suplementação apresentados na Tabela 2, propostas por Roth (24) e Moretti (23), durante a fase de recria de tourinhos nelore à

pasto no verão, verificou-se que o uso do suplemento proteico possibilitou ganhos em peso de 28% e 15% superiores em relação aos animais suplementados apenas com suplemento mineral (0,637 kg/dia e 0,696 kg/dia), respectivamente.

Manella et al. (28) avaliaram o desempenho de bovinos nelore a pasto recebendo suplementação alimentar proteica na estação seca e das águas e observou que a suplementação proteica no período das águas promoveu ganhos médios de 0,782 kg/d, sendo superior ao ganho obtido no período das secas (0,486 kg/d). Outros autores (8, 11, 12 e 13) também relataram ganhos expressivos quando fornecida uma suplementação proteica no período das águas.

Considerando que a busca pelo equilíbrio da relação energia/proteína promove o aumento da ingestão voluntária, o uso da suplementação proteica no verão proporciona a adição da proteína verdadeira no ambiente ruminal e a regularidade de consumo de minerais e aditivos presentes no suplemento, promovendo o ganho adicional (3).

Dessa forma, fica evidente a importância das interações entre estratégias de suplementação com o pasto e seus efeitos sobre o desempenho animal. Ainda, o contexto econômico e comercial deve ser considerado nos programas de suplementação no verão, pois dependendo das metas a serem conquistadas pode envolver elevado investimento de capital.

SUPLEMENTAÇÃO PROTEICO ENERGÉTICA

No que diz respeito a suplementação proteico energética duas principais metas são esperadas, a primeira é a de reduzir ou eliminar os entraves nutricionais, enquanto a segunda tem como objetivo alcançar metas específicas de produção animal (3). A estratégia de fornecer energia e proteína através do suplemento visa atender uma meta específica de ganho de peso durante o ano (29). A suplementação proteico energética também é conhecida como mistura ou suplemento múltiplo (30).

No Brasil, segundo o Ministério de Agricultura, Pecuária e Abastecimento (18) um suplemento mineral proteico energético é classificado como aquele que contém na sua composição macro e/ou micro minerais, no mínimo 20 % de proteína bruta e fornece no mínimo 30 g e 100 g de proteína bruta e nutrientes digestíveis totais por cem quilos de peso corporal, respectivamente. Desta forma, suplemento energético e suplemento proteico energético constituem aqueles suplementos que são fornecidos em maior proporção (% do PC) quando comparado com suplemento proteico.

Costa et al. (31) avaliou os efeitos de diferentes suplementos nitrogenados (proteína e não proteica) e carboidratos (amido e fibra solúvel) na quantidade de 3 g/kg de PC verificaram que o consumo de pasto diminuiu com a suplementação, com taxa média de reposição de 2,11 g de MS de pasto/g de MS. Ainda neste estudo verificou-se que suplementação proteico energética não aumentou os coeficientes de digestibilidade e produção de proteína microbiana, indicando que a suplementação proteico energética não apresenta resultados benéficos além de diminuir o consumo do pasto. Essa variação entre o observado e o esperado pode ser explicada pelo efeito associativo (interação entre os componentes da dieta) do suplemento sobre o consumo de forragem e energia disponível da dieta (32).

Contudo, outros autores como Lazzarini e colaboradores (15) ao avaliaram os efeitos da suplementação proteica, energética e proteico energética de bovinos na estação

das águas perceberam que a suplementação conjunta de nitrogênio e amido aumentou a digestibilidade da matéria orgânica, o que indica entre os compostos se interagem modificando sua utilização ruminal. De acordo com os autores, a diminuição da quantidade de nitrogênio amoniacal verificado nos animais que receberam suplementação proteico energética indica uma melhor assimilação da proteína adicional quando o amido esteve presente.

Fernandes et al. (33) também verificaram efeitos benéficos da suplementação proteica energética. Os autores observaram melhoria no consumo dos nutrientes e aumento da eficiência do uso do pasto, com consequente melhoria no ganho de peso (1,06 vs 0,77 kg/d) para os animais que receberam a suplementação na proporção de 0,6% PC comparado com os animais não suplementados. A suplementação proteico energética pode causar efeito aditivo através do consumo total de matéria seca, o que reflete em maior aporte de nutrientes cominando em maior desempenho nutricional (34).

CONCLUSÕES

A escolha da estratégia de suplementação a ser adotada na época das águas precisa estar apoiada no valor nutritivo da forrageira e necessidade nutricional dos animais para determinada meta de ganho.

REFERÊNCIAS

1. ABIEC. Beef report perfil da pecuária no Brasil. Associação Brasileira das Indústrias Exportadoras de Carnes, 2021.
2. Goes RHB, Mancio AB, Lana RP, Valadares-Filho SC, Cecon PR, Queiroz AC, Lopes AM. Desempenho de novilhos nelore em pastejo na época das águas: ganho de peso, consumo e parâmetros ruminais. R Bras Zootec. 2003; 32:214-221.
3. Detmann E, Paulino MF, Valadares-Filho SC, Huhtanen P. Nutritional aspects applied to grazing cattle in the tropics: a review based on Brazilian results. Semina: Ciências Agrárias. 2014; 35:2829-2854.
4. Reis, R. A., Barbero, R. P., Hoffmann, A. Impactos da qualidade da forragem em sistemas de produção de bovinos de corte. Informe Agropecuário. 2016; 37: 36-53. 2016.
5. Valásquez PAT, Berchielli TT, Reis RA, Rivera AR, Dian PHM, Teixeira IAMA. Composição química, fracionamento de carboidratos e proteínas e digestibilidade *in vitro* de forrageiras tropicais em diferentes idades de corte. R Bras Zootec. 2010; 39:1206-1213
6. Paulino, M.F.; Figueiredo, D.M.; Moraes, E.H.B.K. et al. Suplementação de Bovinos em pastagens: uma visão sistêmica. In: simpósio de produção de gado de corte. Viçosa, MG. Anais... Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2004;

- 4:93-144.
7. Detmann E, Paulino MF, Valadares-Filho SC, Batista ED, Rufino FMA. Aspectos nutricionais aplicados em pastejo nos trópicos. IX Simpósio de Produção de Gado de Corte. Viçosa: Editora UFV; 2010:239-267.
 8. Poppi DP, McLennan SR. Protein and energy utilization by ruminants at pasture. *J Anim Sci.* 1995; 73:278-290.
 9. Lazzarini I, Detmann E, Samapiao CB, Paulino MF, Valadares Filho SC, Souza, MA, Oliveira FA. Intake and digestibility in cattle fed low-quality tropical forage and supplemented with nitrogenous compounds. *R Bras Zootec.* 2009; 38:2021-2030.
 10. Ramalho TRA. Suplementação proteica ou energética para bovinos recriados em pastagens tropicais [dissertação]. Piracicaba: Universidade de São Paulo Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”; 2006.
 11. Mertens DR. Creating a system for meeting the fiber requirements of dairy cow. *J Dairy Sci.* 2002; 80:1463-1481.
 12. Costa DFA. Respostas de bovinos de corte à suplementação energética em pastos de capim-marandu submetidos a intensidades de pastejo rotativo durante o verão [dissertação]. Piracicaba: Universidade de São Paulo Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”; 2007.
 13. Cabral CEA, Cabral CHA, Santos ARM, Motta AM, Mota LG. Impactos técnico-econômicos da adubação de pastos. *Pesquisas Agrárias e Ambientais.* 2021; 9:173-181.
 14. Lazzarini I, Detmann E, Valadares-Filho SC, Paulino MF, Batista RD, Rufino LMA, Reis WLS, Franco MO. Nutritional performance of cattle grazing during rainy season with nitrogen and starch supplementation. *Asian Australas. J. Anim. Sci.* 2016; 29:1120-1128.
 15. Marcelino KRA, Leite GG, Vilela L, Diogo JMS, Guerra AF. Influência de nitrogênio e tensões hídricas sobre o valor nutritivo do Marandu (*Brachiaria brizantha*) cultivado no cerrado. In: 39 Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2002. Recife. Anais... Recife: Sociedade Brasileira de Zootecnia. (CD-ROM).
 16. Reis RA, Ruggieri AC, Casagrande DR, Páscoa AG. Suplementação da dieta de bovinos de corte como estratégia do manejo das pastagens. *R Bras Zootec.* 2009; 38:147-159.
 17. Resende FD, Siqueira GR, Oliveira IM. Entendendo o conceito boi 777. 1. ed. Jaboticabal: Gráfica Multipress Ltda; 2018.

18. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA). Instrução Normativa nº 12/2004, de 30 de novembro de 2004. Aprova o regulamento técnico sobre fixação de parâmetros e das características mínimas dos suplementos destinados a bovinos. Diário Oficial União. 02 dez 2004. [acesso em 4 set 2022]. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/insumos-agropecuarios/insumos-pecuarios/alimentacao-animal/arquivos-alimentacao-animal/legislacao/instrucao-normativa-no-12-de-30-de-novembro-de-2004.pdf>.
19. Moretti MH, Reis RA, Casagrande DR, Ruggieri AC, Oliveira RV, Berchielli TT. Suplementação proteica energética no desempenho de novilhas em pastejo durante a fase de terminação. *Ciência e Agrotecnologia*, 2011; 35:606-612.
20. Detmann E, Queiroz AC, Zorzi K, Mantovani HC, Bayão GFV, Gomes MPC. Degradação in vitro da fibra em detergente neutro de forragem tropical de baixa qualidade em função da suplementação com proteína verdadeira e/ou nitrogênio não-proteico. *R Bras Zootec*. 2011; 40:1272-1279.
21. Siebert BD, Hunter RA. Supplementary feeding of grazing animals. In: HACKER, J.B. (Ed.). *Nutritional limits to animal production from pasture*. Farnham Royal: Commonwealth Agricultural Bureau, 1982; 409-425.
22. Moretti MH, Resende FD, Siqueira GR, Roth APTP, Custódio L, Roth MTP, et al. Performance of Nelore young bulls on Marandu grass pasture with protein supplementation. *R Bras Zootec*. 2013; 42:438-446.
23. Moretti MH. Estratégias alimentares para a recria e terminação de tourinhos nelore. 2015. 116 f. (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Jaboticabal.
24. Sampaio RL. Estratégias de suplementação na recria e terminação de bovinos de corte. 2011. 155 f. (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Jaboticabal.
25. Roth MTP. Estratégias de suplementação na recria em pastagens e terminação em confinamento de tourinhos da raça nelore. 2012. 154 f. (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Jaboticabal.
26. Porto MO, Paulino MF, Valadares Filho SC, Sales MFL, Detmann E, Cavali J. Formas de utilização do milho em suplementos para novilhos na fase de terminação em pastagem no período das águas: desempenho e parâmetros nutricionais. *R Bras Zootec*. 2008; 37:2251-2260.
27. Paulino MF, Detmann E, Valadares Filho SC, et al. Bovinocultura funcional nos trópicos. IN: SIMPÓSIO DE PRODUÇÃO DE GADO DE CORTE, 6., 2008, Viçosa. Anais...Viçosa: DZO - UFV, 2008; 275-306.

28. Manella MQ, Lourenço AJ, Leme PR. Recria de bovinos Nelore em pastos de *Brachiaria brizantha* com suplementação proteica ou com acesso a banco de proteína de *Leucena leocophala*. Desempenho animal. R Bras Zootec. 2002; 31: 2274-2282.
29. Marques HR, Oliveira MC, Carmo EL. Suplementação proteica e energética para bovinos de corte. PUBVET, 2010; 4:730-737.
30. Malafaia P, Cabral LS, Vieira RAM, Costa RM, Carvalho CAB. Suplementação proteico-energética para bovinos criados em pastagens: Aspectos nutricionais teóricos e principais resultados publicados no Brasil. Livestock Research for Rural Development. 2003; 15:1-32.
31. Costa VAC, Detmann E, Paulino MF, Valadares Filho SC, Carvalho IPC, Monteiro LP. Consumo e digestibilidade em bovinos em pastejo durante o período das águas sob suplementação com fontes de compostos nitrogenados e de carboidratos. R. Bras. Zootec. 2011; 40:1788-1798.
32. Goes RHTB et al. Efeito Associativo na suplementação de bovinos a pasto. Arquivo de Ciências Veterinária e Zoológica 2004; 7:169-169.
33. Fernandes LO, Reis RA, Paes JMV. Supplementation effect on the performance of beef cattle steers maintained in *Brachiaria brizantha* cv. Marandu pasture. Ciênc. Agrotec. 2010; 34:240-248.
34. Dias DLS, Silva RR, Silva FF, Carvalho GGP, Brandão RKC, Silva ALN, Barroso DS, Lins TOJA, Mendes FBL. Recria de novilhos em pastagens com e sem suplementação proteico/energética nas águas: consumo, digestibilidade dos nutrientes e desempenho. Semina: Ciências Agrárias. 2015; 36:985-998.

DOI: <https://doi.org/10.53934/9786585062039-5>

CAPÍTULO 5

PECUÁRIA DE CORTE: USO DE ÓLEOS ESSENCIAIS NA MANIPULAÇÃO DA FERMENTAÇÃO RUMINAL

Alessandra Schaphauser Rosseto Fonseca*^{ID}; Ana Claudia da Costa^{ID}; Luciano da Silva Cabral^{ID}; Rosemary Lais Galati^{ID}; Farah Arruda Petter^{ID}; Jhonathann Willian Furquin da Silva^{ID}; Vinícius Patrick Silva Souza^{ID}

*Autor correspondente: [Alessandra Schaphauser\(alessandraschaphauserr@gmail.com\)](mailto:alessandraschaphauserr@gmail.com)

Resumo: O Brasil é o país que mais exporta carne bovina no mundo, sistemas de produção do país são baseados em animais em pastejo em sua maioria, a forrageira é tida como recurso basal aos animais, o que confere competitividade ao setor. A alta produtividade de grãos possibilita ao país adotar modelos altamente tecnificados como os confinamentos. No entanto, mudanças no perfil do consumidor mundial pressionam o país a produzir carne de melhor qualidade, levando em consideração diversas questões, principalmente a preservação ambiental. O princípio da precaução atenta a comunidade científica a uma possível resistência quanto ao uso indiscriminado de antibióticos como promotores de crescimento. No ambiente ruminal há perfeita simbiose entre sua comunidade microbiana e o animal, porém existem processos indesejáveis como fermentação de aminoácidos, e emissão de metano, sob determinadas circunstâncias o animal pode também apresentar distúrbios metabólicos. Os antibióticos desempenham esse papel de suprimir e evitar tais processos há muito tempo, porém devido a insegurança alimentar quanto ao seu uso, pesquisadores recentemente estudam os efeitos que óleos essenciais podem causar como substitutos a esses produtos, tais produtos são originados no metabolismo secundários de plantas, apresentam muitas vezes odores e sabores muito específicos, tem composição complexa e modo de ação ainda não definido, visto sua abundante variedade. Esta revisão busca compilar os principais resultados quanto ao uso de óleos essenciais como promotores de melhoria do metabolismo ruminal.

Palavras-chave: aditivos; bovinos; confinamento; pasto

Abstract: Brazil is the country that most exports beef in the world, the country's production systems are mostly based on grazing animals, forage is considered a basal resource for animals, which makes the sector competitive. The high productivity of grains makes it possible for the country to also boast highly technician models such as feedlots. However, changes in the world consumer profile pressure the country to produce better quality meat, considering several issues, mainly environmental preservation. The precautionary principle alerts the scientific community to a possible resistance to the indiscriminate use of antibiotics as growth promoters. In the rumen environment, there is a perfect symbiosis between its microbial community and the animal, but there are undesirable processes such as fermentation of amino acids, and methane emission, under certain circumstances the animal can also present metabolic disorders, antibiotics play

this role of suppressing and preventing such processes. for a long time, due to food insecurity regarding its use, researchers have recently studied the effects that essential oils can cause as substitutes for these products, such products originate in the secondary metabolism of plants, often present very specific odors and flavors, have a composition complex and mode of action not yet defined, given its abundant variety. This review seeks to compile the main results regarding the use of essential oils as promoters of improvement in rumen metabolism.

Key Word: additive; cattle; feedlot; pasture

INTRODUÇÃO

O Brasil é o principal exportador e o segundo maior produtor de carne bovina do mundo, com 2,48 e 9,71 milhões toneladas de equivalente carcaça exportados e produzidas, respectivamente (1). A maior parte da carne produzida no país é oriunda de animais em pastejo, o que confere elevada competitividade ao setor, em razão do seu menor custo de produção. Ao mesmo tempo o sistema apresenta problemas relacionados à degradação das pastagens, baixos índices produtivos e emissão de gases de efeito estufa, tornando necessária a adoção de tecnologias que contribuam na resolução dessas questões.

Nas duas últimas décadas, o número de bovinos de corte confinados aumentou, colaborando para a intensificação da pecuária, especialmente na região Centro Oeste do país. O Mato Grosso detém o maior rebanho bovino e está entre os maiores produtores de grãos do Brasil, favorecendo assim o uso de dietas contendo elevada proporção de grãos, as quais trazem vantagens operacionais e de custo da energia líquida para ganho de peso, mas também aumentam os desafios dos nutricionistas no controle dos distúrbios digestivos que acometem os animais confinados (2).

O atual sistema de criação a pasto, embora tenha destaque em números, precisa de modelos de produção que resultem em carne de melhor qualidade, em atenção às características como suculência e maciez, características que atraem mercados exigentes. O novo perfil de consumidor valoriza aspectos relacionados também à forma na qual o alimento foi produzido, sendo socialmente justa, economicamente viável e ambientalmente correta.

A exemplo disso, no ano de 2006, a Europa discrimina o uso de antibióticos promotores de crescimento, chegando a proibir o uso amparada pelo princípio da precaução, baseada no risco do desenvolvimento e transmissão de microrganismos resistentes a esses antibióticos, embora ainda não existam estudos que comprovem a teoria. Ionóforos, tais como a monensina, têm sido os aditivos antibióticos mais usados em dietas de bovinos para promover crescimento e alterar a fermentação ruminal, uma vez que promovem aumento da produção de propionato, contribuem na redução da produção de metano, da proteólise, da fermentação de aminoácidos e perdas de N pela urina (3, 4).

Desta forma, os óleos essenciais (OE) surgem como possível substituto da monensina e outros antimicrobianos convencionais, e suas propriedades bactericidas ou bacteriostáticas parecem minimizar o risco de surgimento de microrganismos resistentes a esses compostos. Porém, a complexidade destes fitoquímicos conduz os pesquisadores

a investiguem diversos fatores que envolvem sua eficiência e mecanismos de ação, incluindo as doses que promovem os efeitos mais benéficos no ambiente ruminal.

PECUÁRIA NACIONAL

O Brasil ocupa o primeiro lugar no ranking mundial de exportação de carne bovina (1), com um rebanho de 196,47 milhões de cabeça e 2,48 milhões de toneladas equivalente de carcaça exportadas em 2021. Esses números revelam a importância do setor pecuário na economia nacional e na oferta de proteína animal, sendo capaz de suprir toda demanda nacional e exportar o excedente. A atividade da pecuária de corte representa parte significativa do produto interno bruto nacional (PIB), tornando a imprescindível para economia do país (1).

Embora o Brasil se mantenha em destaque mundial devido aos números de rebanho e exportação, o desafio de produzir carne de qualidade e competitiva no país é alto. Atualmente o consumidor busca carne de melhor qualidade, considerando diversos aspectos, como sua maciez, sabor, aparência, suculência, atentos à forma na qual o alimento foi produzido (5).

O Brasil tem o privilégio de possuir território extenso e parte considerável ser destinada às pastagens as quais são formadas predominantemente por gramíneas tropicais, perenes, que representam recurso basal na alimentação de bovinos e que, quando bem manejadas podem suprir as necessidades dos animais. A produção de carne sob condições de pastejo apresenta como grande vantagem o menor custo de produção em comparação ao confinamento, praticada em vários países como os Estados Unidos, o que confere elevada competitividade à carne brasileira no mercado internacional (7). Portanto, a redefinição de tecnologias pré-existentes e a prospecção de novas tecnologias serão fatores determinantes para que o país se mantenha competitivo atento ao uso racional das suas extensões territoriais, recuperação de áreas degradadas e manejo adequado das pastagens (8).

O gênero *Urochloa*, dentre todos os cultivados em território nacional, é o mais usado em sistemas a pasto, sendo o capim mais cultivado no Brasil Central. O gênero possui características que o diferenciam tais como: tolerância ao ataque da cigarrinha das pastagens, à seca, frio e fogo; além de possuir elevado poder de rebrota e produção de massa de forragem considerada satisfatória (8 a 20 de MS/ha/ano). Além disso, as *braquiarias* podem ser utilizadas em sistema de cria, recria e engorda, tanto com lotação contínua ou rotacionada, podendo ainda serem armazenadas como feno ou silagem (9).

Apesar de possuírem características que lhes conferem rusticidade, mesmo o gênero *Brachiaria sp.* está sujeito à sazonalidade dos trópicos, afetando-o tanto em qualidade como em quantidade devido às alterações de precipitação, radiação solar e temperatura (10, 11, 12). Sendo assim, tais fatores imprimem à planta forrageira, condições morfológicas e bromatológicas que restringem sua capacidade de atender nutricionalmente as exigências do animal, tanto para manutenção quanto para ganho de peso. (12). Com isso, o rebanho tende a um efeito “sanfona”, diminuindo o desempenho animal, sanidade, qualidade da carne, acompanhado de aumento da idade de abate, e como consequência, o ciclo de produção é comprometido (13).

O desempenho de bovinos em condições de pastejo depende, principalmente, da massa de forragem e seu valor nutritivo, bem como de aspectos estruturais do relvado

(altura, densidade, relação folha:colmo), sendo os teores de proteína bruta (PB) e fibra em detergente neutro (FDN), os principais componentes da forragem que afetam seu valor nutritivo (10). Sabe-se que forragens com menos de 7% de PB (na base seca) e elevado teor (FDN), acima de 60% na matéria seca (MS) da dieta tendem a limitar o consumo e a digestão da forragem no ambiente ruminal, uma vez que os microrganismos do rúmen têm seu crescimento e atividade prejudicados por deficiência de nitrogênio (14).

É necessário que haja manutenção periódica das pastagens, por meio de práticas e técnicas de manejo de conservação do solo (curvas de nível, correção da acidez e adubação), fornecendo assim o aporte necessário para que as forrageiras possam contribuir com nutrientes ao longo do ano, conseguindo driblar o período seco crítico para o animal (15). Além de melhorias no manejo do pasto, aliados ao controle da intensidade de pastejo, outras tecnologias têm sido incorporadas para aumentar a eficiência produtiva, tais como os aditivos que manipulam a fermentação ruminal, com o objetivo de aumentar a eficiência de uso dos nutrientes da dieta pelo animal (5).

PANORAMA DOS CONFINAMENTOS DE BOVINOS NO BRASIL

Do montante de animais abatidos no Brasil, 15,4% (6 milhões de cabeças) são oriundos de confinamento (1). Ainda que a pecuária de corte no país seja predominante em pasto, nos últimos dezenove anos a quantidade de animais confinados aumentou em 214% (16), o que demonstra crescente interesse pela intensificação da atividade.

O confinamento representa um sistema de produção intensiva, que no Brasil é principalmente utilizado para terminação de bovinos na época seca do ano, mas pode ser aplicado a todas as categorias e épocas do ano. Os animais são alojados em baias ou currais e recebem alimentação no cocho. Bovinos em terminação recebem dieta de alto concentrado e baixa forragem para que alcancem peso e acabamento de carcaça desejáveis para comercialização (17). Dentre as vantagens do confinamento destacam-se a redução da idade de abate, aumento da qualidade da carne e melhoria dos índices produtivos (18).

Um levantamento realizado por Silvestre e Millen (2) apontou que 97,2% dos nutricionistas que atendem confinamentos brasileiros, recomendam a inclusão de elevadas quantidades de concentrado (710 a 900 g kg MS⁻¹), enquanto em 2009, apenas 58,1% dos nutricionistas tinham a mesma percepção (19). As vantagens de dietas com maiores inclusões de concentrado, comparada com aquelas contendo alta inclusão de forragens verdes e conservadas, são o menor custo da energia líquida para ganho, maior ganho em peso, menor tempo de confinamento, e logística operacional mais fácil (transporte, manuseio e processamento das dietas).

Na última década, além da maior inclusão de concentrado, houve aumento e melhoria no processamento dos grãos, como é o caso da ensilagem de grãos e diminuição do uso de grão quebrado como única forma de processamento. Dietas ricas em alimentos concentrados com amido altamente disponível, podem fazer com que os animais apresentem problemas digestivos como acidose ruminal, podendo haver prejuízo ao desempenho (20). Acidose ruminal é o segundo principal problema relacionado à saúde de bovinos confinados no Brasil (2).

A gravidade da acidose varia entre acidose clínica e subclínica. Essa classificação é baseada no pH ruminal, tipo de ácido acumulado no rúmen e, com ou sem presença de

sinais clínicos (21). A acidose subclínica é definida como a redução diária de pH abaixo 5,6 e 5,8 por um período de 5 e 8 horas por dia, respectivamente, causada pelo acúmulo de ácidos graxos de cadeia curta (22). Os animais acometidos com a desordem digestiva apresentam leves sinais clínicos, o que dificulta o diagnóstico da doença. Algumas consequências da acidose subclínica incluem a diminuição do consumo de matéria seca, diarreia e abscessos hepáticos (23). Na acidose clínica, o acúmulo de ácido láctico no rúmen faz com que o pH fique abaixo de 5, os sinais clínicos são evidentes (anorexia, dor abdominal, taquicardia, diarreia, letargia, decúbito e morte), contudo é menos frequente que a acidose subclínica (24).

Diante do perfil das dietas constituídas por maiores quantidades de amido, e em virtude da ocorrência de acidose, os aditivos melhoradores de desempenho ganharam mais uma função. Além de atuarem como melhoradores, a capacidade de modular a fermentação ruminal fez com que os aditivos zootécnicos também passassem a ser utilizados na prevenção ou controle da acidose. Dentre as opções mais utilizadas, estão a monensina e a virginiamicina. Esses aditivos atuam no aumento ou inibição de populações microbianas específicas de forma a otimizar processos que sejam benéficos, e minimizar, alterar ou inibir os prejudiciais aos animais (25).

Contudo, o uso da palavra antibiótico ascende questões que remetem à preocupação dos consumidores com a saúde humanas. Embora estes aditivos sejam utilizados em doses baixas, sem finalidade terapêutica, e não tenham os mesmos princípios ativos que os antibióticos para tratamento de doenças, é compreensível que mercados consumidores internos e externos expressem tais preocupações, a ponto de estimular a busca por aditivos que possam substituir tais antibióticos, mantendo sua capacidade antimicrobiana. Desta forma, surgem os óleos essenciais que são substâncias com capacidade antimicrobiana e potencial para modular a fermentação ruminal (26, 27).

FERMENTAÇÃO RUMINAL E SUA MANIPULAÇÃO

O rúmen é o principal compartimento do trato gastrointestinal nos ruminantes (bovinos, caprinos e ovinos, bubalinos), desempenhando papel decisivo na nutrição e saúde dos animais. As condições ambientais no rúmen encontradas neste compartimento permitem o crescimento de microrganismos anaeróbios, os quais convertem nutrientes poliméricos (carboidratos, proteínas e lípidios) a células microbianas e ácidos graxos de cadeia curta (AGCC) que representam a principal fonte de energia e de aminoácidos para (28, 29, 30). Nesse sentido, o animal e a sua microbiota ruminal mantêm perfeita relação simbiótica (31).

A população microbiana do rúmen é da ordem de 10^{10} - 10^{11} células bacterianas por mL, sendo a composição é de aproximadamente de 10^4 - 10^6 de protozoários por mL e 10^2 - 10^4 fungos por mL (28). Apresenta ainda elevada diversidade na população bacteriana se comparada ao domínio *Eucarya* (protozoários e fungos). Estima-se que mais de 4.000 espécies de bactérias estejam presentes no rúmen tornando-o um ecossistema altamente complexo e diverso, onde ocorrem relações de simbiose, competição, antibiose, predação como exemplo. Dos fatores que afetam a predominância de grupos microbianos no rúmen, o animal e sua dieta exercem elevado efeito sobre a variedade de espécies e sua atividade em um dado momento ou situação (30).

Apesar da simbiose do animal com sua microbiota proporcionar o uso de dietas ricas em fibra (celulose, hemicelulose e lignina = FDN) a necessidade de aumento da eficiência nos sistemas produtivos tem sido demandada. Uma das estratégias para isso é a busca por estratégias de manipulação da fermentação ruminal (microbiota), com o intuito de aumentar os processos benéficos e reduzir os eventos indesejáveis (metanogênese, proteólise, e desaminação, produção de lactato e lipopolissacarídeos) (32, 9).

O alvo central no controle da fermentação ruminal tem sido a manipulação da dieta para alterar a população microbiana, reduzindo a produção de acetato consequentemente o aumento de propionato. A produção de acetato gera maior quantidade de H₂ no ambiente ruminal, o qual é substrato para a população de metanogênicas, a qual o converte a metano a partir redução do CO₂. Cabe destacar que a metanogênese ruminal representa perda de energia da dieta de 4 a 14% além de ser um gás de efeito estufa (GEE) (33, 34).

Neste sentido, diferentes aditivos antibióticos (exemplo ionóforos) e não antibióticos (taninos, saponinas, óleos essenciais, leveduras) têm sido utilizados com o objetivo de alterar (manipular) a população microbiana e sua atividade. Embora o uso de antibióticos ionóforos em dietas de ruminantes ocorra há mais de 50 anos, existe constante preocupação da sociedade quanto ao desenvolvimento de microrganismos resistentes a estes aditivos e sua transferência pela cadeia produtiva para o ser humano (35, 36).

As características físico-químicas das dietas e suas interações podem ter um grande efeito sobre o consumo voluntário nos ruminantes. Entre esses fatores, a composição da dieta é o mais importante, determinam variações sobre os microrganismos do rúmen, particularmente os aspectos relacionados à variação da concentração de fibra em detergente neutro (FDN), carboidratos não fibrosos (CNF) são amplas e resultam em, variações na oferta de nutrientes e, consequentemente, sobre as características físico-químicas do ambiente ruminal (pH, da pressão osmótica, fluxo de digesta ruminal) (37, 38). Além dos efeitos citados, dietas com altas quantidades de FDN permitem o crescimento de bactérias celulolíticas (*Fibrobacter succinogenes*, *Ruminococcus flavefaciens* e *Ruminococcus albus*) e fungos (*Neocalimastix frontalis*). De outra forma, dietas com níveis acima de 60% de concentrado tendem a estimular o crescimento de bactérias amilolíticas (*Selenomonas ruminantium*, *Ruminobacter amylophilus* e *Streptococcus bovis*) e de protozoários ciliados (33).

Dentre esses organismos, existem aqueles considerados altamente importantes para a digestão da fibra no rúmen e, aqueles que são produtores de H₂ e colaboram para a metanogênese. Sendo assim, o controle de seu crescimento poderia colaborar para o aumento dos eventos digestivos com redução da perda de energia da dieta (39).

Em resumo, o uso de aditivos pode ser uma importante tecnologia alternativa ao uso de aditivos de antibióticos para a manipulação do microbioma ruminal. Podendo contribuir para o aumento da produtividade, eficiência dos recursos utilizados na alimentação animal, diminuição de perdas de energia e mitigação de gases de efeito estufa(7).

ÓLEOS ESSENCIAIS

Os óleos essenciais (OE) são utilizados pelo homem há pelo menos 3.500 anos, nos dias atuais estão presentes em diversas fórmulas da indústria de cosméticos, farmacêutica e alimentícia. Adicionalmente, são também pesquisados na nutrição animal e incluídos em dietas dos ruminantes como potenciais moduladores da fermentação ruminal (26). O Brasil com a sua elevada biodiversidade vegetal, possui um grande potencial de prospecção de novos compostos secundários de plantas, com destaques para as oriundas dos biomas Amazônicos e do Cerrado (40).

Segundo Castillejos et al. (41), óleos essenciais são descritos como substâncias resultantes do metabolismo secundário de plantas, em que o termo “essencial” se refere à “essência”, caracterizada pela capacidade desses compostos de exalarem odores e possuírem sabores muito específicos, como é o caso do alho e canela, por exemplo. Podem ser extraídos de várias partes da planta, sua composição pode variar de acordo com a parte da planta (42). A concentração pode variar também conforme o estágio de crescimento, saúde da planta, fatores do ambiente, tais como luz, temperatura e estresse hídrico (43).

A classificação de metabolitos secundários é complexa, suas vias metabólicas de síntese, propriedades e mecanismos de ação são em muitos casos sobrepostos, e as diferenças de difícil determinação (26). Geralmente são divididos em 3 grupos (saponinas, taninos e óleos essenciais), formados por misturas complexas de substâncias derivadas de terpenóides (monoterpenos e sesquiterpenos) e fenilpropanóides (44).

Os OE são designados a atuar como mensageiros ecológicos da planta ao ambiente, são responsáveis por respostas a estímulos como defesa, ou atrativos a insetos polinizadores. Apresentam ainda, em muitos casos atividade antimicrobiana contra fungos e bactérias (45). São substâncias lipofílicas, líquidas, podendo ser extraídas por arraste usando vapor de água ou por solventes (29). A sua capacidade de volatilização permite chamá-los de “óleos voláteis ou etéreos”, devido à sua aparência oleosa em temperatura ambiente (46).

Na literatura, de modo geral, é sugerido que os fenilpropanóides e terpenóides possuem mecanismo de ação sobre a membrana celular de bactérias, sendo parte desta ação atribuída à natureza hidrofóbica dos hidrocarbonetos cíclicos, que permite interação com as membranas celulares, acumulando-se e ocupando espaços entre as cadeias de ácidos graxos (47). Desta forma, a interação dos hidrocarbonetos causa fluidificação e expansão, alterando de forma significativa a estrutura da membrana celular das bactérias. Tal alteração causa perda da estabilidade da membrana celular causando “vazamento” de íons pela membrana, promovendo diminuição do gradiente iônico. Existem casos em que as bactérias conseguem balancear esses efeitos usando bombas iônicas e não ocorre morte celular, no entanto, grandes quantidades de energia são gastas em tal função, e ocorre supressão no crescimento bacteriano (26).

Sabe-se que compostos que alteram a permeabilidade da membrana celular das bactérias culminam na perda de íons e outros componentes citoplasmáticos, o que reduz o gradiente iônico transmembranar, conduzindo à perda dos processos vitais da célula como: translocação e síntese proteica, fosforilação e reações dependentes de enzimas. No contexto de fluxo contínuo no rúmen, qualquer alteração nos processos celulares que resulte em modificação das taxas de crescimento, altera a proporção das populações bacterianas do rúmen, e com isso o perfil de fermentação pode ser modificado (48).

Na nutrição de ruminantes os OE são utilizados como aditivos moduladores da fermentação ruminal. Semelhante à monensina e virginiamicina, na presença dos OE, alguns microrganismos ruminais são inibidos. O modo de ação pelo qual os óleos essenciais exercem sua atividade antimicrobiana pode ser complexo dada a diversidade de substâncias que os compõem, e é mais provável que não tenham um modo de ação específico, e sim vários alvos dentro das células (26, 49).

Alguns OE mostraram ter efeitos positivos no metabolismo de energia a partir do aumento da concentração molar total de AGCC) sem que isso necessariamente implique na alteração de suas proporções (50, 51, 52). O aumento da produção total de AGCC pode estar relacionado à capacidade dos OE em melhorar a digestão ruminal dos nutrientes (50). Por outro lado, há trabalhos que demonstram que os OE podem aumentar as concentrações molares de propionato e diminuir a relação acetato:propionato (53, 54), assim como outros, não encontraram efeito sobre os AGCC (55, 56).

Nos últimos anos, a busca pela substituição do uso de ionóforos, permitiu o surgimento de diversos produtos comerciais tendo plantas como matéria prima, tais como: Biostar® (Phytosynthèse, França) à base de alcachofra (*Cynara cardunculus subesp. Scolymus*), ginseng siberiano (*Eleutherococcus senticosus*) e feno-grego (*Trigonella foenum graceum*) outro exemplo, Crina® Ruminants (DSM Nutritional Products Ltda, Suíça), à base dos óleos essenciais timol, limoneno e guaiacol, assim como o Vertan® (IDENA, França), à base de timol, eugenol, vanilina e limoneno (57).

Tais compostos citados anteriormente podem romper a membrana celular bacteriana interagindo com proteínas específicas da mesma. Busquet et al. (57) em seu trabalho propõe que o OE de alho não exerce no rúmen atividade semelhante ao modo de ação da monensina, que inibe de forma específica bactérias gram positivas, porém, atuam de forma direta inibindo microrganismos do domínio *Archaea*. Desta maneira, sugere-se que os efeitos do OE na produção de metano, são doses-dependente, variando com a sua composição.

Joch et al. (58) avaliaram o uso de OE como estratégia de redução do metano entérico (CH₄), e observaram que 9 dos 11 princípios ativos estudados apresentaram capacidade para mitigação desse gás. Contudo, os autores verificaram que apenas 4 princípios ativos estudados (Limoneno, 1,4 – cineol, acetato de bornil e α – pineno) diminuíram a produção de CH₄ sem afetar negativamente a produção de AGCC. Zhou et al. (59) verificaram diminuição linear da produção de CH₄ com as inclusões de OE de orégano. O efeito sobre a produção de metano pode estar associado à diminuição do H₂ no rúmen devido à redução das concentrações molares de acetato e aumento do propionato (59).

A literatura tem abordando o uso de OE em dietas de animais ruminantes, especialmente por meio de estudos *in vitro*, com o objetivo de identificar compostos e doses que sejam efetivas em controlar a produção de metano. Destaca-se que o efeito sobre a produção de metano sem redução ou com aumento da relação acetato:propionato, diferente do que acontece com o uso de ionóforos, está associado a atuação direta dos OE diretamente sobre *Archaea metanogênicas* (60).

Busquet et al. (57) verificaram que a adição de óleo gárlico *in vitro* promoveu redução da proporção de acetato e aumentos de propionato e butirato, o que culminou com a redução da produção de metano. Em um sistema de cultura *in vitro*, o óleo de alho e seus componentes (sulfeto de dialila, dissulfeto de dialila e alil mercapto), em altas doses (300 e 3000 mg/L), reduziram as concentrações de AGCC, efeito este que não

observado quando utilizados em baixas concentrações (0,3; 3 ou 30 mg /L). Neste sentido, Benchaar et al. (44) utilizando óleo de canela e alho verificaram que a suplementação com OE (2 g/d) para vacas leiteiras teve efeito limitado na digestão, fermentação ruminal, produção e composição do leite.

Martínez-Fernández et al. (62) usando uma mistura de OE composta por cravo, orégano e canela, *in vitro*, notaram redução da produção de metano da ordem de 95%, mas *in vivo* (com cabras), o efeito foi menor quando as mesmas doses testadas *in vitro* foram avaliadas. Chapman *et al.* (56) suplementaram vacas de leite com doses crescentes de cinamaldeído (0; 2 e 4 mg/kg de PC) e não verificaram efeito sobre o consumo e digestibilidade de matéria seca, produção e composição do leite, bem como sobre a fermentação e o pH ruminal, mas houve redução da produção de proteína microbiana ruminal.

Em estudos *in vitro*, tem sido possível verificar efeitos mais marcantes dos OE, como extraídos de alho e canela sobre as variáveis de produção de metano e alteração da produção ou proporção dos AGV. Entretanto, conflita com outros estudos onde, a menor produção de metano está associada a redução da digestibilidade da MS ou FDN e não como consequência de alterações nas rotas fermentativas dos carboidratos pela microbiota ruminal (36).

Ornaghi et al. (63) observaram aumento de 8,57 e 14,65% no peso corporal final e ganho de peso diário, respectivamente, de bovinos em terminação confinados com dieta de alto concentrado, com diferentes níveis de cravo ou canela (3,5 ou 7,0 g/dia). Valero et al. (64) verificaram melhoria no desempenho de bovinos confinados com própolis e OE de caju e mamona, com ganho de 3 g/dia do peso corporal final, ganho de peso diário, peso de carcaça quente, respectivamente. Em estudos *in vivo*, os efeitos dos OE são menos evidentes, uma vez que nos ensaios *in vitro* as fontes de variação são facilmente controladas. Também, é possível testar doses relativamente mais elevadas do que as utilizadas *in vivo*, o que merece reflexão quando da necessidade de aplicação desses resultados obtidos *in vitro* para situações reais de campo (66).

Considerando que as alterações na fermentação ruminal seriam decorrentes das alterações na comunidade microbiana ruminal, as variáveis que são medidas *in vitro* ou *in vivo* nos estudos que avaliam os aditivos de ação ruminal são apenas um reflexo dos efeitos desses compostos sobre a abundância e atividade de grupos de (bactérias, protozoários, fungos) e espécies dentro desses grupos. Desta forma, quando se comparam alguns estudos *in vitro* com os realizados *in vivo* para avaliação de óleos essenciais, nota-se que nos estudos *in vitro* os efeitos do OE sobre a comunidade microbiana ruminal, conforme resultados de Patra & YU (66).

Schären et al. (39) testaram o efeito da monensina e um *blend* de óleos essenciais sobre a comunidade microbiana ruminal de vacas leiteiras em transição, tendo sido observando que a monensina reduziu a abundância de bactérias produtoras de acetato e H₂ e aumentou a de bactérias produtoras de succinato e propionato, o que explica o aumento reportado na produção de propionato em animais alimentados com monensina. Contudo, esse efeito não se manteve em outros estudos, inclusive não houve qualquer alteração no total de bactérias viáveis, total de bactérias celulolíticas e protozoários (67,39,68,49).

Aspectos da adaptação da microbiota ruminal ao uso prolongado de OE e a discrepância entre condições *in vitro* e *in vivo* foram discutidos por Benchaar & Greathead (68), que afirmaram que as observações em experimentos de curto prazo ou

experimentos *in vitro*, com altas concentrações de óleos essenciais não podem ser alcançados *in vivo*, desta maneira podem causar divergência de conclusões.

CONCLUSÕES

Conclui-se que os OE apresentam potencial para serem possíveis substitutos dos antibióticos, podendo contribuir para a melhoria da produtividade, mitigação dos efeitos das mudanças climáticas através da redução de gases de efeito estufa. O desafio para as novas pesquisas é o entendimento do seu modo de ação no ambiente ruminal bem como, das doses para uso *in vivo* que controlem a emissão de metano ou previam a acidose ruminal, sem afetar negativamente o consumo e a digestão dos nutrientes da dieta.

REFERÊNCIAS

1. ABIEC. Beef report perfil da pecuária no Brasil. Associação Brasileira das Indústrias Exportadoras de Carnes, 2022.
2. Silvestre AM, Millen DD. The 2019 Brazilian survey on nutritional practices provided by feedlot cattle consulting nutritionists. R. Bras. Zootec. 2021; 50: e20200189.
3. Tedeschi LO, Fox DG, Tylutki TP. Potential environmental benefits of ionophores in ruminant diets. J. Environ. Qual. 2003; 32:1591- 1602.
4. Tedeschi LO, Callaway TR, Muir JP, Anderson RC. Potential environmental benefits of feed additives and other strategies for ruminant production. R. Bras. Zootec. 2011; 40:291-309.
5. Cabral LS, Toledo CLB, Rodrigues DN, Lima LR, Cabral WB, Neto IMS, Galati RL, Andrade KM, Ceni I, Carvalho LB, Alves AO. Oportunidades e Entraves para a Pecuária de Corte Brasileira. In: I SIMBOV. Ed.: Zervoudakis, J.T. et al. 2011, Cuiabá, p.1-57.
6. Durmic Z, Blache D. Bioactive plants and plant products: Effects on animal function, health and welfare. Anim. Feed Sci. Technol. 2012; 176:150–162.
7. Brutti DD, De Paula NF, Zervoudakis JT, Cabral LS, Fonseca MA, Macedo BG, Lima LR. Effects of tannins and monensin on the modulation of *in vitro* ruminal fermentation and ammonia production of nitrogen-fertilized and non-fertilized *Urochloa brizantha* cv. Marandu. Grassl. Sci. 2019; 65:101–108.
8. EMBRAPA, Dias-filho MB. Recuperação de pastagens degradadas na Amazônia. 1 ed. Brasília, DF: 2019. p 443.

9. Valle CB, Macedo MCM, Euclides VPB, Jank L, Resende RMS. Gênero *Brachiaria*. In: Fonseca DM. e Martuscello JA. (Ed). Plantas forrageiras. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2010. 537p.
10. Van Soest PJ. Nutritional Ecology of the Ruminant. 2nd. ed. Ithaca, NY: Cornell University Press, v.2, p. 476, 1994.
11. Paulino MF, Borges LE, Carvalho PP. et al. Fontes de proteína em suplementos múltiplos sobre o desenvolvimento de novilhos e novilhas mestiços em pastoreio, durante a época das águas. REUNIÃO ANUAL DA SBZ, 33, p.12-13. Fortaleza: SBZ, 1996.
12. Detmann E, Paulino MF, Valadares-filho SC, Huhtanen P. Aspectos nutricionais aplicados a bovinos em pastejo nos trópicos: uma revisão baseada em resultados obtidos no Brasil. Semin. Cienc. Agrar. 2014; 35:2829-2854.
13. Zervoudakis J, Silva LCRP, Silva RP, Neto AJ, Koscheck JFW, Silva RGF. Otimização do desempenho de bovinos por meio da suplementação à pasto. In: Simpósio Mato-grossense de Bovinocultura de Corte, 1, Cuiabá, MT. Anais. 2011 p.151- 194.
14. Mertens DR. Creating a system for meeting the fiber requirement of dairy cows. J. Dairy Sci. 1997; 80:1463-1481.
15. EMBRAPA. Diagnóstico das Pastagens no Brasil. Infoteca. Belém, PA. 2014. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/986147/1/DOC402.pdf> Acesso em: 10/08/2021.
16. ABIEC. Beef report perfil da pecuária no Brasil. Associação Brasileira das Indústrias Exportadoras de Carnes, 2019.
17. Millen DD, Pacheco RSL, Meyer PM, Mazza Rodrigues PH, Arrigoni MDB. Current outlook and future perspectives of beef production in Brazil. Anim. Front. 2011; 1:46-52.
18. Millen DD, Arrigoni MDB. Drivers of change in animal protein production systems: changes from ‘traditional’ to ‘modern’ beef cattle production systems in Brazil. Anim. Front. 2013; 3:56-60.
19. Millen DD, Pacheco RDL, Arrigoni MDB, Galyean ML, Vasconcelos JT. A snapshot of management practices and nutritional recommendations used by feedlot nutritionists in Brazil. J. Anim. Sci. 2009; 87:3427-3439.
20. Owens F, Secrist DS, Hill WJ, Gill DR. Acidosis in Cattle: A Review. J. Anim. Sci. 1998; 76:275–286.

21. Nagaraja TG, Titgemeyer EC. Ruminal acidosis in beef cattle: The current microbiological and nutritional outlook. *J. Dairy Sci.* 2007; 90: E17–E38.
22. Alzahal O, Kebreab E, France J, McBride BW. A mathematical approach to predicting biological values from ruminal pH measurements. *J. Dairy Sci.* 2007; 90:3777–3785.
23. Plaizier JC, Krause DO, Gozho GN, McBride BW. Subacute ruminal acidosis in dairy cows: The physiological causes, incidence and consequences. *Vet. J.* 2008; 176: 21–31.
24. Oetzel GR. Clinical aspects of ruminal acidosis in dairy cattle. (R. Smith, Ed.) In: *Proceedings of the Thirty-Third Annual Conference, American Association of Bovine Practitioners, Rapid City. Anais...* Rapid City: Frontier Printers, Inc., 21 set. 2000.
25. Nagaraja TG, Newbold CJ, Van Nevel CJ, Demeyer DI. Manipulation of ruminal fermentation. **The rumen microbial ecosystem**. Edited by P. N. Hobson and C. S. Stewart, Second Edition, p. 524-632, 1997.
26. Calsamiglia S, Busquet MPW, Castillejos L, Ferret. A. Invited review: Essential oils as modifiers of rumen microbial fermentation. *J. Dairy Sci.* 2007; 90:2580–2595.
27. Torres RNS, Paschoaloto JR, Ezequiel JMB, Da Silva DAV, Almeida MTC. Meta-analysis of the effects of essential oil as an alternative to monensin in diets for beef cattle. *The Vet. J.* 2021; 272:e105659.
28. Russell JB. *Rumen microbiology and its role in ruminant nutrition*. New York, 2002, p.139.
29. Burt, S. Essential oils: their antibacterial properties and potential applications in foods — a review. *Int. J. Food Microbiol.* 2004; 94:223–253.
30. Weimer PJ. Redundancy, resilience, and host specificity of the ruminal microbiota: Implications for engineering improved ruminal fermentations. *Front. Microbiol.* 2015; 6:1–16.
31. Hungate RE. *The rumen and its microbes*. Academic Press. New York. 1966. p. 533.
32. Bergen WG, Bates DB. Ionophores: their effect on production efficiency and mode of action. *J. Anim. Sci.* 1984; 58:1465-1483.
33. Russel JB, Strobel HJ. Effect of ionophores on ruminal fermentation. *AEM.* 1989; 55:1–6.

34. Muñoz C, Letelier PA, Ungerfeld EM, Morales JM, Hube S, Pérez-Prieto LA. Effects of pregrazing herbage mass in late spring on enteric methane emissions , dry matter intake , and milk production of dairy cows. *J. Dairy Sci.* 2016; 99:7945–7955.
35. Callaway TR, Edrington TS, Rychlik JL, Genovese KJ, Poole TL, Jung YS, Bischoff KM, Anderson RC, Nisbet DJ. Ionophores: Their use as ruminant growth promotants and impact on food safety. *CIIM.* 2003; 4:43–51.
36. Teobaldo RW, De Paula NF, Zervoudakis JT, Fonseca MA, Cabral LS, Martello HF, Rocha JKL, Ribeiro IJ, Mundim AT. Inclusion of a *blend* of copaiba, cashew nut shell and castor oil in the protein-energy supplement for grazing beef cattle improves rumen fermentation, nutrient intake and fibre digestibility. *Anim. Prod. Sci.* 2020; 60:1039–1050.
37. Allen MS. Effects of diet on short-term regulation of feed intake by lactating dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 2000; 83:1598–1624.
38. Oliveira S, Adelson J, Neto S. Carboidratos fibrosos e não fibrosos na dieta de ruminantes e seus efeitos sobre a microbiota ruminal. *Vet. Notíc.* 2016; 22:1–18.
39. Schären M, Drong C, Kiri K, Riede S, Gardener M, Meyer U, Hummel, Ulrich T, Breves G, Dänicke. Differential effects of monensin and a *blend* of essential oils on rumen microbiota composition of transition dairy cows. *J. Dairy Sci.* 2017; 100:2765–2783.
40. Scarano F, Guimaraes A, Silva JM. Lead by example. *Nature*, 2012; 486:25–26.
41. Castillejos L, Calsamiglia S, Ferret A, Losa R. Effects of a specific blend of essential oil compounds and the type of diet on rumen microbial fermentation and nutrient flow from a continuous culture system. *Anim. Feed Sci. Technol.* 2005; 119:1–2.
42. Stevanović ZD, Bosnjak-Neumüller J, Pajic-Lijakovic I, Raj J, Vasiljevic M. Essential oils as feed additives—Future perspectives. *Molecules*, 2018; 23:20.
43. Dudareva N, Pichersky E, Gershenzon J. The function of terpene natural products in the natural world. *Biochemistry of Plant Volatiles.* 2004; 135:1893–1902.
44. Benchaar C, Calsamiglia S, Chaves AV, Fraser GR, Colombatto D, McAllister TA, Beauchemin KA. A review of plant-derived essential oils in ruminant nutrition and production. *Anim. Feed Sci.* 2008; 154:209-228.
45. Gershenzon J, Croteau RB. Terpenoids in herbivores: their interactions with secondary plant metabolites, ed. Academic Press, San Diego, CA. Vol. 1. p. 165-219. 1991.

46. Dorman HJD, Deans SG. Antimicrobial agents from plants: antibacterial activity of plant volatile oils. *J. Appl. Microbiol.* 2000; 88:308–316.
47. Sikkema J, Debont Jan AM, Poolman B. Mechanisms of Membrane Toxicity of Hydrocarbons. ASM. 1995; 59:201–222.
48. Granja-Salcedo YT, Ribeiro Junior CS, Jesus RB, Gomez-Insuasti AS, Rivera AR, Messana JD, Canesin RC, Berchielli TT. Effect of different levels of concentrate on ruminal microorganisms and rumen fermentation in Nellore steers. *Arch. Anim. Nutri.* 2016; 70:17–32.
49. Benchaar C, Petit HV, Berthiaume R, Oullet DR, Chiquette J, Chouinardt PU. Effects of essential oils on digestion, ruminal fermentation, rumen microbial populations, milk production, and milk composition in dairy cows fed alfalfa silage or corn silage. *J. Dairy Sci.* 2007; 90:886–897.
50. Castillejos L, Calsamiglia S, Ferret A, Losa R. Effects of a specific *blend* of essential oil compounds and the type of diet on rumen microbial fermentation and nutrient flow from a continuous culture system. *Anim. Feed Sci.* 2021; 119:29-41.
51. Meyer NF, Erickson GR, Klopfenstein TJ, Greenquist MA, Williams P, Engstrom MA. Effect of essential oils, tylosin, and monensin on finishing steer performance, carcass characteristics, liver abscesses, ruminal fermentation, and digestibility. *J. Anim. Sci.* 2009; 87:2346-2354.
52. Meschiatti MAP, Gouvêa VN, Pellarin LA, Batalha CDA, Biehl MV, Acedo TS, Dórea JRR, Tamassia LFM, Owens FN, Santos FAP. Feeding the combination of essential oils and exogenous α -amylase increases performance and carcass production of finishing beef cattle. *J. Anim. Sci.* 2019; 97:456-471.
53. Cobellis G, Trabalza-Marinucci M, Yu Z. Critical evaluation of essential oils as rumen modifiers in ruminant nutrition: A review. *Sci. Total Environ.* 2016; 545:556–568.
54. Carvalho VM, Ávila VAD, Bonin E, Matos AM, Prado RM, Castilho RA, Silva RRD, Abreu Filho BA, Prado IN. Effect of extracts from baccharis, tamarind, cashew nut shell liquid and clove on animal performance, feed efficiency, digestibility, rumen fermentation and feeding behavior of bulls finished in feedlot. *Livest. Sci.* 2021; 244:104361.
55. Ye D, Karnati SKR, Wagner B, Firkins JL, Eastridge ML, Aldrich JM. Essential oil and monensin affect ruminal fermentation and the protozoal population in continuous culture. *J. Dairy Sci.* 2018; 101:5069-5081.

56. Chapman CE, Ort SB, Aragona KM, Cabral RG, Erickson PS. Effect of cinnamaldehyde on feed intake, rumen fermentation, and nutrient digestibility, in lactating dairy cows. *J. Anim. Sci.* 2019; 97:1819-1827.
57. Busquet M, Calsamiglia S, Ferret A, Cardozo PW, Kamel C. Effects of cinnamaldehyde and garlic oil on rumen microbial fermentation in a dual flow continuous culture. *J. Dairy Sci.* 2005; 88:2508–2516.
58. Joch M, Cermak L, Haki J, Hucko B, Duskova D, Marounek M. In vitro screening of essential oil active compounds for manipulation of rumen fermentation and methane mitigation. *AJAS.* 2016; 29:952.
59. Zhou R, Wu J, Lang X, Liu L, Casper DP, Wang C, Zhang L, Wei S. Effects of oregano essential oil on in vitro ruminal fermentation, methane production, and ruminal microbial community. *J. Dairy Sci.* 2020; 103:2303-2314.
60. Khiaosa-ard R, Zebeli Q. Meta-analysis of the effects of essential oils and their bioactive compounds on rumen fermentation characteristics and feed efficiency in ruminants. *J Anim Sci.* 2013; 91:1819-1830.
61. Janssen PH. Influence of hydrogen on rumen methane formation and fermentation balances through microbial growth kinetics and fermentation thermodynamics. *Anim. Feed Sci.* 2010; 160:1–22.
62. Martínez-Fernández G, Abecia L, Martín-García AAL, Ramos-MOrales E, Hervás G, Molina-Alcaide E, Yañez-Ruiz DR. *In vitro-in vivo* study on the effects of plant compounds on rumen fermentation, microbial abundances and methane emissions in goats. *Animal* 2013; 7:1925–1934.
63. Ornaghi MG, Passetti RAC, Torrecilhas JA, Mottin C, Vital ACP, Guerreiro A, Sañudo C, Campo MM, Prado IN. Essential oils in the diet of young bulls: Effect on animal performance, digestibility, temperament, feeding behavior and carcass characteristics. *Anim. Feed Sci.* 2017; 234:274–283.
64. Valero MV, Prado RM, Zawadzki F, Eiras CE, Madrona GS, Prado IN. Propolis and essential oils additives in the diets improved animal performance and feed efficiency of bulls finished in feedlot. *Acta Sci. – Anim. Sci.* 2014; 36:419-426.
65. Blanch M, Carro MD, Ranilla MJ, Viso A, Vázquez-Añón M, Bach A. Influence of a mixture of cinnamaldehyde and garlic oil on rumen fermentation, feeding behavior and performance of lactating dairy cows. *Anim. Feed Sci.* 2016; 219:313-323.
66. Patra AK, Yu Z. Effects of essential oils on methane production and fermentation by, and abundance and diversity of, rumen microbial populations. *AEM*, 2012; 78:4271–4280.

67. Benchaar C, Duynisveld JL, Charmley E. Effects of monensin and increasing dose levels of a mixture of essential oil compounds on intake, digestion and growth performance of beef cattle. *Can. J. Anim. Sci.* 2006; 86:91-96.
68. Benchaar C, Calsamiglia S, Chaves AV, Fraser GR, Colombatto D, McAllister TA, Beauchemin KA. A review of plant-derived essential oils in ruminant nutrition and production animal. *J. Sci. Technol.* 2005; 27:479-487.

CAPÍTULO 6

PROPOSTA DE IMPLANTAÇÃO DO PASTOREIO RACIONAL VOISIN E RECUPERAÇÃO DE MATA CILIAR EM PROPRIEDADE AGRÍCOLA DO MUNICÍPIO DE SÃO MARTINHO - SC

André Steiner Vieira ; Mirian Cristina Feiten 

**Autor correspondente (Corresponding author): mirianfeiten.mf@gmail.com*

Resumo: O presente trabalho visa a elaboração de projeto para a implantação de melhorias nos sistemas agropecuários em uma propriedade rural do município de São Martinho, Santa Catarina (SC). As principais atividades desenvolvidas no imóvel são, atualmente, a piscicultura e a pecuária de subsistência, sendo que o interesse por parte da proprietária em diversificar as atividades agrícolas e, conseqüentemente, aumentar os rendimentos, aflorou a bovinocultura de corte como opção praticável. Esta atividade destaca-se pela forte expressão socioeconômica na renda do produtor catarinense e, por SC ser um dos estados brasileiros livres de febre aftosa sem vacinação, ocorre maior facilidade de câmbio no comércio interno e externo. Desta forma, em razão das características citadas, optou-se pela implantação da bovinocultura de corte na propriedade alvo do projeto, através de desenvolvimento do sistema de Pastoreio Racional Voisin (PRV) e o melhoramento das pastagens por sobressemeadura, objetivando melhorar a qualidade do rebanho bovino, empregando técnicas que levam em consideração a conservação do solo e dos recursos hídricos, com a recuperação da mata ciliar.

Palavras-chave: bovinocultura de corte; PRV; pastagem; sobressemeadura; mata ciliar

Abstract: The present work depicts a project of improvements implementation in the agricultural systems of a rural property in the municipality of São Martinho, Santa Catarina (SC). Currently, the main activities carried out on the property are fish farming and subsistence cattle farming and, the interest on the part of the owner in diversifying agricultural activities and, subsequently, increasing her income, has emerged beef cattle raising as a viable option. This activity stands out for its socioeconomic expression in the income of the Santa Catarina farmers and, as SC is one of the Brazilian states free of foot-and-mouth disease with no vaccination, there is greater ease of cattle commercialization in domestic and foreign trade. In this sense, due to the aforementioned characteristics, it was decided to implement beef cattle raising on the target rural property through development of the Voisin Rational Grazing (VRG) besides the improvement of pastures by overseeding, aiming to, consequently, enhance the quality of the cattle, using techniques that take the conservation of soil and water resources into account, along with the riparian forest recovery.

Keywords: beef cattle raising; VRG; pasture; overseeding; riparian forest

INTRODUÇÃO

A bovinocultura de corte é uma importante atividade econômica no Brasil, sendo o país um dos maiores produtores de carne bovina há vários anos (1). De acordo com o IBGE, no ano de 2020 o Brasil abateu 27,54 milhões de animais, com uma produção de carne de gado de mais de 9,32 toneladas. O Brasil possui um rebanho aproximado de mais de 218 milhões de cabeças, sendo o segundo maior produtor mundial, ficando atrás somente dos Estados Unidos da América (1,2).

A atividade apresenta diferentes formas de criação, como de ciclo completo ou apenas terminação. Os sistemas de produção podem variar entre manejo extensivo, cuja alimentação é exclusivamente através de campos nativos ou de pastagens de inverno; e por manejo intensivo, onde o animal é confinado e recebe suplementação, além de outras cargas de insumos (3). Uma característica da pecuária brasileira é ter a maior parte de seu rebanho criado de forma extensiva (4), dentro de seus mais de 159 milhões de hectares de pastagens entre nativas e plantadas (5), que apresenta ser a forma menos onerosa e mais prática de produzir e oferecer o suprimento alimentar para os bovinos. As características climáticas e da extensão territorial do país contribuem para essa prática produtiva, levando o Brasil a ter um dos menores custos de produção de carne do mundo (4,6). No entanto, estima-se que 70% das pastagens cultivadas apresentam algum grau de degradação, sendo que uma grande parte já se encontra em estágio avançado de degradação. Dentre as principais causas de degradação das pastagens do Brasil estão o excesso de lotação e a falta de reposição de nutrientes (7).

Assim, a sobressemeadura é uma prática que visa estabelecer culturas forrageiras anuais em pastagens formadas com espécies perenes, normalmente dominadas por gramíneas, sem destruir a vegetação existente. Além das forragens tropicais apresentarem um menor valor nutritivo em relação às de clima temperado, elas também ficam em estado de dormência e pouco produtivas no inverno, o que permite a sobressemeadura. Com um manejo adequado pode-se aumentar a qualidade do pasto, aumentar a capacidade de suporte e estender a estação de pastejo (4,8,9). Sabe-se que a estacionalidade da produção de forragens é um dos principais fatores responsáveis pelos baixos índices de produtividade no cenário da pecuária nacional. Há duas realidades: épocas de secas e épocas de frio. No sul do Brasil, as estações mais críticas são os de outono e inverno, quando as forrageiras de origem tropical e subtropical têm seu crescimento reduzido. Neste sentido, a técnica de sobressemeadura de forragens de inverno em áreas formadas com espécies perenes de clima tropical se constitui como a melhor opção para aumentar a produção e distribuição estacional (8).

Fontaneli e Jacques (1991) objetivaram estipular quais espécies forrageiras de clima temperado, quando introduzidas na pastagem natural, seriam capazes de manter a produção de forragem equilibrada durante todo o ano (10). Entre aveia preta, aveia branca, azevém, trevo vesiculoso, trevo vermelho, trevo subterrâneo e trevo branco, a que mais produziu matéria seca foi a aveia branca, que já é largamente utilizada pelos produtores do sul do Brasil. Nas espécies nativas foi encontrado um teor de proteína bruta (PB) médio de 7,7%. Em relação à disponibilidade total de PB, verificou-se que a aveia branca também apresentou maiores teores que os demais, com 165 kg/ha de PB. Também foi observado que, após as forrageiras estarem estabelecidas, o solo estava quase

totalmente coberto, com somente 3% sem cobertura. Outros estudos indicam a importância de se melhorar as pastagens com espécies forrageiras, pois além de aumentarem atributos nutricionais e de produtividade, estas têm a capacidade de melhorar a fertilidade do solo e a ciclagem de nutrientes, proporcionando não somente benefícios aos animais, mas também ao solo e ao meio ambiente (4,8,11).

Por outro lado, o Pastoreio Racional Voisin (PRV) é um método de manejo de pastagens baseado na integração entre solo, pasto e animal, sendo monitorado pelo homem, através do cumprimento das Leis Universais do Pastoreio Racional, que se baseiam nas interações fisiológicas entre animais e plantas, para que se atinjam os máximos rendimentos de matéria verde, no momento de sua melhor qualidade biológica (12,13). Este método traz vantagens, tais como: a manutenção do equilíbrio entre o crescimento da pastagem e seu corte realizado pelos animais ao se alimentarem, mantendo assim, uma taxa de incremento de ganho de peso constante, respeitando o tempo fisiológico da planta e permitindo que ela rebrote novamente (14,15,16).

Para que esses objetivos sejam alcançados deve-se respeitar a curva sigmoide (Figura 1), que representa o crescimento da planta após o pastoreio, o que pode ser observado pelas elevadas reservas na raiz logo após o corte. Quando é respeitado o tempo de repouso da planta, as reservas permitem um novo crescimento e estabelecimento natural da planta. Deste modo, ela só será consumida novamente quando já obtiver reservas no sistema radicular suficientes para rebrotar (17).

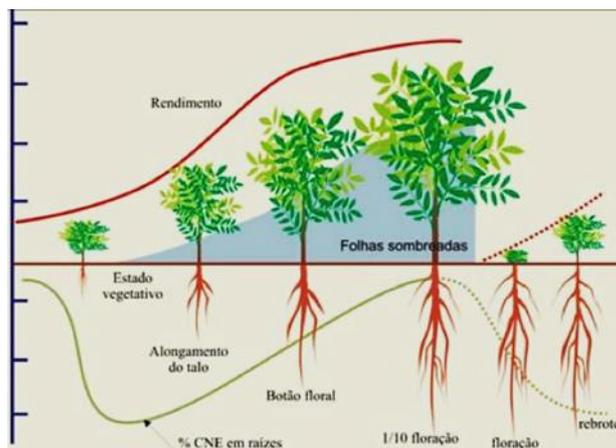


Figura 1 - Curva sigmoide do crescimento da planta após o pastoreio. Fonte: Adaptado de (17).

O estado de Santa Catarina (SC) vem de uma longa tradição na criação de bovinos, mercadoria esta, que sempre esteve de uma forma ou outra integrada na economia catarinense, desde os tempos de tropeiros até os dias atuais (18,19). O estado é caracterizado por ser predominantemente da agricultura familiar, de pequenas propriedades com níveis de tecnificação, renda e atividades muito variadas. A bovinocultura de corte é uma atividade importante pela sua expressão sócio-econômica nas somas da renda catarinense, tendo em 2019 gerado o montante de R\$1,72 bilhão de vendas de carne bovina, ocupando a 6ª posição no ranking nacional, com 750,7 mil bovinos abatidos e um rebanho estimado de 4,70 milhões de cabeças (20). Além disso, um dos maiores avanços da pecuária catarinense foi a histórica conquista do status de área

livre de aftosa sem vacinação há 15 anos, o que confere facilidade de câmbio no comércio interno e externo (21).

São Martinho está localizada na região sul do estado de Santa Catarina, há 175 km distante da capital Florianópolis, e possui cerca de 3.162 habitantes (22). A base da economia de São Martinho é a agricultura familiar, com plantio de fumo e das culturas de milho, feijão, mandioca, além da elaboração de produtos coloniais. Na pecuária, o destaque é o gado leiteiro, porém a criação de bovinos de corte, suínos e aves também é registrada no município (23).

Com o exposto, este projeto propõe o desenvolvimento do uso integrado de uma propriedade rural do município de São Martinho - SC. Os objetivos da proprietária são a criação de um rebanho de gado de corte, a realização de melhor planejamento da propriedade visando o aumento de renda e a eficiência dos processos produtivos, levando-se em conta todas as questões ambientais envolvidas. Para atingir tais metas, objetiva-se promover o melhoramento da pastagem através da introdução de forrageiras de maior qualidade (por sobressemeadura) e a implantação do sistema PRV através da divisão da pastagem em piquetes, cujo objetivo principal é melhorar a qualidade do rebanho bovino, com técnicas que levem em consideração a conservação do solo e dos recursos hídricos, com a recuperação da mata ciliar.

MATERIAL E MÉTODOS

A propriedade rural objeto da implantação deste projeto está localizada no município de São Martinho - SC, na latitude 28°09' sul e a uma longitude 48°58' oeste de Greenwich, possui 7,33 ha com relevo levemente ondulado, há 4 km de distância do centro da cidade. Na Figura 2 (24) pode ser visualizada a planta da propriedade, que se caracteriza por: sede (0,3 ha), três açudes para piscicultura (açude 1: 0,1 ha, açude 2: 0,5 ha e açude 3: 0,23 ha, aproximadamente), um galpão para o gado, uma área total de 5,5 ha para pastagem e 0,7 ha de UPP (Unidade de Proteção Permanente). Uma parte da propriedade, previamente ocupada por plantação de eucalipto, se encontra atualmente no processo de implantação de nova pastagem.



Figura 2 – Fonte: (24).

São Martinho, localizada na região Sul do estado de Santa Catarina, apresenta, segundo a classificação climática de Köppen, o clima subtropical úmido, caracterizando-se por verões quentes, cuja temperatura média é de 20 °C e a do mês mais quente é superior aos 30 °C, com altitude 38 m acima do nível do mar (25). Quanto ao regime pluviométrico, a média anual fica em torno de 1100 a 1400 mm, sendo a distribuição durante o ano todo sem estação seca (26). A vegetação característica da região é a Floresta Ombrófila Densa, que é bastante fechada de árvores e bastante úmida. Uma das árvores mais presentes é o palmiteiro, mas também ocorrem samambaias, canelas, guamirins e várias espécies de epífitos (27).

Segundo Uberti (2005), o município de São Martinho possui o solo na sua maioria do tipo Argissolo Vermelho – Amarelo, há predominância do horizonte superficial A do tipo moderado e proeminente, apresentando principalmente a textura média/argilosa, podendo apresentar em menor frequência a textura média/média e média/muito argilosa (28). Apresentam também baixa a muito baixa fertilidade natural, com reação fortemente ácida e argilas de atividade baixa.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Sobressemeadura

O melhoramento da pastagem incrementa a cobertura do solo e pode contribuir para a melhora nas propriedades físicas e químicas do mesmo através da consorciação de diferentes espécies forrageiras. Assim, nesta propriedade rural do município de São Martinho – SC, a técnica de sobressemeadura de inverno passará a ser utilizada, onde serão semeadas espécies de gramíneas (aveia e azevém) e leguminosas (trevo vermelho e trevo branco). No verão, a presença de forragens naturais ou naturalizadas poderá ser

explorada, e se necessário for, a sobressemeadura de verão para melhorar a qualidade e a quantidade de pastagem poderá ser realizada.

O aproveitamento da pastagem naturalizada no verão proporciona boa cobertura de solo, atende as exigências dos animais e diminui a necessidade de movimentação do solo. Com o aumento da quantidade e da qualidade de pastagem, o gado poderá se manter apenas com a alimentação através de pasto, gerando economia à agricultora.

A recomendação da sobressemeadura das espécies de inverno é de que seja realizada na última quinzena do mês de março e/ou na primeira semana de abril nas áreas com o sistema de PRV (14). O plantio nesta época é beneficiado por ser uma época chuvosa: faz-se a sementeira no piquete antes que os animais o ocupem; assim, o pisoteio dos animais no solo úmido proporciona o enterramento das sementes, aumentando o contato entre sementes e solo, aumentando a taxa de germinação devido à umidade (29).

As leguminosas definidas para sobressemeadura de inverno, disponíveis no comércio local de São Martinho, são Trevo Branco e Trevo Vermelho. Segundo o Guia Prático de Plantas de Cobertura (30), o Trevo Branco (*Trifolium repens* L.) é uma leguminosa perene, rasteira, estolonífera, com formação de raízes nos nós, e possui alto valor nutritivo. Apresenta grande potencial para fixação de nitrogênio, seu vigor inicial é baixo e o estabelecimento é lento. Indica-se para a instalação do trevo-branco a utilização da sobressemeadura na quantidade de 2 kg/ha em consórcio. Recomenda-se a peletização das sementes antes da sementeira. Ainda, segundo o mesmo guia, o Trevo Vermelho (*Trifolium pratense*) é uma leguminosa bienal, que possui hastes eretas ou inclinadas, folíolos grandes com manchas claras de forma variável no centro, podendo crescer até 60-70 cm de altura. Suas flores são vermelho-arroxeadas, não tolera temperaturas elevadas e períodos secos. É exigente em solo, mostrando preferência pelos solos de textura média, profundos, férteis, úmidos e não ácidos. A quantidade de sementes recomendada é de 8 kg/ha em consórcio.

Da mesma forma, as gramíneas definidas para sobressemeadura de inverno, pela disponibilidade para compra no comércio local, são azevém e aveia branca (30,31). O azevém (*Lolium multiflorum*) é uma espécie anual, mas com um manejo adequado pereniza-se com facilidade, apresenta propagação por sementes, que tem alto poder germinativo. Utilizam-se cerca de 25 kg/ha de azevém para o plantio por sobressemeadura em consórcio. Seu crescimento inicial é lento, mas cresce rapidamente e proporciona uma grande produção de matéria verde em uma época de pouca produção da maioria das espécies. Já a aveia Branca (*Avena sativa*) é uma gramínea anual, com hábito de crescimento ereto, possui um robusto sistema radicular que melhora a estrutura do solo, apresenta boa palatabilidade e um bom valor nutritivo, alta produção de matéria verde, sendo muito apreciada pelos animais. Adapta-se bem à consorciação com outras espécies forrageiras e é largamente utilizada como planta de cobertura. A introdução desta espécie se dá por sobressemeadura na quantidade de 60 kg/ha em consórcio. É uma gramínea de clima subtropical-temperado, não exigente em solos, vegeta bem em locais de boa umidade, não tolerando água estagnada.

Sistema Pastoreio Racional Voisin

A divisão do pasto em piquetes proporciona melhor utilização dos recursos. Respeitando o tempo de repouso da pastagem, haverá melhor aproveitamento desta e menor impacto negativo para o solo. O Pastoreio Racional Voisin (PRV) pode ser

utilizado para melhorar a produção, a eficiência e diminuir os impactos gerados ao solo e ao meio ambiente (14,15,16,29).

Com a aplicação do sistema de PRV e o uso de altas cargas instantâneas há a modificação do hábito alimentar dos bovinos. No manejo extensivo, o gado escolhe o que come e, no PRV, ele come o que lhe é oferecido. Com a alta concorrência dos outros animais por comida, os animais comem mais em um mesmo lugar, andando menos e compactando menos o solo. Há ainda o fato de que o gado vai pastejar e logo passará ao outro piquete, deixando o primeiro em repouso até que o pasto atinja o ponto ótimo de repouso, favorecendo o desenvolvimento da planta, o crescimento de raízes e melhorando a qualidade do solo (14,15,16,29).

A divisão de piquetes é feita através do cálculo do número de piquetes, com o uso de um tempo de repouso de 30 dias, tempo de permanência de 2 dias e apenas um lote de animais (32,33), conforme Equação 1.

$$\begin{aligned} \text{Número de piquetes} &= (\text{Tempo de repouso} / \text{tempo de permanência}) + \text{número de lotes} \\ \text{Número de piquetes} &= (30/2) + 1 = 16 \text{ piquetes} \end{aligned}$$

Equação 1

O tamanho dos piquetes se dá através da divisão da área útil para pastagem (5,5 ha) pelo número de piquetes, menos 10% que serão utilizados para os corredores (Equação 2).

$$\begin{aligned} \text{Área} - 10\% &= \text{Tamanho do piquete} = \text{área} / \text{número de piquetes} \\ \text{Tamanho do piquete} &= 4,95/16 = 0,31 \text{ ha/piquete} \end{aligned}$$

Equação 2

Recuperação da Mata Ciliar

De acordo com SENAR/SC (2005), um módulo fiscal em São Martinho – SC corresponde a 14 hectares (34) e, portanto, a propriedade em questão possui 1 módulo fiscal. Assim, segundo a Lei 12.651 de 25 de maio de 2012 (Novo Código Florestal Brasileiro) (35), as propriedades rurais consolidadas até 22 de julho de 2008 para imóveis rurais necessitam uma recomposição de faixas marginais dos rios de no mínimo 5 metros ao longo dos cursos d'água, independentemente da largura do curso d'água (36,37). Dessa forma, a área de mata ciliar a ser recuperada nesta propriedade pode ser visualizada no croqui (Figura 3) e corresponde a uma área de aproximadamente 1.700 m² (24).



Figura 3 – Fonte: (24).

Para que ocorra a recuperação da mata ciliar do curso d'água que circunda a propriedade, será estabelecido plantio de uma gama variada de plantas visando ter maior cobertura do solo, evitar a acentuação da erosão, e ter diversidade de espécies. Para isso, inicialmente haverá a implantação de algumas espécies de forrageiras para a adubação verde e manutenção da cobertura do solo. Após esse processo de cobertura do solo e recuperação, a área correspondente à mata ciliar será cercada para evitar que os animais tenham acesso e, então, serão plantadas mudas de espécies arbóreas pioneiras, secundárias e clímax.

De acordo com Mateus e Wutke (2006), a prática da adubação verde tem como finalidade a preservação e restauração dos teores de matéria orgânica e nutrientes do solo (38). A adubação verde produz alto teor de material orgânico, geralmente com elevados teores de macro e micronutrientes, o que acaba proporcionando o aumento da capacidade de troca catiônica, da infiltração e da retenção de água no solo, tornando-se mais favoráveis as condições para o desenvolvimento microbiano no solo.

Por conseguinte, as forrageiras também têm papel fundamental para a manutenção da estrutura física do solo, proporcionando incremento de matéria orgânica, disponibilidade de nutrientes, retenção de água, aumento da atividade microbiológica do solo e aumentam o conteúdo de nitrogênio. As espécies escolhidas da listagem de espécies disponibilizadas pela Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (EPAGRI) para pedido no ano corrente são (30,31):

- Guandu (*Cajanus cajan*): leguminosa de porte ereto, com desenvolvimento inicial lento, ciclo predominantemente semi-perene, de múltiplos usos - adubo verde, alimentação humana e animal, quebra-ventos e, comumente, cultivada nas regiões tropicais e subtropicais. Adaptada à uma ampla faixa de precipitação pluvial, é resistente à seca, desenvolvendo-se mais adequadamente em temperaturas mais elevadas, sobretudo na faixa de 18 a 30 °C, sendo obtidas, por ano, de 8 a 12 toneladas/ha (ton/ha) de matéria seca. O gasto de sementes é de 60 kg/ha a lanço. Época de semeadura é de outubro a janeiro.

- Feijão-de-porco (*Canavalia ensiformis* DC): planta anual, ereta, herbácea, com altura de dossel ao redor de 0,8 a 1,0 m e potencial produtivo de 5 a 8 ton/ha de matéria seca. O gasto de sementes é de 200 kg/ha a lanço. Época de semeadura é de outubro a janeiro.
- Mucuna preta (*Mucuna aterrima*): planta anual ou bianual, trepadora, de ampla adaptação, que pode atingir altura de 0,5 a 1,0 m, com potencial de produção de massa vegetal seca de 6 a 8 ton/ha. Apresenta desenvolvimento vegetativo vigoroso e acentuada rusticidade, adaptando-se bem às condições de deficiência hídrica e de temperaturas altas. Nessa espécie o crescimento inicial é extremamente rápido e, aos 58 dias após a emergência, tem-se a cobertura de 99% da superfície do solo. O gasto com semente é de 130 kg/ha a lanço. Época de semeadura é de outubro a março.
- Crotalaria juncea (*Crotalaria juncea* L.): planta anual, arbustiva, de crescimento ereto e determinado podendo atingir de 3,0 a 3,5 m de altura, com potencial de produção de matéria seca em torno de 15 a 20 ton/ha. Época de semeadura é de outubro a março. O gasto de semente é em torno de 30 kg/ha a lanço.

As espécies nativas disponibilizadas pela EPAGRI para o ano corrente, juntamente às de interesse da proprietária, que serão inseridas na propriedade em sequência à adubação verde compreendem:

- Myrtaceas: Pitangueira (*Eugenia uniflora*), Goiabeira (*Psidium guajava*), Araçá amarelo (*Psidium cattleianum*), Jabuticaba (*Plinia trunciflora*);
- Nativas: Aroeira (*Lithraea molleoides*), Tucaneira (*Citharexylum myrianthum*), Grandiuva (*Threma micrantra*), Chal-chal (*Alophylus edulis*);
- Anonácea: Fruta-do-conde (*Annona squamosa*);
- Palmeiras nativas: Juçara (*Euterpe edulis*), Jerivá (*Syagrus romanzoffiana*);
- Bananeira: qualquer espécie do gênero *Musa*;
- Citrus: Limão galego (*Citrus aurantifolia*), Bergamota (*Citrus reticulata*), Laranja (*Citrus sinensis*);
- Café (*Coffea arabica*);
- Abacate (*Persea americana*).

CONCLUSÕES

O manejo adequado do solo tem diversos benefícios em relação à sua conservação, promovendo o melhor aproveitamento dos recursos naturais já disponíveis na propriedade e ainda pode render boa produtividade, o que será extremamente importante para a agricultora em questão. O projeto de implantação do PRV pode vir a ser dividido em etapas, para que o custo de investimento seja diluído e a agricultora possa ter um retorno, ainda que pequeno, para girar seu capital.

Dessa forma, o presente relato de caso ressalta a importância do planejamento técnico para tornar o processo de uso integrado da propriedade rural mais sustentável, respeitando as diferentes limitações da propriedade e as leis ambientais em vigência.

Assim, o pequeno produtor rural terá, a longo prazo, menores custos e maior capacidade de produção sem prejudicar o solo e os recursos hídricos.

REFERÊNCIAS

1. USDA. United States Department of Agriculture. Livestock and Poultry: World Markets and Trade. [Internet]. 2020 [acesso em 14 Set 2022]. Disponível em: <https://usda.library.cornell.edu/concern/publications/73666448x?locale=en>
2. IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Pesquisa da Pecuária Municipal. [Internet]. 2020 [acesso em 14 Set 2022]. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/agricultura-e-pecuaria/9107-producao-da-pecuaria-municipal.html?=&t=destaques>
3. Trevisan L. Bovinocultura de corte a base de pasto e integração lavoura-pecuária na fronteira oeste do Rio Grande do Sul. Florianópolis: Editora UFSC; 2012.
4. Ferraz JBS, Felicio PE. Production systems – An example from Brazil. *Meat Sci.* 2010;84(2):238–243.
5. IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Utilização das terras. [Internet]. 2017 [acesso em 12 Set 2022]. Disponível em: https://censoagro2017.ibge.gov.br/templates/censo_agro/resultadosagro/estabelecimentos.html
6. Dias-Filho MB. Diagnóstico das Pastagens no Brasil. Belém: Embrapa Amazônia Oriental; 2014.
7. Zimmer AH, Macedo MCM, Kichel AN, Almeida RG. Degradação, recuperação e renovação de pastagens. Campo Grande: Embrapa Gado de Corte; 2012.
8. Moreira AL. Melhoramento de pastagens através da técnica da sobressemeadura de forrageiras de inverno. *Pesquisa & Tecnologia.* 2006;3(1):Jan-Jun.
9. Silveira ML, Rouquette FM, Smith GR, Da Silva HMS, Dubeaux JCB. Soil-Fertility Principles for Warm-Season Perennial Forages and Sustainable Pasture Production. *Forage and Grazinglands.* 2014;12(1):1-9.
10. Fontaneli RS, Jacques AVA. Melhoramento de pastagem nativa com introdução de espécies temperadas. *Pesq. agropecuária bras.* 1991;26(10):1787-1793.
11. Martin G, Moraine M, Ryschawy J, Magne MA, Asai M, Sarthou JP, Duru M, Therond O. Crop-livestock integration beyond the farm level: a review. *Agron Sustain Dev.* 2016;36(3):53.
12. Machado LCP. Pastoreio racional voisin: tecnologia agroecológica para o terceiro milênio. Porto Alegre: Cinco Continentes; 2004.

13. Voisin A. Dinâmica das pastagens: deveremos lavrar nossas pastagens para melhorá-las? São Paulo: Mestre Jou; 1975.
14. Lenzi A. Fundamentos do pastoreio racional voisin. Rev. Bras. de Agroecologia. 2012;7(1):82-94.
15. Mello DFM, Ribas CEDC. PRV e produção convencional: Análise comparativa de custos de produção. Anais do III Encontro Pan-Americano sobre Manejo Agroecológico de Pastagens. 2019;14(2).
16. Miollo JR, Guimarães GM, Boessio AT; Silva JO. O pastoreio racional voisin (PRV) e a transição agroecológica na agricultura familiar. Anais do VI Congresso Latino-americano de Agroecologia; X Congresso Brasileiro de Agroecologia; V Seminário de Agroecologia do Distrito Federal e Entorno. 2018;13(1).
17. Blaser RE, Hammes RCJr, Fontenot JP, Bryant HT, Polan CE, Wolf DD, McClaugherty FS, Kline RG, Moore JS. Forage-animal management systems. Virginia: Polytechnic Institute and State University; 1986.
18. Zeni E. Caracterização da cadeia produtiva da pecuária bovina de corte no estado de Santa Catarina [Dissertação]. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina; 2001.
19. Wedekin I. Economia da pecuária de corte: fundamentos e o ciclo de preços. São Paulo: Wedekin Consultores; 2017.
20. Giehl AL. Síntese Anual da Agricultura de Santa Catarina 2018-2019: Carne bovina. Florianópolis: Epagri; 2020.
21. CNA. Confederação Nacional da Agricultura. Aftosa: Fórum festejará 15 anos de área livre sem vacinação em SC. [Internet]. 2022 [acesso em 15 Set 2022]. Disponível em: <https://cnabrasil.org.br/noticias/aftosa-forum-festejara-15-anos-de-area-livre-sem-vacinacao-em-sc>
22. IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Estimativas da população. [Internet]. 2021. [acesso em 14 Set 2022]. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/populacao/9103-estimativas-de-populacao.html?=&t=resultados>
23. Governo do Estado de Santa Catarina. São Martinho. [Internet]. 2020 [acesso em 15 Set 2022]. Disponível em: <https://www.sc.gov.br/conhecasc/municipios-de-sc/sao-martinho>
24. GOOGLE. Google Earth website. [Internet]. 2022. [acesso em 10 Set 2022]. Disponível em: <https://earth.google.com/web/@-28.19042391,-48.9724806,42.17426776a,1152.88485014d,35y,0h,0t,0r>

25. Wrege MS, Steinmetz S, Reisser Jr C, Almeida IR. Atlas Climático da Região Sul: estados do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul. 2. ed. Brasília: Embrapa; 2012.
26. Pandolfo C, Braga HJ, Silva Jr VP, Massignan AM, Pereira ES, Thomé VMR, Valci FV. Atlas climatológico do Estado de Santa Catarina. Florianópolis: Epagri; 2002.
27. IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Manual Técnico da Vegetação Brasileira. Rio de Janeiro: IBGE; 1992.
28. Uberti AAA. Santa Catarina: Proposta de Divisão Territorial em Regiões Edafambientais Homogêneas. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina; 2005.
29. Berton CT, Richter EM, Núcleo de Pastoreio Racional Voisin UFSC. Referências Agroecológicas: Pastoreio Racional Voisin (PRV). Curitiba: Centro Paranaense de Referência em Agroecologia; 2011.
30. Cherubin MR. Guia prático de plantas de cobertura: aspectos filotécnicos e impactos sobre a saúde do solo. Piracicaba: Universidade de São Paulo; 2022.
31. Oliveira LEZ. Plantas de cobertura: características, benefícios e utilização [Monografia]. Brasília: Universidade de Brasília; 2014.
32. Martha Jr GB, Barioni LG, Vilela L, Barcellos AO. Comunicado Técnico 101: Área do Piquete e Taxa de Lotação no Pastejo Rotacionado. Planaltina: EMBRAPA; 2003.
33. Oliveira PPA. Comunicado Técnico 65: Dimensionamento de piquetes para bovinos leiteiros em sistemas de pastejo rotacionado. São Carlos: EMBRAPA; 2006.
34. SENAR/SC. Serviço Nacional de Aprendizagem Rural. Sistema nacional de cadastro rural. 2022. [acesso em 10 Set 2022]. Disponível em: <https://www.gov.br/pt-br/servicos/incluir-imovel-rural-no-sistema-nacional-de-cadastro-rural>
35. Brasil. Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nºs 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nºs 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória nº 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. Diário Oficial da União. 25 Mai 2012.
36. Castro D, Mello RSP, Poester GC. Práticas para restauração da mata ciliar. Porto Alegre: Catarse - Coletivo de Comunicação; 2012.

37. Candiotto LZP, Vargas FA. Principais alterações no novo código florestal brasileiro e os potenciais impactos ao meio ambiente. *Observatorium*. 2018;9(22):181-207.

38. Mateus GP, Wutke EB. Espécies de leguminosas utilizadas como adubos verdes. *Pesquisa & Tecnologia*. 2006;3(1):Jan-Jun.

DOI: <https://doi.org/10.53934/9786585062039-7>

CAPÍTULO 7

PROBIÓTICOS, PREBIÓTICOS E SIMBIÓTICOS NA AVICULTURA: REVISÃO DE LITERATURA

Júlio Cesar Lopes Brasileiro ¹; João Marcos Monteiro Batista ^{*1}; Allan Gabriel Ferreira Dias ¹; Alison Batista Vieira Silva Gouveia ¹; Lorryne Moraes de Paulo ¹; Fernando Ariel Moura Aranha ¹; Julia Marixara Sousa da Silva ¹

¹Departamento de Zootecnia, Escola de Veterinária e Zootecnia, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, Goiás.

*Autor correspondente (Corresponding author) – Email:
joao_92trimonteiro@hotmail.com

Resumo: Com proibição de alguns antibióticos melhoradores de desempenho houve o favorecimento da síndrome disbiose a qual acarretou o na piora de alguns refletindo neste sentido, em redução dos índices de desempenho zootécnico na avicultura comercial. Objetivou-se através do estudo descrever os principais aspectos relevantes em relação às características, à utilização e aos mecanismos de ação dos aditivos equilibradores de microbiota do trato digestório de uso na avicultura com ênfase em probióticos, prebióticos e simbióticos. Os probióticos são microrganismos vivos associados que apresentam efeitos benéficos para animais e seres humanos, que quando administrados em níveis adequados, contribuem para a saúde do hospedeiro. Já o prebiótico é o substrato para espécies de *Bifidobacterium* e tal assimilação não é possível para espécies enteropatogênicas incluindo *Clostridium sp.* e *Salmonella sp.* Na mesma perspectiva o uso conjunto de probióticos e prebióticos forma os simbióticos são capazes de conferir ação benéfica ao hospedeiro por melhorar a sobrevivência e já são elucidados como aditivos moduladores de microbiota intestinal.

Palavras-chave: microrganismo vivos, microflora intestinal, modulador, substrato

Abstract: With the prohibition of some performance-enhancing antibiotics, it favored the appearance of the dysbiosis syndrome which resulted in the worsening of some, reflecting in this sense, in a reduction of the zootechnical performance indices in commercial poultry. Therefore, the objective of this study is to describe the main relevant aspects in relation to the characteristics, use and mechanisms of action of digestive tract microbiota balancing additives for use in poultry with emphasis on probiotics, prebiotics and symbiotics. Probiotics are associated live microorganisms that have beneficial effects for animals and humans, which when administered at adequate levels, contribute to the health of the host. The prebiotic is assimilated as a substrate for *Bifidobacterium* species and such assimilation is not possible for enteropathogenic species including *Clostridium sp.* and *Salmonella sp.* In the same perspective, the joint use of probiotics and prebiotics

forms the symbiotics that are capable of conferring a beneficial action on the host by improving survival and are already elucidated as additives that modulate the intestinal microbiota.

Key Word: live microorganism, intestinal microflora, modulator, substrate

INTRODUÇÃO

A produção avícola brasileira tem crescido de forma significativa, onde a área de nutrição pode representar até 70% do custo total de produção para os animais de interesse zootécnico e a busca por novos produtos considerados mais seguros têm sido estudadas por pesquisadores da área tendo-se como base o conceito de Saúde Única, a qual traduz a união indissociável entre a saúde animal, humana e ambiental⁽¹⁾.

No contexto de nutrição animal, o uso de antibióticos é relatado desde a década de 40 e tem sido adotada como parte integrante das estratégias no sistema da avicultura comercial e o aumento dos desafios sanitários em função de uma maior densidade das aves, bem como outros fatores, intensificou a utilização dessas substâncias como promotores de crescimento ou de forma profilática no plantel⁽²⁾. Com isso, ainda apresenta efeito positivo frente à produção e entre os principais efeitos associados ao uso de antibióticos são a prevenção de distúrbios digestivos, otimização dos nutrientes, reduções de lesões do epitélio intestinal e minimização da ocorrência de doenças subclínicas e metabólitos prejudiciais no organismo animal⁽³⁾.

O Brasil, como o maior exportador mundial de carne de frango tem se adaptado às medidas impostas pelos mercados importadores visando a continuação das negociações e a busca constante de melhorias da cadeia produtiva tem intensificado estudos por substâncias alternativas que propiciem melhores índices de produção, redução de infecção e carcaças isentas de resíduos que possam levar efeitos negativos na saúde dos consumidores finais a longo prazo⁽⁴⁾.

Ressalta-se que, seguindo a tendência internacional como Estados Unidos e Europa, o Brasil ao longo dos anos tem conduzido algumas medidas com o objetivo de minimizar o uso de antibióticos como aditivos melhoradores de desempenho. Diante da reavaliação do uso e proibição de alguns antibióticos melhoradores de desempenho favoreceu o aparecimento da síndrome disbiose a qual acarretou o aumento do índice de cama úmida, crescimento exagerado da microbiota, má absorção, mucosas delgadas e abauladas refletindo neste sentido, em redução dos índices de desempenho zootécnico na avicultura comercial⁽⁵⁾.

Nesse sentido, a inclusão de aditivos em dietas de aves tem sido estudada com foco na manutenção e desenvolvimento do trato digestório e da saúde intestinal incluindo o equilíbrio da microbiota intestinal, reduzindo populações de microrganismos patogênicos, e dessa forma, otimizando a digestibilidade, absorção de nutrientes e índices de desempenho zootécnico. O objetivo dessa revisão é descrever os principais aspectos relevantes em relação às características, à utilização e aos mecanismos de ação dos aditivos equilibradores de microbiota do trato digestório de uso na avicultura com ênfase em probióticos, prebióticos e simbióticos.

TRATO DIGESTÓRIO

O trato digestório das aves (Figura 1) apresenta a divisão em diferentes segmentos que têm algumas particularidades importantes para o desenvolvimento e manutenção da homeostase das aves. O intestino delgado é dividido em três segmentos (duodeno, jejuno e íleo) enquanto o intestino grosso é composto pelos cecos, considerando que os segmentos cólon-reto não são bem delimitados como nos mamíferos.

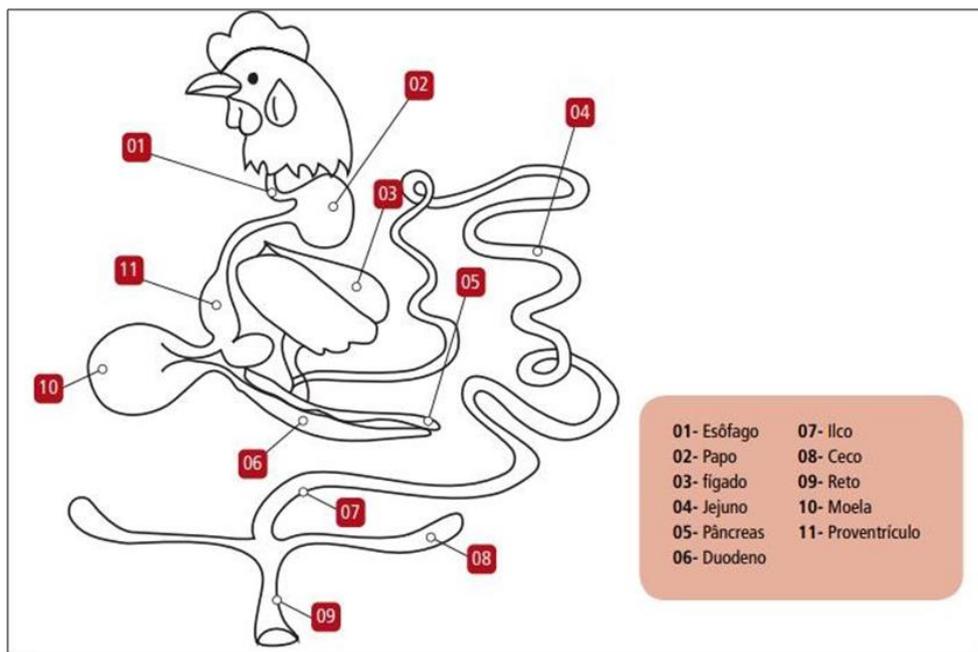


Figura 1. Trato digestório das aves.

Fonte: Ilustrado por Amanda Duarte. Adaptado de Albino e Tavernari⁽⁶⁾.

O duodeno ou alça duodenal, primeiro segmento do intestino delgado, abrange o pâncreas que segrega os canais biliares e pancreáticos contendo amilase, lipase e tripsina que auxiliam no mecanismo da digestão. O suco pancreático é responsável pela regulação do pH (5,7 – 6,1) e têm como função reduzir a acidez do bolo alimentar proveniente do pro-ventrículo e ventrículo otimizando a atuação enzimática e dos enterócitos⁽⁷⁾.

O jejuno e íleo têm maior influência nos processos digestivos e efeito na microbiota através da absorção de nutrientes provenientes da dieta para a corrente sanguínea e, para as células e apresentam uma distinção quanto ao pH, em torno de 5,6 – 6,0 e 6,1 – 6,5, respectivamente. Nos cecos há a fermentação microbiana da fibra dietética juntamente com a produção de ácidos graxos de cadeia curta (acetato, propionato e butirato). Outras funções são descritas em menor proporção como absorção de água, carboidratos, proteínas e aminoácidos. Neste compartimento há variação no pH entre 5,8 e 6,2 e nas aves adultas e híginas o comprimento dos cecos pode chegar até 15 cm e de todo intestino delgado, aproximadamente 140 cm⁽⁷⁻⁸⁾.

A importância que o intestino delgado desempenha no processo de digestão é bem conhecida, entretanto é importante ter conhecimento acerca da eficácia dos demais processos digestivos e outros segmentos do trato digestório, tais como diâmetro regular médio, altura da camada de muco, espessura de epitélio etc. Manter a integridade do tecido epitelial significa ter o efeito positivo na relação altura de vilosidades e profundidade de cripta pois o maior tamanho de profundidade de cripta é indicativo de maior atividade de proliferação celular para adequar a taxa de renovação epitelial compensando as perdas nas extremidades das vilosidades. Nesse sentido uma relação desejável entre vilosidades e criptas intestinais ocorre quando as vilosidades se apresentam altas e criptas rasas pois quanto maior a relação vilo: cripta (Figura 2) melhor será a absorção de nutrientes e menores as perdas energéticas com a renovação celular⁽⁹⁻¹⁰⁾.

De acordo com a histologia o epitélio intestinal três tipos celulares são descritos, células caliciformes, células enteroendócrinas e enterócitos e de acordo com Mazzoni et al⁽¹¹⁾ algumas condições crônicas como estresse térmico induziram alterações na expressão celular e na morfometria de duodeno, jejuno, cecos e inclusive no proventrículo através de uma redução significativa da espessura total da parede, circunferência e diâmetro epitelial.

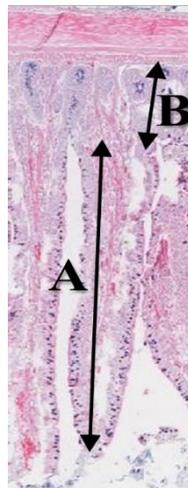


Figura 2. Altura de vilosidade (A) e profundidade de cripta (B) do jejuno de frango de corte aos 35 dias de idade. Fonte: adaptado de Brasileiro⁽¹²⁾.

Quando exposto aos fatores crônicos o trato digestório é afetado negativamente, resultando em lesões nas células epiteliais da mucosa, atrofia das vilosidades, função da barreira epitelial prejudicada, efeito negativo frente ao sistema imune no GALT (*gut-associated lymphoid tissue*) e MALT (*mucosa-associated lymphoid tissue*) juntamente a variações na microbiota⁽¹³⁾.

MICROBIOTA DO TRATO DIGESTÓRIO

Alguns estudos realizados em períodos passados acreditavam-se que o trato digestório das aves era estéril ainda no período de incubação e hoje se sabe que há a colonização de algumas populações de microrganismos no pinto saudável. Os microrganismos presentes no trato digestório das aves são provenientes da dieta e do meio ambiente sendo importante evidência que a microbiota pode ser alterada de acordo com a idade, segmentos do trato digestório, dieta, uso de aditivos e antibióticos e patologias pré-existentes⁽¹⁴⁾.

A microbiota de frangos de corte contém em torno de 1011 unidades formadoras de colônia por grama (UFC/g) sendo a quantidade e gêneros de microrganismos são variáveis conforme a idade das aves e o segmento intestinal onde se encontram. Os microrganismos que compõem a microbiota intestinal ao colonizar os distintos segmentos do intestino estabelecem relação de cooperação, competição por nutrientes e aderência no lúmen promovendo o equilíbrio populacional⁽¹⁵⁾. Os principais microrganismos componentes da microbiota intestinal dos frangos de corte são compostos principalmente por *Lactobacillus sp.*, Coliformes Gram negativos, *Streptococcus* fecais predominando *S.faecalis*, *S. faecium* e Anaeróbios abrangendo *Eubacteria*, *Propionibacteria*, *Clostridia*, *Fusobacterium*, *Bacteroides*, *Ruminococcus* entre outros coccus gram positivos⁽¹⁶⁾. Estudos realizados por Macari et al.⁽¹⁷⁾ confirmam que as bactérias predominantemente encontradas são os *Lactobacillus sp.*, *Clostridium sp.*, *Streptococcus sp.* assim como *Enterococcus* em frangos de corte jovens.

A distribuição desses microrganismos no trato digestório apresenta variação conforme as necessidades para sua melhor sobrevivência. Nesse sentido, a disponibilidade de oxigênio, mudanças de pH luminal, concentração de sais biliares, presença de bacteriocinas e ácidos graxos voláteis são algumas variáveis que modificam a presença desses microrganismos ou limita-os no intestino das aves. Desta forma, a população microbiana apresenta variação conforme o segmento do intestino, sendo que na porção inicial do duodeno a quantidade de microrganismos é inferior quando comparada às regiões finais⁽¹⁸⁾.

A presença de bactérias e fungos em equilíbrio na microbiota são essenciais para o metabolismo e crescimento das aves pois participam de diversos processos fisiológicos, mantêm o equilíbrio dinâmico e a integridade epitelial além de otimizarem função anti-inflamatória pelo sistema imunológico da mucosa. Li et al.⁽¹⁹⁾ demonstraram a complexidade de microrganismos presentes no trato digestório de frangos de corte e que a idade tem um efeito significativo sobre a composição e estabilidade da microbiota no período inicial até 3 dias, de 14 a 21 dias e de 35 a 42 dias de idade (Figura 3).

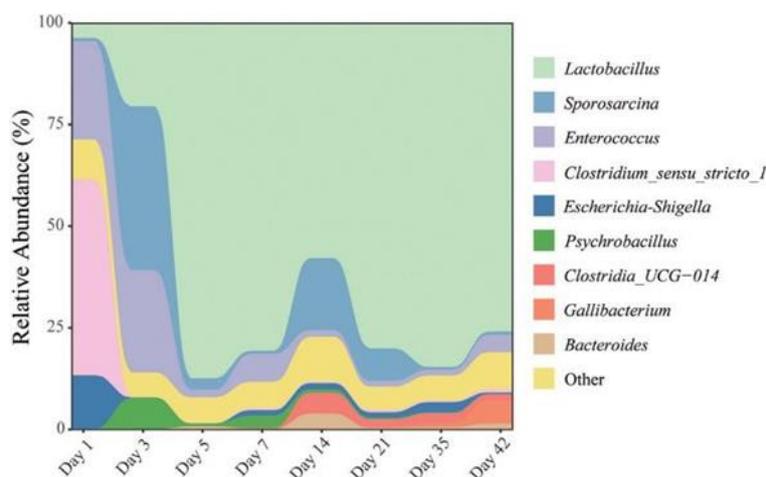


Figura 3. Composição comunitária da microbiota em frangos. Fonte: Li et al⁽¹⁹⁾.

O equilíbrio da microbiota intestinal está relacionado de acordo com a composição, oscilação e os microrganismos benéficos os quais eliminam competitivamente a população patogênica controlam as bactérias que tem efeito negativo ou competidor. A população de microrganismos patogênicos pode comprometer a integridade da mucosa intestinal, lesionando vilosidades e tornando-as irregulares afetando assim, a taxa de renovação celular, o que pode refletir negativamente no desempenho zootécnico dos frangos de corte⁽²⁰⁾.

ANTIBIÓTICOS E ADITIVOS NA ALIMENTAÇÃO ANIMAL

A utilização de antibióticos na alimentação animal iniciou-se na década de 50 levando a uma otimização dos índices zootécnicos dos animais destacando melhores valores de conversão alimentar, ganho de peso, redução nas taxas de morbidade e mortalidade, o que levou a utilização de forma indiscriminada desses fármacos. O uso indiscriminado destes produtos gerou preocupações em virtude dos prejuízos à saúde humana levando a União Europeia a banir em 2007 o uso de grande parte desses fármacos na alimentação animal principalmente devido a possibilidade de desenvolvimento de resistência bacteriana e reações de hipersensibilidade oriundas de resíduos em alimentos direcionados ao consumo humano⁽²¹⁾.

Na avicultura, o uso dessas substâncias acarretou efeitos positivos nos índices de desempenho zootécnico, vinculados à melhor taxa de conversão alimentar, ganho de peso concomitantemente à prevenção de doenças. Os antibióticos utilizados como promotores de crescimento têm de se apresentar relativamente baixo frente à concentração mínima inibitória (CMI) não sendo absorvidos e com ação principal no trato digestório visando o bloqueio e crescimento exagerado de microrganismos enteropatogênicos que promovem a redução inflamatória do epitélio intestinal⁽²²⁾.

As preocupações quanto ao uso dos antibióticos na cadeia produtiva animal persistem e o Brasil as reavaliam de forma constante esses produtos de modo a atualizar as legislações que regulamentam o uso destes produtos na alimentação animal. O

Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento é o órgão competente para tratar dessas regulamentações e antibióticos como tilosina, lonomicina, virginiamicina, bacitracina e tiamulina foram proibidos pela portaria nº 171 no ano de 2018 e mais recentemente a lincomicina, através da instrução normativa nº 1 de 13/01/2020⁽²³⁾.

Wee et al⁽²⁴⁾ descreveram a presença de microrganismos MDR colonizando animais de produção destinados à alimentação humana e que frequentemente algumas bactérias carregam genes de resistência de importância clínica principalmente EsβL do tipo CTXM usualmente foi descrita em carne de frango. Nesse sentido a ocorrência desses genes está intimamente relacionado ao uso de antibióticos como promotores de crescimento podendo exercer uma pressão seletiva na microbiota e caso estejam localizados em MGEs podem ser transferidos para espécies de importância zoonótica refletindo na saúde pública^(25,26).

A inclusão de alimentos alternativos na nutrição animal tem a otimização quanto a redução dos custos da produção, entretanto os índices zootécnicos podem ficar comprometidos em virtude do aproveitamento da energia ou proteína dos ingredientes por diversos fatores, como por exemplo a presença de fatores antinutricionais ou agente enteropatogênico. A inclusão de aditivos tem influência direta ou indireta onde a ave passa a otimizar os nutrientes provenientes da dieta contribuindo para um melhor desempenho e qualidade do produto final⁽²⁷⁾.

Os aditivos são descritos como substância, microrganismo ou produto formulado adicionado intencionalmente a dieta que não é usada normalmente como ingrediente, que tenha ou não valor nutritivo e que melhore as características dos produtos destinados à alimentação animal ou dos produtos animais. Nesse sentido que melhore o desempenho dos animais hígidos e atenda às necessidades nutricionais ou que tenha efeito anticoccidiano⁽²⁸⁾. Os aditivos zootécnicos equilibradores de microbiota com ênfase em probióticos, prebióticos e simbióticos apresentam-se promissores e influem positivamente na saúde do hospedeiro e na busca por produtos, teoricamente mais seguros.

PROBIÓTICOS, PREBIÓTICOS E SIMBIÓTICOS

Os probióticos são descritos pela Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (FAO/WHO) como microrganismos vivos associados que apresentam efeitos benéficos para animais e seres humanos, que quando administrados em níveis adequados, contribuem para a saúde do hospedeiro. Esses microrganismos ou leveduras devem ser capazes de resistir a passagem como também ter a capacidade de proliferação no trato digestório. Essas substâncias ainda, promovem benefícios para a saúde do hospedeiro como modulação da microbiota entérica e melhorias na imunidade e desempenho zootécnico⁽²⁹⁾.

De acordo a Instrução Normativa nº13 de 30/11/2004 do Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (MAPA) são classificados como cepas de microrganismos vivos viáveis que agem como auxiliares na recomposição da microbiota do trato digestivo dos animais contribuindo para a homeostase⁽³⁰⁾. O mecanismo de ação

dos probióticos pode variar de acordo com diferentes microrganismos cepas ou leveduras que pode acarretar benefícios semelhantes, porém por vias distintas.

Os efeitos dos probióticos apresentam variação e não apresentam risco de toxicidade ou resistência microbiana, entretanto o efeito positivo dessas substâncias só ocorre quando há uma redução significativa de microrganismos enteropatogênicos⁽³¹⁾.

De acordo com Berteli et al.⁽³²⁾ há a categorização dos probióticos em: Probióticos bacterianos e não-bacterianos: com a ressalva de certos fungos e leveduras como alguns dos gêneros *Saccharomyces sp.* e *Aspergillus spp.*, o maior número dos probióticos é composto por cepas de bactérias. Evidenciam-se os gêneros: *Lactobacillus sp.*, *Bacillus sp.*, *Enterococcus sp.* e *Bifidobacterium sp.*

Probióticos formadores e não-formadores de esporos: algumas das bactérias de efeito probiótico podem se apresentar de forma esporulada, momento o qual paralisam sua atividade biosintética e reduzem sua taxa respiratória, sobrevivendo em situações adversas a seu desenvolvimento. São exemplos os *Bacillus amyloliquefaciens* e *B. subtilis*.

Probióticos multi-espécies e prebióticos de única espécie: um produto comercial probiótico pode ser composto por uma ou várias espécies bacterianas e/ou fúngicas, de forma associada. Probióticos alóctones e autóctones são relacionados ao fato de os microrganismos da composição serem naturais do trato gastrointestinal da espécie hospedeira. Exemplo de bactérias autóctones da microbiota animal: *Bifidobacterium sp.* e *Lactobacillus sp.*

Segundo Lemos et al.⁽³³⁾ há necessidade de uma caracterização mais detalhada da microbiota devido a sua complexidade e grande variedade de microrganismos para uma melhor compreensão juntamente do conhecimento acerca da fisiologia do trato digestório sendo o principal local de ação dos probióticos que levam a modificações tróficas e imunomoduladoras.

Diversos fatores são relacionados com a eficácia do probiótico, tais como método de extração do microrganismo, espécies, capacidade de sobrevivência no trato digestório, via de administração, desafio ambiental, exposição a microrganismos externos, patologias pré-existentes e condição do sistema imune. Em aves, os mecanismos de ação dos probióticos já podem ser descritos de acordo com os estudos e alguns pontos são propostos como uma não exclusão de ação única e sim uma ação mútua com demais mecanismos e primordialmente a rápida estabilização no trato digestório das aves faz que o probiótico possa desempenhar suas funções de forma satisfatória⁽³⁴⁻³⁵⁾.

Entre os distintos mecanismos de ação dos probióticos, são destacados: Exclusão competitiva por sítios de ligação e nutrientes que é uma importante forma de ação dos probióticos de distintos gêneros, tais como, *Bacillus sp.*, *Lactobacillus sp.*, *Bifidobacterium sp.* e *Streptococcus sp.* Nesse sentido, promovem a redução de microrganismos patogênicos no organismo da ave pelo mecanismo de competição por nutrientes essenciais, locais físicos de fixação⁽³⁵⁾.

Antagonismo direto, produção de compostos como lipopeptídeos antimicrobianos, surfactinas, bacteriocinas, ácidos orgânicos e peróxidos de hidrogênio que tem ação antibacteriana á microrganismos enteropatogênicos concomitante à estas interações sinérgicas que refletem na regulação da microbiota intestinal. Os probióticos do gênero *Bacillus sp.* desempenham esse mecanismo satisfatoriamente por produzirem um biofilme nas células epiteliais do intestino e dessa forma conferindo uma prevenção à colonização de enteropatógenos. Há a produção de peptídeos e lipopetídeos antimicrobianos (AMP) que são citotóxicos para diversos microrganismos patogênicos, principalmente para *Eimeria spp.* e *Clostridium spp.* que acarretam doenças de relevância sanitária na avicultura comercial⁽³⁵⁻³⁶⁾.

Estímulo do sistema imune, onde a defesa imunológica do hospedeiro está relacionada com a microbiota e alguns microrganismos probióticos estão diretamente relacionados com o estímulo da resposta imune por meio do aumento da produção de anticorpos, ativação de macrófagos, proliferação de linfócitos T e produção de interferon. Mingmongkolchai & Panbangred⁽³⁷⁾ demonstraram que houve um estímulo para a produção de IgA e desenvolvimento do tecido linfoide associado ao intestino (GALT) juntamente com a produção de linfócitos de forma intraepitelial e células produtoras de imunoglobulinas.

Efeito nutricional, onde é observado a redução de pH intestinal promovido principalmente por microrganismos do gênero *Lactobacillus sp.* otimizando absorção de ácidos graxos de cadeia curta e que alguns probióticos promovem a digestão das fibras em aves e que alguns microrganismos são capazes de secretar amilase, protease e lipase⁽³⁸⁾.

Farhat-Khenakhlem et al.⁽³⁹⁾ demonstraram que cepas do *Bacillus sp.* em ensaio in vitro obtiveram propriedades probióticas satisfatórias, tais como, tolerância a condições severas de pH no trato digestório, maior adesão aos enterócitos e secreção de enzimas (fitase, amilase, xilanase e β - glucanase) importantes para neutralizar fatores antinutricionais da ração. Ainda dentro deste estudo, houve a melhora da digestibilidade em aproximadamente 48% em ocorrência da secreção enzimática já conhecida.

Supressão da produção de amônia, que assim como os antibióticos, há indicações de que os probióticos tenham efeito de reduzir a produção intestinal desse gás pela microbiota que pode apresentar níveis tóxicos para as células epiteliais. Conforme esboça Ahmed et al.⁽⁴⁰⁾ alguns gêneros de *Bacillus sp.* contribuíram para a redução da emissão de amônia oriundas das excretas das aves embora não esteja totalmente esclarecido esse mecanismo de redução e nessa perspectiva estudos com o mesmo gênero probiótico comprovam os resultados positivos na diminuição desse gás nocivo em decorrência da remoção de nitrogênio (N) e fósforo (P) o qual reflete positivamente no tratamento de dejetos provenientes da avicultura de corte e postura.

Os efeitos positivos observados com o uso de probiótico na dieta das aves estão diretamente relacionados a otimização da digestão e absorção através de secreções enzimáticas e morfologia das vilosidades intestinais, através da relação vilosidade: cripta que reflete na capacidade absorptiva dos nutrientes provenientes da dieta. É definido que, a altura de vilosidades intestinais está diretamente relacionada com a capacidade absorptiva

de nutrientes, ao mesmo tempo que, a profundidade de cripta e relação vilosidade: cripta estão associadas à capacidade de renovação celular por ativação mitótica a qual confere melhora na saúde intestinal das aves⁽⁴¹⁾.

Estudo realizado por Brasileiro⁽¹²⁾ demonstrou resultados positivos frente ao uso da cepa de *Bacillus amyloliquefaciens* para a histomorfometria de duodeno e jejuno onde houve o aumento das vilosidades intestinais. No mesmo estudo em relação ao desempenho zootécnico foi observado efeito do uso da mesma cepa probiótica sobre a conversão alimentar no período de 1 a 21 dias de idade em frangos no período de 1 a 21 dias quando comparado ao grupo que não receberam adição do aditivo em suas rações.

Nessa perspectiva outra classe que apresenta evidência entre os aditivos moduladores de microbiota são os prebióticos, que apresentam efeito positivo. São definidos como “ingredientes que não são digeridos pelas enzimas digestivas do hospedeiro, mas que são fermentados pela microbiota do trato digestório dos animais contribuindo para o seu equilíbrio” e são regulamentados pela Instrução Normativa nº44 de 15/12/2015 do Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (MAPA)⁽⁴²⁾. As principais classes de prebióticos são oriundas de alguns açúcares absorvíveis ou não, fibras, peptídeos, proteínas, álcool de açúcares, oligossacarídeos de cadeia curta e dissacarídeos transgalactosilados⁽⁴³⁾ e são diferenciados em frutoligossacarídeo (FOS), glucoligossacarídeo (GOS) e mananoligossacarídeo (MOS) para o uso em aves de corte e postura.

Os FOS são polímeros de frutose podendo ser naturais derivados de plantas como a inulina ou sintéticos, resultantes da polimerização da frutose⁽⁴³⁾. A inulina por exemplo, tem a capacidade de atravessar o segmento superior do trato digestório alcançando o intestino grosso no qual é fermentada por microrganismos benéficos (*Acidophilus*, *Bifidus* e *Faecium*) e convertida em ácidos graxos de cadeia curta (acetato, butirato e propionato), lactato e gases, minimizando a população de microrganismos enteropatogênicos como *E.colli* e *Salmonella sp.* por exclusão competitiva⁽⁴⁴⁾.

Xu et al⁽⁴⁵⁾. observaram um aumento da concentração da população de *Bifidobacterium sp.* e *Lactobacillus sp.* cecais juntamente com uma redução de *E. coli* no intestino de frangos alimentados com diferentes níveis de inclusão de FOS na dieta. Em ensaio laboratorial in vitro o crescimento de salmonela entérica sorovar *Typhimurium* foi inibido pelo sistema de fermentação em que o FOS foi adicionado⁽⁴⁶⁾.

Os GOS não são digeridos no trato digestório superior devido às ligações β - (1,6) e β - (1,4) que evitam a ação enzimática pela β -galactosidase. Nesse sentido, esse grupo prebiótico é assimilado como substrato para espécies de *Bifidobacterium* e tal assimilação não é possível para espécies enteropatogênicas incluindo *Clostridium sp.* e *Salmonella sp.*⁽⁴⁷⁾. Esse mecanismo de ação foi observado por Jung et al.⁽⁴⁸⁾ onde o efeito da inclusão de GOS associado ou não resultou em melhora na digestibilidade sem efeitos negativos ao desempenho juntamente com o aumento de *Bifidobacterium sp.* cecais.

A parede celular de *Saccharomyces cerevisiae* destaca-se como uma das principais fontes de MOS rica em oligossacarídeos à base de alfa-manose e beta-glucose, glicose e proteína. O mecanismo de ação apresenta uma complexidade impedindo que

microrganismos enteropatogênicos iniciem o processo de colonização ou modulando o sistema imunológico contra um processo infeccioso. Para que ocorra tal mecanismo é necessário que ocorra a adesão epitelial e tal adesão é possível em virtude da atração de glicoproteínas (lecitinas) presentes nas fímbrias pelos oligossacarídeos. O MOS apresenta alta afinidade favorecendo sítios de ligação dos quais se ligam a bactérias enteropatogênicas gram-negativas que possuem fímbria do tipo I que é específica para ligar-se aos oligossacarídeos. Nesse sentido, esse prebiótico tem a capacidade de modular a microbiota do trato digestório, reduzindo a taxa de renovação epitelial, minimizando lesões causadas por processos infecciosos, melhorando a relação vilo: cripta assim como otimizando a absorção de nutrientes, desempenho das aves e redução da mortalidade⁽⁴⁹⁻⁵⁰⁾. A força de adesão entre o microrganismo patogênico e o MOS inibe o processo infeccioso e se adere ao epitélio intestinal formando uma barreira física que impede a colonização pela população de microrganismos indesejáveis⁽⁵¹⁾.

A ativação do sistema imune das aves é outro mecanismo de ação descrito com o uso de prebióticos atraindo distintas células e outros componentes imunológicos para o trato digestório otimizando a barreira contra antígenos na mucosa. Nesse contexto ocorre uma reação em cascata com ativação de macrófagos e liberação de citocinas através de uma resposta imunológica adquirida após a ligação de MOS aos sítios receptores de macrófagos na superfície dos enterócitos mediante o reconhecimento de peptídeos específicos nesse epitélio. Savage et al.⁽⁵²⁾ demonstraram níveis de anticorpos circulantes específicos elevados juntamente com a síntese de imunoglobulinas secretórias em resposta a exposição de antígenos como IgG plasmático e IgA na bile.

Na mesma perspectiva o uso conjunto de probióticos e prebióticos confere efeito positivo frente à saúde intestinal uma vez que a simbiose que ocorre no trato digestório impede que microrganismos enteropatogênicos como *E. colli*, *Clostridium sp.* e *Salmonella sp.* se sobressaiam sobre os benéficos e essa combinação de aditivos denominada simbióticos são capazes de conferir ação benéfica ao hospedeiro por melhorar a sobrevivência e modular a microbiota intestinal⁽⁵⁰⁾.

O que se espera do produto desse sinergismo ou simbiose do uso desses aditivos é a potencialização que ambos têm no trato digestório. Os probióticos inibem a maturação e desenvolvimento de microrganismos enteropatogênicos otimizando a absorção de nutrientes e processos infecciosos, no mesmo sentido que, os prebióticos impedem a adesão da população desses microrganismos às vilosidades intestinais devido à saturação dos sítios de ligação eliminando-as juntamente com as excretas⁽⁵⁰⁾. Al-Badanni et al.⁽⁵³⁾ realizaram um experimento com simbiótico a base de *Bacillus subtilis* e oligossacarídeos mananoligossacarídeos (MOS) e foi observada diferença significativa no perfil bioquímico do sangue em frangos desafiados sanitariamente.

Resultados demonstrados por Fornazier et al.⁽⁵⁴⁾ demonstraram resultados significativos com a inclusão de distintos níveis de simbiótico na dieta de frangos quando comparado com a ração com antibiótico como ganho de peso e conversão alimentar, no mesmo sentido que, houve efeito significativo no rendimento de peito ainda neste mesmo estudo. Resultados que foram de acordo com Maiorka et al.⁽⁵⁵⁾ que observaram o pior

ganho de peso no grupo de frangos de corte alimentados com dieta isenta de probiótico, prebiótico ou associação de ambos os aditivos.

CONCLUSÕES

Mediante exigências de mercados importadores, a tendência é que cada vez mais antibióticos sejam minimizados na alimentação animal mesmo como promotores de crescimento considerando os efeitos negativos, mesmo que a longo prazo que podem causar no âmbito de saúde animal e saúde pública.

Os efeitos positivos dos probióticos, prebióticos e simbióticos já são elucidados como aditivos moduladores de microbiota tanto na avicultura de corte quanto na avicultura de postura juntamente aos mecanismos de ação. Entretanto, conhecimentos mais aprofundados a respeito da diversidade da microbiota, fatores adversos, sinergismo ou antagonismo dos microrganismos usados nos produtos poderão, futuramente, contribuir para a real compreensão dessas substâncias, principalmente no tocante aos simbióticos.

REFERÊNCIAS

1. Kirchhelle, C. Pyrrhic progress antibiotics in Anglo-American food production (1935–2013). Newark: Rutgers University Press. Kirchhelle, C. Pharming animals: a global history of antibiotics in food production (1935–2017). Humanities & Social Sciences Communications. ISSN (online): 2662-9992.
2. Sakomura NK, Rostagno HS. Métodos de Pesquisa em Nutrição de Monogástricos. 2ª. ed. Jaboticabal: FUNEP - Fundação de Apoio a Pesquisa, Ensino e Extensão, 2016. v.1. 262p.
3. Alexandrino SLSA, Costa TF, Silva NGD, Abreu JM, Silva NF, Sampaio SA, Christofoli M, Cruz LCF, Moura GF, Faria PP, Minafra CS. Intestinal microbiota and factors influencing poultry. Res., Soc. Dev. 2020; 9(6) e87963098.
4. Huyghebaert G, Ducatelle R, Van Immerseel F. An update on alternatives to antimicrobial growth promoters for broilers. Vet. J. 2011; 187(2):182-188.
5. Kuritza LN, Westphal P, Santin E. Probiotics on poultry production. Ciência Rural. 2014; 44(8):1457-1465.
6. Frandson RD, Wilke WL, Fails AD. Anatomia e fisiologia dos animais da fazenda. 7.ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2011. 454 p.
7. Liu W, Ye A, Han F, Han J. Advances and challenges in liposome digestion: Surface interaction, biological fate, and GIT modeling. Adv. Colloid. Interface Sci. 2018; 263:52-67.
8. Silva EIC. Avicultura: anatomia da galinha. 1a. ed. Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia. Campus Belo Jardim-PE, 2020. 25 p.

9. Garriga C, Hunter RR, Amat C, Planas JM, Mitchell MA, Moreto M., O estresse térmico aumenta o transporte apical de glicose no jejuno de galinha. *Revista Americana de Fisiologia. Fisiologia Regulatória, Integrativa e Comparativa.* 2006; 290:195-201.
10. Li DF, Nelssen JL, Reddy PG, Blecha F, Klemm R, Goodband RD. Interrelationship between hypersensitivity to soybean proteins and growth performance in early weaned pigs. *J. Anim. Sci.* 1991; 69(10):4062-4069.
11. Mazzoni M, Zampiga M, Clavenzani P, Lattanzio G, Tagliavia C, Sirri F. Effect of chronic heat stress on gastrointestinal histology and expression of feed intake-regulatory hormones in broiler chickens. *Animal.* 2022; 16(8):100600.
12. Brasileiro JCL. Probiótico na dieta de frangos de corte. 2021. 37 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2021. Disponível em:< <https://repositorio.bc.ufg.br/>>. Acesso em: 18 ago. 2022.
13. Santos RR, Awati, A, Roubos-van den Hil PJ, Tersteeg-Zijderveld MHG, Koolmees PA, Fink Gremmels J. 2015. Quantitative histo-morphometric analysis of heat-stress-related damage in the small intestines of broiler chickens. *Avian Pathol.* 2015; 44(1):19-22.
14. Shang Y, Kumar S, Thippareddi H, & Kim WK. Effect of dietary fructooligosaccharide (FOS) supplementation on ileal microbiota in broiler chickens. *Poultry science,* 2018; 97(10), 3622-3634.
15. Tardocchi CFT, Cabral NO. Técnicas de vacinação para prevenção de doenças na avicultura. *Revista Eletrônica Nutritime.* 2020; 17(04):8749-8754.
16. Ali Q, Ma S, La S, Guo Z, Liu B, Gao Z, & Shi Y. Microbial short-chain fatty acids: a bridge between dietary fibers and poultry gut health—A review. *Animal Bioscience,* 2022; 35(10), 1461-1478.
17. Macari M, Naas IA, Mendes AA. *Produção de Frangos de Corte.* Campinas: FACTA, 2004. 365 p. CDU: 636.5.
18. Mello PD. Uso de antibióticos em animais de produção. *Revista Científica Eletrônica de Medicina Veterinária.* 2009; 7(12).
19. Ming-Han L, Jin-Xin M, Wang W, He M, Zhao ZY, Ma N, Lv QB, Qin YF, Geng H-L, Zhao Q, Ni HB, Zhang X-X, Dynamic description of temporal changes of gut microbiota in broilers. *Poult. Sci.* 2022; 101(9):102037.
20. Santos II, Poli A, Padilha MTS. Desempenho zootécnico e rendimento de carcaça de frangos de corte suplementados com diferentes probióticos e antimicrobianos. *Acta Sci. Anim. Sci.* 2008; 26(1):29-33.
21. Cai J, Liu F, Liao X, Zhang R. Complete genome sequence of *Bacillus amyloliquefaciens* LFB112 isolated from Chinese herbs, a strain of a broad inhibitory spectrum against domestic animal pathogens. *J. Biotechnol.* 2014; 175:63-64.

22. Alexandrino SLSA, Costa TF, Silva NGD, Abreu JM, Silva NF, Sampaio SA, Christofoli M, Cruz LCF, Moura GF, Faria PP, Minafra CS. Intestinal microbiota and factors influencing poultry. *Res., Soc. Dev.* 2020; 9(6): e87963098.
23. Brasil, 2020. Instrução normativa nº 1, de 13 de janeiro de 2020. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (MAPA), ed.16, seção. 1, p. 6. Disponível em: < <https://www.in.gov.br/>>. Acesso em: 10 ago. 2022.
24. Wee BA, Muloi DM, Bunnik BAD. 2020. Quantifying the transmission of antimicrobial resistance at the human and livestock interface with genomics. *Clin. Microbiol. Infect.* 2020; 26(12):1612–1616.
25. Xiong W, Wang Y, Sun Y, Ma L, Zeng Q, Jiang X, Li A, Zeng Z, Zhang T. Antibiotic-mediated changes in the fecal microbiome of broiler chickens define the incidence of antibiotic resistance genes. *Microbiome.* 2018; 6(34):1-11.
26. Lemos MJ, Calixto LFL, Torres-Cordido KAA, Reis TL. Uso de aditivo alimentar equilibrador da flora intestinal em aves de corte e de postura. *Arquivos do Instituto Biológico.* 2016; 83:1-7.
27. Sakomura NK, Silva JHV, Costa FGP, Fernandes JBK, Hauschild L. *Nutrição de Não Ruminantes.* 1ª. ed. Jaboticabal: Funep, 2014. v. 1. 678p .
28. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). Health and Nutritional Properties of Probiotics in Food including Powder Milk with Live Lactic Acid Bacteria. Córdoba, Argentina, 34 p, 2002. Disponível em: < <http://www.fao.org/>>. Acesso em: 19 ago. 2022.
29. BRASIL, 2004. Instrução normativa nº 13, de 30 de novembro de 2004, Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (MAPA). Regulamento técnico sobre aditivos para produtos destinados à alimentação animal. Disponível em: < <https://www.gov.br/>>. Acesso em: 19 ago. 2022.
30. Silva PC, Oliveira PG, Guedes MRA, Trindade DC. Identificação de cepas do gênero *Lactobacillus* com potencial probiótico isoladas do trato gastrointestinal de suínos. *Rev. Epist. Trans.* 2020; 11(1):223-241.
31. Berteli CR. Probiótico (*Bacillus amyloliquefaciens*) e antimicrobiano melhorador de desempenho em dietas de leitões na fase de creche. 2019. 43 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2019.
32. Lemos MJ, Calixto LFL, Torres-Cordido KAA, Reis TL. Uso de aditivo alimentar equilibrador da flora intestinal em aves de corte e de postura. *Arq. Inst. Biol.* 2016; v.83, 1-7, e0862014.
33. Ajuwon KM. Toward a better understanding of mechanisms of probiotics and prebiotics action in poultry species. *J. Appl. Poult. Res.* 2016; 25(1-2):277-283, 2016.
34. Cai J, Liu F, Liao X, Zhang R. Complete genome sequence of *Bacillus amyloliquefaciens* isolated from Chinese herbs, a strain of a broad inhibitory spectrum against domestic animal pathogens. *J. Biotechnol.* 2014; 175:63-64.

35. Oliveira MJK, Sakomura NK, Dorigam JCP, Doranalli K, Soares L, Viana GS. *Bacillus amyloliquefaciens* CECT 5940 alone or in combination with antibiotic growth promoters improves performance in broilers under enteric pathogen challenge. *Poult. Sci.* 2019; 98(10):4391-4400.
36. Mingmongkolchai S, Panbangred W. *Bacillus* probiotics: an alternative to antibiotics for livestock production. *J. Appl. Microbiol.* 2018;124(6):1334-1346.
37. Freitas ER, Rabello CBV, Watanabe PH. Probióticos e prebióticos na nutrição de monogástricos. In: Sakomura NK, Silva JHV, Costa FGP, Fernandes JBK, Hauschild L. *Nutrição de Não Ruminantes*. 1ª. ed. Jaboticabal: Funep, 2014. v. 1. 678p .
38. Farhat-Khenakhlem A, Blibech M, Boukhris I, Makni M, Chouayekh H. Assessment of the potential of the multi-enzyme producer *Bacillus amyloliquefaciens* US573 as alternative feed additive. *J. Sci. Food. Agric.* 2018; 98(3):1208-1215.
39. Aly SM, Ahmed YAG, Ghareeb AAA, Mohamed MF. Studies on *Bacillus subtilis* and *Lactobacillus acidophilus*, as a potential probiotic in the immune response and resistance of *Tilapia nilotica* (*Oreochromis niloticus*) to challenge infections. *Fish Shellfish Immunol.* 2008; 25(1-2):128-36.
40. Xu J, Xu C, Chen X, Cai X, Yang S, Sheng Y, Wang T Regulation of an antioxidant blend on intestinal redox status and major microbiota in early weaned piglets. *Nutrition.* 2014; 30(5):584-9.
41. BRASIL, 2015. Instrução normativa nº 44, de 15 de dezembro de 2015, Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (MAPA). Regulamento técnico sobre aditivos para produtos destinados à alimentação animal. Disponível em: < <https://www.gov.br/>>.
42. Gibson GR, Roberfroid MB. Dietary modulation of the human colonic microbiota: introducing the concept of prebiotics. *J. Nutr.* 1995; 125(6):1401-1412.
43. Scapinello C, Faria HG, Furlan AL, Michelan AC. Efeito da utilização de oligossacarídeo manose e acidificantes sobre o desempenho de coelhos em crescimento. *R. Bras. Zootec.* 2001; 30(4):1272-1277.
44. Xu ZR, Hu CH, Xia MS, Zhan XA, Wang MQ. Effects of dietary fructooligosaccharide on digestive enzyme activities, intestinal microflora and morphology of male broilers. *Poult. Sci.* 2003;82(6):1030-1036.
45. Donalson LM, Kim WK, Chalova VI, Herrera P, Woodward CL, McCreynolds JL, Kubena LF, Nisbet DJ, Ricke SC. In vitro anaerobic incubation of *Salmonella enterica* serotype Typhimurium and laying hen cecal bacteria in poultry feed substrates and a fructooligosaccharide prebiotic. *Anaerobe.* 2007; 13(5-6):208-214.
46. Alles MS, Hartemink R, Meyboom S, Harryvan JL, Van Laere KM, Nagengast FM, Hautvast JG. Effect of transgalactooligosaccharides on the composition of the human intestinal microflora and on putative risk markers for colon cancer. *Am. J. Clin. Nutr.* 1999; 69:980-991.

47. Jung SJ, Houde R, Baurhoo B, Zhao X, Lee BH. Effects of galacto-oligosaccharides and a *Bifidobacteria lactis*-based probiotic strain on the growth performance and fecal microflora of broiler chickens. *Poult. Sci.* 2008; 87(9):1694-1699.
48. Shane MS. Mannan oligosaccharides in poultry nutrition: mechanism and benefits. *Science and technology in the feed industry*. Nottingham, UK: Nottingham, 2001. p.65-77.
49. Faria IS. Avaliação da inclusão de aditivo simbiótico em dietas para frangos. 2022. 54 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2022. Disponível em: < <https://repositorio.bc.ufg.br/>>. Acesso em: 22 ago. 2022.
50. Pelicano ERL, Souza PA, Souza HBA. Prebióticos e probióticos na nutrição de aves. *Revista Ciências Agrárias e da Saúde*. 2002; 2(1):59-64.
51. Cotter PF. Modulation of immune response: current perceptions and future prospects with an example from poultry. In: *Alltech's Annual Symposium On 90 Biotechnology In Feed Industry*, 10., 1994, Nottingham. Proceedings... Loughborough, UK: Nottingham University Press, 1994. p.105-203.
52. Savage TF, Zakrewska EI, Andreasen JR. The effects of feeding mannan oligosaccharide supplemented diets to poultrys on performance and the morphology of the small intestine. *Poult. Sci.* 1997; 76:139-149.
53. Al-Baadani HH, Abudabos AM, Al-Mufarrej SI, Al-Baadani AA, Alhidary IA. Dietary supplementation of *Bacillus subtilis*, *Saccharomyces cerevisiae* and their symbiotic effect on serum biochemical parameters in broilers challenged with *Clostridium perfringens*. *J. Appl. Anim. Res.* 2018;46(1):1064–1072.
54. Fornazier R, Ribeiro Junior V, Albino LF, Rodrigues DJ, Tavernari F de C, da Silva DL. A symbiotic improves performance and carcass yield of broilers. *J. Appl. Poult. Res.* 2019; 28(2):383–389.
55. Maiorka A, Santin E, Sugeta SM, Almeida JG, Macari M. Utilização de prebióticos, probióticos ou simbióticos em dietas para frangos. *Braz. J. Poult. Sci.* 2001; 3(1):75-82.

DOI: <https://doi.org/10.53934/9786585062039-8>

CAPÍTULO 8

UTILIZAÇÃO DE IVERMECTINA SOB DIFERENTES VIAS DE ADMINISTRAÇÃO EM EQUINOS

Giordani Mascoli de Favare*; **Isabela de Almeida Cipriano**; **Mateus Oliveira Mena**; **Tábata Alves do Carmo**; **Gabriel Jabismar Guelpa**; **Dayane Sargento Romão**; **Ricardo Velludo Gomes de Soutello**.

**E-mail: giordani.mascoli@unesp.br*

Resumo: O rebanho de equinos no Brasil é de aproximadamente 6 milhões de animais, sendo o estado de São Paulo com 348.124 número de cabeças, o que permite o país ocupar a 3ª posição no ranking dos países com maiores rebanhos equinos no mundo, atrás somente dos Estados Unidos e México. O parasitismo dos equinos ocupa lugar de destaque devido aos prejuízos causados pelas infecções gastrointestinais. O tratamento para tais infecções é realizado por meio da administração de drogas anti-helmínticas, sendo encontradas no mercado apenas em apresentação por via oral para esta espécie. Os tipos de vias de administração podem causar importantes alterações na atuação e eficácia dos princípios ativos, o que torna estudos farmacológicos mais profundos sobre os anti-helmínticos. Pequenas diferenças nas formulações podem eventualmente causar importantes e significativas alterações na atuação e eficácia, o que torna imprescindíveis estudos farmacológicos mais aprofundados sobre os anti helmínticos. Portanto, sua atividade anti-helmíntica depende da concentração, do tempo de exposição ao parasito, da condição corpórea, da via de administração e da espécie. Sendo assim, é de extrema importância um estudo que avalie a eficácia da droga anti-helmíntica em diferentes vias de administração, e também as possíveis alterações no local da aplicação. Visto que não há recomendações de tratamento com lactonas macrocíclicas injetáveis disponíveis no mercado para equinos e que o custo do produto injetável é muito inferior ao da apresentação oral, tornando o produto mais viável e de grande interesse aos criadores.

Palavras-chave: anti-helmíntico; equinos; helmintos

Abstract: The equine herd in Brazil is approximately 6 million animals, with the state of São Paulo with 348,124 head, which allows the country to occupy the 3rd position in the ranking of countries with the largest equine herds in the world, behind only the States States and Mexico. Equine parasitism occupies a prominent place due to the damage caused by gastrointestinal infections. The treatment for such infections is carried out through the administration of anthelmintic drugs, which are found on the market only in oral presentation for this species. The types of administration routes can cause important changes in the performance and efficacy of active ingredients, which makes more in-depth pharmacological studies on anthelmintics essential. Small differences in formulations can eventually cause important and significant changes in performance and efficacy, which makes more in-depth pharmacological studies on anthelmintics essential.

Therefore, its anthelmintic activity depends on the concentration, time of exposure to the parasite, body condition, administration route and species. Therefore, it is extremely important to carry out a study that evaluates the effectiveness of the anthelmintic drug in different routes of administration, as well as possible changes in the application site. Since there are no recommendations for treatment with injectable macrocyclic lactones available in the market for horses and the cost of the injectable product is much lower than the oral presentation, making the product more viable and of great interest to breeders.

Key Word: anthelmintic; horses; helminths

INTRODUÇÃO

O rebanho de equinos no Brasil é de aproximadamente 6 milhões de animais, sendo o estado de São Paulo com 348.124 número de cabeças, o que permite o país ocupar a 3ª posição no ranking dos países com maiores rebanhos equinos no mundo, atrás somente dos Estados Unidos e México(1).

Nos últimos anos houve um aumento no interesse pela equideocultura, principalmente aos animais utilizados para esportes equestres e lazer. Pois, diferente dos animais direcionados para o trabalho, ao cavalo de esporte e lazer são oferecidos mais cuidados e gastos, que acabam movimentando a indústria de medicamentos, ferragens, cosméticos e acessórios, movimentando cerca de R\$16,15 bilhões/ano (2).

O uso do cavalo nas práticas esportivas é o segmento mais lucrativo da equideocultura nacional, com a participação estimada de 50 mil cavalos atletas (3). Além da prática esportiva, os cavalos são utilizados em atividades de trabalho que ajudam no desenvolvimento da agropecuária nacional (4). Desta forma, a prevenção e o diagnóstico precoce das patologias que mais comumente acometem esta espécie são de extrema importância para manutenção da higiene dos animais (5; 6).

Grande parte da criação equina no Brasil ainda é realizada sob regime extensivo, no qual os animais são mantidos durante todo o tempo no pasto, o que favorece as constantes infecções por parasitos presentes na pastagem (7).

Dentre todos os fatores que devem ser levados em consideração quando o assunto é sanidade para equinos, o parasitismo se destaca, devido aos prejuízos consequente da infecção parasitária, como perda de desempenho e bem-estar dos animais independente do sistema de criação ser a pasto ou estabulados (8; 9; 10).

Dependendo da carga parasitária, os helmintos podem causar desde um pequeno desconforto abdominal acompanhado ou não de fraqueza, pelagem áspera, retardo do crescimento, hiporexia, anemia, cólicas, diarreias ou constipações até episódios fulminantes de cólica e morte (11).

Estratégias para o controle das helmintíases de equinos, inclui a rotação de tratamentos anti-helmínticos em intervalos regulares, sem diagnóstico prévio e de todos os animais do rebanho (12; 13).

Contudo, a frequência e dosagem inadequada do tratamento é algum dos principais fatores do aumento da resistência do parasita aos anti-helmínticos. Outra questão importante em relação ao desenvolvimento da resistência é a refúgia dos nematóides gastrintestinais (14; 12; 15).

O controle das infecções por nematóides gastrointestinais em equinos é amplamente utilizada por drogas anti-helmínticas usando basicamente três classes principais de anti-parasitários: benzimidazóis, pirimidinas e lactonas macrocíclicas (16; 17). No entanto já existem vários relatos de resistência anti-helmíntica na maioria dessas drogas. A resistência dos ciatostomíneos a benzimidazóis e pirimidinas está bem documentada em todo o mundo (18; 19).

Pequenas diferenças nas formulações podem eventualmente causar importantes e significativas alterações na atuação e eficácia, o que torna imprescindíveis estudos farmacológicos mais aprofundados sobre os anti helmínticos (20). Portanto, sua atividade anti helmíntica depende da concentração, do tempo de exposição ao parasito, da condição corpórea, da via de administração e da espécie (21). Sendo assim, é de extrema importância um estudo que avalie a eficácia da droga anti-helmíntica em diferentes vias de administração, e também possíveis alterações no local da aplicação. Visto que não há recomendações de tratamento com lactonas macrocíclicas injetáveis disponíveis no mercado para equinos e que o custo do produto injetável é muito inferior ao da apresentação oral, tornando o produto mais viável e de grande interesse aos criadores.

Principais helmintos gastrintestinais de equinos

Helmintos gastrointestinais de equinos são organismos realmente onipresentes. Estudos em propriedades de criação de equinos em todo o mundo têm demonstrado que as populações de helmintos estão presentes em uma vasta gama de diferentes condições geográficas e climáticas (22). Onde quer que os equinos pastem, as mesmas espécies de helmintos podem infectá-los. O grupo de parasitas mais importante atualmente são os pequenos estrongilídeos ou ciatostomíneos, que hoje é composto por mais de 50 espécies identificadas. (23; 24; 27). Estes helmintos comprometem o peristaltismo e a conversão alimentar, formando nódulos na parede do trato gastrintestinal a cada mudança de estado larval, possuindo larvas hematófagas e adultos histiófagos. Os cyathostomíneos são os parasitas mais prevalentes e mais resistentes a anti-helmínticos em equinos jovens e adultos (28). Eles muitas vezes compreendem 95-100% da carga parasitária total. Dependendo da idade, o restante da carga de vermes é dominada por espécies tais como *Parascaris equorum*, *Strongyloides westeri*, *Oxyuris equi* e as espécies dos grandes estrongilos: *Strongylus vulgaris*, *S. Edentatus*, *S. Equinus*, *Triodontophorus spp.* (29).

Ciclo de vida dos helmintos gastrintestinais

Diferentemente da maioria dos nematódeos, o ciclo de vida de qualquer espécie de *Strongyloides* é dividido em 2 modos: o direto ou homogônico e o indireto ou heterogônico. Os parasitas adultos no hospedeiro definitivo são exclusivamente fêmeas se reproduzindo partenogênicamente (30).

Essas fêmeas são triploides (3n) e elas produzem ovos que passam para as fezes. No 1º estágio, as larvas eclodem dos ovos e podem se desenvolver para o 3º estágio larval infectante (ciclo homogônico) ou para machos e fêmeas de vida livre (ciclo heterogônico). O macho de vida livre é haplóide (1n), enquanto a fêmea de vida livre é diplóide (2n). (30).

Os machos, de vida livre, cruzam com as fêmeas e estas botam ovos não embrionados que desenvolverão larvas exclusivamente fêmeas triploides infectantes. As

larvas L1 eclodem dos ovos embrionados 6 horas após esses ovos serem depositados e eliminados nas fezes, a 27°C. A primeira muda tem lugar 7-10 horas depois da eclosão, onde a larva L1 passará a ser a larva L2. Em seguida, no ciclo direto, muda para L3 infectante e filariforme depois de 26-28 horas. Já a segunda muda no ciclo indireto, a L3 rabditiforme tem lugar em 14-16 horas. A diferenciação sexual começa nesse momento. A L4 rabditiforme origina-se em 21 horas e os adultos rabditiformes aparecem em 28 horas. (31). Os ovos não embrionados, produzidos por machos e fêmeas de vida livre, eclodem em 6-10 horas e as L1 rabditiformes são exatamente iguais às que eclodem de ovos de fêmeas parasitas. (31).

Pode ocorrer também a auto-infecção que possui 2 modos: a externa, onde ocorre a transformação de larvas rabditóides em filarióides infectantes na pele da região anal ou perianal; e a interna, onde casos de baixa imunidade podem propiciar a evolução do parasita no intestino delgado ou grosso e penetração direta da mucosa por L2 (30).

De toda população de vermes que parasitam os animais, apenas 5% estão dentro dos animais, mais precisamente no seu trato gastrointestinal, pulmonar e migrando pelos órgãos; 95% deles estão no solo, em forma de larvas, a espera da sua ingestão. Os 5% que estão dentro dos animais são as larvas infectantes, os vermes adultos e os ovos resultantes da sua reprodução. Os ovos são expulsos para o solo, por meio da defecação, e eclodem, transformando-se em larvas. Para isso, a umidade e a temperatura ambiente são importantes, pois a eclosão dos ovos depende do calor e de um ambiente úmido. Isso explica porque nas épocas de maior quantidade de chuvas e calor (verão) a concentração de larvas no pasto e nos solos é maior e as infecções maiores, ao contrário da época seca (inverno), em que há poucas larvas no pasto e maior concentração de vermes dentro dos animais.

Ao serem ingeridas, as larvas desenvolvem-se no interior dos animais em vermes adultos, perpetuando o ciclo parasitário (32).

Evolução epidemiológica do parasitismo helmíntico dos equinos

Durante décadas apenas os helmintos do gênero *Strongylus*, foram considerados altamente patogênicos, sendo considerados os “Matadores de Cavalos”, devido a sua alta incidência em casos de cólicas (33). Entretanto, um fenômeno interessante foi constatado no mundo dos parasitos no início dos anos 1990: após os ciatostomíneos tornarem-se os estrombilídeos preponderantes nos equídeos, sendo considerados também como importante causa de cólicas nesses animais, relegando para segundo plano os do gênero *Strongylus* (34; 35).

Segundo Dipietro, Klei e French, (36); Love e Duncan (37); Madeira de Carvalho (38) este fenômeno deveu-se aos seguintes fatores: Elevada capacidade de adaptação dos ciatostomíneos às drogas e estratégias de tratamentos anti-helmínticos, comprovada na sua resistência aos benzimidazóis, maior sensibilidade dos nematóides do gênero *Strongylus* à maioria dos compostos anti-helmínticos (em particular às lactonas macrocíclicas), grande habilidade de prevalência em todos os equídeos nas mais diversas regiões geográficas, grande número de gêneros e espécies, diversidade na sua biologia e patogenicidade.

Controle da helmintoses

O controle da verminose equina melhora o desempenho dos animais. Este pode ser feito por compostos anti-helmínticos, que em geral apresentam praticidade, eficiência e segurança. Na maioria dos plantéis, utilizam-se intensamente os compostos anti-helmínticos (Febendazol, Mebendazol, Abamectina e Ivermectina) por sua baixa toxicidade (39). Esses medicamentos anti-helmínticos constituem um grupo de compostos utilizados com fins curativos e preventivos desta classe de parasitos, que se localizam principalmente no trato gastrointestinal. (40).

Para assegurar um controle efetivo das parasitoses, os técnicos devem propor medidas sanitárias associadas a técnicas de manejo que visem reduzir a contaminação da pastagem com larvas infectantes de nematódeos (41). Porém, o controle é complexo e envolve diversos fatores como avaliação financeira do proprietário, infra-estrutura das instalações, histórico da propriedade, resistências a drogas, localização geográfica e clima, manejo adotado com alimentação, números de cavalos, sistema de criação, peso e idade de cada animal, período gestacional das éguas, etc. A realização de um exame parasitológico de fezes (OPG) indicará se a base utilizada está sendo eficiente e se há um nível alto de infecção, facilitando na elaboração ou mesmo alteração de um calendário profilático (42; 43). Os programas de controle anti-helmíntico devem incluir uma consulta prévia do animal, planificação das medidas a tomar, a administração dos anti-helmínticos, instauração de medidas de manejo higiênico e finalmente o acompanhamento e a avaliação da terapêutica instituída (38; 44).

A prática de quarentena pode ser um manejo eficiente para assegurar a disseminação parasitária no rebanho. Ela consiste em manter separados e em observação os animais de nova aquisição durante um período de tempo relativamente longo (nunca menos de 20 dias) em função da enfermidade que se quer prevenir, neste caso as verminoses. Assim, poderão ser detectadas doenças parasitárias que poderiam estar a incubar no momento da entrada no rebanho. Os locais destinados a quarentena devem ser separados a uma determinada distância das outras pastagens onde permanecem os animais já instalados na propriedade. Durante este período devem ser realizados os eventuais tratamentos anti-parasitários. (45). A falta de quarentena em animais recém-introduzidos é uma falha no manejo, que pode acarretar na introdução de cepas resistentes na propriedade (46). Nos animais adquiridos deve ser realizado um tratamento utilizando alguma classe de anti-helmíntico e só devem ser introduzidos na pastagem após os exames de contagem de ovos nas fezes (OPG) serem negativos (46).

Em relação à utilização dos medicamentos, a frequência de sua utilização pode ser de forma supressiva: tratamentos a cada 4-8 semanas, estratégica: tratamentos regulados pelas condições climáticas da região e o possível aumentado número de parasitas no animal, ou curativa: tratamentos quando o animal apresenta alta contagem de ovos nas fezes ou sinais clínicos (47). Não há no Brasil, nenhum estudo amplo a respeito da frequência de tratamento anti-helmíntico realizada em equinos, porém, há algumas recomendações técnicas de esquemas supressivos e técnicas de esquemas de tratamentos a cada dois meses. O que poderia levar rapidamente à seleção de parasitos resistentes no Brasil (48).

A sustentabilidade dos esquemas de controle da verminose equina está ameaçada pela seleção de populações de parasitos resistentes, cujo número de relatos é crescente em todo o mundo (49). Outro agravante é o fato de haver pouca perspectiva de surgimento

de um novo grupo químico de anti-helmíntico para equinos (50).

Desenvolvimento da resistência anti-helmíntica

Mundialmente, o aparecimento da resistência aos antiparasitários se tornou uma séria ameaça para o controle das infecções por nematóides. Esta resistência é resultado do uso intensivo, bem como das dosagens impróprias (sub ou superdosagem) sem embasamento epidemiológico, havendo assim, uma crescente seleção de populações de parasitos resistentes. Outro motivo importante para a seleção de nematóides resistentes é o tratamento dos animais quando há uma pequena proporção da população total de parasitas em “refugia”, o que provavelmente contribui para uma maior pressão de seleção de parasitas resistentes ao tratamento anti-helmíntico. Consideram-se como parasitos em “refugia” aqueles que não são expostos ao tratamento anti-helmíntico, tais como os estádios de vida livre que se encontram na pastagem, ou mesmo aqueles presentes em animais que não receberam o tratamento (27).

De acordo com Prichard (51), a resistência, que é hereditária, está presente quando há uma maior frequência de indivíduos dentro de uma população, que são capazes de tolerar as doses de um composto que não seriam toleradas por uma população normal da mesma espécie. A resistência lateral ocorre quando a resistência parasitária a um composto químico resulta da seleção promovida por outro composto com um modo similar de ação. A resistência cruzada assemelha-se a resistência lateral, mas envolve compostos químicos com diferentes modos de ação. Resistência múltipla ocorre quando há indivíduos em uma população, que são resistentes a dois ou mais grupos de anti-helmínticos diferentes, como resultado da seleção de cada grupo, ou como resultado da resistência cruzada.

No processo de seleção de parasitas resistentes, a droga remove seletivamente os indivíduos susceptíveis de uma população geneticamente heterogênea. Isto provoca aumento no número de indivíduos portadores de genes que conferem resistência, os quais são herdados pelos descendentes. Após várias gerações, os genes que conferem resistência predominam, o que possibilita a sobrevivência de um número significativo de helmintos resistentes em uma determinada população após o tratamento com anti-helmíntico (52). Já o fenômeno da reversão da resistência (51) é o decréscimo da frequência de indivíduos resistentes em uma população após a remoção do agente de seleção. Porém, uma vez que a resistência tenha se instalado em uma população, a reversão ou a perda desta característica nunca foi observada (53).

A detecção da resistência, numa fase precoce é importante, podendo permitir que a eficácia da classe das respectivas drogas possa ser mantida através de medidas adequadas, tais como frequência de tratamento e preservação da refugia. Várias investigações demonstraram que, uma vez desenvolvida a resistência anti-helmíntica em nematóides, ela permanecerá, e mesmo com a suspensão da utilização do respectivo medicamento por muitos anos não ocorrerá a eliminação da resistência (54; 55; 56).

Mecanismo de ação das lactonas macrocíclicas

As lactonas macrocíclicas são divididas em dois grandes grupos, chamados avermectinas e milbemicinas. Ambas apresentam mecanismo de ação e propriedades farmacológicas semelhantes e são eficazes nos mesmos grupos de nematóides e ácaros

(57). As avermectinas são altamente efetivas no tratamento e controle dos pequenos e grandes strongilídeos de equinos, bem como de outras espécies de parasitas gastrintestinais (58). Possuem alta persistência no plasma, pois são armazenadas no fígado e gordura, prolongando seu tempo de ação (59). A característica lipofílica das avermectinas influencia na farmacocinética e na atividade dos ativos, determinando a distribuição da droga no local de predileção do parasita no hospedeiro, a absorção pelos parasitas alvo e a persistência do fármaco no organismo hospedeiro (60).

O modo de ação de ambos é baseado nas interações da droga com os canais receptores para a inibição da neurotransmissão nos invertebrados, que são atribuídos ao ácido gama amino butírico (GABA) e o glutamato, conhecidos por sua ação no bloqueio da atividade elétrica das células musculares e nervosas, pelo aumento da condução dos íons de cloro. Os receptores iônicos do glutamato estão localizados em sua maioria em células musculares e somáticas, na faringe e no útero, o que afeta a motilidade, a capacidade de alimentação e reprodução do parasito (61).

Vias de administração dos anti helmínticos

Atualmente a indústria farmacêutica disponibiliza no mercado diversas formulações para o uso das lactonas macrocíclicas, sendo as mais comuns na forma de suspensão, gel/pasta e comprimido. As formulações para aplicação injetável e para uso tópico foram desenvolvidas posteriormente e conhecidas como “*pour on*” (aplicação na linha do dorso dos animais) que vem sendo utilizadas principalmente em bovinos como um método de administração prática, com baixo poder residual, menor desperdício e estresse para o animal (62).

Das lactonas macrocíclicas, a ivermectina foi a primeira a ser introduzida no mercado mundial para equinos, como uma formulação estéril para a administração intramuscular. No entanto, devido a lesões sépticas no local da aplicação, após alguns meses a formulação parenteral foi retirada do mercado (63). No entanto, há evidências que as lactonas macrocíclicas estão sendo utilizadas por via intramuscular sem licença nesta espécie animal (64).

Recomenda-se que a administração de formulações injetáveis de ivermectina seja feita na região do pescoço, próximo ao ombro, porém sabe-se que a administração de medicamentos veterinários como os anti-helmínticos pode desenvolver lesões na musculatura adjacente à região de injeção (65).

Sendo assim, tendo em vista a ampla utilização destes fármacos disponíveis no mercado e o fácil acesso pelo consumidor, é de extrema importância um estudo que revele quais os possíveis danos causados pela aplicação intramuscular dos anti-helmínticos juntamente a sua eficácia comparada com a aplicação por via oral.

CONCLUSÕES

Os anti-helmínticos administrados por via oral promovem controle eficaz contra nematódeos gastrintestinais, enquanto o tratamento parenteral além de não apresentar eficácia, pode promover lesão muscular aguda, com ou sem presença de inflamação, independentemente do princípio ativo e da dose. A utilização de diferentes vias de administração da ivermectina em equinos apresentam variação nos resultados e que mais estudos precisam ser realizados nesta área.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus e em segundo a toda a equipe do EEPPA (Equipe de Extensão e Pesquisa em Parasitologia Animal) da UNESP FCAT –DRACENA.

REFERÊNCIAS

- 1 Anualpec. Anuário da Pecuária Brasileira. São Paulo: FNP Consultoria/Agros Comunicação. Anual, 2021. 220 p.
- 2 LIMA, R. A. S; CINTRA, A.G. Revisão do Estudo do Complexo do Agronegócio do Cavalo. 2016. MAPA. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/assuntos/camaras-setoriais-tematicas/documentos/camaras-setoriais/equideocultura/anos-antiores/revisao-do-estudo-do-complexo-do-agronegocio-do-cavalo>>
- 3 ANUALPEC. Anuário da Pecuária Brasileira. São Paulo: FNP Consultoria, 2012. Anual. 309-3015 p.
- 4 ROSA, M.H.F. Caracterização das propriedades de Mangalarga Marchador no sul de Minas Gerais, quanto a prevalência e resistência das helmintoses. Dissertação de Mestrado- Universidade Federal de Lavras-MG, 2014.
- 5 LI M, Pinkel D. Clinical cytogenetics and molecular cytogenetics. Journal of Zhejiang University Science B. 2006; 7(2):162-163. doi:10.1631/jzus.2006. B0162.
- 6 FINGER, M.A. et al. Avaliação clínica e citológica de cavalos de tração acometidos por doenças respiratórias das vias aéreas inferiores no Paraná. Archives of Veterinary Science, v.18, p.20-26, 2013.
- 7 BRAGA, F. R. Biological control of horse cyathostomin (Nematoda: Cyathostominae) using the nematophagous fungus *Duddingtonia flagrans* in tropical southeastern Brazil. Veterinary Parasitology, v. 164, p. 335-340, 2009.
- 8 Bowman, D.D. Georgis' Parasitology for Veterinarians, Ed. Saunders-Elsevier, Philadelphia, 2009
- 9 Seyoum, Z., Zewdu, A., Dagnachew, S., Bogale. Anthelmintic Resistance of Strongyle Nematodes to Ivermectin and Fenbendazole on Cart Horses in Gondar, Northwest Ethiopia. Biomed Res. Int. 2017, 5163968
- 10 Raza, A., Qamar, A., Hayat, K., Ashraf, S., Williams, A. Anthelmintic resistance and novel control options in equine gastrointestinal nematodes. Parasitology. 146(4), 425-437. 2019.
- 11 LAGAGGIO, V.R.A., JORGE L.L., OLIVEIRA V., FLORES M.L. & SILVA J.H. 2007. Achados de formas parasitárias em camas de equinos. Santa Maria - RS/Brasil.

Disponível em [http://www.hipismobrasil.com.br/teses/formas _ parasitarias.asp](http://www.hipismobrasil.com.br/teses/formas_parasitarias.asp).

12 KAPLAN, R. M.; NIELSEN, M. K. An evidence-based approach to equine parasite control: It ain't the 60s anymore: Evidence-based approach to equine parasite control. *Equine Veterinary Education*, v. 22, n. 6, p. 306-316, jun. 2010.

13 Byczkowska, B., Pilarczyk, B., Tomza-Marciniak, A. Evaluation of the effectiveness of programs combating the invasions of strongyles (*Strongylidae*) in horses in selected stables of Western Pomerania. *Ann. Parasitol.* 65(2), 121-128. 2019.

14 Sangster, N.C. Pharmacology of anthelmintic resistance in cyathostomes: will it occur with the avermectin/milbemycins? *Vet. Parasitol.* 85,189-204. 1999.

15 Matthews, J.B. Anthelmintic resistance in equine nematodes. *Int J Parasitol* 4(3),310-315. 2014.

16 LYONS, E.T.; TOLLIVER, S.C.; COLLINS, S.S. Reduced activity of moxidectin and ivermectin on small strongyles in young horses on a farm (BC) in Central Kentucky in two field tests with notes on variable counts of eggs per gram of feces (EPGs). *Parasitology Research*, v.108, p. 1315-1319, 2011.

17 VON SAMSON-HIMMELSTJERNA, G. Anthelmintic resistance in equine parasites detection, potential clinical relevance and implications for control. *Veterinary Parasitology*, v. 185, n. 1, p. 2-8, abr. 2012.

18 PEREGRINE, A.S.; MOLENTO, M.B.; KAPLAN, R.M.; NIELSEN, M.K. Anthelmintic resistance in important parasites of horses: does it really matter? *Veterinary Parasitology*, v.201, p.1-8, 2014

19 Dauparaitė, E., Kupčinskas, T., von Samson-Himmelstjerna, G., Petkevičius, S. Anthelmintic resistance of horse strongyle nematodes to ivermectin and pyrantel in Lithuania. *Acta Vet. Scand.* 63, 5. 2021.

20 BORGES, F.A. et al. Ação anti-ixodídica de uma formulação de ação prolongada (ivermectina+abamectina) contra *Boophilus microplus* parasitando bovinos naturalmente infestados. *A Hora Veterinária*. ed. Extra, n.5, p. 12-15, 2003.

21 COSTA, H. M. A, LEITE, A.C.R, GUIMARÃES, M.P, LIMA, W.S. Distribuição de helmintos parasitos de animais domésticos do Brasil. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*. 2004; 38(4):465-479.

22 NIELSEN, M.K. Sustainable equine parasite control: Perspectives and research needs. *Veterinary Parasitology*, v.185, p.32– 44. 2012

23 LICHTENFELS, J.R. An annotated checklist by genus and species of 93 specieslevel names for recognised species of small strongyles (Nematoda: Strongyloidea: Cyathostominae) of horses, asses and zebras of the world. *Veterinary Parasitology*, v.79,

p.65–79, 1998.

24 LYONS, E.T.; TOLLIVER, S.C.; DRUDGE, J.H. Historical Perspective of cyathostomes: prevalence, treatment and control programs. pp. 97-111. In Parasitology. Compendium on Continuing Education for the practicing Veterinarian. v. 12, n. 5, p 713-721, 1990.

25 LYONS, E.T.; TOLLIVER, S.C.; DRUDGE, J.H. Historical Perspective of cyathostomes: prevalence, treatment and control programs. pp. 97-111. In Parasitology., 2000.

27 LOVE, S. Treatment and prevention of intestinal parasite-associated disease. Veterinary Clinics of North America: Equine, v.19, p.791–806, 2003.

28 BARBOSA, O. F.; ROCHA, U. F.; COSTA, A. J.; SILVA, G. S.; LANDIM, V. J. C.; SOARES, V. E.; VERONEZ, V. A. A survey on the Cyathostomine nematodes (Strongylidae, Strongylidae) in pasture breed horses of the North East of São Paulo State, Brazil. Semina, Ciências Agrárias, Londrina, v. 22, n.1, p. 21-28, 2001.

29 GASSER, R. B.; WILLIAMSON, R. M. C.; BEVERIDGE, I. Anoplocephala perfoliata of horses: significant scope for further research improved diagnosis and control. Parasitology, v. 131, p. 1–13, 2005.

31 ANDRADE, R.L.F.S. et al. Avaliação clínica, hematológica e parasitária em equinos detração na cidade de Aracajú, Sergipe. Acta. Vet. Bras., 2009.

32 KOHEK JUNIOR, I. Guia de controle de parasitas internos em animais domésticos. São Paulo: Parma, 1998. 113 p.

33 KESTER, W. O. Strongylus vulgaris-the horse killer. Modern veterinary practice, v. 56, p. 569-572, 1975.

34 UHLINGER, C. Effects of three anthelmintic schedules on the incidence of colic in horses. Equine Veterinary Journal, v.22, n.4, p.251-254, 1990.

35 HERD, R.P. The changing world of worms: the rise of the cyathostomes and the ivermectin, fenbendazole and pyrantel pamoate, with preliminary observations on the efficacy of doramectin, as anthelmintics in horses. Journal of the South African Veterinary Association, v. 71, n. 3, p. 144-147, 2000.

36 DIPIETRO, J.A.; HUTCHENS, D.E.; LOCK, T.F. Clinical trial of moxidectin oral gel in horses. Veterinary Parasitology, v.72, p.167–177, 1997.

37 LOVE, S.; DUNCAN, J. L. Could the worms have turned?. Equine Veterinary Journal, v. 23 n. 3, p. 152-154, 1991.

38 MADEIRA DE CARVALHO, L. M. Epidemiologia e controlo da estrogilidose em diferentes sistemas de produção equina em Portugal. 2001. 128-373f. Tese (Doutorado) - Faculdade de Medicina Veterinária - Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa, 2001.

- 39 MOLENTO, M. B. Resistência parasitária em helmintos de equídeos e propostas de manejo. *Ciência Rural*, v.35, n.6, p. 1469-1477, 2005.
- 40 SPINOSA. *Farmacologia aplicada à medicina veterinária*. 3 ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2002. p.752.
- 42 VELHO, A.L.M.C.S. Levantamento de custo de programas de vacinação e vermifugação para equinos no município de Mossoró, RN. *Acta Vet. Brasília*, Mossoró, v. 1, n. 4, p. 125-129, 2007.
- 43 OLIVEIRA, R.A. Vacinação e vermifugação de equinos no Brasil. 2010. Disponível em: <http://www.etecjbento.com.br/downloads/antonio/vveb.pdf>. Acesso em: 14 abr. 2020.
- 44 MADEIRA DE CARVALHO, L. M. Estrongilidose dos equídeos: biologia, patologia, epidemiologia e controle. 2013. Disponível em: http://www.researchgate.net/publication/247777715_ESTRONGILIDOSE_DOS_EQUDEOS_BIOLOGIA_PATOLOGIA_EPIDEMIOLOGIA_E_CONTROLO. Acesso em: 12 fev. 2020.
- 46 TORRES A.; COSTA J.F.J.; HOSTE H. Alternative or improved methods to limit gastro-intestinal parasitism in grazing sheep and goats. *Small Rumin. Res.*, v. 77, p. 159-173, 2008.
- 47 SANGSTER, N.C. A practical approach to anthelmintic resistance. *Equine Veterinary Journal*, v.35, p.218-219, 2003
- 48 BORGES, A.F; NAKAMURA, A.Y; ALMEIDA, G. D; CADAMURO, V.H.A. Eficácia de formulações anti-helmínticas comerciais em equinos no município de Douradina, Paraná. *Ciência Animal Brasileira*, Goiânia, v.11, n.3, p. 618-622, jul./set. 2010.
- 49 KAPLAN, R.M. Drug resistance in nematodes of veterinary importance: a status report. *Trends in Parasitology*, v. 20, n.1), p. 477-481, 2004.
- 50 NIELSEN, M. K; KAPLAN, R. M.; THAMSBORG, S. M.; MONRAD, J.; OLSEN, S. N. Climatic influences on development and survival of free-living stages of equine strongyles: Implications for worm control strategies and managing anthelmintic resistance. *The Veterinary Journal*, v. 174, n. 1, p. 23-32, 2007.
- 51 PRICHARD, R. K.,. The problem of antehlmintic resistance in nematodes. *Australian Veterinary Journal*, v. 56, p.239-251, 1980.
- 52 KÖHLER, P. The biochemical basis of anthelmintic action and resistance. *International Journal for Parasitology*, v. 31. p. 336-345, 2001.

- 53 SANGSTER, N. C.; DOBSON, R. J. Anthelmintic Resistance. *In: THE BIOLOGY OF Nematodes*. [S.l.]: D. Lee, Taylor and Francis, 2002. p. 531-567.
- 54 LIND, E. O. A field study on the effect of some anthelmintics on cyathostomins of horses in Sweden. *Veterinary Research Commun*, v. 31, p. 53–65, 2007.
- 56 SLOCOMBE, J. O.; COTÉ, J. F.; GANNES, R. V. The persistence of benzimidazole-resistant cyathostomes on horse farms in Ontario over 10 years and the effectiveness of ivermectin and moxidectin against these resistant strains. *Canadian Veterinary Journal*, v.49, p. 56-60, 2008.
- 57 PEREZ, R. Actividad física y cambios cardiovasculares y bioquímicos del caballo chileno a la competencia de rodeo. *Archivos de Medicina Veterinaria*. v.32, n.2, p.171-183, 2000.
- 58 KLEI, T. R.; CHAPMAN, M. R. Immunity in equine cyathostome infections. *Veterinary Parasitology*, v. 85, n. 2, p. 123-136, 1999.
- 59 STEEL, J. W. Pharmacokinetics and metabolism of avermectins in livestock.
- 60 LANUSSE, C. Comparative plasma disposition kinetics of ivermectin, moxidectin and doramectin in cattle. *Journal of Veterinary Pharmacology and Therapeutics*, v. 20, n. 2, p. 91-99, 1997.
- 61 MOTTIER, L.; LANUSSE, C. Bases moleculares de la resistencia a fármacos. *Revista de Medicina Veterinaria*, v.82, n.2, p. 74-85, 2001.
- 62 LAFFOND, C. M. et al. A pharmacokinetic model to document the actual disposition of ivermectin in cattle. *Veterinary Research*, v. 34, p. 445-446, 2003
- 63 CAMPBELL, W. C.; BENZ, G. W. Ivermectin: a review of efficacy and safety. *Journal of Veterinary Pharmacology and Therapeutics*, v. 7, n. 1, p. 1-16, 1984
- 64 DAVIES, J. A.; SCHWALBACH, L. M. J. A study to evaluate the field efficacy of decline of *Strongylus vulgaris*. *Compendium on Continuing Education for the Practicing Veterinarian*, v. 12, n.5, p.732-736, 1990.
- 65 MANN, C; PERDIGUERO, E.; KHARRAZ, Y.; AGUILAR, S.; PESSINA, P.; SERRANO, A.L.; MUÑOZ-CÁNOVES, P. Aberrant repair and fibrosis development in skeletal muscle. *Skeletal Muscle*, London, v. 1, n. 1, p. 21, 2011.

CAPÍTULO 9

CENÁRIO E REGULAMENTAÇÃO DA PRODUÇÃO DE LEITE ORGÂNICO NO BRASIL: REVISÃO

Joice Fátima Moreira Silva¹; Maria Isabela Moreira Silva²; Bruna Vieira Alonso³; Larissa de Souza Valladares⁴; Carolina Schettino Kegele⁴; João Batista Ribeiro⁵; Geraldo Márcio da Costa⁶

¹Doutoranda no Programa de Pós-Graduação em Ciências Veterinárias - PPGCV – UFLA. E-mail: joicefmsbt@gmail.com, ²Graduanda em Zootecnia – IFET Sudeste de Minas Gerais. E-mail: isabelamoreira794@gmail.com, ³Graduanda em Medicina Veterinária – UFJF. E-mail: bruu_alonso@hotmail.com, ⁴Mestranda no Programa de Pós-Graduação em Ciências e Tecnologia do Leite e derivados – UFJF. E-mail: larissa.valladares@farmacia.ufjf.br; carolshettino26@gmail.com, ⁵Pesquisador – Embrapa Gado de Leite. E-mail: joao-batista.ribeiro@embrapa.br, ⁶Docente do Departamento de Medicina Veterinária – UFLA. E-mail: gmcosta@ufla.br

Resumo: A pecuária leiteira orgânica é considerada incipiente no Brasil e sua expansão representa uma grande oportunidade para os produtores, visto o potencial de produção do país e o valor agregado ao produto, que é superior ao convencional. A demanda por informações sobre o setor dificulta a formulação de políticas públicas e a adesão de novos produtores ao sistema de produção. Na pecuária orgânica, a produção do leite deve seguir as técnicas de produção regulamentadas pela legislação vigente, instituída pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), com garantia da sua qualidade e rastreabilidade por meio da certificação. Compreender a regulamentação é um desafio para os produtores orgânicos e, por outro lado, é imprescindível direcionar o manejo e uso de insumos com base na legislação para atender ao regulamento técnico e garantir que os processos se adequem aos princípios da Agricultura Orgânica. A regulamentação nacional para produção orgânica se mantém em processo de aprimoramento contínuo por meio de atualizações. Dessa forma, é importante que os produtores se mantenham atualizados. Objetiva-se apresentar o cenário atual da produção de orgânicos no Brasil, com enfoque na pecuária leiteira orgânica e sua regulamentação, de acordo com a legislação vigente.

Palavras-chave: agricultura orgânica; certificação; legislação; pecuária orgânica

Abstract: Organic dairy farming is considered incipient in Brazil and its expansion represents a great opportunity for producers, given the country's production potential and the added value to the product, which is superior to the conventional one. The demand for information about the sector makes it difficult to formulate public policies and the adherence of new producers to the production system. In organic livestock, milk

production must follow the production techniques regulated by current legislation, instituted by the Ministry of Agriculture, Livestock and Supply, with quality assurance and traceability through certification. Understanding the regulation is a challenge for organic producers and, on the other hand, it is essential to direct the management and use of inputs based on the legislation to comply with the technical regulation and ensure that the processes comply with the principles of Organic Agriculture. The national regulation for organic production remains in a process of continuous improvement through updates. Therefore, it is important for producers to keep up to date. The objective is to present the current scenario of organic production in Brazil, focusing on organic dairy farming and its regulation, in accordance with current legislation.

Keywords: certification; legislation; organic agriculture; organic livestock

INTRODUÇÃO

O conceito atual de agricultura orgânica se configurou com a fusão de diferentes ideias enraizadas em alguns países europeus no início do século XX (1). No entanto, o debate sobre a produção agroecológica de alimentos atinge um público mais amplo somente na década de 1970, quando se tornam mais relevantes e intensas as discussões sobre os impactos da crise ambiental com a deterioração e o esgotamento dos recursos naturais causados pelo modelo de desenvolvimento proveniente da “Revolução Verde” (2). Desde então, a produção de orgânicos no mundo têm crescido significativamente, impulsionados pela expansão do consumo de alimentos e bebidas orgânicas, principalmente nos países da Europa e da América do Norte (3).

O cenário de crescente demanda por alimentos orgânicos e o maior valor agregado a estes produtos tem encorajado os agricultores e produtores brasileiros convencionais a buscar na modalidade orgânica uma melhor viabilidade econômica para as unidades produtivas (4). Neste contexto, o Brasil é o 3º maior produtor de orgânicos da América Latina, com 1,3 milhões de hectares (ha) cultivados, e apresenta o maior mercado consumidor do continente (5).

A construção da legislação da agricultura orgânica no Brasil foi realizada pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) através da Lei nº 10.831, de 23 de dezembro de 2003 (6), que dispõe sobre a agricultura orgânica, conhecida também como “Lei de Orgânicos”. Posteriormente, o decreto nº 6.323 (de 27 de dezembro de 2007) regulamentou a Lei nº 10.831, criando os mecanismos de controle para a garantia da qualidade orgânica. Essas ações foram importantes para a institucionalização da Agroecologia e da produção orgânica no Brasil (7).

No Brasil, a pecuária leiteira orgânica é considerada incipiente, apresentando pouca representatividade (0,1% da produção total) (8). Entretanto, cadeia produtiva encontra-se em fase de estruturação e expansão no País, sendo de extrema importância a coleta, sistematização e disponibilização de dados sobre a produção e o consumo de leite orgânico para a sociedade (9).

Para o leite ou o produto lácteo ser caracterizado como orgânico no Brasil, a produção deve seguir as regulamentações relacionadas à produção animal estabelecidas

pela Portaria nº52 de 15 de março de 2021, que estabelece o regulamento técnico para os sistemas orgânicos de produção (10). Entretanto, produtores de leite orgânico no estado do Rio de Janeiro relataram dificuldades em entender as normas de produção, principalmente em relação à sanidade animal, e em adotar as práticas recomendadas na legislação (11), como os tratamentos não convencionais, o que dificulta a adesão e ascensão do setor.

O presente trabalho objetiva apresentar o cenário atual da produção de orgânicos no Brasil, com enfoque na pecuária leiteira orgânica e sua regulamentação, de acordo com a legislação vigente.

ASPECTOS DA PRODUÇÃO ORGÂNICA DE LEITE NO BRASIL

Histórico e panorama mundial da produção de alimentos orgânicos

A agricultura orgânica surgiu entre as décadas de 1920 e 1940, período em que o agrônomo inglês Sir Albert Howard realizou estudos sobre o papel dos microrganismos para manutenção do solo vivo através da adubação orgânica. Os primeiros experimentos foram realizados na Índia e na Europa e, posteriormente, expandidos para outros países e continentes. Surge, então, um novo modelo de agricultura difundido como um sistema alternativo de produção (12).

Nas décadas seguintes, os problemas relacionados à escassez de alimentos pós-guerra, incentivaram o aprimoramento do setor agrícola. A modernização da agricultura levou ao abandono progressivo de práticas agroecológicas milenares, como a tração animal, a compostagem e a produção artesanal (13). Este período marcou uma nova fase nos sistemas agropecuários chamada “Revolução verde”, que no Brasil se iniciou na década de 1960, através do estabelecimento dos complexos agroindustriais (14).

A produção mundial de alimentos durante a revolução verde chegou a patamares nunca antes observados. A difusão das inovações tecnológicas e industriais foram responsáveis pelos elevados ganhos na produção (15).

A revolução verde também contribuiu para a disseminação de problemas ambientais, como erosão do solo, desertificação, poluição por defensivos químicos, contaminação de mananciais e perda da biodiversidade (16). Em consequência, já na década de 1980, práticas de produção menos agressivas ao meio ambiente passaram a ser experimentadas e adotadas na agropecuária. Neste período, a agroecologia influenciou o conceito de sustentabilidade na agricultura, com solidificação da relação entre a pesquisa agroecológica e a promoção da agricultura sustentável (17).

Devido ao crescimento dos movimentos alternativos à produção convencional e popularidade dos alimentos orgânicos, foi criada em 1972 a Federação Internacional dos movimentos de agricultura orgânica, ou “International Federation of Organic Agriculture Movements” (IFOAM) (1). Esta entidade foi encarregada de adotar um posicionamento oficial sobre a produção orgânica a nível internacional.

Em 2008 a IFOAM ratificou a definição de agricultura orgânica, como sendo:

[...] “um sistema de produção que mantém a saúde dos solos, dos ecossistemas e as pessoas. Baseia-se nos processos ecológicos, na biodiversidade e nos ciclos adaptados às condições locais, substituindo a utilização de insumos com efeitos adversos. A

agricultura orgânica combina a tradição, a inovação e a ciência para o benefício do meio ambiente compartilhado e promover relações justas e uma boa qualidade de vida para todos os envolvidos”.

No Brasil, o desenvolvimento da agricultura orgânica teve início na década de 1970. Neste período, os interessados pelo movimento orgânico eram ligados aos setores alternativos. Já na década de 1980 houve um acréscimo de planos ligados à agricultura familiar e a proteção do meio ambiente. De acordo com Darolt (18), foi nesta década que a agricultura orgânica começou a despontar no país.

Atualmente, o consumo de produtos orgânicos apresenta aumento vertiginoso, sendo o setor de maior crescimento dentro do mercado de alimentos (19). A IFOAM e o Instituto de Pesquisa de Agricultura Orgânica (FiBL) realizam em conjunto a sistematização de informações sobre a produção e consumo de produtos orgânicos no mundo, sendo este banco de dados atualizado anualmente a partir de informações oriundas de órgãos governamentais, certificadoras e colaboradores do setor público e privado dos respectivos países (9).

Segundo o estudo “The World of Organic Agriculture” realizado em 2020 pela IFOAM e pelo FiBL, a agricultura orgânica está presente em 190 países, com 74,9 milhões de hectares cultivados e 3,4 milhões de produtores em todo o mundo. Dentre os países mais representativos nesse mercado encontram-se os Estados Unidos atual líder com 49,5 bilhões de euros, seguido pela Alemanha (15 bilhões de euros) e França (12,7 bilhões de euros) (5).

As regiões com as maiores áreas de terras agrícolas orgânicas são a Oceania, com 35,9 milhões hectares (ha), que corresponde à metade das terras agrícolas orgânicas do mundo, e a Europa (17,1 milhões de ha). A América Latina tem 9,9 milhões de ha, seguida pela Ásia (6,1 milhões de ha), América do Norte (3,7 milhões de ha) e África (2,2 milhões de ha, 3%). Os países com mais terras agrícolas orgânicas são a Austrália (35,7 milhões de ha), a Argentina (4,4 milhões de ha) e o Uruguai (2,7 milhões de ha). O Brasil é o 12º país no ranking em território destinado à agricultura orgânica, com 1,3 milhões de hectares cultivados (5).

Panorama da agricultura orgânica no Brasil

Segundo o Cadastro Nacional dos Produtores Orgânicos - CNPO (20), cerca de 25.000 estabelecimentos fazem uso da agricultura orgânica no Brasil. Alguns estados se destacam, como: Paraná, Rio Grande do Sul e São Paulo. Quanto à área de produção por região, destaca-se a Sudeste, com 333 mil ha cultivados organicamente, seguida pelas regiões Norte (158 mil ha), Nordeste (118,4 mil ha), Centro-oeste (101,8 mil ha) e Sul (37,6 mil ha) (21).

O Brasil é o 3º maior produtor de orgânicos da América Latina, com 1,3 milhões de hectares (ha) cultivados (5). A produção agropecuária orgânica brasileira apresenta grande diversidade de produtos e o País apresenta o maior mercado consumidor de orgânicos da América Latina, ocupando a 16ª posição mundial de venda no varejo em 2017, com crescimento estimado de 20% em 2018 (22). Contudo, o consumo per capita de orgânicos no Brasil foi apenas €4,00 em 2018, muito abaixo do consumo em diversos países europeus e nos EUA (€124,50) (23).

No mercado externo, o Brasil se destaca como o maior produtor mundial de açúcar e álcool orgânicos, que são exportados para diversos países, e como o maior produtor de arroz orgânico da América Latina (24). Além disso, o país apresenta grande relevância na produção de café orgânico, hortaliças e frutas (5).

Leite orgânico no mundo

No segmento mundial de alimentos e bebidas orgânicos, o leite representa 20% de todas as vendas, e permanece atrás somente dos itens frutas e legumes. O mercado mundial de produtos lácteos orgânicos atingiu US\$18 bilhões em 2017 e deverá chegar a US\$28 bilhões até 2023, estando concentrado, principalmente, nos Estados Unidos (54%), seguido pela Alemanha (11%) e França (7%) (25).

O volume mundial de leite orgânico está em crescimento vertiginoso e, em 2017, atingiu, aproximadamente, 8,1 bilhões de litros, o que representa 1% da produção total de leite, com o maior fornecimento pelos Estados Unidos (26,1%), China (10,9%), Alemanha (10,3%), França (7,7%), Dinamarca (7,0%) e Reino Unido (5,1%). A Itália foi o país com o maior crescimento na produção de leite orgânico entre 2012 e 2017 (taxa de crescimento anual de 16,4%), impulsionado pelo aumento da demanda doméstica, seguida pela França (6,0%), Alemanha (4,9%), Estados Unidos (3,6%) e Dinamarca (3,6%) (9).

O mercado de alimentos naturais nos EUA está repleto de produtos “livres de leite”, e a pecuária tem sido alvo de críticas por diversos movimentos que questionam os grandes confinamentos e o bem-estar animal nestes sistemas (25), o que desacelerou o mercado de lácteos no país. Uma estratégia para o mercado de laticínios orgânicos nos EUA para retomar o crescimento, tem sido a estruturação de sistemas de criação baseados na alimentação dos animais exclusivamente com capim, conhecidos como “100% grass-fed”, que têm sido bem aceitos pelos consumidores nos grandes varejos e nas lojas especializadas em alimentos naturais pelos benefícios para o bem-estar animal e qualidade nutricional da gordura do leite (9; 25).

Na União Europeia (UE), o leite orgânico é um dos alimentos mais importantes dentro do segmento de produtos orgânicos, correspondendo a mais de 20% de todas as vendas de orgânicos no Reino Unido e na Alemanha. Nos últimos anos, houve um aumento significativo (em torno de 10%) na produção de leite orgânico na Europa, mas os preços permaneceram estáveis, devido ao crescimento do consumo nos principais mercados domésticos da UE, bem como em outros locais. Outra razão para a estabilidade dos preços é que, atualmente, existem poucas fazendas em conversão e a demanda de leite orgânico nos próximos anos deverá ser atendida pelo aumento na produção das fazendas orgânicas já existentes. A produção de leite orgânico na Europa dobrou desde 2007, atingindo 4,4 bilhões de litros em 2019 e representando 2,8% de toda a produção europeia de leite. Os países na Europa com maior crescimento na produção de leite orgânico em 2017-2018 foram a Bélgica (16,9%), República Tcheca (9,0%), Áustria (6,0%) e Holanda (5,5%) (9; 3).

Leite orgânico no Brasil

No Brasil, a pecuária leiteira orgânica se encontra em fase de estruturação e expansão (9). Devido a isso, existem poucos trabalhos que contabilizaram a produção de

leite orgânico no País. Dentre estes, Aroeira et al. (26) relataram que até 2005 a produção correspondia a 0,01% do total de leite produzido no país, enquanto que em 2010 a produção cresceu para 0,02% (6,8 milhões de litros) do total produzido (28 bilhões de litros em 2010) (27).

O lento desenvolvimento da produção de leite orgânico no Brasil foi relacionado com a falta de interesse de empresas receptoras em processar produtos lácteos orgânicos e, também, por ser ainda um sistema novo para os produtores em termos de tecnologias de produção e de legislação (4). Além disso, pode-se constatar uma carência de pesquisas científicas entorno da criação animal em sistema orgânico de produção.

Investimentos de multinacionais (Nestlé e Danone) na produção de leite orgânico no Brasil surgiu entre os anos de 2018 e 2020. Este interesse da indústria alavancou a entrada de novos produtores de leite neste setor neste período, bem como a tecnificação de propriedades já certificadas visando o aumento da produção. A Danone realizava a captação de leite orgânico de oito fornecedores em Minas Gerais e São Paulo, enquanto a Nestlé contava com cerca de quarenta produtores em seu projeto de leite orgânico, com captação diária em torno de 35 mil litros de leite nas regiões de Araraquara e Araçatuba, SP. Atualmente houve interrupção do projeto de captação de leite orgânico pela Danone e a Nestlé reduziu o número de fornecedores de leite orgânico (9).

Conhecer os sistemas de produção de leite orgânico no Brasil, bem como caracterizá-los em suas diversas esferas, tem sido o ponto de partida para a compreensão das individualidades do setor. No entanto, investigações sobre a identidade do leite ou produto lácteo orgânico em comparação ao convencional são ainda incipientes no país. Silva (11), ao estudar a qualidade do leite orgânico no Estado do Rio Janeiro, observou que 43% das propriedades avaliadas apresentaram resultados para contagem de células somáticas (CCS) e/ou contagem padrão em placas (CPP) superiores aos limites instituídos nas IN 76 e 77/2018, que regulamenta a identidade e qualidade do leite cru refrigerado. Por outro lado, a autora constatou que todas as amostras de leite orgânico apresentaram conformidade quanto à composição química (gordura, proteína e lactose) e ausência de resíduos antimicrobianos.

Ainda que a representatividade da produção orgânica de leite em relação a produção total de leite convencional seja baixa, o Brasil apresenta potencial de expansão da produção de leite orgânico, pois predominam no País os sistemas de produção extensivos, a pasto, com a adoção de raças adaptadas ao clima tropical, sendo estes fatores priorizados na regulamentação para sistemas orgânicos de produção animal. Contudo, a lacuna de informações sobre a produção e comercialização prejudica desenvolvimento de pesquisas e políticas públicas para o setor (9).

Legislação para a agricultura orgânica no Brasil e controle de garantia

Na década de 1990, o aumento da produção e da comercialização de produtos orgânicos levou o governo brasileiro a regulamentar o setor para proteger os consumidores (28). Através da Portaria nº 178 de agosto de 1994, o MAPA criou uma comissão especial para propor normas de certificação de produtos orgânicos. Contudo, a regulamentação oficial ocorreu somente em maio de 1999, com a publicação da Instrução Normativa (IN) nº 007 do MAPA (29).

Os instrumentos regulatórios para a produção orgânica brasileira basearam-se em normas nacionais e internacionais já existentes (30). Dentre estas, destacam-se as

diretrizes do *Codex Alimentarius*, que teve sua comissão instituída pela Food and Agriculture Organization (FAO) e pela Organização Mundial da Saúde (OMS) em 1963.

Embora a regulamentação já estivesse estabelecida, a formalização das normas de produção orgânica ocorreu somente em 23 de dezembro de 2003 com a aprovação da Lei Federal nº 10.831, a qual contempla normas, tipificação, processamento, envase, distribuição, identificação e certificação dos produtos orgânicos (6; 28).

Conforme exposto no quadro 1, que representa o histórico da normatização da agricultura orgânica no Brasil, a legislação define as práticas empregadas na produção de alimentos orgânicos de acordo com requisitos que devem ser aplicáveis pelos produtores, processadores e comerciantes. O produtor que pretenda comercializar seus produtos como orgânicos deve cumprir com pelo menos uma norma de caráter orgânico e tem que ser certificado com esta norma.

Quadro 1. Histórico da normatização da agricultura orgânica no Brasil.

Normativa	Definição
Portaria nº 178 Agosto de 1994	Criação da comissão especial para propor normas de certificação de produtos orgânicos.
Instrução Normativa (IN) nº 007 Maio de 1999	Dispõe sobre normas de produção, envase, distribuição, identificação e certificação de qualidade para produtos orgânicos de origem animal e vegetal.
Lei Federal Nº 10.831 Dezembro de 2003	Dispõe sobre a agricultura orgânica, finalidade do sistema de produção orgânico e estabelece alguns parâmetros de certificação, inspeção e fiscalização da produção.
Decreto nº 6.323 Dezembro de 2007	Regulamenta a Lei n. 10.831 de 2003, sem prejuízo do cumprimento das demais normas que estabeleçam outras medidas relativas à qualidade dos produtos e processos.
Instrução Normativa (IN) nº 19, Maio de 2009	Mecanismos de Controle e Informação da Qualidade Orgânica Estabelece os mecanismos de controle e informação da qualidade orgânica a serem seguidos.
Instrução Normativa (IN) nº 46 Outubro de 2011	Estabelece o regulamento técnico para os sistemas orgânicos de produção. A IN 64/2008 foi revogada e entrou em vigor a IN 46/2011, que incluiu algumas modificações.
Portaria nº 52, de 23 de março de 2021	Atualiza o regulamento técnico, bem como as listas de substâncias e práticas permitidas em sistemas orgânicos de produção.

Adaptado de Brasil (1999; 2003; 2007; 2009, 2011 e 2021).

Os mecanismos de garantia da produção orgânica são realizados através das certificações, concessão de selos (Figura 1) e dos conceitos de controle de qualidade e relação de confiança entre produtor e consumidor na comercialização. Esses mecanismos de garantia seguem a IN nº 19, de 28 de maio de 2009 (31). Existem três mecanismos de certificação implementados no Brasil para que os produtores possam ser reconhecidos

como produtores orgânicos: certificação por auditoria, sistema participativo de garantia e controle social na venda direta (quadro 2).



Figura 1. Selo orgânico.

Fonte: <https://organomix.com.br/blog/2012/11/selo-organico/>

Quadro 2. Controle de Garantia da produção orgânica no Brasil: Mecanismos de certificação.

Mecanismo de Certificação	Definição
Auditoria	Selo: concedido por um organismo certificador credenciado ao Ministério Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA). Credenciamento do organismo certificador: acreditação pelo Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (INMETRO). Verificação da conformidade: Auditoria.
Sistema Participativo de Garantia (SPG)	Selo: concedido por um Organismo Participativo de Avaliação da Conformidade (OPAC) credenciado ao MAPA. Responsabilidade coletiva: produtores, técnicos e consumidores consolidam um esquema de confiança e atestam a responsabilidade um do outro. OPAC: responsável por atestar a conformidade orgânica dos produtos e registros para a rastreabilidade.
Organização de Controle Social (OCS)	Agricultura familiar: Não requer selo nos produtos: declaração de que são oriundos de sistemas orgânicos de produção exposta nos postos de venda. Vínculo a uma Organização de Controle Social (OCS) cadastrada no MAPA. Venda direta em feiras locais: garantia da qualidade é passada diretamente pelo produtor ao consumidor.

Adaptado de BRASIL (2009).

Normas para a produção orgânica de leite

Segundo a Lei Federal nº 10.831, de 23 de dezembro de 2003, no seu artigo primeiro (6):

[...] “considera-se sistema orgânico de produção agropecuária todo aquele em que se adotam técnicas específicas,

mediante a otimização do uso dos recursos naturais e socioeconômicos disponíveis e o respeito à integridade cultural das comunidades rurais, tendo por objetivo a sustentabilidade econômica e ecológica, a maximização dos benefícios sociais, a minimização da dependência de energia não renovável, empregando, sempre que possível, métodos culturais, biológicos e mecânicos, em contraposição ao uso de materiais sintéticos, a eliminação do uso de organismos geneticamente modificados e radiações ionizantes, em qualquer fase do processo de produção, processamento, armazenamento, distribuição e comercialização, e a proteção do meio ambiente”.

O leite orgânico é definido como um alimento produzido por vacas, búfalas, cabras ou ovelhas em uma unidade orgânica de produção, a qual é gerida de forma sistêmica como um Organismo Agrícola, com garantia da sua qualidade e rastreabilidade por meio de certificação de acordo com a legislação vigente, comprovada pelo selo “Produto Orgânico Brasil”, do Sistema Brasileiro de Avaliação de Conformidade Orgânica (SisOrg) (32).

As normas para a produção de leite orgânico foram instituídas pelo regulamento técnico de produção animal da IN nº 46/2011 (33), que foi atualizada e substituída pela Portaria nº 52, de 23 de março de 2021 (10). Conforme a legislação, para a produção de bovinos leiteiros, o período de conversão é de no mínimo seis meses em sistema de manejo orgânico. Porém, este período somente terá início após o completo período de conversão da área, que apresenta duração mínima de 12 meses de manejo orgânico.

Todos os produtores orgânicos devem elaborar seu Plano de Manejo Orgânico, com descrição detalhada dos insumos e práticas adotados em sua unidade de produção, que deverão se adequar ao regulamento técnico estabelecido pelo Mapa por meio da Portaria Nº 52 (10). O Plano de Manejo Orgânico precisa ser aprovado pelo organismo certificador, que avalia os potenciais riscos de comprometimento do sistema orgânico por meio de: questionário para coleta de dados, vistorias nas unidades que fornecem o insumo para a unidade produtiva, levantamentos bibliográficos, análises laboratoriais, documentos assinados por fornecedores, ficha técnica dos produtos e outros considerados necessários (33).

O princípio da prevenção mostra que a agricultura orgânica deve ser gerida de uma forma preventiva e responsável para proteger a saúde e o bem-estar das gerações atuais e futuras, além do meio ambiente (34). Dessa forma, na produção orgânica de leite recomenda-se que a alimentação animal seja equilibrada para suprir todas as necessidades dos animais. Contudo, os suplementos devem ser isentos de antibióticos, hormônios e vermífugos, sendo proibidos aditivos promotores de crescimento, estimulante de apetite e ureia, bem como suplementos ou alimentos derivados ou obtidos de organismos geneticamente modificados. A produção de alimentos volumosos deve ser feita por meio de pastagens, capineiras, silagem e feno. Recomenda-se o consórcio de gramíneas e leguminosas e a implantação de sistemas agroflorestais. Neste aspecto, ressalta-se que 85% da matéria seca consumida por ruminantes deve ter origem orgânica, e que a maior parte da alimentação deve ser proveniente da própria unidade de produção (10).

No manejo sanitário do rebanho, as práticas preventivas devem ser o foco principal. Entretanto, caso se faça necessário, propõem-se o uso de fitoterápicos e da

homeopatia. Todas as vacinas estabelecidas por lei são obrigatórias, e para as doenças mais comuns de cada região são recomendadas as respectivas vacinações e exames. De forma preventiva para ecto e endoparasitos, é recomendada a rotação de pastagens e o uso de compostos de ervas medicinais juntos a ração. Como prevenção a bernes e carrapatos, é permitido o uso do controle biológico e a manutenção das esterqueiras cobertas e protegidas de moscas (10).

A Portaria nº 52 apresenta também a relação de substâncias que são permitidas na prevenção e tratamento de enfermidades dos animais em produção orgânica. De acordo com o artigo 63 da referida norma, quando os animais estão acometidos por doenças ou ferimentos e, por isso, estejam sofrendo ou em risco de morte, excepcionalmente poderão ser utilizados produtos alopáticos. Contudo, deve ser respeitado o período de carência, que deverá ser o dobro do estipulado na bula do produto (mínimo 96 horas), e o animal deve ser isolado (10).

Quanto ao padrão racial, sugere-se o uso de genótipos adaptados às condições climáticas e ao tipo de manejo empregado, como os zebuínos leiteiros e seus cruzamentos. Estes grupos apresentam menores exigências nutricionais, são mais rústicos e capazes de produzir de forma satisfatória em condições naturais de criação, dispensando a utilização preventiva de antibióticos, promotores de crescimento e hormônios, que não são permitidos. No manejo reprodutivo permite-se apenas a monta natural e a inseminação artificial. Não são permitidos protocolos que utilizem a manipulação hormonal (10).

As instalações devem dispor de condições de temperatura, umidade e ventilação que garantam o bem-estar animal. Deve ser facilitado o acesso à água, alimentos e pastagens. Ademais, as instalações devem ter espaço adequado à movimentação, o número de animais por área não deve afetar aos padrões de comportamento, o contato social, que permitam aos animais assumirem seus movimentos naturais, assim como o confinamento total de animais adultos e o isolamento e reclusão de animais jovens não deve ser utilizado (10).

Quadro 3. Princípios a serem respeitados para garantia do bem-estar (BRASIL, 2021).

Princípio da Nutrição	Os animais devem estar bem nutridos e sem sede e fome prolongadas.
Princípio do Estado Sanitário	Os animais devem apresentar ausência de dor associada ao manejo ou instalações inadequadas, e ter ferimentos e doenças tratados adequadamente.
Princípio das Instalações	Os animais devem dispor de área de descanso confortável, conforto térmico e facilidade de movimento e de expressar seus comportamentos inatos.
Princípio do Comportamento	Garantir a expressão de comportamentos sociais adequados, a expressão de comportamentos inatos, uma boa relação homem e animal e estado emocionais positivos para os animais manejados.

CONCLUSÕES

A pecuária leiteira orgânica no Brasil encontra-se em fase de estruturação e expansão, o que representa uma oportunidade para os produtores, visto que a remuneração

do leite orgânico é superior ao convencional. No entanto, a cadeia apresenta desafios que dificultam a maior adesão e conversão de produtores, como a adequação à legislação.

A regulamentação da agricultura orgânica no Brasil passa por uma série de normas e portarias em processo contínuo de aprimoramento ao longo do tempo, fundamentada nos princípios da saúde, ecologia, equidade e prevenção. Para os sistemas de produção de leite orgânico, a Portaria N° 52, de 15 de março de 2021 estabelece o regulamento e as listas de substâncias e práticas permitidas para uso nas fazendas.

Os produtores devem se adequar à legislação, devendo ajustar os processos de produção, armazenamento, beneficiamento, processamento e comercialização de acordo com a normativa e com base na orientação dos organismos de avaliação de conformidade, para assim garantir a qualidade do produto ao consumidor.

AGRADECIMENTOS

FAPEMIG (bolsa de doutorado) e Embrapa (Projeto 10.18.03.061.00.00).

REFERÊNCIAS

1. Lima S K, Galiza M, Valadares A A, Alves F. Produção e consumo de produtos orgânicos no mundo e no Brasil. Texto para discussão. 2020; 2538.
2. Voct G. The origins of organic farming. In: LOCKERETZ, W. (Ed.). Organic farming: an internacional history. Oxfordshire: CAB Internacional, 2007.
3. Willer H, Sampson G, Voora V, Dang D, Lernoud J. The State of Sustainable Markets 2019-Statistics and Emerging Trends. 2019; International Trade Centre (ITC), International Institute for Sustainable (IISD), Research Institute of Organic Agriculture (FiBL).
4. Honorato L A, Silveira I D B, Machado Filho L C P. Produção de leite orgânico e convencional no Oeste de Santa Catarina: caracterização e percepção dos produtores. Revista Brasileira de Agroecologia. 2014; 9(2): 60-69.
5. Willer H, Trávníček J, Meier C, Schlatter B. The World of Organic Agriculture Statistics and Emerging Trends. 2022; International Trade Centre (ITC), International Institute for Sustainable (IISD), Research Institute of Organic Agriculture (FiBL).
6. Brasil. Lei Federal n° 10.831, de 23 de dezembro de 2003. Dispõe sobre a agricultura orgânica e dá outras providências. Diário Oficial, 23 dez. 2003. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/2003/110.831.htm.
7. Eduardo M F, Finatto R. A PRODUÇÃO ORGÂNICA NO BRASIL: uma análise com base no Cadastro Nacional de Produtores Orgânicos (2013-2019). Anais do IX Simpósio Internacional de Geografia Agrária (IX SINGA). Recife: UFPE, p. 3066-3085, 2019.
8. Langoni H, Sakiyama D T P, Guimarães F D F, Menozzi B D, Silva R C D. Aspectos citológicos e microbiológicos do leite em propriedades no sistema orgânico de produção. Pesquisa Veterinária Brasileira. 2009; 29 (11): 881-886.
9. Machado F S, de Castro C R T, Diniz F, Magalhaes Junior W C P, Pires M F A. Leite orgânico: cenário da pecuária leiteira orgânica no Brasil. 2021; Embrapa

- Gado de Leite-Documentos (INFOTECA-E).
10. Brasil. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Portaria nº 52, de 23 de março de 2021. Estabelece o Regulamento Técnico para os Sistemas Orgânicos de Produção e as listas de substâncias e práticas para o uso nos Sistemas Orgânicos de Produção. Diário Oficial, 23 mar. 2021. Disponível em: <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/portaria-n-52-de-15-demarco-de-2021-310003720>
 11. Silva J F M. Bovinocultura Leiteira Orgânica no Estado do Rio de Janeiro: Caracterização, Aspectos Sanitários e Qualidade do leite. (Dissertação – Programa de Pós-Graduação em Medicina Veterinária UFRRJ). 2020; Seropédica, RJ.
 12. Aquino A M, ASSIS R L. Agroecologia: princípios e técnicas para uma agricultura orgânica sustentável. 2005; Brasília: Embrapa Informação Tecnológica.
 13. Altieri M. Agroecologia: a dinâmica produtiva da agricultura sustentável. Porto Alegre: EdUFRGS, 1998.
 14. Matos P F, Pessôa V L S. A modernização da agricultura no Brasil e os novos usos do território. Geo Uerj. 2011; 2 (22): 290-322.
 15. Villafuerte A M, Valadares F, Campolina G F, da Silva M G P. Agricultura 4.0- estudo de inovação disruptiva no agronegócio brasileiro. 2018; In 9th International Symposium on Technological Innovation.
 16. Redclift M, Goodman D. The machinery of hunger: the crisis of Latin America food systems. Environment and Development in Latin America. UK: Manchester University Press, 1991.
 17. Gliessman S R. Agroecologia: processos ecológicos em agricultura sustentável. Ed. Univ. Federal do Rio Grande do Sul, UFRGS, 2001.
 18. Darolt M R. Agricultura orgânica: inventando o futuro. Londrina: IAPAR, 250p. 2002.
 19. Ribeiro U L, Assis R L. A estratégia desenvolvida pela rede varejista pão de açúcar na cidade do Rio de Janeiro para comercialização de frutas, legumes e verduras orgânicos. Observatorio de la Economía Latinoamericana. 2019.
 20. Cadastro Nacional dos Produtores Orgânicos – MAPA. 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/sustentabilidade/organicos/cadastro-nacional-produtores-organicos>.
 21. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (2017): Mais orgânicos na mesa do brasileiro em 2017. Disponível em: <http://www.mda.gov.br/sitemda/noticias/maisorg%C3%A2nicos-na-mesa-do-brasileiro-em-2017>
 22. Organicsnet, 2018. Disponível em: <http://www.organicsnet.com.br/2018/12/continua-ocrescimento-mundial-dos-alimentos-organicos/>
 23. Willer H et al. The world of organic agriculture. Statistics and emerging trends 2020. Frick: FiBL; Bonn: Ifoam – Organics Internacional, 2020.
 24. IPEA. 2020. Produção e consumo de produtos orgânicos no mundo e no Brasil. Disponível em: <http://www.ipea.gov.br/portal/publicacoes>
 25. Global Organic Dairy Market Report. 2019. Disponível em: <https://www.omsco.co.uk/opportunities-grow-for-organic-dairy/>

26. Aroeira L J M, Pires M A F, Morenz M J F, Macedo R, Fernandes E N, Paciullo D S C. Caracterização da produção orgânica de leite em algumas regiões do Brasil. In: Reunião Anual da Associação Latino Americana de Produção Animal. 2005;19.
27. Soares J P G, Aroeira L J M, Fonseca A H, Sanavria A, Fagundes G M, Silva J. B. Produção orgânica de leite: Desafios e perspectivas. In: III Simpósio Nacional de Bovinocultura Leiteira e I Simpósio Internacional de Bovinocultura Leiteira, Viçosa. Anais... Viçosa: Suprema Gráfica e Editora, v.1, p. 13-43, 2011.
28. Santos L, Bidarra Z, Schmidt C, Staduto J. Políticas públicas para o comércio de produtos orgânicos no Brasil. Revista de Ciências Agrárias. 2017; 40 (2):170-180.
29. Brasil (1999). Instrução normativa n. 007, de 17 de maio de 1999. Normas de produção, envase, distribuição, identificação e de certificação de qualidade para produtos orgânicos de origem animal e vegetal. Disponível em: <http://extranet.agricultura.gov.br/sislegis-consulta/consultarLegislacao.do?operacao=visualizar&id=1662>
30. Frison E, Rover O J. Entraves para a certificação orgânica do leite numa central cooperativa de agricultores familiares do oeste catarinense. Revista Brasileira de Agroecologia. 2014; 9 (2):70-83.
31. BRASIL (2009). Instrução Normativa nº 50, de 5 de novembro de 2009. Institui o selo único oficial do Sistema Brasileiro de Avaliação da Conformidade Orgânica. Disponível em: http://www.agricultura.gov.br/arq_editor/file/Desenvolvimento_Sustentavel/Organicos/Legislacao/Nacional/Instrucao_Normativa_n_0_050_de_05-11-2009.pdf
32. Machado F S, Diniz F H, Pires M F A, Soares J P G. Leite orgânico: regulamentação para a pecuária leiteira orgânica no Brasil. 2022; Embrapa Gado de Leite-Documents (INFOTECA-E).
33. Brasil (2011). Instrução Normativa Conjunta nº 46, de 6 de outubro de 2011. Estabelece o Regulamento Técnico para os Sistemas Orgânicos de Produção. Disponível em: http://www.agricultura.gov.br/arq_editor/file/Desenvolvimento_Sustentavel/Organicos/Legislacao/Nacional/Instrucao_Normativa_n_0_046_de_06-10-2011_regulada_pela_IN_17.pdf> Acesso em: 15 de mai. 2018.
34. International Federation of Organic Agriculture Movements. Principles of organic agriculture. Bonn, 2020. Disponível em: <https://www.ifoam.bio/principles-organic-agriculture-brochure>.

The image features a wide, open landscape. The top half shows a bright blue sky with scattered white clouds. Below the sky is a white horizontal band containing the main text. The bottom half of the image shows a vast field of golden-brown grass, likely a prairie or savanna, extending to a distant horizon line. The overall scene is bright and open, suggesting a natural, resource-rich environment.

ÁREA: Recursos pesqueiros e aquicultura

DOI: <https://doi.org/10.53934/9786585062039-10>

CAPÍTULO 10

AQUAPONIA: A INTEGRAÇÃO ENTRE PEIXES E PLANTAS: REVISÃO DE LITERATURA

Diana Carla Fernandes Oliveira *; **Renan Rosa Paulino** ; **Pedro Teodoro da Silva** ; **Rafael Antônio Borges** ; **José Irineu Inácio**  **Rafaela Ramos Soares** 
; **Rilke Tadeu Fonseca de Freitas** 

**Autor correspondente (Corresponding author) – Email:
diana_zootecnista@yahoo.com.br*

Resumo: A crescente população mundial combinada com o aumento da demanda por água impõe enorme pressão sobre os setores envolvidos na produção de alimentos. Dessa forma, surge a aquaponia, que integra o cultivo de peixes e plantas, promovendo um sistema sustentável de produção de alimentos seguros e conservação dos recursos hídricos. Existem diferentes sistemas aquapônicos, porém, a maioria deles tem o mesmo princípio de funcionamento dividido em três partes básicas: tanque de peixes, tanques de hidroponia e sistemas de filtragem. Os sistemas baseiam-se na recirculação de água entre os cultivos, utilizando substratos da produção dos peixes para o crescimento da hortaliça evitando o acúmulo da amônia tóxica excretada pelos animais na água, viabilizando a conversão aeróbia através da ação dos microrganismos, consequentemente absorvidos pelas raízes das plantas auxiliando seu crescimento. A aquaponia pode ser considerada uma técnica inovadora, pois consiste na produção de alimentos com baixo consumo de água e alto aproveitamento do resíduo orgânico gerado, sendo a alternativa de produção de peixes e vegetais menos impactante ao meio ambiente. Esta revisão tem como objetivo abordar as técnicas de aquaponia, vantagens e tecnologias do sistema de produção das hortaliças e de peixes por meio da aquaponia, considerado sustentável ambiental, social e economicamente.

Palavras-chave: águas residuais de aquicultura, cultivo integrado, sustentabilidade, transformação de nitrogênio

Abstract: The growing world population combined with the increasing demand for water puts enormous pressure on the sectors involved in food production. In this way, aquaponics arises, which integrates the cultivation of fish and plants, promoting a sustainable system of production of safe food and conservation of water resources. There are different aquaponic systems, but most of them have the same working principle divided into three basic parts: fish tank, hydroponics tanks and filtration systems. The systems are based on the recirculation of water between crops, using substrates from fish production for vegetable growth, preventing the accumulation of toxic ammonia excreted by animals in the water, enabling the aerobic conversion through the action of microorganisms, consequently absorbed by the roots of plants helping their growth. Aquaponics can be considered an innovative technique, as it consists of the production of

food with low water consumption and high use of the organic waste generated, being the alternative for the production of fish and vegetables with less impact on the environment. This review aims to address aquaponics techniques, advantages and technologies of the vegetable and fish production system through aquaponics, considered environmentally, socially and economically sustainable.

Key Word: aquaculture wastewater, integrated farming, sustainability, nitrogen transformation

INTRODUÇÃO

A segurança alimentar e nutricional tornou-se uma das questões globais críticas na sociedade moderna (1). A crescente urbanização e as demandas da população aumentaram a oferta de recursos da área de produção limitada. De acordo com a Organização das Nações Unidas (2) em 2030 serão aproximadamente 8,5 bilhões de pessoas no mundo. Com o aumento da população global, a rápida urbanização, a escassez de recursos naturais o mundo necessita de formas sustentáveis de produção de alimento (3). Este fato, faz com que haja um aumento significativo no consumo de água e uma forte pressão sobre as metodologias de produção de alimentos, e conseqüentemente, estudos para adotar um novo padrão produtivo com mínima perda de água (4).

Em função da alta eficiência hídrica, biossegurança e redução significativa dos impactos ambientais gerados pela atividade de cultivo, os sistemas fechados e de recirculação são cada vez mais utilizados como norteadores da aquicultura sustentável (5). Em tempos de racionamento e uso sustentável da água, é imprescindível saber utilizar as fontes de água doce. Principalmente no contexto de produção de alimentos, uma das formas de diminuir os custos de produção se dá através da utilização de sistemas integrados de agricultura e aquicultura, o que resulta na redução dos custos para obtenção de água (6). Em meio a esse cenário de mudanças e inovação na forma de produzir alimentos, a aquaponia pode ser considerada uma técnica inovadora, pois consiste na produção de alimentos com baixo consumo de água e alto aproveitamento do resíduo orgânico gerado, sendo a alternativa de produção de peixes e vegetais menos impactante ao meio ambiente (7).

O sistema de produção aquapônico é uma técnica utilizada com sucesso em diversos países. Entretanto, no Brasil o emprego comercial dessa técnica ainda é reduzido (8). Apesar das inúmeras vantagens como o baixo consumo de água, redução de impactos ambientais, produção de duas fontes de renda em um único sistema, são necessários mais estudos que forneçam informações para permitir a implementação deste sistema sob condições brasileiras (8). Os desenhos de um sistema de aquaponia podem variar. No entanto, de acordo com Rakocy (2007) (9) são necessários à realização de três processos complementares, o cultivo dos peixes no tanque onde há a entrada de nutrientes na forma de ração, a nitrificação das diferentes formas de apresentação do nitrogênio em filtros biológicos.

Segundo Carneiro et al (2015) (10), há uma grande expectativa de que essa técnica de produção de alimentos se torne popular no Brasil, uma vez que a mesma é capaz de produzir alimentos saudáveis, sem agredir o meio ambiente, podendo ainda ser utilizada

ainda como uma ferramenta didática. Esta revisão tem como objetivo abordar as técnicas de aquaponia, vantagens e tecnologias do sistema de produção das hortaliças e de peixes por meio da aquaponia, considerado sustentável ambiental, social e economicamente.

AQUAPONIA

A aquaponia é um sistema biointegrado que une a aquicultura e a hidroponia, onde peixes e plantas são produzidos em um ambiente simbiótico (11). De acordo com Adhikari et al. (2020) (1), a aquaponia é um ecossistema de água doce que é composto de interações entre seus componentes bióticos (vivos), que incluem peixes, plantas e bactérias, e componentes abióticos (não vivos) que compreendem água, ar e meios de cultivo. Neste sistema de integração entre o cultivo de organismos aquáticos e vegetais hidropônicos, o qual utiliza pouca água e aproveita os nutrientes do sistema de forma eficiente em um sistema de recirculação e tratamento de água (12).

As águas residuais da aquicultura contêm nutrientes como nitrogênio e fósforo, que podem ser utilizados para o crescimento de espécies de plantas (1). Estudos documentaram que a aquaponia é uma abordagem sustentável para a utilização de nutrientes das águas residuais da aquicultura com a produção orgânica de vegetais resultante (13, 14, 15). As águas residuais da aquicultura podem fornecer a maioria dos nutrientes necessários para as plantas, desde que a proporção ideal entre a alimentação diária e a área de crescimento das plantas seja mantida.

A aquaponia apresenta alguns princípios biológicos importante, como por exemplo, a preconização da reutilização total da água, com o intuito de prevenir o desperdício de água e assim diminuir ou até mesmo eliminando a liberação do efluente no meio ambiente. Nesse tipo de sistema uma vez abastecido e em perfeito funcionamento, pode ficar por tempo indeterminado sem a necessidade que haja troca da água, onde vai haver apenas o acréscimo da água perdida na evaporação e pela plantação (16).

Segundo Carneiro et al. (2015) (10), o fornecimento de ração para os peixes é o principal elemento para a aquaponia. A ração quando excretada pelos peixes, ricos em nutrientes é transformada em nutrientes que serão em seguida absorvidos pelas plantas (17). Para tanto, a aquaponia tem um sistema de fluxo constante de nutrientes entre hidroponia e aquicultura, através de ciclos biológicos naturais, um deles é a nitrificação realizada por bactérias nitrificantes (nitrosomonas e nitrobacter) que são encarregadas por converter a amônia (NH_3) em nitrito (NO_2^-) e depois em nitrato (NO_3^-), deixando as substâncias menos tóxicas para absorção das plantas, quando as plantas consomem estes nutrientes, junto com as bactérias, exercem papel importante na filtragem da água que retornará para os peixes, garantindo uma adequada condição para seu crescimento (FIGURA 1).

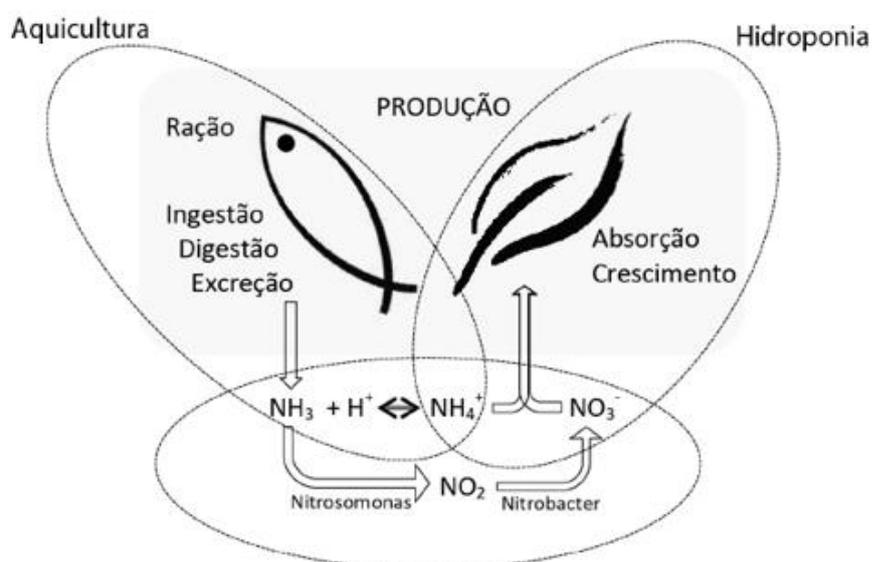


Figura 1. Interação entre os componentes biológicos de um sistema aquapônico.
 Fonte: Carneiro et al. (2015) (10)

Nitrificação e a conversão aeróbica de amônia em nitratos são umas das mais importantes funções em um sistema de aquaponia, pois reduz a toxicidade da água para os peixes e permite que o nitrato resultante seja removido pelas plantas para a sua nutrição (18).

As plantas são importantes na manutenção do ciclo aquapônico, pois reduzem a concentração de nitrato e amônia, utilizando para seu próprio crescimento. Do ponto de vista comercial, as plantas devem gerar o maior nível de renda por unidade de área cultivada (1). Portanto, a seleção de espécies vegetais é fundamental para alcançar a qualidade da água para recirculação; no entanto, também depende da concentração de nutrientes e densidade de estocagem dos peixes (19). Espécies e variedades vegetais adaptadas a hidroponia são sempre recomendadas para a aquaponia, uma vez que a maioria delas têm o crescimento ótimo entre o pH de 5,8 e 6,2, toleram altos teores de água em suas raízes e significativas variações nos teores de nutrientes dissolvidos na solução nutritiva, sem apresentar sintomas de deficiência nutricional (20). Na tabela 1, são apresentadas as espécies de plantas, bem como o pH, faixa de temperatura e modelo aquapônico recomendado.

Tabela 1- Lista de vegetais comuns colhidos em sistemas aquapônicos.

Espécie de plantas	pH	Faixa de temperatura (°C)	Método aquapônico recomendado	Referência
Manjeriço	5,5-6,5	18-30 (20-25)	MBT, NFT, FRT	Somerville et al. (2014) (21)
Couve-flor	6,0-6,5	20-25	MBT	
Alface	6,0-7,0	15-22	MBT, NFT, FRT	
Pepino	5,5-6,5	22-28/15-18 ^a	MBT, FRT	
Beringela	5,5-7,0	22-26/15-18 ^a	MBT	
Pimentas	5,5-6,5	22-30/14-16 ^a	MBT	
Tomate	5,5-6,5	22-26/13-16 ^a	MBT, FRT	
Feijão e ervilha	6,5-7,0	22-26/16-18 ^a	MBT	
Repolho	6,0-7,2	15-20	MBT	

Brócolis	6,0-7,0	13-18	MBT	
Acelga	6,0-7,5	16-24	MBT, NFT, FRT	
Salsinha	6,0-7,0	15-25	MBT, NFT, FRT	
Espinafre	5,6-7,3	27,5-28,8	-	Endut et al.(2010) (22)
Hortelã	6,1-7,12	26,4-28,9	FRT	Wahap et al. (2010) (23)
Pak chai	6,7-7,2	25-30	FRT	Wongkiew et al. (2017) (14)
Cebolinha	6,6-7,0	23-28	FRT	Wongkiew et al. (2018) (24)
Quiabo	7,0-8,5	29-35	FRT	Salam et al. (2016) (25)
Aipo	6,8-7,2	24±0,5	FRT	Paudel, 2020 (11)

Fonte: Adaptado de Somerville et al. (2014) (21).

Os valores entre parênteses referem-se à faixa de temperatura ideal. *Esses valores mostram a faixa de temperatura diurna e noturna. Legenda: Técnica baseada em média *MBT*, técnica de filme nutriente *NFT*, técnica de jangada flutuante *FRT*.

A espécie de peixe deve ser tolerante a altas densidades de estocagem e a manejos frequentes. Dentre elas, a tilápia do Nilo *Oreochromis niloticus*, por ser um peixe rústico e resistente, apresentar boa conversão alimentar, tolerar altas densidades de estocagem, ter seu pacote tecnológico de cultivo difundido por todo o mundo e por ter, em geral, bom valor comercial, tem sido o peixe mais utilizado em sistemas de aquaponia, com resultados muito animadores (26). O tambaqui, *Colossoma macropomum*, é uma espécie nativa da Amazônia que reúne essas características e vem sendo utilizada com sucesso nos vários sistemas de aquaponia. Outras espécies estão sendo bastante utilizadas, tais como: Bagre (*Siluriformes*), Truta (*Oncorhynchus mykiss*), Perch (*Perca*), Carpa comum (*Cyprinus carpio*), Carpa Koi, Achigã (*Micropterus salmoides*), Bacalhau Murray (*Maccullochella peelii*), Tainha (*Mugilidae*), Pacu (*Piaractus mesopotamicus*) (27, 28, 29).

A aquaponia vem se tornando bastante popular, sendo utilizada em sistemas de backyard aquaponics (aquaponia de quintal), o que demonstra o interesse de indivíduos preocupados em produzir seus próprios alimentos de maneira sustentável, além de obter segurança alimentar, com produtos orgânicos. O sistema se destaca como uma alternativa viável, pois possibilita a produção de proteína animal oriunda da aquicultura, baseada em um sistema sustentável de reaproveitamento, com baixo consumo de água e produção de resíduos, combinada com a produção de hortaliças em sistema hidropônico, tendo assim uma sinergia perfeita entre a utilização de peixes, processos biológicos e plantas (30).

Nesse sentido Carneiro et al. (2015) (12) esperam que a aquaponia se torne cada vez mais popular no Brasil, e tenha ampla difusão na produção de alimentos, assim como já vem ocorrendo em outros países. Além dos aspectos já tratados, a aquaponia assim como toda tecnologia recente e pouco divulgada, apresenta vantagens e desvantagens, que de acordo com Braz Filho (2000) (31), Herbert e Herbert (2008) (32) são as descritas no quadro 1.

Quadro 1: Vantagens e desvantagens da Aquaponia.

Vantagens	Desvantagens/limitações
<ul style="list-style-type: none"> - Utilização de uma quantidade mínima de água; - Possibilidade de produção em ambientes urbanos, perto dos centros de consumo; - Aproveitamento integral dos insumos de água e ração; - Possibilidade de trabalhar como um sistema superintensivo, de alta densidade de peixes e hortaliças; - Obtenção de produtos de alta qualidade, livre de agrotóxicos e antibióticos; - Diversificação na produção permitindo renda contínua ao produtor; - Minimização dos riscos de contaminação química e biológica de aquíferos; - Minimização dos riscos de introdução de espécies exógenas a aquíferos; - Licenciamento facilitado para produção. 	<ul style="list-style-type: none"> - Dependência contínua em energia elétrica; - Limitações quanto à utilização de agrotóxicos e antibióticos; - Necessidade de conhecimento em muitas áreas da engenharia; hidráulica, olericultura, veterinária, zootecnia, dentre outras; - Altos custos de investimento inicial; - Pouca tecnologia difundida na área no Brasil

SISTEMAS AQUAPÔNICOS

Existem diversas formas e tamanhos de sistemas aquapônicos, porém a maioria deles tem o mesmo princípio de funcionamento dividido em três partes básicas: tanque de peixes, tanques de hidroponia e sistemas de filtragem (FIGURA 3).

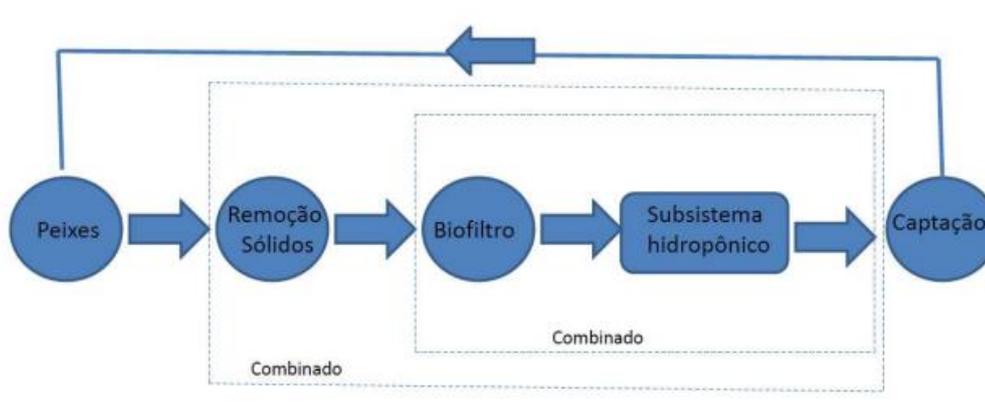


Figura 3 - Esquema básico de uma aquaponia
 Fonte: TIMMONS e EBELING (2013) (33)

Os filtros podem ser separados ou não por compartimentos entre filtragem mecânica e biológica (34), sendo que o sistema pode apresentar o filtro dentro do próprio sistema de cultivo de hortaliças ou de forma separada.

Na produção aquapônica apresenta subdivisões no sistema quanto aos substratos, podendo ser substrato semi-seco, que vem do inglês “gravel bed”, calhas hidropônicas com a técnica do fluxo laminar de nutrientes, que vem do inglês NFT – “nutriente film technique” e por último bandejas flutuantes que é derivado do inglês “floating raft” (35). A escolha do sistema de aquaponia depende do espaço e do uso que se fará dele (36). Existem várias formas de cultivar os vegetais na aquaponia.

No modelo Media Bed Technique (MBT), conhecido como cama de cultivo ou ambiente de cultivo em cascalho (FIGURA 4 e 5), é a forma mais simples da aquaponia. São utilizados como substratos argila expandida, pedra brita, rochas vulcânicas, entre outros, onde as bactérias ficam alojadas fazendo o processo de nitrificação. A água volta para o tanque dos peixes por gravidade através da instalação de um sifão (10). A principal vantagem da MBT é sua capacidade de trabalhar sem biofiltro (24). Também conhecido como substrato semisseco, é indicado para aquaponia de pequena escala, devido à dificuldade de manejo (37).

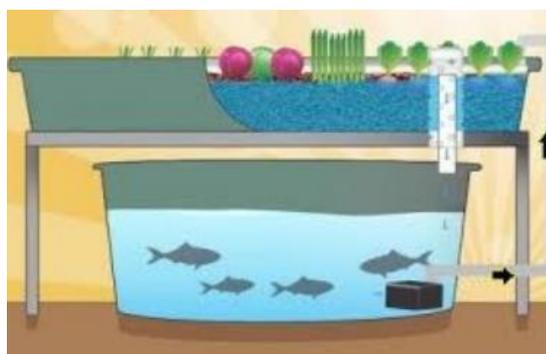


Figura 4 - Aquaponia do tipo cama de cultivo
Fonte: Talysson et al. (2018) (38)



Figura 5 - Aquaponia do tipo cama de cultivo na Universidade Federal de Lavras
Fonte: Talysson et al. (2018)

No modelo NFT- Nutrient Film Technique ou ambiente de cultivo em canaletas (FIGURA 6 e 7) com as raízes submersas na água, através da qual podem absorver os

nutrientes. Neste sistema a água sai do filtro biológico por meio de um bombeamento, passa pelas bandejas de sementeira e ao tanque dos peixes, depois vai para o decantador e após para as canaletas onde estão as hortaliças, retornando ao mesmo lugar e fechando o ciclo (39). Uma fina película de água é continuamente fornecida ao canal através do qual o oxigênio e os nutrientes são fornecidos às plantas. Este sistema, geralmente usado para cultivar vegetais de folhas verdes (27), é fácil de operar, limpar e manter.



Figura 6- Aquaponia do tipo canaletas
Fonte: Carneiro et al. (2016)(39)



Figura 7- Aquaponia do tipo canaletas na Universidade Federal de Lavras
Fonte: Do autor (2022)

A NFT geralmente utiliza tubos de plástico para fornecimento de nutrientes, pois são leves e também permite o ajuste do tubo de acordo com a densidade da planta de acordo com o estágio de crescimento da cultura (1). Devido à falta de área suficiente para

o florescimento da comunidade bacteriana em tubos tão pequenos, um componente de biofiltro separado é essencial em tais sistemas (28). A técnica de filme de nutrientes requer um fluxo contínuo de nutrientes para as plantas, portanto, é vulnerável a falhas na bomba (1).

No modelo FRT- Deep Film Technique ou Floating (FRT), ambiente flutuante (FIGURA 8), permitindo que as raízes fiquem suspensas na água. Os vegetais folhosos como alface, rúcula, agrião, entre outras são colocadas em placas de poliestireno onde suas raízes irão ficar submersas. O FRT utiliza grandes volumes de água no subsistema hidropônico, o que também aumenta a capacidade tampão contra a amônia e reserva nutrientes por períodos mais longos, mesmo durante a interrupção da bomba ou redução da biomassa de peixes (28). Por outro lado, a necessidade de água pesada exige operação de bombas e maior custo de energia (1). Além disso, segundo os mesmos autores, o FRT pode ser mais suscetível à reprodução de larvas de mosquito devido à grande área de água.

Neste sistema, as raízes na jangada podem ser expostas a organismos nocivos associados ao sistema de aquicultura. Além disso, se os peixes tiverem acesso ao sistema hidropônico, eles consumirão as raízes das plantas e, portanto, podem causar um impedimento significativo no crescimento das plantas (29). O FRT, no entanto, tem alguns contras, sendo amplamente utilizado para escala comercial devido aos benefícios adicionais.



Figura 8- Aquaponia do tipo flutuante
Fonte: Carneiro et al. (2015) (10)

Já no modelo Wicking Bed ou ambiente de cultivo em areia (FIGURA 9) que é pouco comum, são utilizados como substratos areia ou pó de coco para o cultivo de tubérculos como cenoura, cebola, rabanete entre outras. Nesse sistema a água entra pela base e por capilaridade conduz a água e os nutrientes para as raízes das plantas, o ambiente deve se manter umedecido e não encharcado (12).

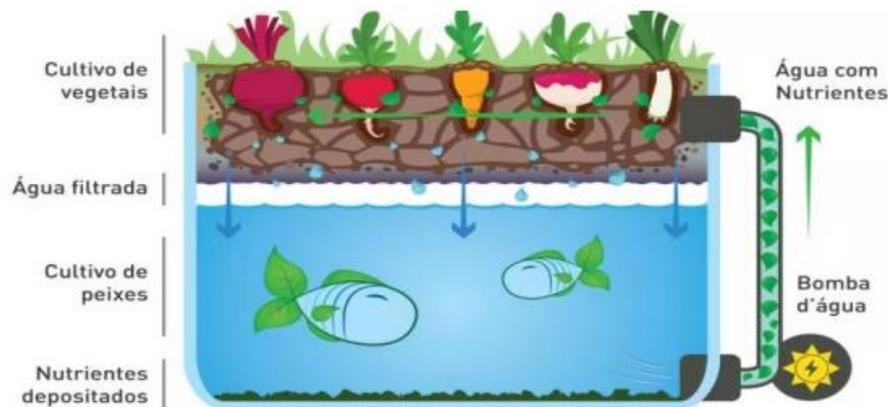


Figura 9- Aquaponia do tipo cultivo em areia
Fonte: Braga (2019) (40)

SUSTENTABILIDADE DO SISTEMA DE AQUAPONIA

Um dos maiores problemas da aquicultura comum e na produção animal em geral, é o destino, ou emprego dos dejetos dos animais. Nos meios aquáticos os restos de ração e as fezes acabam tornando a água dos viveiros e tanques eutrofizadas e até mesmo tóxicas ao ambiente com a elevação de compostos nitrogenados, fosfatados (41).

Na aquaponia, tanto a porção animal quanto a vegetal cresce de forma integrada e sinérgica, o que permite ser auto sustentável. Sendo assim, pode dispensar ou reduzir o uso de fertilizantes industriais para as plantas alimentícias e defensivos agrícolas, ao mesmo tempo em que mantém a água limpa e oxigenada para o crescimento saudável dos peixes e crustáceos, isto quando bem equilibrado e controlado o sistema (26).

CONCLUSÕES

A aquaponia é uma atividade que pode ser considerada sustentável nas dimensões ambiental, econômica e social. Proporciona ganhos ambientais com economia de água e de insumos (fertilizantes e agrotóxicos) e não emite poluentes (efluente). As condições ambientais de simbiose que o sistema aquapônico estimula entre as plantas e peixes é sinérgico podem induzindo melhor desenvolvimento dos organismos. O desenvolvimento seguro da aquaponia exige a observação de pontos estratégicos como a adequada maturação do biofiltro para eficiente ação das bactérias nitrificantes, para isto deve-se atender a qualidade da água simultaneamente para os microrganismos, peixes e plantas. A dinâmica dos nutrientes dissolvidos na água para atendimento e suplementação para as plantas é fornecida pelos peixes. Contudo, é importante ressaltar que os produtores devem ser instruídos quanto a construção do sistema e manejo, principalmente dos peixes.

AGRADECIMENTOS

FAPEMIG, CNPq, CAPES

REFERÊNCIAS

1. Adhikari, R., Rauniyar, S., Pokhrel, N., Wagle, A., Komai, T., & Paudel, S. R. Nitrogen recovery via aquaponics in Nepal: current status, prospects, and challenges. *SN Applied Sciences*. 2020; 2: 1-15.
2. Organização das Nações Unidas (ONU), 2017. **Transformando nosso mundo: a agenda 2030 para o desenvolvimento sustentável**. Disponível em: <https://nacoesunidas.org/pos2015/agenda2030/>. Acesso em: 09 ago. 2022
3. Geisenhoff, L. O.; Jordan, R. A.; Santos, R. C.; Oliveira, F. C.; Gomes, E. P. Effect of different substrates in aquaponic lettuce production associated with intensive tilapia farming with water recirculation systems. *Engenharia Agrícola*. 2016; 36:291-299.
4. Hundley, G. M. C.; Navarro, R. D. Aquaponia: a integração entre piscicultura e a hidroponia. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável**. 2013; 3:52-61.
5. Boyd, C. E.; D'abramo, L. R.; Glencross, B. D.; Huyben, D. C.; Juarez, L. M.; Lockwood, G. S.; Mcnevin, A. A.; Tacon, A. G. J.; Teletchea, F.; Tomasso, J. R. Achieving sustainable aquaculture: historical and current perspectives and future needs and challenges. *Journal Of The World Aquaculture Society*. 2020; 51: 578-633.
6. Tan, E. S. P.; Khao, K. K. The integration of fish and farming with agriculture in Malaysia. In Paulli, R.; Shehadah, Z, (Eds.) *Integrated Agriculture-aquaculture farming systems*. Manila: ACCLAN. 1980: 175-188.
7. Tyson, Ri. V.; Treadwell, D. D.; Simonne, E. H. Opportunities and challenges to sustainability in aquaponic systems. **HortTechnology**. 2011; 21: 6-13.
8. Geisenhoff, L. O., Jordan, R. A., Santos, R. C., Oliveira, F. C. D., & Gomes, E. P. Effect of different substrates in aquaponic lettuce production associated with intensive tilapia farming with water recirculation systems. **Engenharia Agrícola**. 2016; 36:291-299.
9. RAKOCY, J. E.; MASSER, M. P.; LOSORDO, T. M. Recirculating aquaculture tank production systems: aquaponics- integrating fish and plant culture. **Texas: Southern Regional Aquaculture Center, Texas A & M University**, 2006. (SRAC Publication No. 454). Disponível em: <https://extension.okstate.edu/fact-sheets/recirculating-aquaculture-tank-production-systems-aquaponics-integrating-fish-and-plant-culture.html> .Acesso em: 22 jul. 2022.

10. Carneiro, P. C. F.; Morais, C. A. R. S.; Nunes, M. U. C.; Maria, A. N.; Fujimoto, R. Y. Produção integrada de peixes e vegetais em aquaponia. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, Documentos 189. 2015:25.
11. Paudel S. R. Nitrogen transformation in engineered aquaponics with water celery (*Oenanthe javanica*) and koi carp (*Cyprinus carpio*): Effects of plant to fish biomass ratio. **Aquaculture**, 2020; 520: 734971.
12. Carneiro, P. C. F. *et al.* Montagem e Operação de um Sistema Familiar de Aquaponia para Produção de Peixes e Hortaliças. Aracaju, SE. Dezembro 2015b. **Circular Técnica 72**. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1040079/montagem-e-operacao-de-um-sistema-familiar-de-aquaponia-para-producao-de-peixes-e-hortalicas>. Acesso em: 21 mar. 2021.
13. Li, C.; Lee, C. T.; Gao, Y.; Hashim, H.; Zhang, X.; Wu, W. M.; Zhang, Z. Prospect of aquaponics for the sustainable development of food production in urban. *Chem Eng Trans*. 2018; 63: 475-480.
14. Wongkiew, S.; Hu, Z.; Chandran, K.; Lee, J. W.; Khanal, S. K. Nitrogen transformations in aquaponic systems: a review. *Aquacult Eng*. 2017;76: 9-19.
15. Yogev, U.; Barnes, A.; Gross A. Nutrients and energy balance analysis for a conceptual model of a three loops off grid, aquaponics. *Water*. 2016; 8: 589.
16. Batista, J. M. M. "TÉCNICAS SUSTENTÁVEIS PARA O USO DE ÁGUA NA PRODUÇÃO DE PEIXES." *Visão Acadêmica*. 2022; 23: 2.
17. Queiroz, *et al.* Boas práticas de manejo para sistemas de aquaponia. **Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente**, 2017. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1092012/boas-praticas-de-manejo-para-sistemas-de-aquaponia> Acesso em: 18 jun.2020.
18. Almeida T. B. F.; Prado, R. M.; Correira, M. A. R.; Puga, A. P.; Barbosa, J. C. Avaliação nutricional da alface cultivada em soluções nutritivas suprimidas de macronutrientes. **Biotemas**. 2011;24:27-36.
19. Buzby, K. M.; Lin, L. S. Scaling aquaponic systems: balancing plant uptake with fish output. *Aquacul Eng*. 2014; 63: 39-44.
20. Hundley, G. M. C.; Navarro, R. D. Aquaponia: a integração entre piscicultura e a hidroponia. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável**. 2013; 3: 52-61.
21. Somerville C.; Cohen, M., Pantanella, E., Stankus, A., & Lovatelli. **Food and Agriculture Organization of the United Nations**. Small-scale aquaponic food production. *Integrated fish and plant farming*. 2014; 589: 1-288.

22. Endut, A.; Jusoh, A.; Ali, N.; Wan Nik, W. B.; Hassan, A. A study on the optimal hydraulic loading rate and plant ratios in recirculation aquaponic system. **Bioresource Technology**. 2010; 101: 1511-1517.
23. Wahap, N.; Estim, A.; Kian, A.Y. S.; Senoo, S.; Mustafa. Producing organic fish and mint in an aquaponic system. *Borneo Marine Research Institute*. 2010:29–33.
24. Wongkiew ,S.; Popp, B. N.; Khanal, S. K. Nitrogen recovery and nitrous oxide (N₂O) emissions from aquaponic systems: influence of plant species and dissolved oxygen. *Int Biodeterior Biodegrad*. 2018; 134: 117-126.
25. Salam, M.A.; Asadujjaman ,M.; Rahman, M. S. Aquaponics for improving high density fish pond water quality through raft and rack vegetable production. *World J Fish Mar Sci*. 2016; 5: 251-256.
26. Diver, S.; Rinehart, L. Aquaponics-integration of hydroponics with aquaculture. *Attra*. 2000.
27. Azad, K. N.; Salam, M.A.; Azad, K. N. Aquaponics in Bangladesh: current status and future prospects. *J Biosci Agric Res*. 2016; 7: 669-677.
28. Pantanella, E. Aquaponics production, practices and opportunities. *Sustain Aquacult*. 2018: 191-248.
29. Rakocy, J.; Masser, M. P.; Losordo, T. Recirculating aquaculture tank production systems: aquaponics-integrating fish and plant culture. 2016.
30. Buss, A. B. et al. Desenvolvimento da aquaponia como alternativa de produção de alimentos saudáveis em perímetro urbano. Seminário de Ensino, Pesquisa e Extensão – SENPEX, 6., 2017, Murialdo. Anais eletrônicos... Murialdo: UNIBAVE. 2017: 1127-1132.
31. Braz Filho, M. S. P. Aquaponia: alternativa para sustentabilidade na aquicultura. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ZOOTECNIA, **Anais...** Vitória: UFES. 2014;24.
32. Herbert, S.; Herbert, M. Aquaponics in Australia - The integrations of Aquaculture and Hydroponics. *Australia: Mudgee NSW*. 2008; 2:141.
33. Timmons, M. B.; Ebeling, J. M. Recirculating aquaculture. Ithaca Publishing Company, Ithaca. 2013: 788.
34. Rakocy, J. E.; Losordo, T. M.; Masser. M. P. Recirculating aquaculture tank production systems: aquaponics: integrating fish and plant culture. **Aquaculture Center Publications**. 2006; 454: 1-7.

35. Lennard, W. A.; Leonard, B. V. A comparison of reciprocating flow versus constant flow in an integrated, gravel bed, aquaponic test system. **Aquaculture International**, Cork, Ireland. 2004; 12: 539-553.
36. Rakocy, J. *Aquaponics-Integrating Fish and Plant Culture*. Oxford, Wiley-Blackwell. 2012.
37. Queiroz, et al. Boas práticas de manejo para sistemas de aquaponia. **Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente**. 2017.
38. Talysson et al. Aquaponia: Um novo olhar agrícola. In: Congresso Internacional das Ciências Agrárias, 3., 2018. **Anais [...]** Cointer- PDVAGRO. 2018:1-5.
39. Carneiro, P. C. F. *et al.* Sistema Familiar de Aquaponia em Canaletas. **Circular Técnica 81**. 2016.
40. Braga, B. F. **Estudo do acompanhamento e desenvolvimento de plantas olerícolas em diferentes níveis de sistema aquapônico**. 2019. Projeto apresentado ao Núcleo Interdisciplinar de Pesquisa do Centro Universitário ICESP em resposta ao Edital 02/2019 – Bolsa de Iniciação Científica. Centro Universitário ICESP, Brasília-DF. 2019.
41. Albuquerque, L. F. G. Aquaponia: uma tecnologia sustentável para o semi-árido/ Denilson da Silva Sascimento, Francisco Vagner Paiva Bezerra, Emanuel Soares dos Santos, AntonioGlydson Lima Moreira, Morada Nova; IFCE, 2019. 11p.:-(Serie Tecnologia para o campo, n. 1).

DOI: <https://doi.org/10.53934/9786585062039-11>

CAPÍTULO 11

ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÔMICA DA CADEIA PRODUTIVA DA PISCICULTURA NO BRASIL

Bruna Caus Rothmann *; Fábio Londero ; Heitor Spagnol ; Juliana
Ferreira Menezes ; Marieli Rosseto 

Bruna Caus Rothmann – brunac.rothmann@gmail.com

Resumo: A piscicultura é uma modalidade de aquicultura que consiste na criação de peixes. Esse mercado está em ascensão tanto em consumo como em produção. No entanto, espera-se maiores índices zootécnicos de produção para o futuro, a fim de suprir à demanda da população mundial. Considerando que há aspectos socioeconômicos, culturais, logísticos e legais inseridos neste bioma que refletem no seu desenvolvimento, o objetivo deste estudo foi realizar um levantamento bibliográfico acerca de parâmetros técnicos, econômicos, sociais e ambientais, elencando os principais gargalos desta cadeia produtiva, vinculados a políticas públicas aplicáveis e oportunidades de otimização de produção.

Palavras-chave: evolução; gargalos; piscicultura; políticas

Abstract: Fish farming is a form of aquaculture that consists of raising fish. This market is on the rise both in consumption and production. However, it is expected that there will be higher zootechnical production rates for the future, in order to supply the demand of the world population. Considering that the main bottlenecks of this production chain, linked to a bibliographic survey in this production chain, integrated socio-economic and integrated ecological, sociological and environmental objectives included public policies and opportunities for production optimization.

Key Word: evolution; bottlenecks; pisciculture; policies

INTRODUÇÃO

O crescimento da população mundial aliado a preocupação com a segurança alimentar e o interesse cada vez mais intenso em relação à sustentabilidade ambiental estão entre os principais desafios a serem enfrentados pelos países para as próximas décadas.

O cultivo de peixe no Brasil está em pleno crescimento nos últimos seis anos, reafirmados pelo aumento de produção entre 2014 (578.800 toneladas) a 2021 (841.005 toneladas), que representou um aumento de 30% na produtividade (1).

Nesse panorama, espera-se o reposicionamento do Brasil, um dos principais agentes no mercado internacional de carnes, junto com a China, a União Europeia e os Estados Unidos, não somente na produção de carnes bovina, suína e de frango, mas também na produção de pescado.

O setor de aquicultura apresentou crescimento de aproximadamente 25% nos últimos 5 anos (2), sendo significativamente maior do que outras fontes de proteína de origem animal (avicultura, suinocultura e bovinocultura) (3).

O crescimento desse setor é primordial para superar o déficit alimentar que se vislumbra. Dessa forma, este artigo tem como objetivo detalhar a cadeia produtiva da aquicultura no Brasil, apresentando os principais desafios e oportunidades, bem como incentivos governamentais frente os gargalos de produção, visando apresentar uma análise crítica com foco no aumento da produtividade e renda do produtor rural.

Com base nisso, este estudo objetivou um levantamento bibliográfico acerca de parâmetros técnicos, econômicos, sociais e ambientais, elencando os principais gargalos desta cadeia produtiva, vinculados a políticas públicas aplicáveis e oportunidades de otimização de produção.

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Importância econômica da cadeia produtiva de piscicultura

A demanda mundial por pescado tem sofrido um significativo incremento nas últimas décadas, principalmente em função do crescimento populacional e da busca dos consumidores por alimentos mais saudáveis.

Dentre os países com maior potencial para a aquicultura, o Brasil se destaca por sua disponibilidade hídrica, clima favorável e ocorrência natural de espécies aquáticas que compatibilizam interesse zootécnico e mercadológico (4). A existência de vastas áreas continentais com solos férteis e clima tropical úmido, aliada à tecnologia avançada na criação de peixes, faz do Brasil um país altamente competitivo no setor.

Em 2014, a produção mundial de pescado atingiu a marca de 167 milhões de toneladas, com 73,8 milhões de toneladas provenientes da aquicultura. Na América do Sul, o Chile registrou uma produção de 1,2 milhão de toneladas (sendo o sétimo maior

produtor do mundo), enquanto o Brasil, com 561 mil toneladas, ocupando a 13ª posição no ranking geral dos maiores produtores de pescado (5).

Já em 2016, considerando a produção nacional, a região nordeste apresentou a maior participação de mercado no país, com 26,8% (sendo o Ceará o principal destaque), seguida da região norte, com 25,7% (com Rondônia, que é o maior produtor nacional); a região Sul, com 24,2% (concentrando a produção no Paraná e em Santa Catarina) (6).

A Secretaria da Agricultura, Pecuária e Desenvolvimento Rural (7) relata que o cultivo de peixe no Brasil está em pleno crescimento nos últimos seis anos, reafirmados pelo aumento de produção entre 2014 (578.800 toneladas) a 2021 (841.005 toneladas), que representou um aumento de 30% na produtividade.

Ao todo são 230 mil estabelecimentos que criam peixes no país, onde 60% da produção é de tilápia, 35% são peixes nativos (como tambaqui) e 5% são de outras espécies (como carpa e pangá). Essa produtividade movimentou a receita de R\$ 8 bilhões, gerando cerca de 3 milhões de empregos diretos e indiretos (8).

As exportações da piscicultura brasileira aumentaram 78% em 2021, se comparado com o ano anterior, totalizando U\$S 20,7 milhões. Em toneladas, o crescimento foi de 49%, passando de 6.681 toneladas em 2020 para 9.932 toneladas em 2021. Do total exportado pela piscicultura brasileira, 64% tiveram como destino os Estados Unidos. As exportações de filé de tilápia congelado tiveram aumento de 650%, totalizando U\$S 2,1 milhões, sendo que o estado brasileiro que mais contribuiu com essa comercialização foi o Mato Grosso do Sul, com US\$6,7 milhões (8).

Esta tendência decorre da expansão da composição da Organização Mundial do Comércio (OMC) e da entrada em vigor de uma série de acordos comerciais bilaterais e multilaterais. No entanto, muitos países em desenvolvimento continuam a aplicar tarifas de importação elevadas para o pescado, e embora isso normalmente reflita a política fiscal em vez de ser uma medida de proteção, tem efeitos prejudiciais sobre o comércio regional (9).

Diante disso, diversos fatores contribuem para aumentar a competição entre os países e ainda são identificados como desafios a serem superados, como as crescentes exigências dos consumidores com relação à qualidade do produto, o estabelecimento de políticas protecionistas e de subsídios, a existência de barreiras tarifárias e não tarifárias,

o desenvolvimento e a inovação tecnológica, os mecanismos de comercialização adotados pelas empresas e os investimentos em estratégias de marketing e propaganda.

Oportunidades na aquicultura brasileira

A aquicultura brasileira oferece inúmeras oportunidades para quem deseja se dedicar a esse setor. O Brasil é um dos principais produtores de peixes do mundo, o que demonstra a grande potencialidade da atividade. Além disso, os investimentos na área estão crescendo cada vez mais, o que torna a aquicultura uma excelente opção para estabilidade econômica (2).

A expansão da aquicultura está atrelada às potencialidades naturais do país, como uma ampla costa marítima, milhões de hectares de água represada, clima preponderantemente tropical, imensa concentração de água doce continental, entre outros. Portanto, o desenvolvimento de sistemas eficientes de reúso de água que reduzam os impactos ambientais e possibilitem o crescimento sustentável são considerados necessários para esta atividade (10).

Em questão ao uso da água, um potencial considerável para a expansão da aquicultura reside nas grandes áreas de projetos de irrigação, que poderiam consorciar a produção agrícola e aquícola, concomitantemente, como por exemplo a utilização das sobras do arroz, pós-colheita, como alimento para os peixes, enquanto que as fezes e os resíduos orgânicos formados por estes são utilizados como fertilizantes para os vegetais (11).

Um sistema produtivo que está buscando a sustentabilidade na produção da cadeia é o sistema de policultivo. Estes sistemas se destacam no caráter de uso de recursos naturais, instalações e mão de obra, no momento em que favorece uma integração destas variáveis, otimizando os parâmetros ambientais, econômicos e sociais. Por exemplo, pode ocorrer que a geração de resíduos de uma produção sirva de insumo para a outra, controlando o volume de material para descarte. Dentro desta dinâmica de integração, segundo Valenti (12) existem diferentes níveis que podem ser representados (Tabela 1).

Tabela 1 - Características do sistema de Policultivo

Nível	Principais características
1	As espécies cultivadas ocupam espaços diferentes nas instalações de confinamento. Uma utiliza o fundo enquanto a outra faz uso da coluna inicial de água.
2	As espécies produzidas são de hábitos tróficos diferentes. Neste caso é comum a associação de uma espécie de fitoplanctófagas com espécies zooplanctófagas.
3	Algumas interações ecológicas são reforçadas, assim, uma espécie cultivada promove a melhoria das condições ambientais para a outra.
4	Existe a formação de um subproduto por parte de uma espécie que será utilizado como insumo pela outra de alguma forma. Um bom exemplo é o hábito de algumas espécies de camarão que se alimentam de fezes de outras espécies de peixe.
5	Uma espécie cultivada gera subprodutos que serão utilizados como insumo para a outra espécie e vice-versa.

Fonte: Adaptado de Valenti (12)

Algumas técnicas alternativas são veiculadas como formas propícias à sustentabilidade socioeconômica do produtor. Tais técnicas estão voltadas à formação de produto-renda, e também, vislumbram a preservação ambiental. Insere-se neste contexto a introdução de práticas não agrícolas complementares conhecidas como pluriatividade, que é uma das formas alternativas para o desenvolvimento sustentável em áreas de agronegócio familiar de pequeno porte. Seria a utilização das escamas e pele para artesanato, a produção da farinha de resíduos do pescado, da produção do óleo de peixe, de biocombustível e de glicerina para fins diversos (13).

No entanto, devido à expansão da produção pesqueira em todo o mundo, os dejetos de pescado podem impactar o meio ambiente local poluindo a água e o solo, considerado uma das grandes preocupações dessa prática (14).

Principais gargalos da piscicultura brasileira e políticas públicas relacionadas

A produção de pescados como outros depende de recursos naturais, tais como água, energia e solo, havendo a necessidade de uma racionalização destas fontes. Respondendo a esta demanda, a aquicultura sustentável preza pela produção lucrativa,

com uma conservação do meio ambiente e dos recursos naturais, promovendo o desenvolvimento social. As potencialidades e os problemas de uma atividade econômica são fatores de extrema importância.

Percebe-se que os gargalos da aquicultura brasileira estão relacionados à produção e à qualidade dos produtos. No que diz respeito à produção, o Brasil ainda apresenta baixa produtividade em comparação com outros países. Já em relação à qualidade, os produtos aquícolas ainda não atendem plenamente as exigências do mercado internacional. Isso se deve, principalmente, à falta de investimentos na área e à pouca valorização da aquicultura pelo setor público e privado. A cadeia produtiva da piscicultura, mesmo com a expansão dos últimos anos, ainda encontra gargalos que dificultam sua estruturação (Figura 1).



Figura 1 – Principais gargalos

O transporte na piscicultura é de extrema importância, visto que o sucesso da criação de peixes está diretamente ligado a ele. Os cuidados com os animais durante o trajeto são fundamentais para garantir a sobrevivência e a saúde dos mesmos. Além disso, é necessário ter um veículo adequado para realizar esse tipo de transporte, que seja resistente e capaz de aguentar as condições adversas do trânsito. O transporte dentro da

piscicultura deve ser entendido como atividade estratégica, por ser uma operação delicada e de alto risco, e envolve cargas vivas e de alto valor (15, 16)

Para Oliva (16) os problemas observados na logística do setor estão relacionados à falta de profissionalismo, visto que muitos realizam o transporte de forma rudimentar, com conhecimento mínimo dos fundamentos e técnicas aplicadas ao transporte de peixes. Esse cenário tem impactado negativamente os resultados da atividade, prejudicando diretamente os produtores e consumidores, pois leva à perda de qualidade dos produtos transportados e à redução da competitividade das empresas do setor. Espera-se que essa situação seja resolvida com o investimento em capacitação dos profissionais envolvidos nesse processo.

Quanto ao licenciamento ambiental, a obtenção da licença é condição necessária para o início das atividades. Esse documento autoriza a pessoa física ou jurídica a explorar determinada área para fins aquícolas, estabelecendo as normas e parâmetros que devem ser seguidos durante todo o processo produtivo. A licença ambiental é renovável anualmente e pode ser cancelada a qualquer momento, caso se constate que as condições impostas não estão sendo cumpridas. As principais dificuldades encontradas são a falta de sistema online e infraestrutura em geral, de regularização fundiária e de conhecimento dos aquicultores sobre os procedimentos para o licenciamento ambiental aquícola; além de projetos técnicos e documentação incompletos e/ou incorretos. Foram apontadas também as dificuldades na comunicação com os produtores e demora nas respostas das solicitações de providências e a falta de corpo técnico especializado e de treinamento (17, 18).

A piscicultura no Brasil ainda carece de legislação específica, o que dificulta o seu desenvolvimento. Isso afeta diretamente os produtores, que enfrentam inúmeras dificuldades para operar dentro da lei. Além disso, a falta de uma regulamentação adequada prejudica o consumidor, que não tem garantias de qualidade nos produtos piscícolas disponíveis no mercado. Além de gestão e conhecimento, o piscicultor precisa ter segurança para conduzir a atividade, e o maior empecilho para a implantação é a insegurança jurídica, decorrente da falta de legislação ambiental ou legislação não aplicável. Para tal, é preciso evoluir em legislação ambiental compatível com a realidade e ter análises céleres dos processos ambientais (19). Esse contexto reduz a

competitividade da piscicultura brasileira no mercado internacional, pois os produtos produzidos aqui estão sujeitos a regulamentações mais rigorosas do que as adotadas em outros países.

Os impostos na piscicultura brasileira têm um peso significativo no custo de produção, o que acaba impactando diretamente nos preços finais dos produtos. Além disso, a carga tributária é bastante complexa e burocrática, o que dificulta o planejamento de negócios para esse setor. Há várias incertezas relacionadas às alíquotas de impostos incidentes sobre a piscicultura, o que torna ainda mais difícil tomar decisões estratégicas. Em um momento em que o Brasil busca se reestruturar economicamente, é essencial que os setores produtivos estejam isentos de uma carga tributária excessiva e desnecessária.

Alguns peixes possuem alíquota especial de importação, como é o caso da alíquota zero para as importações de salmão do Chile e a alíquota zero para as importações de bacalhau. Dessa forma, a elevação da alíquota TEC do imposto de importação de peixes para 35%, limite estabelecido na Lista III do Brasil depositada na OMC, ou a inclusão dos peixes na Lista de Exceções à TEC poderia permitir uma proteção de mercado para os peixes produzidos no país (20).

Quanto a geração de resíduos, estes são gerados em todas as etapas produtivas, desde a reprodução, alevinagem, engorda, processamento e comercialização, até o prato final do consumidor. Os efluentes gerados por essa atividade impactam diretamente o meio ambiente. Além disso, a falta de estrutura adequada para o tratamento desses resíduos compromete a qualidade da água e afeta negativamente a produção (21).

Cada possibilidade de otimização e/ou aproveitamento dos resíduos orgânicos da piscicultura tem seus entraves e dificuldades, desse modo o produtor deve adequar sua realidade para as possibilidades existentes. Por exemplo, para as produções em pequenos volumes podem adotar a compostagem orgânica e/ou a produção de silagens, enquanto produtores de médio a grandes empreendimentos podem considerar o investimento em farinhas, máquinas de separação mecânica da carne de carcaças, curtimento de peles, dentre outros (21).

Neste sentido, as Políticas Públicas na Aquicultura Brasileira têm como objetivo estabelecer diretrizes e normas para o desenvolvimento da atividade, visando a promoção do bem-estar social e da segurança alimentar. Dentre as ações previstas, está o fomento à

pesquisa e à inovação tecnológica, o apoio às empresas aquícolas, a capacitação de profissionais e a promoção da sustentabilidade ambiental. Espera-se que essas medidas contribuam para o crescimento da aquicultura no país, gerando emprego e renda.

CONCLUSÕES

A Piscicultura no Brasil tem apresentado importantes resultados que advém do potencial natural do país. A estrutura da piscicultura e da tilapicultura mostrou que há espaço para a expansão. O crescimento nas exportações de pescado, por exemplo, é um dos principais indícios de que este mercado tem grande potencial. Além disso, o Brasil detém uma das maiores reservas mundiais de água doce, o que torna a atividade ainda mais viável.

Essa temática ainda é pouco tratado na pauta de pesquisa acadêmica como parte da economia do desenvolvimento regional capaz de gerar renda e emprego. É necessário, portanto, que seja realizada uma avaliação mais aprofundada sobre o assunto, incluindo o investimento na infraestrutura tecnológica adequada para esse tipo de atividade. Isso permitirá que se estabeleça um parâmetro para o seu crescimento econômico sustentável.

REFERÊNCIAS

1. Fao. Dia Mundial da Segurança Alimentar [Internet]. 2022 [acesso em 2022]. Disponível em: www.fao.org/world-food-safety-day
2. Valenti WC, Barros HP, Patricia VM, Guilherme WM, Ronaldo OC. Aquaculture in Brazil: past, present and future. Elsevier. 2021;19:100611.
3. Fernandes DVGS, Carvalho RCT, Castro VS, Cunha-Neto a, Muller B, Carvalho FT, et al. Salmonella in the processing line of farmed Tambatinga (*Colossoma macropomum* x *Piaractus brachypomus*) in Mato Grosso, Brazil: serotypes of occurrence and antimicrobial profile. Trop. Anim. Health Prod. 2021;53(1):1-7.
4. Fao. The State of World Fisheries and Aquaculture; Opportunities and challenges. Rome: FAO;2014a.
5. Fao. Fishery and Aquaculture Statistics. Rome: FAO;2014b.

6. gov.br. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE [Internet]. 2016 [acesso em 2022 Ago 30]. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/estatistica/>>
7. Piscicultura. Secretaria da Agricultura, Pecuária e Desenvolvimento Rural [Internet]. 2021 [acesso em 2022]. Disponível em: <https://www.agricultura.rs.gov.br/busca?palavraschave=piscicultura&periodoini=02%2F03%2F2020>
8. Peixe BR. Produção [Internet]. 2021 [acesso em 2022 abril 26]. Disponível em: <https://www.peixebr.com.br/producao/>
9. Rani P, Kumar NR. Status and competitiveness of fish exports to European Union. *Fishery Technology*. 2016;53:69-74.
10. Silva MSGM, Losekann ME, Hisano H. Aquicultura: manejo e aproveitamento de efluentes [Internet]. Jaguariúna: infoteca-e; 2013 [acesso em 2022]. Disponível em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/972692>
11. De Oliveira RCO. O panorama da aqüicultura no Brasil: a prática com foco na sustentabilidade. *Intertox*. 2015;2(1):71-89.
12. Valenti WC. Aqüicultura sustentável. *Congresso de Zootecnia*. 2002;12:111-118.
13. Evangelista GOL, Cavalcanti RS. Alternativas sustentáveis para a cadeia produtiva de tilápia-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*) em Morada Nova de Minas–MG. IV Seminário dos Estudantes de Pós-Graduação IFMG Campus Bambuí. 2018.
14. Moura CF. Alterações socioambientais e segurança alimentar e nutricional na comunidade de pescadores da praia de Paquetá, Canoas-Rio Grande do Sul [dissertação de mestrado]. Porto Alegre: Faculdade de Ciências Econômicas da UFRGS; 2021.
15. Goes GA, Oliva RA, Ronqui RG, Queiroz TR, Satolo EG. DESCRIÇÃO DO SISTEMA LOGÍSTICO DE TRANSPORTE: UMA ANÁLISE CONCEITUAL ENVOLVENDO PISCICULTURA. *S. Am. Dev. Soc. J.* 2017;1(2):100-115.
16. Oliva RA. Logística de suprimentos: uma análise das atividades entre produtores de tilápia e frigoríficos na UHE de Ilha Solteira/SP [mestrado]. Tupã: Universidade Estadual Paulista Júlio Mesquita Filho; 2016.

17. Rodrigues LS, Cavalcanti I, Capanema L, Morch R, Magalhães G, Lima J, et al. Panorama da aquicultura no Brasil: desafios e oportunidades. BNDES Setorial. 2012;35:421-463.
18. Dotti A, Valejo PAP, Russo MR. Licenciamento ambiental na piscicultura com enfoque na pequena propriedade: uma ferramenta de gestão ambiental. Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais. 2012;3(1):6-16.
19. Sanex. Gestão, conhecimento e legislação são fundamentais para o sucesso da piscicultura [Internet]. 2022 [acesso em 2022 Ago 18]. Disponível em: <https://sanex.com.br/site/gestao-conhecimento-e-legislacao-sao-fundamentais-para-o-sucesso-da-piscicultura/>.
20. Quintella FLV. Estudo de caso sobre a aquicultura no Brasil e os impactos da desoneração tributária da cadeia produtiva do pescado nacional [dissertação de doutorado]. Rio de Janeiro: Fundação Getúlio Vargas; 2014.
21. Vidotti RS, Lopes IG. Resíduos orgânicos gerados na piscicultura. Pesquisa & Tecnologia. 2016;13(2):1-6.



ÁREA: Fisiologia vegetal e pós-colheita de frutos

CAPÍTULO 12

ENRAIZAMENTO DE ESTACAS CAULINARES DE *Mucuna Bennettii* E *Strongylodon Macrobotrys* TRATADAS COM ÁCIDO INDOL BUTÍRICO

Leandro Miranda de Almeida *; João Sebastião de Paula Araujo ; Tarcisio Rangel do Couto 

*Autor correspondente (Corresponding author) – Email: leandromirandaufrrj@gmail.com

Resumo: A flor de jade vermelha (*Mucuna bennettii*) pertence ao gênero *Mucuna*, que reúne uma centena de espécies entre arbustos e trepadeiras. Já a flor de jade azul (*Strongylodon macrobotrys*) é uma planta trepadeira muito admirada e procurada. Ambas as espécies possuem grande interesse para fins ornamentais. Diante da dificuldade na propagação das plantas, este trabalho objetivou avaliar o efeito da aplicação de ácido indol butírico (AIB) no enraizamento de estacas caulinares. Foram utilizadas estacas herbáceas, semilenhosas e lenhosas coletadas de ramos de plantas adultas e bem desenvolvidas de flor de jade azul e jade vermelha, submetidas à imersão em soluções de AIB (0; 2.000 e 4.000 mg.L⁻¹), durante 15 segundos. A base dessas estacas foi plantada em um canteiro que continha areia como substrato e mantidas em câmara com nebulização intermitente. Foram avaliadas a porcentagem de sobrevivência, porcentagem de enraizamento, estacas com calo, estacas com brotação, número de raízes e comprimento da maior raiz. Pode-se concluir que é possível rizogênese a partir de estacas caulinares com folhas de *M. bennettii* e *S. macrobotrys*. Observou-se percentuais de 20 e 4% de enraizamento para *M. bennettii* e *S. macrobotrys*, respectivamente. Os resultados corroboram com dados da literatura que tais espécies apresentam baixo percentual de enraizamento através de segmentos destacados de caule. Ensaio adicionais com essas duas espécies devem ser realizados, considerando ajustes nos tipos de estacas e número de folhas, redução nas concentrações de ácido indol butírico e ambiência do propagador.

Palavras-chave: estaquia; floricultura; propagação

Abstract: The red jade flower (*Mucuna bennettii*) belongs to genus *Mucuna*, which includes a hundred species among shrubs and vines. The blue jade flower (*Strongylodon macrobotrys*) is a much admired and sought after climbing plant. Both species are great interest for ornamental purposes. Given the difficulty in plant propagation, this study aimed to evaluate the effect of application indolebutyric acid (IBA) on rooting of stem cuttings. Herbaceous, semi-hardwood and woody cuttings were collected from branches of mature and well-developed blue and red jade flowers plants, submitted to immersion in IBA solutions (0; 2,000 and 4,000 mg.L⁻¹) for 15 seconds. The base of these cuttings was planted in a bed that contained sand as substrate and kept in a chamber with intermittent mist. The percentage of survival, percentage of rooting, cuttings with callus,

cuttings with sprouting, number of roots and length of the largest root were evaluated. Concluded that rhizogenesis is possible from stem cuttings with leaves of *M. bennettii* and *S. macrobotrys*. Rooting percentages of 20% and 4% were observed for *M. bennettii* and *S. macrobotrys*, respectively. Results corroborate with data from the literature that such species present a low percentage of rooting through detached stem segments. Additional tests with these species should be carried out, considering adjustments in the types of cuttings and number of leaves, reduction in IBA concentrations and propagator environment.

Key Word: cuttings; flower shop; propagation

INTRODUÇÃO

As espécies flor de jade vermelha (*Mucuna bennettii*) e flor de jade azul (*Strongylodon macrobotry*) pertencem à família Fabaceae, e são plantas ornamentais, perenes, trepadeiras, com flores vistosas. Apesar de poucos estudos acerca da utilização destas espécies em projetos paisagísticos, em virtude exuberância de suas flores estas são muito apreciadas (1).

De acordo com Gibbs (2), as espécies apresentam autoincompatibilidade reprodutiva do tipo LSI (Late-acting selfincompatibility), ou ação tardia de autoincompatibilidade. Além disso, o estigma possui uma estrutura semelhante a um pincel para evitar a autopolinização espontânea, sendo esta possivelmente feita por pássaros e morcegos, que originam frutos de pequeno tempo de viabilidade, situada em torno de semanas.

Diante do exposto, uma das alternativas para multiplicar estas espécies seria a propagação vegetativa por estaquia. Agustí (3) salienta que a estaquia é um processo de propagação vegetativa no qual ocorre a indução ao enraizamento adventício em segmentos destacados da planta matriz, que, submetidos a condições favoráveis originam uma muda. Sendo os métodos de propagação mais utilizados para produção de mudas dessas espécies a enxertia e alporquia, destacando-se este último método, vez que, no Brasil, a flor de jade não produz sementes em virtude da falta de polinizadores.

Entretanto, de acordo com Hartmann et al. (4), apesar da estaquia ser um método mais facilmente conduzido e capaz de produzir maior número de mudas, a alporquia possui como principal vantagem a produção de mudas de maior porte, já adaptadas a condições ambientais externas.

Assim, como o enraizamento de estacas é dependente de muitos fatores, tanto internos quanto externos, como a formação de raízes iniciais a partir das células do câmbio próximas dos feixes vasculares ou dos tecidos vasculares, que se tornam meristemáticas por diferenciação, a técnica de alporquia para ambas as espécies estudadas é a mais indicada. Dentre estes, citam-se a condição nutricional e fitossanitária da planta matriz, o potencial genético, o balanço hormonal, a época de realização, a temperatura e umidade. Sendo importante também o teor de reservas e nutrientes, e que a estaca varia com a espécie e cultivar (4).

Nesse contexto, Dexana et al. (5) complementam que o sucesso na propagação por estaquia também depende da distribuição de hormônios, da condição fisiológica e nutricional da planta matriz, do hábito de crescimento da planta (herbáceo ou lenhoso) e das condições ambientais (substratos, luminosidade, temperatura e umidade relativa do ar).

Entretanto, têm sido observados que a condição fisiológica e a posição no ramo de onde se obtém as estacas são fatores preponderantes ao enraizamento. Pois, ao longo do ramo ocorrem variações nos conteúdos de reservas e substâncias promotoras e inibidoras do crescimento (6; 7).

Com objetivo de acelerar e promover o enraizamento de estacas, bem como maior porcentagem de formação de raízes, melhor uniformidade de enraizamento, qualidade do enraizamento a aplicação de reguladores de crescimento tem sido comum na produção de plantas ornamentais. Assim, Hinojosa (8) afirma que pelo fato da auxina ser um fitorregulador endógeno, quando esta é aplicada de forma exógena, pode haver um estímulo ao enraizamento, sendo o ácido indol acético (AIA) e o ácido indol butírico (AIB) os mais empregados.

Diante do exposto e considerando a escassez de estudos e resultados sobre a propagação vegetativa de flor de jade azul e de flor de jade vermelha objetivou-se avaliar o efeito da aplicação de ácido indol butírico (AIB) sobre a rizogênese de estacas herbáceas, semilenhosas e lenhosas dessas duas espécies.

MATERIAL E MÉTODOS

As estacas de flor de jade vermelha (*Mucuna bennettii*) foram coletadas de uma planta matriz adulta no Sítio Raíz, propriedade localizada em Barra de Guaratiba, RJ. Por sua vez, as estacas de flor de jade azul (*Strongylodon macrobotrys*) foram coletadas de uma planta matriz no campus da UFRRJ (figura 1).

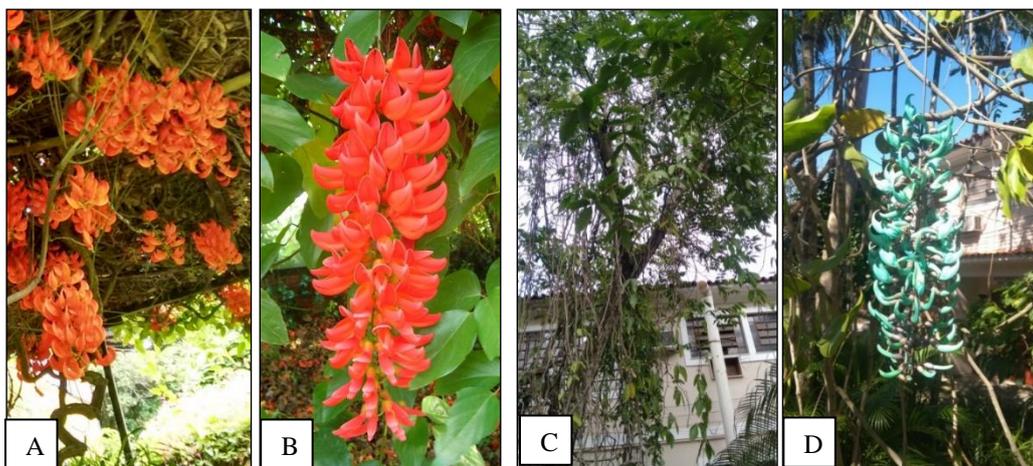


Figura 1. Inflorescências de jade vermelha (A e B) e azul (C e D). (Fonte: Autoria própria)

O delineamento experimental foi em blocos casualizados com três repetições, em esquema fatorial 3 x 3. Os tratamentos consistiram na combinação de três concentrações

do fitorregulador ácido indol butírico - AIB (0 ; 2.000 e 4.000 mg.L^{-1}), conforme recomendações de Muniz et al. (1), com três tipos de estacas (herbácea, semilenhosa e lenhosa), totalizando 9 tratamentos. As parcelas experimentais foram constituídas de 10 estacas por tratamento, que resultou em 90 estacas por bloco, totalizando 270 estacas para a realização do experimento.

As estacas das duas espécies foram preparadas, deixando-se algumas folhas cortadas a $1,0$ cm da sua base (Figura 2), evitando assim o excesso de transpiração e a dificuldade da água atingir o substrato.



Figura 2. Estacas de flor de jade vermelha (A) e de flor de jade azul (B). (Fonte: Autoria própria)

As estacas das duas espécies foram desinfestadas sob imersão em hipoclorito de sódio 1% por um minuto, seguida de lavagem tripla em água. Para avaliação do efeito do AIB no enraizamento, os tratamentos utilizados foram 0 , 2.000 e 4.000 mg.L^{-1} .

Para o preparo do fitorregulador via solução diluída, foi utilizada uma balança analítica de alta precisão para pesagem do AIB. Em seguida, foi utilizado um becker para obtenção de 1L de álcool 98%. O AIB 2.000 mg.L^{-1} e 4.000 mg.L^{-1} foram diluídos separadamente em 500 mL de álcool 98% + 250 mL de água destilada, soluções estas que foram misturadas até a completa homogeneização.

As estacas, após o estaqueamento, foram levadas à casa de vegetação (CV) coberta com polietileno transparente e sombrite 50% de redução da luminosidade no teto, temperatura variando de 25°C a 35°C e umidade relativa do ar 90% (Figura 3A).



Figura 3. (A) Casa de vegetação do Departamento de Fitotecnia, Setor de Horticultura, da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ), em Seropédica (RJ). (B) Canteiro contendo substrato de textura arenosa utilizado para o plantio das estacas de flor de jade vermelha e de jade azul. (Fonte: Autoria própria)

As estacas das duas espécies foram plantadas em canteiros contendo substrato de textura arenosa (Figura 3B), não esterilizado e mantidas sob irrigação por nebulização automática programada com intermitência de 1 minuto de aspersão e intervalos de 30 minutos, vazão do aspersor varia 25-140 l/h visando manter a temperatura e umidade relativa do ar ideal para os material propagado.

Após 45 dias, foram avaliadas as variáveis porcentagem de estacas vivas, porcentagem de estacas enraizadas, porcentagem de estacas com calo, porcentagem de estacas com brotação, porcentagem de número de raízes por estaca e o comprimento da maior raiz (cm).

Nos dados obtidos da estaquia, foram realizadas as análises de variância com a aplicação do teste F, ao nível de 5 % de probabilidade, com o auxílio do programa estatístico SISVAR (9).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Ao se verificar a análise de variância, em função das concentrações do AIB e dos tipos de estacas utilizadas, não foram observados efeitos significativos ($p = 0,05$) nas variáveis analisadas de *Mucuna bennettii* e *Strongylodon macrobotrys* (Tabela 1).

Tabela 1. Análise de variância para os caracteres avaliados, em função da combinação de três tipos de estacas (herbácea, semilenhosa, lenhosa) com três concentrações do fitorregulador AIB (0; 2.000 e 4.000 mg L⁻¹), em *Mucuna bennettii* e *Strongylodon macrobotrys*.

<i>Mucuna bennettii</i> (flor de jade vermelha)						
Fonte de Variação	Quadrados Médios (QM)					
	EV	EE	EC	EB	NR	CMR
Estaca (E)	8,56 ^{ns}	10,88 ^{ns}	2,45 ^{ns}	10,56 ^{ns}	1,39 ^{ns}	1,00 ^{ns}
Concentrações (C)	8,06 ^{ns}	5,06 ^{ns}	0,05 ^{ns}	2,31 ^{ns}	0,81 ^{ns}	0,25 ^{ns}
Interação (E x C)	2,59 ^{ns}	3,17 ^{ns}	2,10 ^{ns}	8,39 ^{ns}	0,70 ^{ns}	0,30 ^{ns}
Blocos	1,50 ^{ns}	0,51 ^{ns}	3,04 ^{ns}	9,51 ^{ns}	0,25 ^{ns}	0,39 ^{ns}
QM resíduo	7,42 ^{ns}	8,03 ^{ns}	2,46 ^{ns}	3,24 ^{ns}	0,82 ^{ns}	1,06 ^{ns}
CV (%)	66,58	71,62	98,85	66,78	49,09	53,93

<i>Strongylodon macrobotrys</i> (flor de jade azul)					
Fonte de Variação	Quadrados Médios (QM)				
	EV	EE	EB	NR	CMR
Estaca (E)	1,17 ^{ns}	1,17 ^{ns}	0,35 ^{ns}	0,00 ^{ns}	0,00 ^{ns}
Concentrações (C)	3,65 ^{ns}	3,65 ^{ns}	1,74 ^{ns}	0,06 ^{ns}	0,02 ^{ns}
Interação (E x C)	2,71 ^{ns}	2,71 ^{ns}	1,35 ^{ns}	0,04 ^{ns}	0,01 ^{ns}
Blocos	5,34 ^{ns}	5,34 ^{ns}	1,74 ^{ns}	0,06 ^{ns}	0,03 ^{ns}
QM resíduo	2,20 ^{ns}	2,20 ^{ns}	1,45 ^{ns}	0,06 ^{ns}	0,01 ^{ns}
CV (%)	76,88	76,88	87,65	23,19	11,55

* Significativo a 5%, pelo teste F. ^{NS} Não significativo. EV - Estacas vivas; EE - Estacas enraizadas; EC - Estacas com calo; EB - Estacas com brotação; NR - Número de raízes; CMR - Comprimento da maior raiz.

Com base nos dados acima apresentados, pode se observar que a concentração de AIB não proporcionou um aumento do enraizamento das estacas de flor de jade azul (Figura 4).



Figura 4. Estacas de flor de jade azul com baixo enraizamento. 1-Estaca lenhosa, 2-Estaca semilenhosa, 3-Estaca herbácea. (Fonte: Autoria própria)

Deste modo, verifica-se que a época de coleta dos propágulos pode ter influenciado no enraizamento das estacas, tendo em vista que no momento da coleta as matrizes se encontravam em período de floração, que de acordo com Oliveira et al. (10), em virtude dos desvios metabólicos para a floração/frutificação, há uma redução nas concentrações necessárias ao enraizamento.

Nessa conjuntura, Zuffellato-Ribas & Rodrigues (11) afirmam que outro fator a ser considerado é a melhor época de coleta do material vegetativo, a qual varia de acordo com o perfil de cada espécie. Fatores ambientais pelos quais a planta matriz é submetida influenciam diretamente a capacidade de enraizamento da mesma, devido a maior ou menor síntese de hormônios como as auxinas. Entretanto, alguns estudos enfatizam o efeito positivo da permanência de folhas nas estacas das duas espécies sobre o percentual de enraizamento e sobrevivência das mesmas, como exibido na Figura 5.



Figura 5. Da direita para a esquerda apresenta o enraizamento de estacas lenhosas, semilenhosas e herbáceas de flor de jade vermelha enraizadas com folhas. (Fonte: Autoria própria)

Com base no fator tipo de estacas, notou-se que não houve diferenças significativas ($p = 0,05$), para as variáveis analisadas (Tabela 1). Neste contexto, Bastos et al. (12), ainda que trabalhando com diferentes tipos de estacas de lichieira, obtiveram maior porcentagem de enraizamento em estacas semilenhosas quando comparada com as lenhosas.

Como visto, a *Mucuna bennettii* e *Strongylodon macrobotry* não tiveram diferença significativa no tratamento em que se aplicou o AIB. Porém, Muniz et al. (1) avaliaram o efeito da aplicação de ácido indol butírico (AIB) no enraizamento de estacas de flor de jade azul e recomendaram a utilização de estacas herbáceas com folhas, tratadas com a concentração de 2.000 mg.L^{-1} de AIB para a produção de mudas.

Das 270 estacas coletadas, que corresponderam a 135 de cada uma das espécies, apenas 56 estacas da flor de jade vermelha e 11 estacas da flor jade azul enraizaram, tendo como porcentagem de enraizamento de 20% e 4,0%, respectivamente. De acordo com Nicoloso et al. (13), a perda de umidade mais acentuada nas estacas herbáceas pode explicar esse baixo enraizamento. Além disso, os autores supracitados afirmam que tais estacas também possuem limitada reserva de nutrientes orgânicos e inorgânicos em seus tecidos, sendo esta uma causa do baixo índice de sobrevivência. O teor de carboidratos contido na estaca é outro fator que influencia na capacidade de enraizamento.

Ao final do experimento, foi avaliada a qualidade das mudas formadas e, independentemente da dose de AIB utilizada e do tipo de estaca. Em *Strongylodon macrobotry* a sobrevivência não foi alterada em relação à encontrada na fase de enraizamento.

Gratieri-Sossella et al. (14) também não verificaram diferenças significativas na porcentagem de enraizamento de miniestacas herbáceas de corticeira-do-banhado (*Erythrina crista-galli* L.), também da família Fabaceae e de uso ornamental, nas concentrações de 0, 1.000, 2.000, 3.000 e 4.000 mg.L^{-1} , cujos valores variaram de 75 a 100%.

Santos et al. (15) avaliando a influência de diferentes concentrações de AIB, épocas de coleta e tipos de estacas no enraizamento de mulungu (*Erythrina velutina* Willd) da família Fabaceae, só verificaram resultados eficientes para a variável número de raízes em estacas semilenhosas tratadas com concentrações crescentes de AIB, de 0 a 6000 mg.L^{-1} . Além disso, estes autores não observaram nenhuma formação de raízes em estacas herbáceas, sendo este último resultado diferente do observado para estacas herbáceas de flor de jade, as quais formaram raízes.

Ferriani et al. (16), avaliando a propagação vegetativa de estaquia de azaleia arbórea (*Rhododendron thomsonii* H.) da família Ericaceae, com estacas semilenhosas (coletadas na primavera) e com diferentes concentrações de AIB (0; 2.000 e 4.000 mg.L^{-1}), não observaram enraizamento para este tipo de estaca.

Desta maneira, a aplicação de auxina exógena em estacas pode favorecer o enraizamento, porém altas concentrações podem inibir a formação das mesmas, sendo o teor adequado deste fitorregulador dependente da espécie e da concentração endógena de AIB nos tecidos (17).

Nesse contexto, Hartmann et al. (4) mencionam que a aplicação de auxina pode apresentar resultados que divergem entre si, pois a resposta à aplicação de auxina difere conforme o genótipo, a espécie e o tipo de estaca utilizada. Como observado no presente estudo, que a aplicação do fitorregulador não apresentou diferenças significativas entre os tratamentos.

Enquanto, Ramos et al. (18) afirmam que o fornecimento exógeno de auxina, em certas quantidades, pode promover uma alteração hormonal, favorecendo ou não o enraizamento de estacas. Nesse sentido, Tofanelli et al. (19) salientam que a resposta à aplicação de auxinas depende da facilidade de enraizamento da espécie.

Por fim, pode-se observar que não foi possível inferir neste estudo efeito estatisticamente significativo da aplicação de AIB sobre a potencialização do enraizamento das estacas de ambas as espécies. Haja vista que, como as mudas de ambas as espécies são de difícil enraizamento, e uma alternativa para obter uma maior percentagem de estacas enraizadas seria alterar o tempo de nebulização, já que o atual sistema funciona com 24 programações, assim, de 30 em 30 minutos ele é acionado por 1 minuto, o mesmo passaria a ser acionado de 15 em 15 minutos com o mesmo tempo de funcionamento. Dessa forma, menos estacas sofreriam com a desidratação e abscisão foliar.

Além disso, espera-se que novos estudos acerca estaquia caulinar como alternativa para a propagação de *Mucuna bennettii* e *Strongylodon macrobotrys* tratadas com ácido indol butírico sejam realizados.

CONCLUSÕES

É possível rizogênese a partir de estacas caulinares de *Mucuna bennettii* e *Strongylodon macrobotrys*.

As espécies apresentam baixo percentual de enraizamento através de segmentos destacados de caule (método de estaquia).

A rizogênese de flor de jade vermelha, a partir de caules com folhas, pode ser uma alternativa promissora, por ser mais rápida e econômica quando comparado ao método de alporquia, usualmente utilizado na produção de mudas.

Ensaio adicionais com essas duas espécies devem ser realizados, considerando ajustes nos tipos de estacas e número de folhas, redução nas concentrações de ácido indol butírico e ambiência do propagador.

AGRADECIMENTOS

À UFRRJ. Ao curso de graduação em Agronomia e ao Curso de Pós-Graduação em Fitotecnia da UFRRJ. Ao Instituto de Agronomia – Departamento de Fitotecnia.

REFERÊNCIAS

1. Muniz FR, Rodrigues PHV, Silva SR. Enraizamento de estacas de flor de jade (*Strongylodon macrobotrys* A. Gray) tratadas com ácido indolbutírico. *Ornamental Horticulture*. 2015;21(3),363–367.
2. Gibbs PE. Late acting self-incompatibility – the pariah breeding system in flowering plants. *New Phytologist*. 2014;203(3),717–734.
3. Agustí M. *Fruticultura*. Ediciones Mundi-Prensa; 2004.
4. Hartmann HT, Kester DE, Davies Junior FT, Geneve RL. *Plant propagation: principles and practices*. 8 ed. Prentice Hall; 2011.
5. Denaxa NK, Vemmos SN, Roussos PA. The role of endogenous carbohydrates and seasonal variation in rooting ability of cuttings of an easy and a hard to root olive cultivars (*Olea europaea* L.). *Scientia Horticulturae*. 2012;143(16),19–28.
6. Guo XF, Fu XL, Zang DK, Ma Y. Effect of auxin treatments, cuttings' collection date and initial characteristic son *Paeonia* 'Yang Fei Chu Yu' cutting propagation. *Scientia Horticulturae*. 2009;119,177–181.
7. Zerche S, Druège U. Nitrogen content determines adventitious rooting in *Euphorbia pulcherrima* under adequate light independently of pre-rooting carbohydrate depletion of cuttings. *Scientia Horticulturae*. 2009;121,340–347.
8. Hinojosa GF. Auxinas. In: Cid LPB. (ed). *Introdução aos hormônios vegetais*. EMBRAPA; 2000.
9. Ferreira DF. Sisvar: a computer statistical analysis system. *Ciência e Agrotecnologia*. 2011;35(6),1039–1042.
10. Oliveira MC, Ribeiro JF, Rios MNS, Rezende ME. Enraizamento de estacas para produção de mudas de espécies nativas de matas de galerias. EMBRAPA Cerrados; 2001.
11. Zuffellato-Ribas KC, Rodrigues JD. *Estaquia: uma abordagem dos principais aspectos fisiológicos*. Curitiba; 2001.
12. Bastos DC, Pio R, Scarpate Filho JA, Libardi MN, Almeida FP, Galuchi TPD, Bakker ST. Propagação da Pitaya “vermelha” por estaquia. *Ciência e Agrotecnologia*. 2006;30(6),1106–1109.
13. Nicoloso FT, Fortunato RP, Fogaça MAF. Influência da posição da estaca no ramo sobre o enraizamento de *Pfaffia glomerata* (Spreng.) Pedersen em dois

- substratos. *Ciência Rural*. 1999;29(2),277–283.
14. Gratieri-Sossella A, Petry C, Nienow AA. Propagação da corticeira do banhado (*Erythrina cristagalli* L.) (Fabaceae) pelo processo de estaquia. *Revista Árvore*. 2008;32(1),163–171.
 15. Santos LW, Coelho MFB, Dombroski JLD, Azevedo RAB. Propagação vegetativa de mulungu (*Erythrina velutina* Willd. – Fabaceae). *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*. 2014;9(3),420–426.
 16. Ferriani AP, Bortolini MF, Zuffellato-Ribas KC, Koehler HS. Propagação vegetativa de estaquia de azaleia arbórea (*Rhododendron Thomsonii* HOOK. f.). *Semina: Ciências Agrárias*. 2006;27(1),35–42.
 17. Fachinello JC, Hoffmann A, Nachtigal JC. Propagação de plantas frutíferas. *Embrapa Informação Tecnológica*; 2005.
 18. Ramos JD, Matos LES, Gontijo TCA, Pio R, Junqueira KP, Santos FC. Enraizamento de estacas herbáceas de ‘Mirabolano’ (*Prunus cerasifera* Ehrn) em diferentes substratos e concentrações de ácido indolbutírico. *Revista Brasileira de Fruticultura*. 2003;25(1),189–191.
 19. Tofanelli MBD, Chalfun NNJ, Hoffmann A, Chalfun JRA. Efeito do ácido indolbutírico no enraizamento de estacas de ramos semilenhosos de pessegueiro. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*. 2002;37(7),939–944.

CAPÍTULO 13

CARACTERÍSTICAS COMERCIAIS DE FRUTAS NÃO-CLIMATÉRICAS NO MUNICÍPIO DE CHAPADINHA-MA

Lucianne Martins Lobato *; Giselly Martins Lobato ; Cyntia Airagna Fortes dos Santos ; Antonio Deusimar Oliveira de Sousa Junior ; Juliana Aljahara Sousa do Nascimento ; Gênesis Alves Azevedo 

*Autor correspondente (Corresponding author) – Email: lucylobatto@gmail.com

Resumo: O Brasil é um país com uma vasta diversidade de frutas comerciais com alto potencial de vendas no mercado interno, além de atender a demanda do exterior. Entretanto suas características fisiológicas apresentam limitações quanto ao tempo de amadurecimento e são chamadas de frutas não climatéricas e climatéricas, as quais apresentam condições para amadurecer ou não, com maior velocidade. O trabalho teve o objetivo de avaliar as principais características de comercialização das frutas não-climatéricas no município de Chapadinha-MA e a influência direta nas perdas do setor hortifrutícola. Os comerciantes apresentam nível de médio completo de escolaridade (66,77%), baixo conhecimento técnico de produção, médio conhecimento técnico de gestão, médio conhecimento técnico de comercialização e a maioria possuem interesse em capacitação. Em função das perdas, a causa das perdas pós-colheita dos frutos foram por conta das desordens fisiológicas, onde a uva apresentou uma maior perda com (32,5%), logo em seguida o limão (30,2%), melancia (23,7%) e a laranja (19,8%). Podemos constatar que existem alternativas eficientes para diminuir essas perdas, como técnicas de resfriamento, processamento mínimo e a utilização de ceras.

Palavras-chave: Perfil socioeconômico; Hortifrutis; Perdas estimadas.

Abstract: Brazil is a country with a vast diversity of commercial fruits with high sales potential in the domestic Market, in addition to meeting the demand from abroad. However, their physiological characteristics have limitations regarding the ripening time and are called non-climacteric and climacteric fruits, which present conditions to ripen or not, with greater speed. The objective of this work was to evaluate the main characteristics of commercialization of non-climacteric fruits in the municipality of Chapadinha-MA and the direct influence on the losses of the fruit and vegetable sector. Traders have completed high school education (66,77%), low technical knowledge of production, medium technical knowledge of management, medium technical knowledge of marketing and most are interested in training. Depending on the losses, the cause of post-harvest losses of the fruits were due to physiological disorders, where the grape showed a greater loss with (32,5%), soon after the lemon (30,2%), watermelon (23,7%) and orange (19,8%). We can see that there are efficient alternatives to reduce these losses, such as cooling techniques, minimal processing and the use of waxes.

Key Word: Socioeconomic profile; Vegetables; Estimated losses.

INTRODUÇÃO

O Brasil possui uma enorme diversidade de frutas subexploradas com potencial de mercado atrativo, além de ser um dos maiores produtores mundiais das chamadas frutas não-convencionais, como banana, laranja e melão (1). Todos os anos, cerca de 44 milhões de toneladas de frutas são colhidas. O valor total da exportação dessas frutas foi superior a US \$1 bilhão em 2019. No entanto, apenas 26,5% desse total representa a exportação de frutas in natura, outros 74,5% representam produtos à base de frutas, principalmente suco de laranja (2)

Tradicionalmente, o amadurecimento dos frutos tem sido definido como climatérico e não climatérico. Frutos não climatéricos não apresentam aumento ou produção de etileno autocatalítico ou taxas de respiração durante o amadurecimento (3). Por conta disso, eles são incapazes de completar o processo de amadurecimento quando é extraído da planta em sua fase imatura. Para que esses frutos alcancem o ponto ideal de acidez e doçura características da cultivar, é necessário que o fruto permaneça na planta até o final do processo de maturação (4).

As frutas são amplamente comercializadas em feiras livres, mercados e supermercados, além de grandes centros de distribuição como CEASAS (Centrais de Abastecimento), por todo o Brasil, no estado do Maranhão, as frutas são oriundas de outros estados devido a sua baixa produção, sendo oriundas principalmente do Ceará, Piauí, Pernambuco e Bahia (5). Apesar de apresentar solos adequados para o cultivo de frutíferas, o que falta no estado são políticas públicas como crédito rural e assistência técnica para alavancar a fruticultura no estado (6).

A comercialização de frutas no Brasil é marcado por dúvidas, a qualidade final do produto é alcançada quando é colhida no campo, não ocorrendo sua melhora após essa fase. Os fatores que são vistos como fundamentais para alterar as características das frutas, é a utilização transporte inadequado e o emprego de embalagens inadequado. O sistema de comercialização de frutas é a conexão entre o produtor e o consumidor final, sendo visto também como o que vai regular o preço dos produtos, a cadeia de comercialização é vasta e distingue-se entre grandes e pequenos centros consumidores (7).

Portanto, o trabalho teve como objetivo avaliar as principais características de comercialização das frutas não-climatéricas no município de Chapadinha-MA e a influência direta nas perdas do setor hortifrutícola.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi desenvolvido na microrregião de Chapadinha, localizada na porção oriental do estado do Maranhão, inserida na mesorregião Leste Maranhense, coordenadas: ao norte, latitude 03° 09' 18" s – longitude 43° 30' 37" w. A aplicação do questionário

ocorreu no dia 14 de agosto de 2020, no turno vespertino com os vendedores de hortifrúti, sendo uma adaptação da metodologia de Almeida et al. (8).

Para avaliar as perdas que ocorrem com as frutas não climatéricas e suas principais causas, aplicou-se a fórmula de estimativa de perda como segue:

$$(\%) = \frac{C-V \times 100}{C}$$

Onde C representa o volume médio de produto comprado/semana (kg) e V representou o número médio de produto vendido/semana (kg), os resultados foram expressos em % de perdas. As perdas pós-colheita receberam a denominação de perdas fisiológicas, mecânicas e fitopatológicas, conforme sugerido por Chitarra e Chitarra (9). Os dados foram analisados por estatística descritiva e apresentados em tabelas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nos supermercados, as perdas que ocorrem no setor de hortifrúti correspondem a um alto percentual quando comparado aos outros setores do supermercado, como os açougues, frios, produtos de limpeza, bebidas e sucos e utilidades domésticas diversas. É sugerido que quando um produto é recolhido do estoque, dê prioridade aquele mais antigo (10).

O combate às perdas depende de uma aferição adequada, e está condicionada aos dados fornecidos, com isso, o combate e a prevenção só é viável com a integração de toda a cadeia, com a finalidade de fornecer informações para que ocorra o combate às perdas. Quando se fala em hortifrúti, é essencial garantir que os produtos oferecidos aos clientes estejam em bom estado, portanto, é necessário, além do transporte de forma adequada, cuidado com alguns detalhes, como a forma de armazenamento das frutas e hortaliças, para que se possa evitar que esses alimentos chegam às gôndolas com defeitos (11).

Sobre o grau de escolaridade dos entrevistados dos hortifrúti, 33,3% apresentam grau de ensino o fundamental incompleto e 66,7% possuem o ensino médio completo, podemos considerar que o nível de qualificação é baixo (tabela 1). O baixo nível de escolaridade pode afetar de forma negativa na qualidade do serviço, oferta dos produtos e tomada de decisões, certas situações demandam qualificação para que se alcance uma adequada conservação dos produtos (12).

Em relação ao conhecimento técnico de produção dos entrevistados, cerca de 64,7% consideraram que possuem um baixo conhecimento e 33,3% um conhecimento médio, (tabela 1). O conhecimento de produção pode influenciar na seleção de produtos no ponto de maturação e sanidade mais adequadas ao consumo final, contribuindo na redução de perdas durante a comercialização (8).

Tabela 1: Perfil socioeconômico dos entrevistados

Variáveis	Categorias	Estabelecimentos (n=3)	Estabelecimentos (%)
Escolaridade	Não Alfabetizado	0	00,00
	Ensino Fundamental Incompleto	1	33,33
	Ensino Fundamental completo	0	00,00
	Ensino Médio Incompleto	0	00,00
	Ensino Médio completo	2	66,77
	Ensino Superior Incompleto	0	00,00
	Ensino Superior Completo	0	00,00
Conhec. Téc Produção	Alto	0	00,00
	Médio	1	33,33
	Baixo	2	64,77
Conhec. Téc Gestão	Alto	1	33,33
	Médio	1	33,33
	Baixo	1	33,33
Conhec. Téc Comercialização	Alto	1	33,33
	Médio	1	33,33
	Baixo	1	33,33
Interesse em Capacitação	Sim	2	66,77
	Não	1	33,33

Quanto a variável do conhecimento técnico de gestão dos entrevistados, 33,3% relataram possui um conhecimento alto, 33,3% enunciaram possui conhecimento médio e os outros 33,3% afirmaram possuir conhecimento baixo (tabela 1). O conhecimento alto de gestão viabiliza a resolução de problemas mais rápido e uma maior conscientização sobre a obtenção de resultados satisfatórios na comercialização (13).

Acerca da variável do conhecimento técnico de comercialização dos entrevistados, 33,3% afirmaram possui um alto conhecimento, 33,3% informaram que possuem conhecimento médio e 33,3% declaram apresentar conhecimento baixo (tabela 1). O conhecimento técnico de comercialização é essencial para definir estratégias de rotatividade de produtos, pois pode auxiliar na redução do tempo de exposição de prateleiras e consequentemente, redução na possibilidade de perdas pós-colheita (14).

No que diz respeito ao interesse de capacitação, 66,7% dos entrevistados apresentaram interesse e os outros 33,3% não. A capacitação se mostra como uma estratégia que influencia diretamente na redução das perdas pós-colheita, prejuízos e impactos ambientais dos resíduos orgânicos (15).

Na pós colheita, as estratégias durante o manuseio, transporte, acondicionamento, armazenamento e processo, a aplicação de tecnologias e práticas adequadas é tão essencial quanto as práticas de manejo da cultura durante todo o ciclo produtivo.

Em contraponto a tabela 1, analisando-se paralelamente aspectos pós-colheita de dos produtos hortifrutícolas não-climatéricos, mesmo apresentando elevado teor de água (92,6%) em sua constituição, a qualidade pós-colheita da melancia é pouco afetada em função da sua maior resistência a perdas por ação mecânica, esse fator se dá pela composição do seu pericarpo ser mais espessa, dessa forma, segundo a Tabela 2, observa-se a taxa de perdas pós-colheita por ação mecânica em 0%, corroborando os resultados apresentados nesta pesquisa.

Ainda em função das características fisiológicas do pericarpo e mesocarpo da melancia, na Tabela 2, as perdas por ação fitopatológica e biológicas são nulas, levando a percepção que a estrutura rústica da melancia age como barreira protetora de fatores que aceleram a senescência do fruto, conferindo a melancia um maior tempo de prateleira e maior janela para a comercialização desse fruto, em que, mesmo em condições de baixa vendabilidade, o fruto consegue perdurar por tempo prolongado em comparativo as demais frutas das pesquisas.

Os fatores que são vistos como determinantes em sua qualidade são: fatores genéticos, climáticos, concentração de nutrientes no solo, adubação, ataque de pragas e doenças, população de plantas daninhas, quantidade de frutos por planta e posição do fruto na planta (16).

Tabela 2: Tabela de análise estatística dos tipos de perdas pós-colheita que acometem frutas não-climáticas no município de Chapadinha-MA e volume de comercialização.

Frutas	VTC kg/sem	PT kg	CV %	Causa de Perdas			
				Fisiológica	Mecânicas	Fitopatológicas	Biológica
Uva	320	139	32,5	43,44	0	0	0
Laranja	2510	358	19,8	14,58	0	0	0
Melancia	3420	873	23,7	25,53	0	0	0
Limão	618	106	30,2	17,31	0	0	0

VTC: Volume total comercializado; PT: Perdas totais associado ao erro padrão da média; CV: Coeficiente de variação.

É necessário ressaltar que na colheita precisa se ter cuidado para que os frutos não sofram avarias por ação mecânica, isso acaba favorecendo a entrada de microrganismos, comprometendo a conservação pós-colheita, após a colheita é crucial que as melancias sejam acondicionadas em um espaço com sombra, secos e ventilados. Quando cortados, esses frutos são considerados altamente perecíveis, a sua textura, a cor da polpa e o teor de açúcar são imediatamente afetados, ocasionando a redução de sua aceitabilidade pelo produto perante os consumidores, diminuindo o tempo para ser consumido (16).

No fruto da uva, as perdas pós-colheita observadas estão associadas ao acondicionamento e armazenamento inadequado, além do transporte do campo até os hortifrutis. A deterioração fisiológica (Tabela 2), se dá de forma rápida (42,44%), quando a uva encontra-se e em condições de armazenamento e comercialização favoráveis a senescência acelerada, sobretudo, pela ausência de refrigeração, resultando em prejuízos econômicos expressivos. Os principais problemas pós-colheita das uvas são as podridões, a desidratação do engajo e a desgrana, causando perdas e prejudicando a qualidade do produto (17; 18). Dessa forma é indispensável a utilização de técnicas de resfriamento e armazenamento e transporte refrigerado, associadas ao acondicionamento das frutas em diversos materiais de embalagem (19)

A uva também é mais susceptível a perdas por ação mecânica (esmagamento), no transporte do campo até o local de comercialização, no escoamento para supermercados, no acondicionamento em prateleiras ou na exportação interestadual, dado que não é observado no estudo realizado (0% de perdas por ação mecânica), podendo indicar que nos hortifrutis visitados, os comerciantes seguem as normas e recomendações para de armazenamento desse tipo de fruta não-climática, que, apesar de ter baixa respiração e

liberação de etileno, possui sensibilidade em sua casca por ser muito fina, favorecendo os mais variados tipos de perdas. Essas perdas podem ser reduzidas verticalmente com a utilização de embalagens, dentre os materiais utilizados para embalagens, o polietileno de baixa densidade (PEBD) é o polímero mais utilizado (20). Para a comercialização de uvas, são utilizadas, tradicionalmente, caixas de madeira como embalagens secundárias, sendo que, em alguns segmentos, como o mercado externo, tem crescido a tendência do uso de caixas de papelão associadas a embalagens de PEBD (18).

Em relação ao fruto da laranja, o Brasil se sobressai por possuir uma ampla produção e exportação, porém, a exportação de frutos cítricos é pouco representativa, essa situação ocorre pela precariedade de condições de produção e comercialização que acaba ocasionando um elevado volume de perdas na cadeia produtiva, fazendo com que os frutos se percam. Com isso, as maiores perdas que estão atreladas ao fruto da laranja devem-se ao armazenamento e manuseio dos produtos e também por sua exposição em um longo período para a sua venda (21).

Fazendo-se uma nova análise da tabela 2, a causa das perdas que ocorreram na laranja foram as desordens fisiológicas, no qual as características que podem ser observadas na fruta é a perda da firmeza, estando atrelada ao aumento na transpiração, fator atrelado a condições classificadas como inadequadas para transporte, estocagem e comercialização (22).

É importante comentar que a laranja apresentou menores perdas em comparação com as outras frutas da pesquisa, isso está ligado à sua rápida comercialização e por apresentar uma epiderme mais espessa, conferindo grau de rusticidade natural como principal característica estrutural desta fruta. Para frutas que não possuem características de rusticidade, visando a diminuição das perdas após a colheita devido a lesões na casca, imperfeições e outros, o processamento mínimo é visto como uma alternativa, pois ele busca garantir o aspecto próximo ao original quando a fruta for colhida, com intuito de manter uma vida útil de prateleira, outras soluções para declínio das perdas, é evitar a compra excessiva que não atenda a demanda, estruturação das condições de armazenamento e cuidado no manuseio da laranja, fatores que irão contribuir na redução de perda da qualidade do produto (23;21).

O limão possui nível baixo de perdas pós-colheita, geralmente as perdas que ocorrem nesse fruto é em virtude de murchamento, perdas fisiológicas e amarelecimento, o seu armazenamento ocorre em temperatura ambiente. Como o limão apresenta um percentual de perda de 4,53%, considerado como próximo do médio, acredita-se que o uso da atmosfera modificada poderá reduzir a taxa de perda, já que as temperaturas elevadas e a umidade relativa acarretam a transpiração, fator que contribui e está relacionando com as mudanças na coloração da casca (24;25).

As perdas que ocorreram no limão de acordo com a tabela 2, foi referente as desordens fisiológicas, geralmente essas perdas ocorrem pelo manuseio de forma inadequado dos clientes, o hábito rotineiro de apertá-lo associado aos mais macios e que tenham uma maior quantidade de água, favorecendo que o produto fique por mais tempo na prateleira (10).

Uma das estratégias utilizadas para aumentar a vida útil do limão na prateleira, dar-se pela aplicação de ceras de carnaúba, com objetivo diminuir a perda da massa (umidade) e, conseqüentemente, o amolecimento e murchamento, propiciando também um maior brilho a fruta, melhorando a sua qualidade visual. Além disso, as ceras possuem

uma ação antifúngica, que minimiza as desordens na casca e o colapso do tecido próximo ao pecíolo (26).

CONCLUSÕES

Os comerciantes apresentam nível de médio completo de escolaridade (66,77%), baixo conhecimento técnico de produção, médio conhecimento técnico de gestão, médio conhecimento técnico de comercialização e a maioria possuem interesse em capacitação. Em função das perdas, a causa das perdas pós-colheita dos frutos foram por conta das desordens fisiológicas, onde a uva apresentou uma maior perda com (32,5%), logo em seguida o limão (30,2%), melancia (23,7%) e a laranja (19,8%). Podemos constatar que existem alternativas eficientes para diminuir essas perdas, como técnicas de resfriamento, processamento mínimo e a utilização de ceras.

REFERÊNCIAS

1. Valli M, Russo, HM, Bolzani VS. The potential contribution of the natural products from Brazilian biodiversity to bioeconomy. *An Acad Bras Ciênc.* 2018; 90:763-778.
2. MAPA. Projeções do agronegócio Brasil 2018/2019 a 2028/29. Brasília;2019.
3. Cherian S, Figueroa CR, Nair H. ‘Movers and shakers’. Roma; 2014.
4. Gonçalves ED, Pimentel RMD, Lima LCD, Castricini A, Zambon CR, Antunes LEC, Trevisan, R. Manutenção da qualidade pós-colheita das pequenas frutas. *Informe Agropecuário.* 2012;33:89-95.
5. Ferreira AGC, Ferreira LS, Freitas Júnior FGBF, Santos MP, Silva MS, Aguiar FIS, Costa TV, Almeida EIB, Sousa WS, Freitas JB. Postharvest losses of fruit and vegetables marketed in seven municipalities of the east mesorregion, Maranhão, Brazil. *Journal of Agricultural Studies.*2020;8:335-351.
6. Galeano EAV, Silva AES, Souza RC. Índice regional de crédito rural nos municípios do Espírito Santo. *Revista de Política Agrícola.*2017;26:50-70.
7. De oliveira LF. Análise do mercado de frutas no município de São Paulo das Missões – RS [Trabalho de Conclusão de Curso]. Cerro Largo: Universidade Federal da Fronteira Sul, 2019.
8. Almeida EIB, Lucena HH, Ribeiro, WS, Oliveira, MRT, Barbosa JÁ. Análise das perdas de caule, folhas e frutos de hortaliças frescas comercializadas na rede varejista de Areia (PB). *Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável.* 2012;2:81-91.
9. Chitarra MIF, Chitarra AB. Pós-colheita de frutas e hortaliças: fisiologia e manuseio. Lavras: UFLA; 2005.
10. Costa SD, Costa EN, Rodrigues EP, Silveira PTD. Avaliação de perdas no setor de hortifrúti em supermercado de Muritiba. *Brazilian Journal of Development.* 2020;6:63647-63657.

11. Silva TJT. Logística empresarial no setor de supermercados no município de Cacoal/RO [Trabalho de Conclusão de Curso]. Cacoal: Universidade Federal de Rondônia, 2014.
12. Figueirinha KT. Levantamento de perdas pós-colheita de hortifrúteis em cinco municípios maranhenses, inseridos em diferentes microrregiões [Monografia]. Chapadinha: Universidade Federal do Maranhão; 2019.
13. Amorim DJ, Pires ICG, Ferrão GE, Almeida EIB. Análise da qualidade e do preço de hortaliças comercializadas no mercado varejista de Chapadinha, MA. *Revista agrotópica*. 2018;29:151-156.
14. Costa CC, Guilhoto JJM, Burnquist HL. Impactos socioeconômicos de reduções nas perdas pós-colheita de produtos agrícolas no Brasil. *Revista de Economia e Sociologia Rural*. 2015; 53:395-408.
15. Neta CDC, Martins AKV, Amorim DJ, Da silva MD, Ferreira LD, Silva MDC et al. Perdas pós-colheita e destinação final de frutas em segmentos comerciais de Teresina (PI). *Revista-Ibero Americana de Ciências Ambientais*.2020; 11:440-453.
16. De Souza VF, Nunes GMVC, Zonta JB, Araújo ECE. Tecnologia para a produção de melancia irrigada na baixada maranhense. São Luís: Embrapa Cocais;2019.
17. Souza RAM. Mercado para produtos minimamente processados. *Informações Econômicas*. 2001;31:7-18.
18. Castro JV, Park KJ, Honório SL. Emprego de embalagens para a conservação pós-colheita de uvas. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*. 1999;3:35-40.
19. Tom TFR, Sousa ANS, Nascimento SS, Mendes MS, Almeida EIB, Gondim MMS. Cenário de comercialização e estimativa de perdas pós-colheita de frutas temperadas em Chapadinha (MA). *In: TÓPICOS EM PRODUÇÃO AGRÍCOLA NO LESTE MARANHENSE*, 23., 2016, Chapadinha. **Anais** [...]. Chapadinha: Livro comemorativo dos 10 anos do curso de agronomia, 2016.
20. Yam KL, Lee DS. Design of modified atmosphere packaging for fresh product. *Active Food Packaging*. 1995;1:573.
21. Manjabosco GJ, Cogo F, Altissimo JC, Szymanowski M, Henke DA. Comercialização e armazenamento de batata inglesa e laranja. *In: XXVIII SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA*, 1., 2021, Rio Grande do Sul. **Anais** [...]. Rio Grande do Sul: Salão do Conhecimento, 2021.
22. Silva LR. Perdas pós-colheita de frutas na microrregião de Chapadinha, Maranhão-Brasil [Trabalho de Conclusão de Curso]. Chapadinha: Universidade Federal do Maranhão, 2017.
23. Griebeler IG, Calgaro Junior RV, Klein C. Processamento mínimo de laranjas em diferentes cortes. *Anuario Pesquisa e Extensão Unoesc São Miguel do Oeste*.2019;1:1-8.
24. Tofanelli MBD, Fernandes MD, Carrijo NS, Filho OBM. Levantamento de perdas em hortaliças frescas na rede varejista de mineiros. *Horticultura Brasileira*. 2009;27:116-120.
25. Ribeiro RJR. Perdas pós-colheita de frutas no mercado varejista de Vargem Grande-MA [Monografia]. Chapadinha: Universidade Federal do Maranhão; 2019.

26. De Lucena HH, Almeida EIB, Filho FAS, Ribeiro WS, Barbosa JA. Uso de cera na conservação pós-colheita do limão verdadeiro (*Citrus x limon* (L.) *Burm. f.*). *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*. 2012;7:170-174.

DOI: <https://doi.org/10.53934/9786585062039-14>

CAPÍTULO 14

PERDAS PÓS-COLHEITAS DE FRUTAS CLIMATÉRICAS NO MUNICÍPIO DE MATA ROMA - MA.

Cyntia Airagna Fortes dos Santos *; Lucianne Martins Lobato ; Antônio Deusimar Oliveira de Sousa Junior ; Giselly Martins Lobato ; Gênesis Alves de Azevedo 

*Autor correspondente (Corresponding author) – Email: air4gna@gmail.com

Resumo: O setor da fruticultura é de extrema importância econômica para o nosso país, além de ser uma importante fonte de consumo, emprega em todas as suas fases de produção. Mas é grande o desperdício dos produtos por perdas pós colheitas, o que elenca prejuízos para todos. O objetivo desse trabalho foi analisar as perdas pós-colheitas de frutos climatéricos no município de Mata Roma. A pesquisa foi realizada entre os meses de julho e agosto de 2022, foi aplicado questionário abrangendo aspectos do perfil socioeconômico dos proprietários de hortifrutis para determinar por meio de estatística descritiva as principais causas de perdas nos estabelecimentos. As perdas mecânicas para pêra e banana, está relacionado a falta de conhecimentos técnicos principalmente na hora de transportar e coletar. O abacate foi a fruta climatérica que apresentou maior porcentagem de perdas em relação a pesquisa realizada (7,58%), seguido da manga (7,46%), a banana apresentou a menor porcentagem de perdas (5,14%), seguida da Pêra (5,88%). As perdas nos hortifrutis apresentaram baixíssima porcentagem, sendo bastante atípico para análise geral de perdas de frutas climatéricas, demonstrando assim, conhecimento dos comerciantes acerca da gestão de venda dos produtos.

Palavras-chave: Comercialização; Perfil socioeconômico; Setor hotifrutícola.

Abstract: The fruit growing sector is of extreme economic importance for our country, in addition to being an important source of consumption, it employs in all its stages of production. But the waste of products due to post-harvest losses is great, which lists damages for everyone. The objective of this work was to analyze the post-harvest losses of climacteric fruits in the municipality of Mata Roma. The survey was carried out between the months of July and August 2022, a questionnaire was applied covering aspects of the socioeconomic profile of the fruit and vegetable owners to determine through descriptive statistics the main causes of losses in the establishments. The mechanical losses for pears and bananas are related to the lack of technical knowledge, especially when it comes to transporting and collecting. Avocado was the climacteric fruit that presented the highest percentage of losses in relation to the research carried out (7.58%), followed by mango (7.46%), bananas had the lowest percentage of losses (5.14%), followed by of Pear (5.88%). Losses in fruit and vegetables showed a very low percentage, being quite atypical for the general analysis of losses of climacteric fruits,

thus demonstrating the knowledge of traders about the management of the sale of products.

Key Word: Commercialization; Socioeconomic profile; Fruit and vegetable sector.

INTRODUÇÃO

A produção brasileira de frutas continua superior a 40 milhões de toneladas por ano. De acordo com o ministério da agricultura, o setor fruticultor é o que mais emprega dentro do agro. São cerca de 5 milhões de empregos, o que corresponde a 16% da mão de obra do agro. (1).

O Maranhão reúne condições adequadas para a produção de diversas frutíferas, apresenta ainda uma localização geográfica estratégica, para realizar o escoamento da produção para todo o país, principalmente para as regiões Norte e Nordeste, além da possibilidade de exportação via portuária para outros países. Sobretudo, pelo fato de o estado importar a maior parte das frutas consumidas, demonstrando que há um importante nicho mercadológico com perspectiva de ser alcançado. (2)

As frutas podem ser classificadas como climatéricas, segundo ROSA et. al 2018 (3) os frutos climatéricos são aqueles que, na fase de maturação, apresentam um aumento rápido e acentuado na taxa respiratória, com amadurecimento imediato, tanto ligado à planta quanto fora dela, o que propicia que completem seu amadurecimento mesmo depois de colhidas. Desta forma, os produtos climatéricos podem passar por alterações fisiológicas e bioquímicas indesejáveis que resultam em maiores perdas durante o processo de comercialização, conforme as técnicas de conservação e manuseio empregadas, assim como o intervalo de tempo até o consumidor final (4)

Grandes quantidades de microrganismos estão associados a podridões em pós-colheita como fungos e bactérias que, por aberturas naturais ou ferimentos acidentais durante a colheita, penetram nos frutos, levando a perdas na produtividade. Ao penetrarem nos frutos, esses microrganismos podem deteriorar completamente os mesmos, levando a perda de massa e alterações em características físicas, químicas, sensoriais e visuais, causando diminuição no tempo de prateleira e a não aceitação pelo consumidor (5).

O período pós-colheita designa o intervalo entre a colheita e o consumo dos produtos agrícolas, contemplando as etapas de beneficiamento, armazenamento, transporte e comercialização. Existem várias técnicas utilizadas na conservação de frutas e hortaliças no período pós colheita de acordo com o destino do tipo de consumo e o destino do produto. (6)

Os elevados índices de percas pós-colheita de frutas e hortaliças no Brasil acontecem principalmente na comercialização. Atualmente, valores estipulados de desperdícios e perdas de alimentos estão em torno de US\$ 1 trilhão, sendo que US\$ 680 bilhões nos países industrializados e US\$ 310 bilhões nos países em desenvolvimento. Essas perdas causam uma série de prejuízos que vão desde o campo até o consumidor final, variando com o nível tecnológico, ações do consumidor e região geográfica (7).

Perdas em pós-colheita de frutas e hortaliças são muito significativos no mundo todo e variam de acordo com os produtos, variedades, cultivares, época do ano, formas de manuseio e área de produção. Essas percas podem ocorrer durante toda a cadeia de

produção, tendo início na colheita, transporte até o pacink-house, no armazenamento, em comercialização nos mercados ou em casa (8)

O presente trabalho teve como objetivo determinar e analisar as perdas pós-colheitas de frutos climatéricos em hortifrutis no município de Mata Roma-MA.

MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi realizada entre os meses de julho e agosto de 2022, em três estabelecimentos do segmento hortifrutícola, situados em Mata Roma, Maranhão, Brasil, inserida na mesorregião Leste Maranhense, coordenadas: latitude: 3° 37' 15" s - longitude 43° 6' 33" w. Conhecendo-se a origem das perdas e associando-as as culturas pesquisadas, estimou-se a porcentagem de perda, de cada cultura de hortaliças, através da seguinte fórmula:

$$\text{Perda (\%)} = \frac{C-V \times 100}{C}$$

Onde C representa volume médio de produto comprado/ semana (kg) e V representa o volume médio de produto vendido/semana (kg). Os resultados são expressos em % de perdas e apresentados em formato de tabela. As perdas relativas (PR) foram estimadas pela seguinte fórmula:

$$\text{PR (\%)} = \{[(VO - VV)/ VO] \times 100\}$$

Na qual, VO referiu-se ao volume da frutas ofertadas semanalmente (kg) e VV representou o volume da fruta vendida semanalmente (kg). Foi realizado estatística descritiva para confecção da tabela de perdas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na tabela a seguir (Tabela 1) temos o perfil socioeconômico dos comerciantes entrevistados, no qual podemos observar o nível de escolaridade, conhecimento técnicos, gestão e comercialização de hortifrútiis e o interesse deles em capacitação técnica.

Nos hortifrutis visitados, todos os comerciantes apresentaram ensino médio completo, baixo conhecimento técnico de produção, porém apresentaram médio e alto conhecimento técnico de gestão, isso significa que os comerciantes apresentam experiência com a comercialização dos produtos mas não sabem determinar a cadeia produtiva do fruto até o processo de venda e escoamento, o conhecimento de produção é essencial para escolha dos melhores métodos de transporte, beneficiamento e conservação pós-colheita do fruto, levando a pressupor que os comerciantes apenas recebem as mercadorias do campo, e não acompanham o processo de plantio até a colheita e pós-colheita.

Os comerciantes apresentaram alto conhecimento técnico de comercialização, reafirmando mais uma vez a capacidade técnica de vendabilidade dos produtos, escoamento dos hortifrutis até o consumidor e faturamento.

Tabela 1 – Perfil socioeconômico dos comerciantes do seguimento hortifrutícola, quanto a escolaridade e conhecimento técnico.

Variáveis	Categorias	Estabelecimentos (n=3)	% de estabelecimentos
Escolaridade	Não Alfabetizado	0	000
	Ensino Fundamental Incompleto	0	000
	Ensino Fundamental completo	0	000
	Ensino Médio Incompleto	0	000
	Ensino Médio completo	3	100
	Ensino Superior Incompleto	0	000
	Ensino Superior Completo	0	000
Conhec. Téc Produção	Alto	0	000
	Médio	0	000
	Baixo	3	100
Conhec. Téc Gestão	Alto	2	66,67
	Médio	1	33,33
	Baixo	0	00,00
Conhec. Téc Comercialização	Alto	3	100
	Médio	0	000
	Baixo	0	000
Interesse em Capacitação	Sim	2	66,67
	Não	1	33,33

De acordo com os dados obtidos (Tabela 1), podemos perceber o baixo conhecimento técnico de produção pelos entrevistados, porém, os entrevistados apresentaram interesse em capacitação. FALÉCO; JORGE (2017) (9) afirmam que o acesso a informação é um insumo estratégico para o processo de decisão e que pode refletir como uma vantagem competitiva no espaço de negociações do meio rural.

O desenvolvimento tecnológico, quando relacionado a alimentação da população em geral, deve continuamente ser desenvolvido para garantir uma produção sustentável. Para isso, as inovações devem ser acessíveis aos produtores, de modo a contribuir com a sua formação profissional continuada e a contínua melhoria produtiva. (10)

Na tabela 2, podemos observar os dados obtidos por meio questionário aplicado nas entrevistas sobre a compra, venda e perdas das frutas climatéricas no município em questão. Onde é determinada as principais causas de perdas que acometem os hortifrutis, afetando economicamente o setor produtivo de frutas climatéricas.

Tabela 2. Tabela de perdas semanais pós-colheita de frutas climatéricas.

Frutas climatéricas	VTC kg/sem	PR (%)	CV (%)	Causa de Perdas (%)			
				Fisiológica	Mecânicas	Fitopatológicas	Biológica
Banana	350	5,14	28	0	5,14	0	0
Abacate	66	7,58	36	7,58	0	0	0
Manga	67	7,46	39	7,46	0	0	0
Pêra	90	5,88	37	0	5,88	0	0

Por ser um fruto climatérico, a banana apresenta respiração muito ativa, responsável por uma série de transformações bioquímicas e fisiológicas durante seu amadurecimento, diferentemente do que foi observado segundo entrevista com os comerciantes (Tabela 2), no qual não foi apresentado perdas de banana por fator fisiológico e sim por ação mecânica, representando 5,14% das perdas, valor

significativamente baixo por se tratar de fruta climatérica, onde normalmente as perdas são bastante elevadas e distribuídas em duas ou mais tipos de perdas pós-colheita em função do seu ativo amadurecimento. Os frutos são colhidos ainda verdes, no estágio de completo desenvolvimento fisiológico indicado, nessa cultivar, pelo desaparecimento das quinças dos frutos (11).

Segundo De Souza (2019) (12) a banana é um fruto muito sensível, e muitas das caudas de perdas mecânicas ocorrem desde a colheita, mesmo não sendo possível observar as manchas nos frutos verdes, quando amadurecem, percebe-se o escurecimento dos tecidos, o que diminui seu valor comercial. O autor ainda relatou em seu trabalho que os danos mais severos foram notados durante a colheita e condução dos cachos para o galpão de embalagem, e que houve um dano no fruto ocasionado por corte com facão, decorrente do procedimento de colheita e dano por impacto localizados nos ápices dos frutos, que podem ser ocasionados pela força na deposição do cacho ao solo.

Mebratie et al. (2017)¹³ ao estudarem a cadeia de produção de bananas na Etiópia, verificaram que os danos mecânicos nos frutos foram a principal causa de perdas pós-colheita no seguimento de produção.

Já as perdas fisiológicas encontradas para o abacate (7,58%) e manga (7,46%), deve-se ao fato da má exposição nas prateleiras, o recomendado é que sejam expostos em locais refrigerados, para aumentar o tempo de vida útil da fruta, aumentando assim a respiração.

A comercialização do fruto abacate necessita de um alto padrão de qualidade exigindo requisitos de segurança alimentar e cuidados nutricionais, além dos requisitos referentes aos aspectos de aparência, textura e sabor (14). Devido a suas qualidades nutricionais, organolépticas e suas diversas variedades de preparo, o consumo do abacate tem aumentado consideravelmente nos últimos anos, elevando seus números de importação e exportação. (15)

O controle do amadurecimento é fundamental para o aumento da vida útil após a colheita, visando ao mercado interno e à exportação de frutas. O principal fator que limita o transporte e o tempo de comercialização, e que deprecia a qualidade pós-colheita da fruta, é o amolecimento excessivo decorrente do amadurecimento. Dentre estas limitações, destaca-se o amadurecimento muito rápido do fruto, o manejo inadequado do produto a partir de sua colheita, transportes, embalagem, climatização e manuseio, favorecendo curta vida útil do abacate (16)

A manga é produzida em mais de 90 países. No ano de 2017, o Brasil foi o sétimo maior produtor o quarto maior exportador do mundo, com uma produção de 1.087.091 toneladas e com uma área plantada de 64.463 hectares, gerando uma receita de R\$ 984.294.000. As regiões de destaque dessa cultura são Nordeste e Sudeste, com a produção respectiva de 812.275 e 260.543 toneladas (17,18).

As perdas causadas pelas podridões pós-colheitas dos frutos na cadeia de produção podem chegar a 30%. Nas condições de clima quente e seco do Nordeste, *Fusicoccum aesculi* Corda (1829), *Lasiodiplodia theobromae* (Pat.) Griffon Maubl. (1909) e *Neofusicoccum parvum* (Pennycook & Samuels) Crus, juntamente com as

espécies de *colletotrichum*, são os principais causadores de podridão pós-colheita de frutos de manga (19).

Além disso, a manga é uma fruta com vários compostos bioativos, como o ácido ascórbico, β -caroteno e polifenóis, que contribuem para propriedades antioxidantes e nutricionais (20). Em linhas gerais, o conhecimento dessas características se faz necessário para melhor atender as demandas do consumidor, assim como permite a agregação de valor a cultivares que possuam características diferenciadas, principalmente quando é possível atingir mercados mais exigentes. No entanto, por ser uma fruta climatérica, a manga tem curta vida útil e se faz necessário o uso de técnicas como a refrigeração, atmosfera controlada, uso de inibidores de etileno, a exemplo do 1-metilclicopropano (1-MCP), e revestimentos biodegradáveis para a manutenção da qualidade e o aumento do período de armazenamento. (21)

As perdas mecânicas para pêra e banana, está relacionado a falta de conhecimentos técnicos principalmente na hora de transportar e coletar. Pois o impacto do mal armazenamento para o transporte, ou a colheita feita de forma errônea, danifica o fruto e aumenta os riscos de danos, danos esses irreparáveis. Para se evitar tal risco, torna-se necessário maior cuidado na coleta, evitar qualquer tipo de pancada diretamente no fruto, manutenção nos armazenamentos, evitar pilhas grandes, utilizando caixas, principalmente na hora do transporte. Em relação as perdas foram encontradas valores parecidos por Ferreira et, al. 2019 (22), manga (7,80%) e banana (7.60%), o que pode ser considerado perdas médias. A produção nacional de peras é pequena, tendo sido registradas somente 15 mil toneladas no ano de 2016 (23). A pera é uma fruta muito consumida ao natural, mas usada também na culinária e em doces em calda e outros, tais como néctar, suco, sorvete e iogurte. No mercado brasileiro, predominam as variedades Williams e Rocha, esta importada de Portugal. Outras também são importadas, o que dá o fornecimento da fruta durante o ano todo, embora sempre conservada a frio, o que pode levar a perdas quando colocada a venda sem refrigeração, sendo comum o escurecimento interno, que inviabiliza ou prejudica seu consumo. A pera nacional é comercializada de janeiro a abril, e a importada durante todo o ano, mas com maior oferta entre fevereiro e setembro. (24)

Para reduzir as perdas de frutas e hortaliças são necessárias ações em todas as fases da cadeia logística destes produtos, desde a colheita e os processos de limpeza, classificação, embalagem, estocagem e transporte (25). Recomenda-se então maior cuidado desde a colheita, até a chegada do produto as prateleiras, tendo assim maior efetividade, e menos perdas mecânicas, devido a armazenamento e transporte inadequado.

CONCLUSÕES

Os comerciantes apresentam nível de conhecimento médio, todos possuem ensino médio completo e a maioria mostrou interesse em adquirir conhecimento técnico, principalmente na área de produção.

Em relação as perdas, o abacate foi a fruta climatérica que apresentou maior porcentagem de perdas em relação a pesquisa realizada (7,58%), seguido da manga

(7,46%), a banana apresentou a menor porcentagem de perdas (5,14%), seguida da Pêra (5,88%). As perdas nos hortifrutis apresentaram baixíssima porcentagem, sendo bastante atípico para análise geral de perdas de frutas climatéricas, isso demonstra haver conhecimento dos comerciantes em relação a cadeia de venda, perecibilidade dos produtos e armazenamento adequado para aumento da vida útil dos produtos e maior tempo de prateleira.

REFERÊNCIAS

- 1 Kist B. B., De Carvalho, C., Beling R. R., Anuário brasileiro de Horti&Fruti 2021. Santa Cruz do Sul : Editora Gazeta Santa Cruz, 2021 ISSN 2107-0897
- 2 Almeida E. I. B., Ferrão G. da E., Marques J. I., Sousa W. da S., Perdas pós-colheita de frutas e hortaliças no Maranhão. São Luís. EDUFMA. 2020
- 3 ROSA C.I.L.F., MORIBE A.M., YAMAMOTO L.Y., SPERANDIO D. Pós-colheita e comercialização. 2018 In: BRANDÃO FILHO J.U.T., FREITAS P.S.L., BERIAN, L.O.S., and GOTO, R., comps. Hortaliças-fruto [online]. Maringá: EDUEM, pp. 489-526. ISBN: 978-65-86383-01-0.
- 4 AMORIM D. J., ALMEIDA E. I. B., FERRÃO G. I.; PIRES I. C. G. Análise da qualidade e do preço de hortaliças comercializadas no mercado varejista de Chapadinha (MA). 2017. Revista Agrotrópica, Ilhéus, v.29, n.2, p.151-156, 2017.
- 5 OLIVEIRA J. C. F. Efeito no revestimento de própolis verde na qualidade de frutos de mamão formosa (*Carica papaya* L.). 2018. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Federal de Mato Grosso, Mato Grosso, 2018).
- 6 CAVALLARI L. G., BRITO P. O., LEITE V. C., Deficiências do manejo pós-colheita de frutas e hortaliças no Brasil. 2018. Sétima Jornada Científica e Tecnológica da Fatec de Botucatu, Botucatu-SP, 2018.
- 7 SOARES A. G., JÚNIOR M. F., Perda de frutas e hortaliças relacionadas a etapa de colheita, transporte e armazenamento. 2018. Desperdício de alimentos: velhos hábitos, novos desafios. Caxias do Sul, RS: Educs, 2018.
- 8 YAHIA E. M., FONSECA, J. M., KITINOJA, L. Postharvest Losses and Waste. Postharvest Technology of Perishable Horticultural Commodities. 2019. 1. ed. Woodhead Publishing, p. 43-69, 2019.
- 9 Faléco L.L., Jorge C.F.B. O uso da informação e a sua aplicação como insumo estratégico para o agronegócio. 2017. Revista Inteligência Competitiva, 7(3), 95-117.
- 10 Cajavilca E.S.R., Marques N.S., Melo E.M., Santana, V.G., Sales G.F., Lobo R.S. Análise de patentes do mercado de alimentos industrializados no mundo com base na classificação "A" da WIPO. 2014 Cadernos de Prospecção, 7(4), 612-621.
- 11 CAMPOS R. P., VALENTE J. P., PEREIRA W. E. Conservação pós-colheita de banana cv. nanicão climatizada e comercializada em Cuiabá-MT e região. 2003. Revista Brasileira de Fruticultura, [S. l.], v. 25, n. 1, p. 172-174, 2003
- 12 DE SOUZA E. I. A. Perdas pós-colheita em bananas produzidas em Rio Preto da Eva, Amazonas. 2019. Manaus. Universidade Federal do Amazonas. 2019
- 13 MEBRATIE, Muluaem Azene; et al. Determinants of postharvest banana loss in the marketing chain of Central Ethiopia. Food Science and Quality Management, v.37, p.52-63, 2017

- 14 VALE, B. S. Análise da Viabilidade Econômica da Produção de Abacate. 2017. Brasília: DF. Universidade de Brasília - UNB Faculdade De Agronomia E Medicina Veterinária, p.35. 2017.
- 15 PIGOZZI, MARIANA TEIXEIRA. Revestimento com álcool polivinílico e amido na conservação pós-colheita de abacate e mamão. 2019. 52 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia - Produção Vegetal) - Universidade Federal de Viçosa, Rio Paranaíba. 2019.
- 16 NETO S. E. A., DE FARIA J. A., OLIVEIRA E. B. De L., FERREIRA R. L. F., Qualidade de frutos de abacate cv. Fuerte tratados com de revestimento natural. *Scientia Naturalis*. 2019;1;35-44.
- 17 FAO. Food and agriculture organization of the United Nations. FAOSTAT. Food and agriculture data. Disponível em: <http://www.fao.org/faostat/en/#data>. Acesso em: 25 Set 2022
- 18 IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Sistema IBGE de recuperação automática – SIDRA. Disponível em: Acesso em: 15 Set 2022.
- 19 COSTA, V.S. DE O. et al. Species of Botryosphaeriaceae associated on mango in Brazil. 2010 *Eur. J. Plant Pathol.* 127, 590-591, 2010.
- 20 NTSOANE M. L., SASSE M. Z., MAHAJAN P., SIVAKUMAR D., Quality assesment and postharvest technology of mango: A review of its current status and future perspectives. *Scientia Horticulturae*. 2019. 249. 77-85.
- 21 RODRIGUES A. A. M., Revestimentos e filmes biodegradáveis de diferentes fontes amiláceas: caracterização e aplicação póscolheita em manga [Tese]. AREIA: Universidade Federal da Paraíba. 2019
- 22 FERREIRA L. de S., Perdas pós-colheita de hortifrútiis, em sete municípios maranhenses, inseridos em diferentes microrregiões [dissertação]. Chapadinha: Universidade Federal do Maranhão. 2019
- 23 FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Roma: FAOSTAT Database Gateway-FAO. Disponível em: <<http://faostat3.fao.org/>> Acesso em: 15 Set 2022.
- 24 DE SOUZA P. D., DURANTE T. P. Y., GALANTE R. M., WERLE L. O., Cinéticade secagem depera Argentina (*Pyrus communis* L.)e pera Willians (*Pyrus communis* 'Williams'). *Braz J of Develop.* 2020;6; 51931-51940.
- 25 SPAGNOL W. A., SILVEIRA JUNIOR V., PEREIRA E., GUIMARÃES FILHO N., Redução de perdas nas cadeias de frutas e hortaliças pela análise da vida útil dinâmica. 2018. *Brazilian Journal of Food Technology*, v. 21, p. 1-10, 2018.

CAPÍTULO 15

UTILIZAÇÃO DE REGULADORES VEGETAIS NA AGRICULTURA

Djanildo Francisco da Silva Júnior^{1*}; Ivanildo Pereira de Mendonça Filho¹;
Lindemberg Timóteo dos Santos¹; Gardênia Maul de Andrade¹; Thyago
Augusto Medeiros Lira²; Mileny dos Santos de Souza³

¹Graduando em Agronomia – Faculdades Nova Esperança (FACENE); *E-mail: franciscodjann@gmail.com

² Docente do curso de Agronomia - Faculdades Nova Esperança (FACENE)

³Docente do Programa de Pós-graduação em Agronomia – Campus de Engenharias e Ciências Agrárias, Universidade Federal de Alagoas, CECA/UFAL

Resumo: As plantas são organismos complexos multicelulares, seu crescimento e desenvolvimento é totalmente dependente de um extraordinário meio de coordenação entre suas células. A sincronização entre as células, só é possível pela sinalização e atuação dos hormônios vegetais, que são produzidos em diferentes partes e estágios das plantas. Diante do exposto, o objetivo dessa revisão é mostrar como é a ação dos principais reguladores vegetais e seus benefícios na agricultura. Dentre os principais fitohormônios os mais conhecidos e explorados na produção vegetal são as auxinas, giberelinas, citocininas, etileno e o ácido abscísico. Todos são produzidos naturalmente pelas plantas, e entender como isso ocorre, pode contribuir com o aumento da produtividade em diferentes culturas. A auxina tem aplicação na propagação de mudas, pois facilita o desenvolvimento meristemático. A giberelina é empregada no processo germinação de sementes, iniciação floral, determinação do sexo e frutificação. A citocinina, estimula a divisão celular, o desenvolvimento de tecidos e células isoladas, além de acelerar o desenvolvimento embrionário das plantas. O etileno pode ser considerado um gás, onde é muito utilizado na pós colheita para induzir a maturação dos frutos. O ácido abscísico, tem aplicabilidade na indução da germinação de sementes e regulação estomática. Contudo, o uso de hormônios vegetais na agricultura é uma alternativa que pode otimizar o processo produtivo nas lavouras, contribuindo com uma maior produtividade, e diversificação da produção agrícola em áreas com condições climáticas não tão favoráveis.

Palavras-chave: ácido abscísico; auxina; citocinina; etileno; giberelina;

Abstract: Plants are complex multicellular organisms, their growth and development is totally dependent on an extraordinary means of coordination between their cells. Synchronization between cells is only possible through the signaling and action of plant hormones, which are produced in different parts and stages of plants. Given the above, the objective of this review is to show how the main plant regulators work and their benefits in agriculture. Among the main phytohormones, the most known and exploited

in plant production are auxins, gibberellins, cytokinins, ethylene and abscisic acid. All are naturally produced by plants, and understanding how this occurs can contribute to increased productivity in different cultures. Auxin has application in seedling propagation, as it facilitates meristematic development. Gibberellin is used in the process of seed germination, floral initiation, sex determination and fruiting. Cytokinin stimulates cell division, the development of tissues and isolated cells, in addition to accelerating the embryonic development of plants. Ethylene can be considered a gas, where it is widely used in post-harvest to induce fruit maturation. Abscisic acid has applicability in the induction of seed germination and stomatal regulation. However, the use of plant hormones in agriculture is an alternative that can optimize the production process in crops, contributing to greater productivity and diversification of agricultural production in areas with not so favorable climatic conditions.

Key Word: abscisic acid; auxin; cytokinin; ethylene; gibberellin;

INTRODUÇÃO

As plantas são organismos complexos multicelulares, sendo necessário, para que ocorra o desenvolvimento ordenado de cada organismo, um extraordinário meio de coordenação entre as células, para coordenar essas atividades, as células das plantas devem ser capazes de se comunicar, frequentemente a diferentes distâncias. Os hormônios são os principais meios de comunicação das plantas, mensageiros químicos que carregam a informação entre as células e dessa forma, coordenam o seu crescimento e desenvolvimento (RAMOS, 2011).

No século passado estudos já revelavam que o desenvolvimento das plantas é regulado por hormônios vegetais, as auxinas, giberélica, citocininas, etileno e ácido abscísico. As moléculas receptoras específicas correspondentes para cada um desses hormônios estão presentes nas células alvo. A ligação hormônio receptor parece desencadear algumas respostas, promovendo e inibindo vários aspectos no decorrer do desenvolvimento da planta, podendo atuar sozinhos ou em conjunto (LACERDA, 2002; LARCHER, 2000; SANTOS, 2004).

Os reguladores de crescimento são compostos orgânicos, naturais ou sintéticos, que em quantidades pequenas, impedem ou transformam processos morfológicos do vegetal. Essas substâncias tanto podem ser aplicadas em raízes, folhas, frutos e sementes, com a finalidade de incrementar a produção, melhorar a qualidade e facilitar a colheita (RAMOS, 2011).

A utilização de reguladores vegetais na agricultura tem mostrado grande potencial no aumento da produtividade, embora sua utilização ainda não seja uma prática rotineira em culturas que não atingiram alto nível tecnológico. A partir da descoberta dos efeitos dos reguladores vegetais sobre as plantas cultivadas, e dos benefícios promovidos, combinações desses produtos têm sido avaliadas com intuito de aumentar a produtividade das culturas (CASTRO e VIEIRA, 2001; SANTOS, 2004). Diante do exposto, o objetivo dessa revisão é mostrar como é a ação dos principais reguladores vegetais e seus benefícios na agricultura.

RESPOSTA ESPECÍFICAS E USOS NA AGRICULTURA

- **Auxinas**

Existem várias auxinas naturais, que podem ser encontradas dependendo da espécie, da idade da planta, da estação do ano e das condições sob as quais a planta se desenvolve, outras auxinas naturais podem ser encontradas, como um análogo clorado do AIA, o ácido 4-cloroindolil-3-acético (4-cloroAIA), o ácido fenilacético e o ácido indolil-3-butírico (AIB), no entanto a forma natural mais abundante é o AIA. Ainda faltam informações mais precisas a respeito da fisiologia e bioquímica desses últimos três compostos, existindo controvérsias se eles atuam realmente como hormônios nas plantas (KERBAUY, 2004; RAMOS, 2011).

Esse hormônio induz à extrusão de prótons que acidifica e alarga a parede celular, e através da entrada da água com o afrouxamento da parede celular ocorre redução de turgor há aumento da extensão da célula. A auxina, tem como principais funções a regulação e promoção de crescimento, por alongamento do caule e coleótilos, ainda atua no alongamento ou inibição de raízes (em função da concentração), nos tropismos, e na iniciação do crescimento de raízes laterais (TAIZ; ZEIGER, 2004; RAMOS, 2011).

O gradiente de auxina influencia a diferenciação dos tecidos vasculares nos ramos em alongamento. Isso se deve a atividade mitótica em função do aumento de volume das células meristemáticas do ápice. As auxinas são encontradas justamente nas regiões do caule que se alongam com maior frequência. Contudo, para que as células se expandam, a parede celular, que é rígida, deve ser afrouxada de alguma maneira, esse processo é induzido pela acidificação da parede celular (FERRI, 2000; RAVEN et al., 2001; TAIZ; ZEIGER, 2004; RAMOS, 2011).

A auxina induz a acidificação da parede celular, e o conseqüente afrouxamento, induz outros processos importantes que proporcionam a continuidade do crescimento da célula: como os aumentos na absorção de solutos osmóticos, e na atividade de certas enzimas que estão relacionadas com a biossíntese de polissacarídeos da parede; também atua na regulação de dominância apical, abscisão de folhas, diferenciação vascular, formação de gemas florais e desenvolvimento de frutos (KERBAUY, 2004; RAMOS, 2011). Por essas e outras funções sobre as plantas, o emprego de produtos a base de auxinas já é uma realidade no meio agrícola.

Rocha et al. (2021), submetem a planta ora-pro-nóbis (*Pereskia Aculeata* Mill) a diferentes concentrações de ácido indolbutírico, e concluíram que as concentrações de 2000 e 4000 mg.L⁻¹ demonstraram os melhores resultados para número de raízes por estacas semi-lenhosas e lenhosas. Martins (2021), observou que auxina retardou o processo de amadurecimento do fruto do melão amarelo cv. Eldorado. Santos (2021), testando enraizadores de estacas de café conillon em diferentes concentrações de ácido indolbutírico e ácido bórico constatou que a dosagem de 1000 mg.L⁻¹ proporcionou o melhor enraizamento das estacas. Elias Júnior (2020), efetuando a produção de mudas de maracujazeiro amarelo com uso de bioestimulante observou que a dose de 2 mL/L de um produto a base de auxina promoveu a melhor resposta para massa seca e massa fresca da raiz, do caule e das folhas dessa espécie.

- **Giberelinas**

As giberelinas possuem funções importantes, pois são responsáveis por estimularem o alongamento e a divisão celular, promoverem germinação de sementes, iniciação floral, determinação do sexo e frutificação. Esse fito-hormônio ainda tem a capacidade de induzir floração em plantas mantidas em condições não indutivas. (LACERDA, 2002; RAMOS, 20011). Dependendo da espécie a aplicação de giberelinas pode regular a juvenilidade em ambos os sentidos, em plantas monoicas o ácido giberélico tem efeitos sobre a determinação do sexo, ocorrência geneticamente regulado, mas também influenciado por outros fatores, especialmente ambientais (KERBAUY, 2006; FERRI, 2001).

A germinação de sementes, está associada à ação das giberelinas, que em combinação com as citocininas, podem promover a germinação e minimizar os efeitos

inibitórios do ácido abscísico ABA, de maneira geral, o efeito principal do AG nas sementes parece estar associado à indução das enzimas que degradam o amido no endosperma (KERBAUY, 2006). As giberelinas podem não estar presente em tecidos com ausência completa de auxina, e os efeitos da giberelina no crescimento podem depender da acidificação da parede celular induzida por auxina (TAIZ e ZEIGER, 2004).

Uma das principais funções das giberelinas, é controlar o crescimento do caule, pois, este tem a capacidade de reverter o nanismo. Dal Cin (2020), estudando a ação de giberelina e auxina no desenvolvimento da planta e na qualidade de tomates gaúcho, observou que os tomateiros tratados com giberelica a 10^6 M obtiveram um maior diâmetro do caule.

Além dessa característica, a giberelina, auxilia e outros processos metabólicos nos vegetais. Raul et al. (2021), usando benzilaminopurina e giberelina no processo germinativo do araçazeiro amarelo, observaram que o emprego da giberelina obteve efeitos positivos sendo recomendado o seu uso na concentração de 50 mg.L^{-1} para obter melhores respostas germinativas. Freitas et al. (2018), avaliaram o crescimento de *Spondias tuberosa* tratadas com doses de giberelina, e constataram que as doses de ácido giberélico proporcionaram potente crescimento vegetativo, permitindo maior crescimento e estabelecimento em campo.

Boromelo et al. (2022), observando os efeitos da giberelina sobre o número de flores e frutos na cultura do morango em sistema semi-hidropônico, inferiram que a aplicação desse regulador aumentou o número de flores e pseudofrutos, algo que contribuiu para o aumento da produtividade. Simão et al. (2019), estudando interferência do hormônio giberelina no desenvolvimento inicial da cultura da cana-de-açúcar, constataram que a o hormônio beneficiou um aumento significativo na cultura induzindo o maior perfilhamento e maiores valores de diâmetro do caule e altura das plantas.

Pires et al. (2020), testaram o crescimento de plantas de umbuzeiro sob diferentes concentrações de giberelina, e concluíram que esse hormônio influenciou no crescimento vegetativo das mudas. Esses autores supracitados, verificaram também que esse hormônio pode contribuir no aumento da raiz, do caule e da área foliar.

O emprego da giberelina, pode ser uma aliada no manejo de patógenos. Rodrigues et al. (2018), promoveram a indução de tolerância à murcha bacteriana em

híbridos de tomateiros por aplicação de giberelina, verificaram que esse hormônio é capaz de induzir a resistência a essa doença, porém depende do período que é aplicado, do híbrido e da variedade utilizada. Porém, esses autores recomendam que a giberelina aplicada 24 dias após a semeadura, foi a que propiciou mais benefícios aos diferentes híbridos de tomateiros.

- **Citocininas**

As citocininas são responsáveis por estimular a divisão celular, promovendo o desenvolvimento de tecidos e células isoladas, como também acelerar o desenvolvimento de embriões nas plantas (TAIZ e ZEIGER, 2004). Segundo Ramos (2011), as proporções de auxinas e citocininas colocadas em cultura de tecidos, influenciaram o tipo de diferenciação celular. A proporção do ácido indolacético (AIA), quando é superior à de citocininas, certas regiões dos tecidos em cultura formam raízes. Proporções maiores de citocininas resultam no desenvolvimento de caules (KERBAUY, 2004), dessa forma a divisão e a diferenciação celular exigem a ação conjunta e harmônica de dois hormônios vegetais: auxinas e cinetina, porém a cinetina não existe em plantas, mas citocininas, apresentam atividades similares à cinetina.

As citocininas também atuam em associação com as auxinas no **controle da dominância apical**, formação de brotos, senescência das folhas, crescimento das raízes, germinação das sementes e respostas ao estresse (TAIZ; ZEIGER, 2004; BARCISZEWSKI et al., 2006). As citocininas, se caracterizam por apresentar uma alta capacidade de induzir a formação de grande número de brotos, e alta taxa de multiplicação em muitos sistemas de micropropagação. Outras citocininas foram identificadas como: zeatina ribosídeo e isopentenil adenosina, que na planta são sintetizadas principalmente nas raízes e transportadas no xilema para outras partes da planta (RAVEN et al., 2001; LACERDA, 2002; MARTINELLI et al. 1985). O uso da citocinina na agricultura tem um fator positivo em função desses mecanismos de atuação na planta.

Silva et al. (2017), avaliando o efeito da citocinina 6-benzilaminopurina (BAP) sobre o estabelecimento *in vitro* de segmentos nodais de *Rosa* sp., constataram que a variação da aplicação desse tipo de citocinina influenciou positivamente o número de explantes *in vitro* da espécie estudada, e proporcionou uma maior sobrevivência e brotações nos segmentos nodais da *Rosa* sp.

Cruvinel, Vasconcelos e Martelleto (2019), estudando o efeitos da citocinina benzilaminopurina na estaquia de plantas de pitaya (*Hylocereus undatus*) observaram que dentro dos limites das concentrações adotadas (0,50, 100 e 150 mg.L⁻¹), a aplicação desse hormônio promoveu o aumento de brotações emitidas pela estacas da planta.

Façanha et al. (2018), fazendo uso de BAP e metatopolina na indução e proliferação de brotações *in vitro* da bananeira cultivar Pacovan, verificaram que a inclusão de citocinina na fase de indução de brotação na bananeira cultivada *in vitro* foi maior aos 150 dias. Além disso, o aumento gradual da dosagem do hormônio possibilidade elevação entre 40% e 60% na taxa de multiplicação *in vitro* da cultivar Pacovan.

- **Etileno**

O etileno é o composto orgânico mais simples, é um gás que age como regulador de crescimento e participa de regulação dos processos fisiológicos das plantas. É um gás (C₂H₄) sintetizado a partir de metionina na maioria dos tecidos em resposta ao estresse, especialmente em tecidos senescentes ou em amadurecimento, que se movimenta por difusão a partir do sítio de síntese. O etileno é o único hidrocarboneto, com efeito pronunciado nas plantas (RAVEN et al., 2001; TAIZ; ZEIGER, 2004).

A síntese do etileno começa com o aminoácido metionina, que reage com adenosina trifosfato (ATP) para formar um composto conhecido como S-adenosilmetionina (SAM), após isso, o SAM é quebrado em dois compostos diferentes, um dos quais é chamado de ACC (ácido 1- aminociclopropano-1-carboxílico), assim as enzimas do tonoplasto então convertem o ACC em etileno (RAVEN et al., 2001). O gás etileno, possui a vantagem como regulador do crescimento, isto reside no fato de que não exige atividade metabólica para seu transporte e, em certos casos, para sua inativação (RAMOS, 2011). Uma das principais aplicações desse hormônio é na maturação de frutos.

Ribeiro, Lima e Mizobutsi (2019), estudando o desverdecimento do cajá manga com o uso de etileno, concluíram que o uso de Ethrel® foi efetivo no processo de maturação. Os autores ainda ressaltaram, que as dosagens de 1,50 e 2,25 ppm do produto proporcionaram um acelerador da maturação sem causar danos físico-químicos aos frutos. Benassi (2020), estudando o comportamento do cafeeiro após aplicação de doses

de maturador na primeira safra, constatou que a depender da dosagem aplicada do produto Ethrel®, este influencia positivamente no desenvolvimento vegetativo da planta e no seu potencial produtivo.

Silva et al. (2019), avaliando os efeitos da aplicação de etileno exógeno em tomates em cachos provenientes do sistema de produção sustentável, inferiram que o uso desse hormônio, teve efeito na diferenciação da coloração do tomate, onde os frutos expostos ao produto por 24 horas apresentaram maior uniformidade na coloração, cerca de 85% dos frutos ficaram maduros.

- **Ácido Abscísico**

O ácido abscísico (ABA) é sintetizado principalmente nas folhas e sementes, tem a capacidade de regular vários processos no ciclo de vida das plantas. Proveniente de plantas superiores, é um sesquiterpeno derivado a partir do 9'-cis-xantoxina (C40) que origina na rota metabólica a xantoxina (C15). O ABA está envolvido nas respostas a estresses ambientais, como déficit hídrico, temperatura reduzida e alta salinidade. Ele desempenha função importante no desenvolvimento e germinação das sementes (KERBAUY, 2001; RAVEN et al., 2001; RAMOS, 2011; SRIVASTAVA, 2002; LACERDA, 2002).

O ABA promove o fechamento estomático, induz o transporte de fotoassimilados das folhas para sementes em desenvolvimento, induz a síntese de proteínas e a embriogênese pode interferir a indução de dormência nas sementes e gemas de certas espécies. Sendo facilmente transportado pelo floema, xilema e células parenquimáticas, havendo intercâmbio entre folhas adultas, folhas jovens e raízes. Exerce múltiplos efeitos nas plantas, geralmente relacionados à atividade dos hormônios supracitados (RAVEN et al., 2001; TAIZ; ZEIGER, 2004; RAMOS, 2011).

A participação do ABA na senescência, não está bem elucidada quanto à promoção desse processo pelo etileno. O ABA inibiu o crescimento de sementes de soja, o que indica que o fito-hormônio atuou inibindo a atividade de dreno das sementes, no estágio de desenvolvimento utilizado, conseqüentemente, o fluxo de nutrientes das vagens diminuiu e o crescimento foi inibido (KERBAUY, 2001). A utilização de ABA

na agricultura, ainda tem um direcionamento voltado para manejo de estresse hídrico nas plantas.

Susin (2020), estudando a aplicação de ácido abscísico e Etheform® na qualidade de uvas Merlot para vinificação, constatou que a aplicação de ABA aos 15 dias antes da colheita na concentração de 600 mg.L⁻¹ apresentou efeitos positivos no incremento de teores de compostos fenólicos e antocianinas nos vinhos feitos com a espécie em estudo. Melo et al. (2019), aplicando ácido abscísico via foliar na cultura da seringueira, observaram que esse procedimento desencadeia, por meio do hormônio, mecanismos que proporcionam uma tolerância a deficiência hídrica por parte das plantas de seringueira.

Froölech (2022), estudando correlação do ácido abscísico na caracterização da uva 'Niágara Rosada' em clima temperado, observou que a cultivar em estudo apresenta boas características de desenvolvimento e produção satisfatórias na região de Pelotas-RS, onde o emprego do S-ABA pode potencializar essas características devido a relação com os fatores físico-químicos dos frutos.

Bittencourt (2020), analisando as respostas fisiológicas de pimenteira ornamental (*Capsicum chinense*) envasada ao déficit hídrico e ácido abscísico, constatou que a aplicação de ABA causou redução da condutância estomática nas plantas permanentemente irrigadas favorecendo o decréscimo da fotossíntese uma vez que esse hormônio atua no controle da evapotranspiração. Além disso, aplicação desse fitohormônio promoveu maiores níveis de carotenoides, clorofila a, clorofila b, clorofila total em plantas sobe déficit hídrico.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O emprego de reguladores de crescimento, apresenta grande importância e influencia na produção vegetal. A partir do seu entendimento e uso, é possível modificar, antecipar e melhorar diversos processos fisiológicos naturais das plantas, culminando em uma maior produtividade e aproveitamento dos recursos.

O uso de auxinas atua no mecanismo de controle do crescimento de caule, folhas e raízes, estimulando a atividade cambial em plantas lenhosas, no desenvolvimento de flores, e na dominância apical, influenciando a permeabilidade das membranas, dessa forma as auxinas desempenha papel fundamental por agir na diferenciação de tecidos vasculares.

As giberelinas coordenam a expressão sexual, induzem a floração, afetam o tamanho e a forma dos frutos, estimulam a partenocarpia, e o alongamento do caule e promovem a germinação e a superação de dormência de sementes e gemas, além de influenciar a transcrição genética.

As citocininas estão comprometidas com o processo de tradução genética, além de estimular a divisão e o alongamento celular, controlar a morfogênese e a formação de órgãos em cultura de tecidos, atuando no retardamento da senescência foliar, mantendo a permeabilidade da membrana dos estômatos e promovendo a superação da dominância apical.

O etileno, mesmo sendo um gás, passou a ser considerado um hormônio vegetal por ser um produto de ocorrência natural nas plantas, promovendo alterações no seu crescimento e desenvolvimento. Os efeitos mais marcantes do etileno ocorrem no amadurecimento de frutos, na abscisão de folhas e frutos, na floração e na senescência.

Os inibidores (ácido abscísico) são substâncias que retardam os processos de crescimento e desenvolvimento das plantas. Podem agir como antagonistas de promotores como auxinas, giberelinas e citocininas ao inibir o alongamento de raízes e caules, a germinação de sementes e o brotamento de gemas.

Esses produtos podem ser utilizados na agricultura de forma a auxiliar no processo de crescimento e desenvolvimento das culturas. Os fito-hormônios podem ser inseridos no processo de produção de mudas, uniformização de frutos e reduzir perdas na pós-colheita.

REFERÊNCIAS

1. Ramos, PC. Crescimento vegetativo de plantas de pinhão manso (*Jatropha curcas* L.) sob diferentes tipos de reguladores de crescimento em Gurupi-TO. [Dissertação]. Gurupi: Universidade Federal Do Tocantins. 2011.
2. Lacerda, CF. (2002) Hormônios e Reguladores de Crescimento. In: Fisiologia Vegetal. UFC, Fortaleza, 356p.
3. Larcher, W. Ecofisiologia Vegetal. São Carlos, RiMa. São Paulo. p. 529, 2000.
4. Santos, CMG. Ação de bioestimulante na germinação de sementes, vigor de plântulas e crescimento do algodoeiro. [Dissertação]. Cruz das Almas: Universidade Federal do Recôncavo da Bahia. 2013.

5. Castro, PRC. Aplicações de reguladores vegetais na agricultura tropical. Guaíba: Agropecuária, 132 p. 2001.
6. Kerbauy, GB. Fisiologia vegetal. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2004. 452 p. Federal do Rio Grande do Sul: Evangraf, 2005.
7. Taiz, L. Fisiologia Vegetal. Art Med Editora S.A., Porto Alegre, RS, 719p., 2004.
8. Ferri, MG. Fisiologia Vegetal II. Ed. EDUSP, 350p. 2002.
9. Raven, PH. Evert, RF. Eichhor, SE. Biologia vegetal. 6 ed. Guanabara Koogan; 2001.
10. Rocha, LV et al. Indução de enraizamento de ora-pro-nobis (*Pereskia Aculeata* Mill) sob diferentes concentrações de ácido indolbutírico. *Nature and Conservation*. 2021: 14(1), 101-106.
11. Martins, WS. Efeitos antagônicos de auxinas e sacarose exógenos sobre o amadurecimento do melão amarelo cv. eldorado não climatérico. [Dissertação]. Ponta Grossa: Universidade Estadual de Ponta Grossa, 2021.
12. Júnior, E. Produção de mudas de maracujazeiro amarelo com o uso de bioestimulante. [Trabalho de Conclusão de Curso]. Varginha: Centro Universitário Sul de Minas. 2020.
13. Kerbauy, GB. Fisiologia vegetal. Rio de Janeiro. Evangraf; 2005.
14. Cerezer, B. Dal Cin, G. Ação de giberelina e auxina no desenvolvimento da planta e na qualidade de tomates' Gaúcho'. [Trabalho de Conclusão de Curso]. São Miguel do Oeste: Instituto Federal de Santa Catarina. 2020.
15. Rau, TG et al. Benzilaminopurina e giberelina no processo germinativo do araçazeiro amarelo. *Pesquisa, Sociedade e Desenvolvimento*. 2020: 10 (5).
16. Freitas, IA. Crescimento de spondias tuberosa tratadas com doses de giberelina. *Anais do V Congresso de Pesquisa e Extensão da UEG*. 2019.
17. Boromelo, AP et al. Efeitos da giberelina sobre o número de flores e frutos na cultura do morango em sistema semi-hidropônico Effects of gibberellin on flower and fruit number in strawberry crop under semi-hydroponic system. *Brazilian Journal of Development*. 2022: 8(4), 31133-31141.
18. Simão, RM et al. Interferência do hormônio giberelina no desenvolvimento inicial da cultura da cana-de-açúcar. *Humanidades e Tecnologia (FINOM)*. 2019: 18(1), 17-23.

19. Souza Pires, E et al. Análise de crescimento de plantas de umbuzeiro sob diferentes concentrações de giberelina. *Agrarian*. 2020: 13(48), 141-150.
20. Rodrigues, F. et al. Indução de tolerância à murcha bacteriana em híbridos de tomates por aplicação de giberelina. *Revista de Ciências Agroveterinárias*. 2018: 17(1), 54-60.
21. Barciszewski, J. Massino F.; Clar, B. F. C. Kinetin-A multiactive molecule. *International Journal of Biological Macromolecules*. 11p, 2006.
22. Martinelli, L. et al. Somatic embryogenesis from leaves and petioles of grapevine. *Acta Horticulturae*, Wageningen, v. 289, 1985
23. Silva, JP. et al. Efeito da citocinina 6-benzilaminopurina (bap) sobre o estabelecimento in vitro de segmentos nodais de Rosa sp. *Revista Agroecossistemas*. 2018: 9(2), 370-380.
24. Cruvinel, FF. Silva Vasconcellos, MA. Martelleto, LAP. Efeitos da citocinina benzilaminopurina na estaquia da pitaia. *Nativa*. 2019: 7(1), 43-49.
25. Façanha, DC, Motta, DN., Pereira, MCN., & Quisen, RC. Uso de BAP e metatopolina na indução e proliferação de brotações in vitro da bananeira cultivar Pacovan. In Embrapa Amazônia Ocidental-Artigo em anais de congresso (ALICE). In: Jornada de Iniciação Científica da Embrapa Amazônia Ocidental, 14, 2017.
26. Ribeiro, MCF. Lima, GMDS. Mizobutsi, GP. Desverdecimento do cajá-manga com o uso do etileno. *Anais da Academia Pernambucana de Ciência Agronômica*. 2019: 16(2), 65-84.
27. Benassi, BJPM. Almeida, GRR. Comportamento do cafeeiro após aplicação de doses de maturador na primeira safra. [Trabalho de Conclusão de Curso]. Varginha: Centro Universitário do Sul de Minas. 2020.
28. Silva, MP. Soares, A G., Barboza, H. Coneglian, R. Efeitos da aplicação do etileno exógeno em tomates em cachos proveniente do sistema de produção sustentável. *Anais... Seropédica: UFRRJ*, 2019.
29. Susin, E. Aplicação de ácido abscísico e etefom na qualidade de uvas Merlot para vinificação. [Dissertação]. Caxias do Sul: Universidade de Caxias do Sul. 2021
30. Melo, HCD, Rodrigues, FJ. Queirós, SF. Portes, TDA. A aplicação exógena foliar de ácido abscísico desencadeia mecanismos de tolerância à deficiência hídrica em seringueira. *Ciência Florestal*. 2019: 29, 40-49.

31. Frölech, DB (2022). Ácido abscísico e caracterização da uva 'Niáa Rosada' em clima temperado. [Tese de Doutorado]. Pelotas: Universidade Federal de Pelotas. 2022.
32. Bittencourt, MCDS. Respostas fisiológicas de pimenteira ornamental (*Capsicum chinense*) envasada ao déficit hídrico e ácido abscísico. [Dissertação]. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa. 2020.

DOI: <https://doi.org/10.53934/9786585062039-16>

CAPÍTULO 16

AVANÇO NA UTILIZAÇÃO DE FILMES E REVESTIMENTOS COMESTÍVEIS COM AÇÃO ANTIMICROBIANA NA CONSERVAÇÃO DE FRUTAS E HORTALIÇAS: UMA REVISÃO

Rosenildo dos Santos Silva *; Amélia Ruth Nascimento Lima ; Dilson Cristino da Costa Reis ; Larissa Morais Ribeiro da Silva 

*Rosenildo dos Santos Silva – Email: rosenildo.sb@gmail.com

Resumo: Devido ao crescente interesse por embalagens de alimentos que sejam ambientalmente corretas, biodegradáveis e que possam apresentar a capacidade de interagir com o alimento proporcionando-lhe características desejadas, surgiram os filmes e os revestimentos comestíveis. Estes podem ser formulados por meio de diversos materiais, como polissacarídeos e proteínas, e utilizando variadas técnicas, que irão conferir as propriedades de embalagem requeridas a este material. Com isso é necessário preservar e/ou potencializar a ação específica do material requerida para o revestimento comestível, seja ela antimicrobiana, antioxidante, aromatizante, nutracêutica, entre outras. Diante disto, esta revisão de literatura objetivou analisar os materiais antimicrobianos mais utilizados para a produção de filmes e revestimentos comestíveis aplicados em frutas e hortaliças estudados ao longo dos últimos anos. Os componentes que apresentam atividade antimicrobiana comprovada estão sendo empregados como revestimentos comestíveis que ao interagirem com o alimento minimizam os danos causados por microrganismos patógenos e deteriorantes. Os Aditivos Geralmente Reconhecidos como Seguro (GRAS), quitosana e óleos essenciais são mais empregados na conservação de frutas e hortaliças, onde diversos microrganismos tiveram seu crescimento inibido por estes materiais. A utilização de agentes antimicrobianos como revestimentos comestíveis retarda a atividade metabólica e evita a ação de microrganismos, garantindo o aumento da vida útil, a segurança e qualidade de frutas e hortaliças.

Palavras-chave: antibacteriano; biopolímeros; pós-colheita

Abstract: Due to the growing interest in food packaging that is environmentally friendly, biodegradable and can have the ability to interact with food providing desired characteristics, edible films and coatings have emerged. These can be formulated using various materials, such as polysaccharides and proteins, and using various techniques, which will provide the required packaging properties for this material. Thus, it is necessary to preserve and/or enhance the specific action of the material required for the edible coating, be it antimicrobial, antioxidant, flavoring, nutraceutical and others. In view of this, this literature review aimed to analyze the most used antimicrobial materials for the production of edible films and coatings applied to fruits and vegetables studied over the last few years. Components that have proven antimicrobial activity are being

used as edible coatings that, when interacting with food, minimize the damage caused by pathogenic and spoilage microorganisms. The Additives Generally Recognized as Safe (GRAS), chitosan and essential oils are mostly used in the conservation of fruits and vegetables, where several microorganisms had their growth inhibited by these materials. The use of antimicrobial agents as edible coatings delays the metabolic activity and prevents the action of microorganisms, ensuring an increase in the shelf life, safety and quality of fruits and vegetables.

Key Word: anti-bacterial; biopolymers; post-harvest

INTRODUÇÃO

Atualmente, há um interesse crescente no desenvolvimento de sistemas de embalagens de alimentos que além da finalidade de proteção, interajam com alimentos, visando melhorar a qualidade, segurança e vida útil destes (1). Uma série de novas tecnologias voltadas às embalagens vêm sendo desenvolvidas, como as embalagens inteligentes e/ou ativas e a utilização de filmes e revestimentos comestíveis. Essas tecnologias apoiam a qualidade e a segurança dos produtos alimentícios, reduzindo as perdas pós-colheita quando aplicadas em frutas e vegetais *in natura* (2; 3).

A vida útil de frutas e vegetais *in natura* após a colheita pode ser estendida pela aplicação de filmes e revestimentos comestíveis (4). Os filmes ou revestimentos comestíveis (embalagens comestíveis) são definidos por qualquer material destinado a ser aplicado em alimentos com o objetivo de prolongar a sua vida útil e que pode ser consumido junto com o alimento (5). A aplicação de filmes e revestimentos comestíveis é um método que cria atmosfera modificada que tem mostrado resultados promissores para a preservação da qualidade dos frutos (6).

Essas embalagens comestíveis podem ser formuladas com base em diversos materiais como proteínas, óleos essenciais e polissacarídeos, como os derivados do amido e celulose (7), e são amplamente utilizados para recobrir frutas como manga (8), morango (9) e caqui durante o armazenamento (3). Os materiais biológicos ou químicos utilizados como camada de revestimento na superfície do produto evitam as trocas gasosas, interrompendo assim o processo de amadurecimento (10) e aumentando a vida útil do vegetal.

As perdas de alimentos em nível doméstico geralmente estão relacionadas à deterioração, que é mais frequentemente causada pela atividade de microrganismos e processos de oxidação (11). Os filmes e revestimentos comestíveis mais comuns não possuem propriedades funcionais, como atividade antimicrobiana, para atuar diretamente nesse problema. Mas essa desvantagem pode ser superada pelo desenvolvimento de filmes e revestimentos adicionados de compostos biológicos com ação antioxidante, antimicrobiana, aromatizantes e alguns outros aditivos a fim de melhorar a qualidade, manuseio e integridade do produto revestido (12; 13).

As embalagens comestíveis podem ser incorporadas de diferentes componentes, que são liberados lentamente aos produtos alimentícios, melhorando suas propriedades físicas e químicas. Nesse contexto, os antimicrobianos e antioxidantes surgem como agentes bastante benéficos que, quando incorporados em filmes e revestimentos, permitem, respectivamente, o prolongamento da vida útil dos alimentos e sua proteção contra fenômenos adversos, como oxidação, ranço, degradação e descoloração (7; 14).

À medida que os níveis de segurança alimentar continuam a se tornar mais sofisticados, a indústria de alimentos está sempre buscando alternativas de melhorar a preservação dos alimentos e aprimorar o controle de qualidade. Sendo assim, esta revisão apresenta um levantamento dos estudos existentes sobre filmes e revestimentos comestíveis com ação antimicrobiana em frutas e vegetais *in natura*. Os materiais utilizados no desenvolvimento de filmes e revestimentos comestíveis são revisados e os agentes antimicrobianos utilizados apresentados.

FILMES E REVESTIMENTOS COMESTÍVEIS NA PRESERVAÇÃO DE ALIMENTOS

Os filmes e revestimentos comestíveis apresentam definições distintas. Filmes são caracterizados como uma película fina, pré-formada, que pode ser acoplada em volta ou entre os alimentos, enquanto os revestimentos são definidos como uma suspensão ou emulsão aplicada diretamente sobre a superfície do alimento (15). Ambos atuam como uma barreira protetora durante o processamento e armazenamento dos produtos alimentícios, retardando a deterioração, melhorando a qualidade e prolongando a vida de prateleira desses componentes alimentares (16).

Revestimentos e filmes devem apresentar alguns requisitos essenciais para melhorar a qualidade e prolongar a vida útil dos alimentos. Algumas dessas características são: (i) ser livres de agentes tóxicos para a saúde, (ii) apresentar-se com boas propriedades de barreira contra água, oxigênio, umidade e etileno, e (iii) melhorar a aparência e preservar a textura dos produtos (17).

Uma das funções básicas dos filmes e revestimentos comestíveis é minimizar a perda de umidade e diminuir as reações químicas indesejáveis, no intuito de melhorar a qualidade e segurança de uma ampla variedade de alimentos *in natura* e processados. Além disso, a incorporação de aditivos alimentares, como antimicrobianos e antioxidantes, na matriz do filme comestível amplia ainda mais suas aplicações (18).

Materiais utilizados na formação de revestimentos e filmes comestíveis

Os materiais comumente usados para a elaboração das soluções filmogênicas são provenientes de substâncias naturais como hidrocolóides (proteínas e polissacarídeos) e lipídios, ou uma combinação entre eles (19), e seu uso e função dependem principalmente das propriedades desses polímeros (20).

Indícios apontam que o mercado de embalagens comestíveis (elaborados a partir de proteínas, polissacarídeos, lipídio e outros) valerá cerca de US\$ 2,14 bilhões até 2030 (21), com isso, diversas pesquisas vêm sendo desenvolvidas no intuito de desenvolver revestimentos e filmes comestíveis que sejam eficientes na conservação de alimentos (22).

Os materiais normalmente utilizados para elaboração de coberturas comestíveis a partir de proteínas de origem vegetal incluem zeína de milho, glúten de trigo, proteína de soja, proteína de amendoim, quinoa e gergelim, e a queratina, proteína de clara de ovo, proteína miofibrilar, colágeno, gelatina, caseína e proteína de soro de leite são componentes formadores de filmes de origem animal (23).

Revestimentos e filmes a base de proteínas apresentam excelentes propriedades físicas e atuam de maneira eficaz no bloqueio de gases, devido a sua estrutura formada de ligações de hidrogênio ordenadas e compactadas (24). No entanto, podem apresentar

desvantagens como frações de proteínas alergênicas que podem causar reações adversas em indivíduos que apresentam algum tipo de sensibilidade (25).

No que diz respeito aos polissacarídeos, são considerados os polímeros naturais mais abundantes, e têm sido bastante utilizados para elaboração de soluções filmogênicas (26). Os polissacarídeos como celulose, amido, pectina, quitosana, alginato e afins são os materiais comumente usados na indústria alimentícia para preparação de materiais de revestimento (27).

Coberturas comestíveis à base de polissacarídeos apresentam uma rede de ligações de hidrogênio ordenada, tornando-as eficientes bloqueadores de oxigênio, porém, são menos eficientes como barreiras contra umidade devido à sua natureza hidrofílica (28).

Já os lipídios, por serem hidrofóbicos, apresentam boas propriedades de barreira contra a perda de umidade, além de atuarem reduzindo a transpiração e melhorando o brilho e aparência de diversos alimentos (29). Diferentes lipídios são utilizados na produção de filmes e revestimentos, entre eles óleos vegetais (azeite e girassol), ceras vegetais (ceras de candelila, carnaúba e cana-de-açúcar), ceras de origem animal (cera de abelha e graxa de lã) e ceras sintéticas como de parafina e petróleo (30). A principal desvantagem do material de filme lipídico é sua natureza frágil, com propriedades mecânicas pobres devido à sua falta de coesão e integridade estrutural, além de, algumas vezes, tornar o filme ceroso e gorduroso em textura e sabor, o que não é desejável para material de embalagem em muitas ocasiões (22).

Uma atual tendência na área de revestimentos e filmes comestíveis é a utilização de componentes com características antimicrobianas que atuam evitando os danos causados por microrganismos patogênicos e deteriorantes. Entre os componentes utilizados pode-se citar os ácidos orgânicos (ácido cítrico, acético e láctico), bacteriocinas microbianas, polipeptídeos (lisozima, nisina e peroxidase), extratos vegetais e óleos essenciais (alecrim, romã, canela, pimentão e capim-limão), minerais, e diversos outros (31; 32; 33; 34).

Com base na ampla variedade de compostos antimicrobianos utilizados na elaboração de filmes e revestimentos, e nos benefícios desses componentes na conservação dos alimentos, a seguir, serão relatadas informações pertinentes a respeito de filmes e revestimentos com ação antimicrobiana na conservação de frutas e hortaliças.

FILMES E REVESTIMENTOS COMESTÍVEIS COM AÇÃO ANTIMICROBIANA NA PRESERVAÇÃO DE FRUTAS E HORTALIÇAS

O desenvolvimento de revestimentos comestíveis ativos é uma alternativa plausível para controlar o crescimento de fitopatógenos em frutos durante a vida útil pós-colheita, visto que estes microrganismos bacterianos ou fúngicos podem causar ou acelerar a putrefação em alimentos devido à ação de suas enzimas e subprodutos produzidos a partir de seu metabolismo. Por isso as técnicas de embalagens comestíveis ativas vêm ganhando importância no cenário atual (35; 36).

Um biopolímero interessante para se utilizar nas embalagens ativas é a quitosana, que possui algumas funcionalidades, como a atividade antifúngica inerente, e a capacidade de ser utilizada em revestimentos compostos à base de matrizes polissacarídicas ou protéicas-lipídicas a fim de ser melhorada pela incorporação de ingredientes antifúngicos adicionais, como aditivos alimentares, compostos naturais

como óleos essenciais ou outros voláteis e antagonistas microbianos, que podem inibir o crescimento microbiano e aumentar a vida útil dos alimentos (37; 38).

Algumas aplicações de filmes e revestimentos comestíveis com antimicrobianos aplicados em alimentos de origem vegetal (tabela 1), incluindo os agentes antimicrobianos adicionais, o patógeno, uma avaliação da atividade antifúngica e a referência da literatura serão abordados no próximo tópico.

Revestimentos formulados com GRAS

Pesquisas vêm sendo realizadas no intuito de desenvolver alternativas para substituição de embalagens à base de petróleo, com destaque para embalagens de biopolímeros e filmes comestíveis, devido ao material de fontes renováveis e biodegradáveis, que tem despertado o interesse do mercado global (48; 49).

Diante disso, os filmes e revestimentos comestíveis tornaram-se cada vez mais importantes no campo da tecnologia de preservação de alimentos e ciência de materiais nos últimos anos (49). Possuem propriedades semelhantes às dos plásticos convencionais, como proteção de fatores físicos e microbiológicos, boa capacidade de adesão, qualidade estética e, principalmente, elevada atividade antimicrobiana, pois podem prolongar a qualidade e a vida útil dos alimentos (50;51).

Tabela 1 - Filmes e revestimentos comestíveis antimicrobianos aplicados em alimentos de origem vegetal.

Alimento	Revestimento	Agente antimicrobiano	Patógeno	Atividade antimicrobiana	Referências
Framboesa (<i>Rubus idaeus</i> L.)	Gelatina	Extrato de Própolis	<i>Penicillium digitatum</i> e <i>Botrytis cinerea</i>	+	(39)
Tomate-cereja (<i>Solanum lycopersicum</i> var. <i>cerasiforme</i>)	Amido de milho	Gel <i>Aloe Vera</i> (Babosa)	<i>Fusarium oxysporum</i> , <i>Bipolaris spicifera</i> e <i>Curvularia hawaiiensis</i>	+	(40)
Laranja (<i>Citrus sinensis</i>)	Alginato de sódio e goma de alfarroba	<i>Wickerhamomyces anomalus</i>	<i>Penicillium digitatum</i>	+	(41)
Tâmara (<i>Phoenix dactylifera</i>)	<i>Aloe Vera</i>	Óleo essencial de Capim-limão	Contagem total de fungos e bactérias totais	+	(42)
Vegetais minimamente processados	Filmes de PLA ¹ /PBAT ²	Nanopartículas de ZnO ³ e Extrato de semente de Toranja	<i>Escherichia coli</i> e <i>Staphylococcus aureus</i>	+	(43)
Goiaba (<i>Psidium guajava</i> L.)	Alginato de sódio + Quitosana	Nanopartículas de ZnO ³	<i>Phyllosticta psidicola</i>	+	(13)
Morango (<i>Fragaria × ananassa</i>)	Quitosana + Glicerol	Quitosana	<i>Bacillus cereus</i> , <i>Escherichia coli</i> e <i>Staphylococcus aureus</i>	+	(44)
Capsicum (<i>Capsicum annuum</i> L.)	Quitosana + Alginato de sódio	Extrato da casca de romã	<i>Colletotrichum gloeosporioides</i>	+	(45)
Lima persa (<i>Citrus latifolia</i> Tanaka)	Revestimento a base de Proteína Isolada de Soja	Citral e Limoneno	Fungos	+	(46)

Uva (<i>Vitis labrusca</i> L.)	Quitosana	Nanopartícula de quitosana	<i>Listeria monocytogenes</i> , <i>Escherichia coli</i> e <i>Staphylococcus aureus</i>	+	(47)
---------------------------------	-----------	----------------------------	--	---	------

“+” = efeito de inibição, “-” = sem inibição, ND = não determinado, ¹Poli (ácido láctico), ²Poli (butileno adipato coteretalato), ³Óxido de zinco.

Essas embalagens antimicrobianas possuem diferentes composições, formatos e técnicas de produção, porém sempre com a mesma finalidade de inibir o crescimento de agentes microbianos. Entre seus componentes principais tem-se a base polimérica e o composto ativo, sendo que alguns polímeros apresentam sua própria atividade antimicrobiana (52). Dentre os principais ingredientes utilizados na formulação de revestimentos tem-se os polissacarídeos, proteínas e lipídios, podendo ser misturados para conferir a ação desejada. Diferentes polissacarídeos, como a quitosana, estão em fase avançada de estudos por serem organismos Aditivos Geralmente Reconhecidos como Seguros (GRAS), antimicrobianos e naturais (52;53).

Uma enorme gama de sais orgânicos e inorgânicos pertencentes aos GRAS e que possuem alguma ação, seja antimicrobiana, antioxidante ou que possam conferir alguma característica desejada ao alimento são citadas na literatura, havendo um crescente interesse de incorporar essas substâncias dentro de embalagens para alimentos (54;55). Por serem fonte de variados componentes bioativos com efeito antimicrobiano e antioxidante, cada um dos sais, incluídos na definição de GRAS, devem ser investigados separadamente em matriz polimérica e em conjunto com demais componentes de efeito antimicrobiano para averiguar sua potencialização ou não (56).

Revestimentos formulados com Quitosana

Muito se tem investigado a quitosana, um biopolímero natural derivado de exoesqueletos de crustáceos, como revestimento comestível (57). É um polissacarídeo produzido a partir de quitina que apresenta atividade antimicrobiana intrínseca, biodegradabilidade e biocompatibilidade, além de ser um polímero GRAS e renovável, características primordiais para sua larga utilização como embalagem ativa para alimentos (56;58).

De acordo com Arroyo et al (13), a quitosana e os biopolímeros em geral constituem um carreador ideal para agentes ativos, com a vantagem de serem adaptáveis em termos de liberação controlada. Com isto, além de sua própria atividade antimicrobiana, a quitosana também é utilizada como matriz de outros compostos bioativos com ação antioxidante, antimicrobiana, nutracêutica, juntamente a aromatizantes e alguns outros aditivos, como os óleos essenciais na formação de nanopartículas, a fim de melhorar a qualidade, manuseio e integridade do produto revestido (59;60).

As propriedades de barreira das membranas das bactérias são afetadas por este composto, ocorrendo a interação de seus resíduos carregados positivamente com a carga superficial negativa das bactérias (59). Com isto, explica-se o fato da quitosana ser mais eficaz contra bactérias gram-negativas do que gram-positivas, em parte porque a membrana externa das bactérias gram-negativas é composta de grupos carregados negativamente que interagem com grupos carregados positivamente de quitosana e resultam em adsorção de quitosana e maiores efeitos inibitórios (44;60).

Quanto maior o grau de desacetilação mais grupos aminos são encontrados na molécula de quitosana, abrangendo uma maior faixa de pH para inibição de bactérias que sobrevivem em meio ácido, reduzindo o crescimento de microrganismos no alimento (49). Dentre as bactérias que sofrem a ação antibacteriana da quitosana investigadas em alimentos, tem-se *E. coli*, *S. aureus*, *B. subtilis*, *P. aeruginosa*, *S. enteritidis*, *L. monocytogenes*, entre outros microrganismos (19;59;60).

A atividade antifúngica da quitosana é largamente estudada para preservação de frutas, como goiaba, maçã, pêra, morango e outras, sendo os fungos *R. solani*, *F. oxysporum*, *C. gloeosporioides*, *P. digitatum*, *F. eumartii*, os principais inibidos por revestimentos de quitosana, segundo relatos da literatura (41;47;61). Além disto, a quitosana também apresenta uma elevada atividade antioxidante, pois auxilia na eliminação dos radicais livres (62).

A atividade antifúngica da quitosana, além da sua concentração no revestimento, necessita ser incrementada com demais componentes antifúngicos para demonstrarem efeito satisfatório nos alimentos (58). Quando incorporada com óleos essenciais, a embalagem ativa de quitosana mostra efeitos sinérgicos contra fungos fitopatogênicos, atuando também contra vírus transmitidos por alimentos. Assim, observa-se que a quitosana apresenta atividade antimicrobiana ressaltada por outros agentes e que utilizada como revestimento comestível proporciona segurança alimentar, preservação da vida útil de frutas e hortaliças e não afeta significativamente as propriedades sensoriais dos alimentos revestidos (63;64).

Revestimentos formulados com Óleos essenciais

Os óleos essenciais, extraídos de várias partes de plantas e especiarias, estão cada vez mais sendo estudados devido muitos de seus componentes, como terpenóides e compostos fenólicos, exercerem elevada atividade antimicrobiana. Dentre os mais investigados estão os óleos essenciais de canela, orégano, alecrim, tomilho, cravo e outros (65;66;67). Todos com potencial de substituir de forma segura substâncias químicas utilizadas em alimentos, principalmente frutas e hortaliças, para inibição de microrganismos e prolongar a vida útil aliado a preservação destes alimentos (68).

Além dos compostos citados, outros componentes dos óleos essenciais também atuam nos efeitos antimicrobianos, classificados na seguinte ordem: aldeídos > cetonas > álcoois > éteres > hidrocarbonetos (69). Porém, Guo et al. (70) afirmam que ainda é incerto o efeito antimicrobiano que os óleos essenciais fornecerão, devido o teor de seus componentes variarem por diversos fatores, como condições meteorológicas, floração, variação geográfica, genética, entre outros. Com isso, diversos estudos sugerem que as propriedades antimicrobianas dos óleos essenciais resultam das interações sinérgicas de seus compostos maiores e menores, podendo atuar inclusive contra microrganismos mais resistentes (71;72).

Além das características químicas, os óleos essenciais também possuem potencial toxicológico e diversas outras propriedades antifúngicas, larvicidas, inseticidas e antioxidantes na natureza, que conferem uma alternativa segura e não térmica para conservação de frutas e hortaliças (69). Embora tenham sido utilizados em diversos estudos como potencial antimicrobiano e antioxidante em carnes, peixes, vegetais e laticínios (65;69;70), o seu aroma forte, alta hidrofobicidade e reatividade interferem em sua aplicação direta em alimentos (72).

Desta forma, o número de pesquisas englobando o uso de revestimentos comestíveis como veículos de óleos essenciais tem se intensificado na literatura, principalmente com a finalidade de assegurar sua atividade antimicrobiana sem impactar de forma negativa os aspectos sensoriais dos alimentos, em especial as frutas e hortaliças (66). Existem alguns métodos descritos na literatura que avaliam a atividade antimicrobiana *in vitro* destes compostos, sendo seus efeitos subdivididos em bacteriostáticos (inibição) ou bactericidas (destruição). Foi relatado concentrações inibitórias mínimas (CIM) de óleos essenciais contra potenciais bactérias patogênicas de alimentos, dentre elas: *B. cereus*, *L. monocytogenes*, *S. aureus*, *E. coli* O157:H7, *S. Typhimurium*, *S. Typhimurium*, entre outras, tanto bactérias gram-positivas como gram-negativas se apresentaram sensíveis aos testes antimicrobianos (59;60).

No entanto, observou-se que as bactérias gram-negativas, devido à presença de uma membrana externa na estrutura da parede celular, limitam a difusão de componentes hidrofóbicos de óleos essenciais exigindo maiores concentrações para atingir e permear a bicamada lipídica e a membrana celular, enquanto os óleos essenciais são facilmente permeáveis à parede celular de peptidoglicano de bactérias gram-positivas (66;67).

Segundo Mukurumbira et al. (71) e Bakry et al. (73), as técnicas de encapsulamento mais utilizadas atualmente incluem atomização, coacervação, uso de lipossomas e nanopartículas lipídicas sólidas, porém deve-se analisar algumas características tanto do óleo essencial como do material de revestimento, sendo elas as propriedades físico-químicas e a concentração do núcleo, os requisitos de propriedades de liberação, o uso final do produto e os requisitos de estabilidade. Assim, qualquer material selecionado para utilização como revestimento comestível deve apresentar o *status* de GRAS (53).

Dentro de sua elevada atividade antimicrobiana, os óleos essenciais apresentam reconhecida inibição de fungos patogênicos (*P. digitatum*, *C. gloesporioides*, *C. brevisporum*, *B. cinerea*, *A. carbonarius*, *R. stolonifera*, *A. niger*, entre outros) em produtos pós-colheita, exacerbando sua eficácia contra patógenos de origem alimentar e organismos deteriorantes, promovendo a estabilidade microbiana de frutas e vegetais durante todo o armazenamento (70;71;72).

O uso de revestimentos comestíveis contendo óleos essenciais retardam o crescimento de fungos devido a diminuição da permeabilidade ao oxigênio, o acúmulo de dióxido de carbono (CO₂) na atmosfera ao redor da fruta e as propriedades antimicrobianas, assim como a atividade metabólica e a senescência também são retardados com a aplicação destes materiais (73). Outros estudos relataram o efeito benéfico de tratamentos destes revestimentos em algumas características qualitativas como cor, pH, sólidos solúveis totais, acidez titulável, fenóis totais, teor de carotenóides e a inibição do escurecimento enzimático (74;75).

Um ponto importante a ser considerado são as interações e sinergismo de óleos essenciais com materiais de revestimento, aditivos e superfícies de alimentos, sendo requeridos mais estudos destas informações. Sabe-se que os aspectos de um efeito sinérgico de revestimentos comestíveis funcionais, incluindo vários aditivos, como antimicrobianos (óleos essenciais), agentes anti-escurecimento e melhoradores de textura podem atuar simultaneamente estendendo a vida útil de vegetais revestidos. No entanto, apesar de seu elevado potencial, a combinação de diferentes óleos essenciais ou seus compostos podem resultar em quantidades de antimicrobianos necessárias reduzidas, diminuindo o impacto nas características das frutas e hortaliças (66;68;70).

CONCLUSÕES

Os recobrimentos comestíveis são eficazes para conservação de frutas e hortaliças, atuando na redução da permeabilidade ao oxigênio, retardando a atividade metabólica e a senescência de componentes agrícolas, assim como, evitando a ação de agentes microbianos.

Com base nos estudos apresentados, foi possível observar que uma gama de materiais é utilizada para a elaboração de soluções de recobrimentos comestíveis, entre eles: materiais à base de proteínas (queratina, colágeno, gelatina e caseína), polissacarídeos (amido, pectina e quitosana) e lipídeos (óleos e ceras vegetais e ceras de origem animal), favorecendo sobremaneira a conservação dos hortifrutis. Além disso, nota-se que a incorporação de aditivos alimentares, com características antimicrobianas, na matriz do filme comestível, torna ainda mais efetiva a ação desses revestimentos. Entre os componentes antimicrobianos mais comumente utilizados pode-se citar os óleos e extratos essenciais (a exemplo do extrato de romã, capim-limão e própolis) e as nanopartículas de óxido de zinco.

REFERÊNCIAS

1. Vilela C, Kurek M, Hayouka Z, Rocker B, Yildirim S, Antunes MDC. A concise guide to active agents for active food packaging. *Trends Food Sci Technol.* 2018;80:212-222.
2. Fang Z, Zhao Y, Warner RD, Johnson SK. Active and intelligent packaging in meat industry. *Trends Food Sci Technol.* 2017;61:60-71.
3. Saleem MS, Ejaz S, Anjum MA, Nawaz A, Naz S, Hussain S, Ali S, Canan İ. Postharvest application of gum arabic edible coating delays ripening and maintains quality of persimmon fruits during storage. *J Food Process Preserv.* 2020;44(8).
4. Shah S, Hashmi MS. Chitosan–aloe vera gel coating delays postharvest decay of mango fruit. *Hortic Environ Biotechnol.* 2020;61(2):279-289.
5. Gere A, Radványi D, Moskowitz H. *Innovations in Traditional Foods.* Elsevier; 2019.
6. Guimarães A, Abrunhosa L, Pastrana LM, Cerqueira MA. Edible films and coatings as carriers of living microorganisms: a new strategy towards biopreservation and healthier foods. *Compr Rev Food Sci Food Saf.* 2018;17(3):594-614.
7. Hassan B, Chatha SA, Hussain AI, Zia KM, Akhtar N. Recent advances on polysaccharides, lipids and protein based edible films and coatings: a review. *Int J Biol Macromol.* 2018;109:1095-1107.

8. Ebrahimi F, Rastegar S. Preservation of mango fruit with guar-based edible coatings enriched with *Spirulina platensis* and Aloe vera extract during storage at ambient temperature. *Sci Hortic.* 2020;265:109258.
9. Riaz A, Aadil RM, Amoussa AM, Bashari M, Abid M, Hashim MM. Application of chitosan-based apple peel polyphenols edible coating on the preservation of strawberry (*Fragaria ananassa* cv Hongyan) fruit. *J Food Process Preserv.* 2020;45(1).
10. Maringgal B, Hashim N, Mohamed Amin Tawakkal IS, Muda Mohamed MT. Recent advance in edible coating and its effect on fresh/fresh-cut fruits quality. *Trends Food Sci Technol.* 2020;96:253-267.
11. Tkaczewska J. Peptides and protein hydrolysates as food preservatives and bioactive components of edible films and coatings - a review. *Trends Food Sci Technol.* 2020;106:298-311.
12. Nair MS, Saxena A, Kaur C. Effect of chitosan and alginate based coatings enriched with pomegranate peel extract to extend the postharvest quality of guava (*Psidium guajava* L.). *Food Chem.* 2018;240:245-252.
13. Arroyo BJ, Bezerra AC, Oliveira LL, Arroyo SJ, Melo EA, Santos AM. Antimicrobial active edible coating of alginate and chitosan add ZnO nanoparticles applied in guavas (*Psidium guajava* L.). *Food Chem.* 2020;309:125566.
14. Mkandawire M, Aryee AN. Resurfacing and modernization of edible packaging material technology. *Curr Opin Food Sci.* 2018;19:104-112.
15. Paidari S, Zamindar N, Tahergorabi R, Kargar M, Ezzati S, Shirani N, Musavi SH. Edible coating and films as promising packaging: a mini review. *J. Food Meas. Charact.* 2021;15(5):4205-4214.
16. Irimia A, Stoleru E, Vasile C, Bele A, Brebu M. Application of vegetal oils in developing bioactive paper-based materials for food packaging. *Coatings.* 2021;11(10):1211.
17. Otoni CG, Avena-Bustillos RJ, Azeredo HM, Lorevice MV, Moura MR, Mattoso LH, McHugh TH. Recent advances on edible films based on fruits and vegetables-a review. *Compr Rev Food Sci Food Saf.* 2017;16(5):1151-1169.
18. Tavassoli-Kafrani E, Shekarchizadeh H, Masoudpour-Behabadi M. Development of edible films and coatings from alginates and carrageenans. *Carbohydr Polym.* 2016;137:360-374.
19. Galus S, Kadzińska J. Food applications of emulsion-based edible films and coatings. *Trends Food Sci Technol.* 2015;45(2):273-283.

20. Dai L, Zhang J, Cheng F. Cross-linked starch-based edible coating reinforced by starch nanocrystals and its preservation effect on graded Huangguan pears. *Food Chem.* 2020;311:125891.
21. Market Research Future. Edible packaging market worth USD 2.14 billion by 2030, registering a CAGR of 6.79% - report by market research future (MRFR) [Internet]. 2021 [acesso em 2022 Jun 10]. Disponível em: <https://www.globenewswire.com/news-release/2021/12/15/2353020/0/en/Edible-PackagingMarket-worth-USD-2-14-billion-by-2030-registering-a-CAGR-of-6-79-Report-byMarket-Research-Future-MRFR.html>
22. Kumar A, Hasan M, Mangaraj S, M P, Verma DK, Srivastav PP. Trends in edible packaging films and its prospective future in food: a review. *Appl Food Res.* 2022:100118.
23. Mellinas C, Valdés A, Ramos M, Burgos N, Garrigós MD, Jiménez A. Active edible films: current state and future trends. *J Appl Polym Sci.* 2015;133(2):n/a.
24. Kumari M, Mahajan H, Joshi R, Gupta M. Development and structural characterization of edible films for improving fruit quality. *Food Packag Shelf Life.* 2017;12:42-50.
25. Zhu F. Buckwheat proteins and peptides: biological functions and food applications. *Trends Food Sci Technol.* 2021;110:155-167.
26. Imre B, García L, Puglia D, Vilaplana F. Reactive compatibilization of plant polysaccharides and biobased polymers: review on current strategies, expectations and reality. *Carbohydr Polym.* 2019;209:20-37.
27. Shao P, Feng J, Sun P, Xiang N, Lu B, Qiu D. Recent advances in improving stability of food emulsion by plant polysaccharides. *Food Res Int.* 2020;137:109376.
28. Mohamed SA, El-Sakhawy M, El-Sakhawy MA. Polysaccharides, protein and lipid -based natural edible films in food packaging: a review. *Carbohydr Polym.* 2020;238:116178.
29. Castro e Silva P, Oliveira AC, Pereira LA, Valquíria M, Carvalho GR, Miranda KW, Marconcini JM, Oliveira JE. Development of bionanocomposites of pectin and nanoemulsions of carnauba wax and neem oil pectin/carnauba wax/neem oil composites. *Polym Composites.* 2019;41(3):858-70.
30. Sapper M, Wilcaso P, Santamarina MP, Roselló J, Chiralt A. Antifungal and functional properties of starch-gellan films containing thyme (*Thymus zygis*) essential oil. *Food Control.* 2018;92:505-515.

31. Dehghani S, Peighamardoust SH, Peighamardoust SJ, Hosseini SV, Regenstein JM. Improved mechanical and antibacterial properties of active LDPE films prepared with combination of Ag, ZnO and CuO nanoparticles. *Food Packag Shelf Life*. 2019;22:100391.
32. Dubey NK, Dubey R. *Biopolymer-Based Formulations*. Elsevier; 2020. Edible films and coatings;675-695.
33. Panahirad S, Dadpour M, Peighamardoust SH, Soltanzadeh M, Gullón B, Alirezalu K, Lorenzo JM. Applications of carboxymethyl cellulose- and pectin-based active edible coatings in preservation of fruits and vegetables: a review. *Trends Food Sci Technol*. 2021;110:663-673.
34. Peighamardoust SJ, Peighamardoust SH, Pournasir N, Mohammadzadeh Pakdel P. Properties of active starch-based films incorporating a combination of Ag, ZnO and CuO nanoparticles for potential use in food packaging applications. *Food Packag Shelf Life*. 2019;22:100420.
35. Grosso AL, Asensio CM, Grosso NR, Nepote V. Increase of walnuts' shelf life using a walnut flour protein-based edible coating. *LWT*. 2020;118:108712.
36. Díaz-Montes E, Castro-Muñoz R. Edible films and coatings as food-quality preservers: an overview. *Foods*. 2021;10(2):249.
37. Palou L, Valencia-Chamorro S, Pérez-Gago M. Antifungal edible coatings for fresh citrus fruit: a review. *Coatings*. 2015;5(4):962-986.
38. Singh S, Maji PK, Lee YS, Gaikwad KK. Applications of gaseous chlorine dioxide for antimicrobial food packaging: a review. *Environ Chem Lett*. 2020;19:253-270.
39. Moreno MA, Vallejo AM, Ballester AR, Zampini C, Isla MI, López-Rubio A, Fabra MJ. Antifungal edible coatings containing Argentinian propolis extract and their application in raspberries. *Food Hydrocoll*. 2020;107:105973.
40. Ortega-Toro R, Collazo-Bigliardi S, Roselló J, Santamarina P, Chiralt A. Antifungal starch-based edible films containing Aloe vera. *Food Hydrocoll*. 2017;72:1-10.
41. Aloui H, Licciardello F, Khwaldia K, Hamdi M, Restuccia C. Physical properties and antifungal activity of bioactive films containing *Wickerhamomyces anomalus* killer yeast and their application for preservation of oranges and control of postharvest green mold caused by *Penicillium digitatum*. *Int J Food Microbiol*. 2015;200:22-30.

42. Alkaabi S, Sobti B, Mudgil P, Hasan F, Ali A, Nazir A. Lemongrass essential oil and aloe vera gel based antimicrobial coatings for date fruits. *Appl Food Res.* 2022;2(1):100127.
43. Kim HJ, Lee CL, Yoon KS, Rhim JW. Synergistic effect of UV-C LED irradiation and PLA/PBAT-based antimicrobial packaging film on fresh-cut vegetables. *Food Control.* 2022;138:109027.
44. Pavinatto A, de Almeida Mattos AV, Malpass AC, Okura MH, Balogh DT, Sanfelice RC. Coating with chitosan-based edible films for mechanical/biological protection of strawberries. *Int J Biol Macromol.* 2020;151:1004-1011.
45. Nair MS, Saxena A, Kaur C. Characterization and antifungal activity of pomegranate peel extract and its use in polysaccharide-based edible coatings to extend the shelf-life of capsicum (*Capsicum annuum* L.). *Food Bioproc Tech.* 2018;11(7):1317-1327.
46. González-Estrada RR, Chalier P, Ragazzo-Sánchez JA, Konuk D, Calderón-Santoyo M. Antimicrobial soy protein based coatings: application to persian lime (*Citrus latifolia* Tanaka) for protection and preservation. *Postharvest Biol Technol.* 2017;132:138-144.
47. Melo NFCB, Soares BLM, Diniz KM, Leal CF, Canto D, Flores MAP, Tavares-Filho JHC, Galembeck A, Stamford TLM, Stamford-Arnaud TM, Stamford TCM. Effects of fungal chitosan nanoparticles as eco-friendly edible coatings on the quality of postharvest table grapes. *Postharvest Biol Technol.* 2018;139:56-66.
48. Reis DCC, Oliveira TA, Carvalho LH, Alves TS, Barbosa R. Biodegradability of and interaction in the packaging of poly(3-hydroxybutyrate-co-3-hydroxyvalerate)-vermiculite bionanocomposites. *J Appl Polym Sci.* 2016;134(15).
49. Almeida LB, Figueiredo EA, Dias FG, Santos FM, Fernandes BD, Vicente AA, Cerqueira MA, Silva AL, Vale DA, Souza BW. Antimicrobial properties of chitosan and galactomannan composite coatings and physical properties of films made thereof. *Future Foods.* 2021;3:100028
50. Choo KW, Lin M, Mustapha A. Chitosan/acetylated starch composite films incorporated with essential oils: physiochemical and antimicrobial properties. *Food Bioscience.* 2021;43:101287.
51. Shaaban HA, Ali HS, Barih GF, Al-Khalifa ARS, Amer MM. Antimicrobial activity of two polysaccharide edible films incorporated with essential oils against three pathogenic bacteria. *Journal o Applied Sciences.* 2017;17(4):171-183.

52. Azhdari S, Moradi M. Application of antimicrobial coating based on carboxymethyl cellulose and natamycin in active packaging of cheese. *Int J Biol Macromol.* 2022;209(B):2042-2049.
53. Guimarães JER, De La Fuente B, Pérez-Gago MB, Andradas C, Carbó R, Mattiuz BH, Palou L. Antifungal activity of GRAS salts against *Lasiodiplodia theobromae* in vitro and as ingredients of hydroxypropyl methylcellulose-lipid composite edible coatings to control Diplodia stem-end rot and maintain postharvest quality of citrus fruit. *Int J Food Microbiol.* 2019;301:9-18.
54. Suput DZ, Lazic VL, Popovic SZ, Hromis NM. Edible films and coatings – sources, properties and application. *Food and Feed Research.* 2015;42(1):11-22.
55. Kurt A. Rheology of film-forming solutions and physical properties of differently deacetylated salep glucomannan film. *Food and Health.* 2019;5(3):175-184.
56. Isopencu GO, Stoica-Guzun A, Busuioc C, Stroescu M, Deleanu IM. Development of antioxidant and antimicrobial edible coatings incorporating bacterial cellulose, pectin, and blackberry pomace. *Carbohydr Polym Technologies Applications.* 2021;2:100057.
57. Akhter R, Masoodi FA, Wani TA, Rather SA. Functional characterization of biopolymer based composite film: incorporation of natural essential oils and antimicrobial agents. *Int J Biol Macromol.* 2019;137:1245-1255.
58. Figueroa-Lopez KJ, Andrade-Machecha MM, Torres-Vargas OG. Spice oleoresins containing antimicrobial agents improve the potential use of bio-composite films based on gelatin. *Food Packaging and Shelf Life.* 2018;17:50-56.
59. Al-Nabulsi A, Osaili T, Sawalha A, Olaimat AN, Albiss BA, Mehyar G, Ayyash M, Holley R. Antimicrobial activity of chitosan coating containing ZnO nanoparticles against *E. coli* O157:H7 on the surface of white brined cheese. *Int J Food Microbiol.* 2020;334:108838.
60. Goy RJ, Morais STB, Assis OBG. Evaluation of the antimicrobial activity of chitosan and its quaternized derivative on *E. coli* and *S. aureus* growth. *Revista Brasileira de Farmacognosia.* 2016;26:122–127.
61. Yuan G, Lv H, Tang W, Zhang X, Sun H. Effect of chitosan coating combined with pomegranate peel extract on the quality of Pacific white shrimp during iced storage. *Food Control.* 2016;59:818-823.
62. Divya K, Smitha V, Jisha MS. Antifungal, antioxidant and cytotoxic activities of chitosan nanoparticles and its use as an edible coating on vegetables. *Int J Biol Macromol.* 2018;114:572-577.

63. Yang C, Lu JH, Xu MT, Shi XC, Song ZW, Chen TM, Herrera-Balandrano DD, Zhang YJ, Laborda P, Shahriar M, Wang SY. Evaluation of chitosan coatings enriched with turmeric and green tea extracts on postharvest preservation of strawberries. *LWT* 2022;113551.
64. Wardana AA, Kingwascharapong P, Wigati LP, Tanaka F, Tanaka F. The antifungal effect against *Penicillium italicum* and characterization of fruit coating from chitosan/ZnO nanoparticle/Indonesian sandalwood essential oil composites. *Food Packag Shelf Life*. 2022;32:100849.
65. Agrimonti C, White JC, Tonetti S, Marmioli N. Antimicrobial activity of cellulosic pads amended with emulsions of essential oils of oregano, thyme and cinnamon against microorganisms in minced beef meat. *International Journal of Food Microbiology*. 2019;305:108246.
66. Teixeira RF, Balbinot Filho CA, Borges CD. Essential oils as natural antimicrobials for application in edible coatings for minimally processed apple and melon: a review on antimicrobial activity and characteristics of food models. *Food Packag Shelf Life*. 2022;31:100781.
67. Dávila-Rodríguez M, López-Malo A, Palou E, Ramírez-Corona N, Jiménez-Munguía MT. Antimicrobial activity of nanoemulsions of cinnamon, rosemary, and oregano essential oils on fresh celery. *LWT*. 2019;112:108247.
68. Rodríguez A, Batlle R, Nerín C. The use of natural essential oils as antimicrobial solutions in paper packaging. Part II. *Prog Org Coat*. 2007;60(1):33-38.
69. Ballester-Costa C, Sendra E, Fernández-López J, Pérez-Álvarez JÁ, Viuda-Martos M. Chemical composition and in vitro antibacterial properties of essential oils of four *Thymus* species from organic growth. *Industrial Crops and Products*. 2013;50:304-311.
70. Guo Q, Du G, Jia H, Fan Q, Wang Z, Gao Z, Yue T, Yuan Y. Essential oils encapsulated by biopolymers as antimicrobials in fruits and vegetables: a review. *Food Biosci*. 2021:101367.
71. Mukurumbira AR, Shellie RA, Keast R, Palombo EA, Jadhav SR. Encapsulation of essential oils and their application in antimicrobial active packaging. *Food Control*. 2022;136:108883.
72. Sánchez-González L, Pastor C, Vargas M, Chiralt A, González-Martínez C, Cháfer M. Effect of hydroxypropylmethylcellulose and chitosan coatings with and without bergamot essential oil on quality and safety of cold-stored grapes. *Postharvest Biol Technol*. 2011;60(1):57-63.

73. Bakry AM, Abbas S, Ali B, Majeed H, Abouelwafa MY, Mousa A, Liang L. Microencapsulation of oils: a comprehensive review of benefits, techniques, and applications. *Compr Rev Food Sci Food Saf.* 2015;15(1):143-182.
74. Gago C, Antão R, Dores C, Guerreiro A, Miguel MG, Faleiro ML, Figueiredo AC, Antunes MD. The effect of nanocoatings enriched with essential oils on 'Rocha' pear long storage. *Foods.* 2020;9(2):240.
75. Etemadipoor R, Ramezani A, Mirzaalian Dastjerdi A, Shamili M. The potential of gum arabic enriched with cinnamon essential oil for improving the qualitative characteristics and storability of guava (*Psidium guajava* L.) fruit. *Sci Hortic.* 2019;251:101-107.

DOI: <https://doi.org/10.53934/9786585062039-17>

CAPÍTULO 17

SECAGEM FOAM-MAT DE MARACUJÁ

Hana Aparecida Pereira da Silva Prado ; Isabela Souza Borges ; Palloma Piovanelli de Souza Santos ; Amanda Araújo Rodrigues de Rezende ; Ellen Godinho Pinto 

**Autor correspondente (Corresponding author) – Email:*
ellen.godinho@ifgoiano.edu.br

Resumo: O maracujá-amarelo é uma fruta bastante presente no setor de alimentos no Brasil, sendo caracterizado por ser de baixo custo e conter alta versatilidade na formulação de receitas. Fatores como condições climáticas, colheita, perecibilidade e etc, fazem com que haja grandes perdas do maracujá, tornando-se necessário a aplicação de métodos que aumentem seu tempo de conservação. A secagem em leito de espuma é uma técnica de secagem, com alta taxa de secagem e de baixo custo. Neste contexto, este trabalho teve como objetivo realizar a caracterização da espuma e do pó obtido da espuma do maracujá, obtido na secagem a 60°C, utilizando Albumina e Emustab® a 3%. Foram realizadas as análises de pH, sólidos solúveis totais, umidade na polpa in natura, nas espumas e nos pós obtidos. Foi também realizado o teste de estabilidade da espuma e no pó foi realizado a análise de solubilidade. Com os resultados obtidos conclui-se que a para a espuma do Emustab® teve melhor estabilidade, porém na solubilidade o melhor foi a Albumina, na concentração estudada.

Palavras-chave: espuma; solubilidade; leito de espuma; pó

Abstract: The passion fruit is a very present fruit in the food sector in Brazil, being characterized by low cost and high versatility in recipe formulation. Factors such as weather conditions, harvest, perishability, etc., cause great losses of passion fruit. It becomes necessary the application of methods that increase its shelf life. The drying in foam bed is a drying technique, with high drying rate and low cost. In this context, this work aimed to characterize the foam and the powder obtained by drying at 60°C, using Albumin and Emustab® at 3%. Analyses of pH, total soluble solids, humidity in the pulp in natura, foam and in the powder obtained were performed. The foam stability test was also performed and solubility analyses were performed on the powders. With the results obtained, it was concluded that emustab® had the best stability for the foam, but in solubility the best was albumin at the concentration studied.

Key Word: foam; solubility; foam bed; powder

INTRODUÇÃO

O maracujá amarelo é um fruto de sabor e aroma intensos, sendo o tipo mais produzido no Brasil e bastante consumido in natura e em produtos industrializados, mas por ser altamente perecível, dificulta seu transporte e armazenamento in natura. A desidratação é uma opção viável para sua conservação por um maior período de vida útil, reduzindo perdas de produção, e atuando como uma forma diferenciada de consumo de um alimento nutritivo, facilitando seu preparo e que pode ser utilizado para produção de diversos produtos (1).

Existem alguns obstáculos na conservação dos alimentos no estado natural por causa do teor de água livre presente neles, porém, tais problemas podem ser resolvidos lançando mão da utilização de técnicas de conservação, como por exemplo, a desidratação(2).

As espumas são utilizadas para proporcionar textura, consistência e aparência em diferentes tipos de produtos alimentícios. A primeira etapa consiste na transformação do suco em espuma propriamente. Para este processo de fabricação de espumas são adicionados aditivos, que são utilizados para manter uma dispersão uniforme de um líquido em outro, tal como óleo e água. Os agentes emulsificantes (ou surfactantes) são substâncias adicionadas às emulsões para aumentar a sua estabilidade cinética tornando-as razoavelmente estáveis e homogêneas (3).

Segundo (4), a secagem em leito de espuma é uma técnica de secagem nova, com alta taxa de secagem e poucas alterações de qualidade do produto final.

A produção dos vários tipos de alimentos em pó tem grande consumo, seja de forma direta ou indireta, na qual, esses alimentos, passam a ser utilizados como ingrediente industrial, no uso doméstico ou até mesmo para processamento de outros produtos, como os corantes, saborizante, devido à praticidade dos produtos em pó apresentarem grandes vantagens como baixa atividade de água, vida útil longa e facilidade na aplicação (5).

O presente trabalho teve como objetivo aplicar o método de secagem em leito de espuma (*foam mat drying*) do maracujá e avaliar a estabilidade das espumas e os pós obtidos com dois aditivos Emustab® e Albumina.

MATERIAL E MÉTODOS

Os frutos de maracujá foram obtidos no próprio Instituto Federal Goiano- Campus Morrinhos e os aditivos (Albumina e Emustab®) foram adquiridos no município de Morrinhos-GO. O experimento foi conduzido no Laboratório de Panificação, onde os frutos passaram por seleção e foram submetidos a lavagem com água corrente e sanitização com água clorada a 200 ppm. Os frutos foram triturados em liquidificador doméstico e filtrados para que posteriormente fosse realizado as análises na polpa in natura, nas espumas com albumina e Emustab® e dos pós obtidos.

Cada formulação foi realizada com 97% de polpa de maracujá e 3% de aditivos, e submetida à agitação por 20 minutos em batedeira doméstica na velocidade máxima do equipamento para a formação da espuma.

As espumas produzidas foram dispostas em bandejas de alumínio de diâmetro aproximado de 1 cm de espessura. Em seguida foram levadas para o desidratado com circulação forçada de ar a temperatura de $60^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ por aproximadamente 3 horas.

Análises Físico-químicas

Foram realizadas as seguintes análises físico-químicas na polpa in natura, espuma e no pó obtido: pH, Umidade (%) e sólidos solúveis(°Brix) todas segundo (6).

Nas espumas foram realizados o teste de estabilidade de acordo com (7), com adaptações, a análise foi realizada em triplicata baseando-se no peso do líquido drenado da espuma em temperatura ambiente. Foi montado o sistema constituído de um béquer, com um funil de vidro acoplado e um filtro de tela aço inox, onde 10 g da espuma foi colocada no funil contendo o filtro e no intervalo de (10, 20, e 30 minutos) foi observado a quantidade de líquido obtido. O teste de solubilidade do pó obtido segundo a metodologia (8), mediu-se 100 mL de água destilada e foram transferidos para o béquer e 1g do pó obtido foi cuidadosamente adicionado. A solução foi agitada em alta velocidade por 5 minutos. A solução foi colocada em tubos do tipo falcon e centrifugada em 3000 rpm durante 5 minutos. Uma alíquota de 25mL do sobrenadante foi recolhida imediatamente colocado em placas de petri, previamente secas e de massa conhecida. As placas foram colocadas em estufa a 105 °C até peso constante, em seguida resfriadas em dessecador e pesadas. A solubilidade foi calculada pela diferença de peso, de acordo com a Equação 1:

$$\text{Solubilidade \%} = (\text{massa de pó no sobrenadante} / \text{massa de pó total}) \times 100 \quad \text{Equação (1)}$$

Análise estatística foi realizada pelo programa Assistat 7.7, utilizando o teste de Tukey a 5%, todas as amostras foram realizadas em triplicata.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1., pode-se observar os resultados das análises físico-químicas da polpa in natura, das espumas e dos pós com os respectivos aditivos.

A Instrução Normativa nº 1 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento de 07 de janeiro de 2000 (9) que estabelece valores de no mínimo 11,0 para sólidos solúveis totais, para pH mínimo de 2,7 e máximo 3,8, os valores encontrados para a polpa in natura estão de acordo com a legislação, tanto para o pH como para o teor de sólidos solúveis.

Tabela1. Resultados físico-químicos

	In natura	Espuma de Emustab®	Espuma de Albumina	Pó de Emustab®	Pó de Albumina
pH	3,01±0,005a	2,80±0,010c	2,91±0,000b	2,90±0,000b	3,00±0,000a
Umidade (%)	82,80±0,529b	84,42±0,011a	84,38±0,070a	9,93±0,057d	12,54±0,467c
Sólidos Solúveis Totais (°Brix)	15,00±0,000a	16,00±0,000a	15±0,000a	51,33±1,151b	49,66±0,577b

As espumas tiveram uma redução do pH, sendo que a espuma obtida do Emustab®, obteve o menor pH diferindo dos demais. Entretanto, pode-se observar que o pH após a secagem teve um leve acréscimo devido à concentração dos ácidos orgânicos, e o pó obtido da albumina não teve diferença significativa do pH do fruto in natura.

Observar-se que teve um aumento no teor de umidade nas espumas, sendo que diferiram da polpa in natura, mas que após a secagem em leite de espuma teve uma

redução no teor de umidade sendo que o Emustab® teve uma redução maior quando comparada com a Albumina.

Na Tabela 2., pode-se verificar a estabilidade da espuma formadas e dos pós obtidos.

Tabela 2. Estabilidade da espuma e solubilidade do pó de maracujá

	Emulsão com Albumina	Emulsão com Emustab®	Pó com albumina	Pó com Emustab®
Estabilidade da emulsão (mL ⁻¹)	2,06 ± 0,032	0,00 ± 0,00	-	-
Solubilidade (%)	-	-	98,30 ± 0,010	96,20 ± 0,023

No processo de secagem em leito de espuma, a estabilidade é uma propriedade muito importante, pois não basta que haja a formação da espuma, esta tem que permanecer estável durante a secagem, garantindo a eficiência do processo e a qualidade do produto final. A Figura 1. expõe o desprendimento do líquido das espumas em função do tempo de teste de estabilidade da polpa de maracujá com diferentes formulações em temperatura ambiente, observou-se que as espumas preparadas com Emustab® permaneceu estáveis durante as 2 horas e as espumas com albumina apresentaram gotejamento a partir dos primeiros 10 minutos. Portanto, (10) encontraram uma estabilidade maior com a albumina para maracujá comparada com outros aditivos usados, entretanto também apresentou gotejamento a partir dos 20 minutos de teste.



Figura1. Teste de estabilidade da espuma de maracujá com Emustab® e Albumina.

Os resultados da solubilidade do pó de maracujá foram altos sendo a maior pelo aditivo da albumina 98,3%, enquanto que com o Emustab® foi de 96,2%. Os pesquisadores (10), analisando sucos de maracujá desidratados obteve valor de solubilidade de 98,1% com albumina a 5%, próximo ao encontrado neste trabalho com apenas 3% de albumina.

CONCLUSÕES

Os resultados apresentados neste trabalho permitem afirmar que a concentração de 3% de Emustab® tem uma boa estabilidade térmica da espuma e propriedades físico-químicas, apesar da secagem com albumina ter apresentado melhor solubilidade.

A desidratação em leito de espuma (foam-mat) da polpa de maracujá se mostrou muito eficaz para sua conservação e para produção de novos produtos.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao apoio de sempre do IFGoiano do Campus Morrinhos-GO.

REFERÊNCIAS

1. Silva ACB. **Estudo da viabilidade da secagem da polpa de maracujá (Passiflora Edulis) pelo método Foam Mat**. 2015. Trabalho de conclusão de curso (Graduação- Tecnologia em alimentos) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte, [S. l.], 2016
2. Sousa CF, Sousa S, Figueiredo JSB, Moraes MRL. Cinética de secagem em camada de espuma de polpa de maracujá, utilizando diferentes aditivos. *Braz. J. of Develop.*, Curitiba, v. 6, n. 9, p. 70821-70829 sep. 2020.
3. Silva MI, Souza FC, Martins JN, Alves TL, Ribeiro MCM. Avaliação da espuma de polpa de manga. **Revista Semiárido de Visu**, v.5, n.2, p.96-103, 2017.
4. Iqbal, JM, Abbas A, Rafique H, Nawaz FM, Rasool A. Review paper on foam-mat drying of fruits and vegetables to develop powders. **MOJ Food Processing & Technology**. v.6, n.6, p. 465–467. 2018.
5. Silva CSA. Desidratação de molho de tomate caseiro pelo método Foam Mat. Trabalho de Conclusão de Curso (Tecnologia em Alimentos) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte, Currais Novos, RN: IFRN, 2015. 55 f.
6. IAL. **Métodos químicos-físicos para análises de alimentos**. 4^a. ed. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 1^a ed. digital, 2008.
7. Barbosa ED. Secagem do extrato aquoso de gengibre (Zingiber officinale roscoe) pelo método de camada de espuma. Trabalho de Conclusão de Curso - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão - PR, 2016
8. Silva ACB. Estudo da viabilidade da secagem da polpa de maracujá (*Passiflora Edulis*) pelo método *Foam Mat*. Trabalho de Conclusão de Curso (Tecnologia

- em Alimentos) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte, 2015.
9. BRASIL. Leis, decretos, etc. Instrução Normativa Nº. 1, de 7 de janeiro de 2000. Ministro de Estado da Agricultura e do Abastecimento. Aprova o Regulamento técnico geral para fixação dos padrões de identidade e qualidade para polpa de fruta. **Diário Oficial da União Nº. 6, Brasília**, 10 de jan de 2000, Seção I., p. 54-58.
 10. Endo E. et al. Avaliação da vida de prateleira do suco de maracujá (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa*) desidratado. **Rev. Ciênc. Tecnol. Alimnt.**, Campinas, v.27, n.2, p. 382 – 386, 2007.

DOI: <https://doi.org/10.53934/9786585062039-18>

CAPÍTULO 18

POTENCIAL ANTIMICROBIANO DO ÓLEO ESSENCIAL DE ORÉGANO (*Origanum vulgare* L.) E SUA APLICAÇÃO EM ALIMENTOS

Alef Goes Costa; Letícia Campos Ferreira; Claudia Dorta*; Elke Shigematsu; Juliana Audi Giannoni

*Autor correspondente (Corresponding author) – Email: dortafatec@gmail.com

Resumo: Pensando nos efeitos nocivos causados pelo excesso de aditivos químicos, a busca por alimentos naturais e mais saudáveis tem sido crescente, despertando o interesse pelo uso de conservantes naturais. O óleo essencial de orégano (OEO) possui alto teor de compostos fenólicos, responsáveis pela atividade antimicrobiana, demonstrando grande potencial para aplicação como conservante natural. O objetivo deste trabalho foi investigar, através de uma revisão de literatura, o potencial antimicrobiano do OEO em substituição aos aditivos químicos tradicionais e possível aplicação como conservante natural em alimentos, analisando suas características, seu potencial antimicrobiano e aplicação em alimentos. Além da ação antimicrobiana, outras características atribuídas ao OEO são: efeitos diuréticos, digestivos, antisséptico e bactericida. Compostos fenólicos presentes em sua composição, como o carvacrol e timol, são os principais responsáveis por atuar na membrana plasmática de microrganismos, provocando lise celular. Comparado a outros óleos essenciais, o OEO apresentou efeito inibidor ao desenvolvimento de bactérias Gram-positivas, como *Staphylococcus aureus*, *Bacillus* e inibição do crescimento de Gram-negativas, como *Escherichia coli* e *Salmonella entérica*, quando utilizadas maiores concentrações. Quando adicionado a alimentos em concentrações a partir de 0,001%, o OEO obteve resultados positivos em análises de microrganismos aeróbios mesófilos, psicrotróficos, coliformes totais e *Salmonella sp* em laticínios e produtos cárneos, apresentando-se dentro dos parâmetros permitidos pela legislação. Outra forma de utilização em alimentos são filmes e coberturas a base de OEO. Diferentes formulações foram elaboradas e aplicadas na superfície de diversos produtos durante o seu período de armazenamento, mostrando-se viáveis como alternativa para conservação de alimentos.

Palavras-chave: bactérias; conservantes; naturais;

Abstract: Considering the harmful effects caused by the excess of chemical additives, the search for natural and healthier foods has been increasing, arousing interest in the use of natural preservatives. The essential oil of oregano (OEO) has a high content of phenolic compounds, responsible for antimicrobial activity, demonstrating great potential for application as a natural preservative.. The aim of this paper was to investigate, through a literature review, the antimicrobial potential of OEO to replace traditional chemical additives and possible application as a natural preservative in foods, analyzing its characteristics, its antimicrobial potential and application in food. In addition to the

antifungal action, other characteristics attributed to OEO are: its diuretic, digestive, antiseptic and bactericidal effects. Phenolic compounds present in their composition, such as carvacrol and timol, are the main responsible for acting on the plasma membrane of microorganisms, causing cell lysis. Compared to other essential oils, OEO showed an inhibitory effect to the development of Gram-positive bacteria, such as *Staphylococcus aureus*, *Bacillus* and inhibition of Gram-negative growth, such as *Escherichia coli* and Enteric *Salmonella*, when higher concentrations were used. When added to foods at concentrations from 0.001%, OEO obtained positive results in analyzes of mesophilic and psychrotrophic aerobes, total coliforms and *Salmonella sp* in dairy and meat products, within the parameters allowed by legislation. Another form of use in food is OEO-based films and coatings, different formulations were elaborated and applied to the surface of several products during their storage period, proving to be viable as an alternative for food preservation.

Key Words: bacteria; natural; preserving agents

1 INTRODUÇÃO

Há um número cada vez maior de pessoas preocupadas com a qualidade de sua alimentação, e é crescente a busca por alimentos naturais. Gerando um alerta na indústria por parte dos consumidores, que buscam alimentos frescos, sem conservantes, e com maior garantia de qualidade e segurança. Neste cenário, a substituição de compostos artificiais por alternativas naturais é uma tendência no mercado de alimentos [1].

Sabe-se que, atualmente, na fabricação da maioria dos alimentos industrializados são utilizados conservantes sintéticos para controle microbiológico, responsáveis por aumentar a praticidade de consumo e a vida útil dos alimentos, retardando o crescimento de microorganismos e a deterioração, o que muitas vezes acaba prejudicando o valor nutricional dos produtos [2].

Os óleos essenciais destacam-se entre os compostos naturais pelo grande potencial [3] para substituir os conservantes e antioxidantes químicos. Por serem substâncias ricas em ativos antimicrobianos e que também agregam características nutricionais aos alimentos. O óleo essencial de orégano (*Origanum vulgare* L.), em particular, desperta grande interesse por possuir alto conteúdo de compostos fenólicos, que são considerados responsáveis pela sua atividade antimicrobiana [4]. Também é importante destacar que o orégano é sensorialmente aceitável em muitos produtos, por ser um ingrediente comum na culinária.

Este trabalho consiste em investigar, através de uma revisão de literatura, o potencial antimicrobiano do óleo essencial de orégano e sua possível utilização como conservante natural em alimentos em substituição aos conservantes químicos tradicionais.

1.1 - Conservantes químicos em alimentos

A indústria de alimentos faz uso de aditivos com o objetivo de conservar o alimento por mais tempo, aumentar a vida útil do mesmo, fazendo com que muitos

alimentos cheguem a localidades distantes e que tenha oferta não apenas no período sazonal. Entretanto, alguns componentes podem estar associados a alergias alimentares e até mesmo doenças mais graves. Todavia, mesmo possuindo acesso à composição dos alimentos, muitas pessoas não conhecem a função destes componentes, ou seus potenciais riscos à saúde [5].

Em categorias como massas, biscoitos e pães industrializados, por exemplo, os principais conservantes utilizados são: sorbato de potássio, benzoato de sódio e propionato de cálcio. Os sais de sódio e potássio atuam como inibidores no desenvolvimento de bolores e leveduras, tendo uma eficácia parcial contra bactérias [6]. Quando utilizados dentro dos limites estabelecidos pela legislação, o ácido sórbico e o sorbato de potássio não são prejudiciais à saúde humana.

No entanto, diversos perigos são atribuídos ao consumo em excesso de substâncias tóxicas como inofensivas. Os efeitos a médio e longo prazo do consumo de aditivos químicos ainda são pouco conhecidos, embora já se associe a ingestão dos conservantes citados acima a casos de alergias, urticárias de contato e asma [7].

O consumo de sorbatos e benzoatos também é tido como causa de problemas gástricos. Ainda, há risco do aumento da pressão arterial, devido ao sódio presente na composição destes aditivos [8, 9]. Uma possível solução aos efeitos do consumo de aditivos químicos seria a sua substituição por compostos naturais.

1.2 - Compostos naturais como alternativa de conservante

A busca por conservantes de origem natural tem sido o foco de várias pesquisas nos últimos anos. Muitas delas motivadas pelo grande aumento no consumo de alimentos industrializados e com o objetivo de aumentar sua vida útil, sem trazer riscos à saúde dos consumidores.

Compostos fenólicos extraídos do farelo de arroz fermentado pelo fungo *Rhizopus oryzae* e da cianobactéria *Spirulina sp* já foram utilizados, pulverizados em massas de pizza para avaliar a ação como conservantes destes dois compostos, frente a um conservante já conhecido, o propionato [10]. Após 10 dias observou-se que as amostras tratadas com compostos fenólicos apresentaram menor contaminação por fungos que as amostras com propionato, e a amostra controle. Resultados que os autores atribuíram aos agentes antimicrobianos encontrados nestes compostos fenólicos, atuando na redução da microbiota dos alimentos. Sendo, portanto, eficazes como uma alternativa aos conservantes químicos tradicionais.

A ação antifúngica de compostos extraídos da cúrcuma (*Curcuma longa* L.) mostrou-se capaz de inibir o desenvolvimento dos principais bolores encontrados em produtos de panificação deteriorados quando aplicadas doses entre 1 e 3% (m/v) de curcumina. Também se apresentando como uma alternativa viável de conservante natural [11].

Outros dois compostos com potencial para atuarem como antioxidantes naturais são a catequina, obtida a partir de frutos de *Arbutus unedo* L. (medronho) e o ácido rosmarínico, obtido a partir de folhas de *Ocimum basilicum* L. (manjeriço). Suas capacidades como conservantes em pães foram avaliadas e posteriormente comparadas com as do ácido ascórbico e propionato de cálcio [12]. Ao longo de sete dias, os pães elaborados com os compostos naturais, sobretudo aquele à base de manjeriço,

apresentaram-se em melhores condições de conservação em relação aos outros antioxidantes tradicionais.

À exemplo do manjeriço, diversas outras espécies de plantas ricas em óleos essenciais, como o orégano, vêm demonstrando eficácia comprovada como antioxidantes e antimicrobianos. A maior parte destas características se deve aos compostos fenólicos presentes nestes óleos essenciais, os quais são substâncias com grande potencial a ser explorado pelas indústrias farmacêutica e de alimentos.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Através da revisão de literatura, tendo como fundamentação teórica artigos e publicações de cunho científico. Foram analisados os resultados oriundos de pesquisas recentes e correlatas ao tema proposto, que trata das características do óleo essencial de orégano, seu potencial antimicrobiano e aplicação em alimentos.

Toda a bibliografia utilizada foi publicada entre os anos de 2007 a 2020, e está disponível em plataformas digitais nacionais e internacionais, em língua portuguesa ou estrangeira, como Google Acadêmico, Scielo, *Science Direct*, PubMed, entre outros. Dentre as fontes selecionadas para os resultados, foram priorizados artigos dos últimos 10 (dez) anos, tendo em vista o caráter atual do trabalho.

3 TÓPICOS

3.1 Propriedades do óleo essencial de orégano

O orégano (*Origanum vulgare* L.) é uma planta nativa da região do Mediterrâneo, amplamente utilizada tanto na gastronomia, quanto por suas propriedades medicinais. Ao seu óleo essencial (OEO) são atribuídas características antissépticas, antifúngicas, antimicrobianas, diuréticas e digestivas. [13].

Dentre os principais compostos fenólicos presentes nesse óleo destaca-se o carvacrol, representando cerca de 70% de sua composição, seguido pelo timol (Figura 1) [14]. Estes monoterpênicos atuam na membrana plasmática de microrganismos, desarranjando sua estrutura e provocando lise celular.

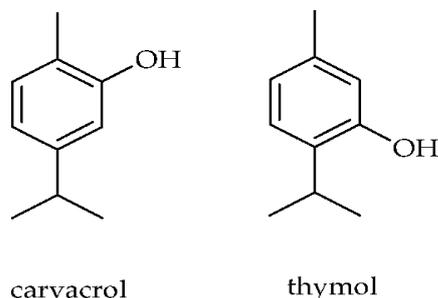


Figura 1: Estrutura do Carvacrol e Timol
Fonte: GAMES *et al* [15]

Em uma comparação entre os óleos essenciais de cravo e orégano, destacou-se o bom desempenho do OEO, principalmente na inibição do desenvolvimento de bactérias Gram-positivas [16], como *Staphylococcus aureus* e *Bacillus cereus*. Já as Gram-negativas, *Escherichia coli* e *Salmonella enterica*, também tiveram seu crescimento inibido, porém foram necessárias maiores concentrações de óleo. A efetividade do OEO como antifúngico foi comprovada em mais dois estudos que obtiveram resultados semelhantes ao analisar o halo de inibição obtido após aplicação do óleo em placas de Petri inoculadas com diferentes cepas de *Aspergillus spp* e *Fusarium sp*. [17, 18].

3.2 Ação antimicrobiana do OEO em alimentos

Quanto à aplicação do OEO como conservante em alimentos, um dos maiores desafios na sua utilização encontra-se na forma como ele é incorporado aos produtos. Por ser uma substância que apresenta sabor e aroma intensos, os estudos que utilizam a aplicação direta deste composto limitam-se, na maioria das vezes, a alimentos que tradicionalmente já são consumidos em associação com o orégano.

Dentre estas pesquisas, pode-se destacar aquelas descritas na tabela 1, como a avaliação do perfil microbiológico de ricotas com especiarias [19], nas quais o OEO foi aplicado diretamente durante a fabricação em concentrações de 0,002, 0,010 e 0,018% (v/v). Após 30 dias, as três formulações apresentaram resultados satisfatórios com relação aos parâmetros microbiológicos estabelecidos pela legislação para mesófilos, *Staphylococcus aureus*, *Salmonella sp*, bolores e leveduras.

Tabela 1 – Compilado de dados de aplicação direta do OEO em alimentos

Autor(es)/ano	Produto aplicado	Concentrações	Conservação: período/temperatura	Microrganismo(s) avaliado(s)	Eficiência do OEO	Houve análise de aceitação sensorial?
Preis, Chagas e Rigo, 2015	Ricotas com especiarias	0,002, 0,010 e 0,018% (v/v)	0, 15 e 30 dias à < 8°C	Mesófilos, <i>Staphylococcus aureus</i> , <i>Salmonella sp</i> , bolores e leveduras.	Todos os itens avaliados apresentaram-se dentro dos limites da legislação	Não
Hafemann et al., 2015	Ricota	0,001 e 0,002% (v/v)	0, 5, 10 e 15 dias à 5°C	<i>Staphylococcus</i> coagulase positiva, aeróbios mesófilos, psicrotróficos, coliformes e <i>Salmonella</i>	Todos os itens avaliados apresentaram-se dentro dos limites da legislação	Sim, a amostra com concentração de 0,002% obteve maior aceitação (>70%)
Farias, Resende, Pinto, 2017	Queijo minas frescal	0,01 e 0,02% (v/v)	0, 7, 14 e 21 dias à 5°C	Aeróbios, mesófilos, psicrotróficos, coliformes totais e <i>Salmonella</i>	Todos os itens avaliados apresentaram-se dentro dos limites da legislação	Não
Santurio, 2015	Linguiça toscana	200, 400, 1600 e 3200 µg mL ⁻¹	0, 10, 15, 20 e 30 dias à 5°C	<i>Escherichia coli (E. coli)</i> , coliformes totais e termotolerantes	Eficiente em todas as avaliações	Sim, produto bem aceito nas concentrações de 200 e 400µg m mL ⁻¹
Menezes et al., 2016	Presunto fatiado	0,4% (v/m)	6, 12, 15, 20 e 25 °C por 30 dias	Bactérias ácido lácticas	Eficiente nos produtos mantidos à 6°C	Não
Souza, 2017	Linguiça frescal de frango	40 µg mL ⁻¹ e 10 µg mL ⁻¹	1, 7, 14 e 21 dias; 1 à 4°C	Coliformes a 45 °C, <i>Staphylococcus</i> coagulase positiva e <i>Salmonella sp</i> .	Redução de coliformes a 45° C e efetivo contra <i>Salmonella sp</i> e <i>Staphylococcus</i>	Não
Vivian, 2020	Massa para embutido cárneo	0,5, 1,0 e 1,5% (m/v)	0, 24 , 48 e 72h à 4°C	<i>Salmonella enterica</i> (Typhimurium e Enteritidis), <i>E. coli</i> , <i>S. aureus</i> e <i>Listeria monocytogenes</i>	Apenas contra <i>S. Enterica</i> na concentração de 1,5%	Sim, porém o produto não foi bem aceito

A aplicação do OEO também foi avaliada em ricotas com concentrações de 0,001 e 0,002% (v/v) [20]. Após 15 dias, ambos os produtos obtiveram resultados das análises microbiológicas quanto a *Staphylococcus* coagulase positiva, aeróbios mesófilos, psicrotróficos, coliformes e *Salmonella* dentro do estabelecido pela legislação. Além de apresentarem também uma boa aceitação em análises sensoriais (> 70%).

Em um outro estudo [21], foi desenvolvido queijo minas frescal adicionado de OEO, em concentrações iguais a 0,01 e 0,02% (v/v), armazenados por um período de 21 dias. Posteriormente, esse alimento foi submetido às análises microbiológicas quanto a aeróbios mesófilos, psicrotróficos, coliformes totais e *Salmonella sp.* Todos os parâmetros avaliados obtiveram resultados de acordo com o exigido pela legislação.

Fatias de presunto que tiveram o OEO aplicado diretamente em sua superfície, à uma concentração de 0,4% (m/v). Passaram por uma avaliação do desenvolvimento de bactérias ácido-láticas [22]. Foi observada uma inibição no desenvolvimento deste grupo de bactérias por um período de até 30 dias, quando armazenado à temperatura de 6°C. Tal fato comprova a eficácia do OEO como conservante para este tipo de produto.

Outro estudo aplicou OEO em uma massa base para preparo de embutidos cárneos em concentrações de 0,5, 1,0 e 1,5%. Durante um período de 72 horas, foram avaliadas as bactérias *Salmonella*, *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus* e *Listeria monocytogenes*. Os autores observaram que o OEO apresentou eficácia apenas contra *Salmonella entérica*, na concentração de 1,5%. Porém as amostras não obtiveram boa aceitação nas análises sensoriais [23].

A aplicação do OEO como conservante também foi testada em linguiça toscana em um trabalho que utilizou concentrações de 200, 400, 1600 e 3200 $\mu\text{g mL}^{-1}$ em sua formulação[24]. O produto passou por análises de *Escherichia coli*, coliformes totais e termotolerantes, onde constatou-se a eficiência do OEO em todos os parâmetros avaliados ao longo de 30 dias. Quanto às características sensoriais, o produto obteve boa aceitação nas menores concentrações (200 e 400 $\mu\text{g mL}^{-1}$).

Outro alimento, linguiças frescas de frango, foram adicionadas de OEO em concentrações iguais a 40 e 10 $\mu\text{g mL}^{-1}$ [25] e apresentaram eficiência na redução de coliformes a 45 °C, além de efeito inibitório contra o desenvolvimento de *Salmonella sp* e *Staphylococcus* por um período de 21 dias.

3.3 Aplicação do OEO em coberturas comestíveis

Nos últimos anos tem se notado um aumento no número de pesquisas relacionadas ao desenvolvimento de novos tipos de embalagens para alimentos. Neste contexto, um dos ramos mais promissores é o dos filmes tanto comestíveis quanto biodegradáveis, feitos a partir de bases orgânicas como polissacarídeos, proteínas e lipídeos. Estas embalagens contribuem para a conservação dos alimentos, além de diminuir os impactos ambientais gerados pelo uso de filmes plásticos [26].

A utilização de OEO em filmes e coberturas tem sido apresentada em diversos estudos recentes. Filmes comestíveis à base de quitosana e amido em conjunto com OEO foram apontados como alternativas viáveis na conservação de alimentos [27, 28], devido às boas características mecânicas apresentadas, sendo necessários mais estudos para comprovar sua possível ação antimicrobiana.

A microencapsulação do carvacrol foi testada em filmes a base de amido de mandioca e gelatina [29], obtendo filmes estáveis que conseguiram reter o composto. Já

num outro estudo [30], foram elaborados filmes à base de resina celulósica contendo OEO em concentrações de 25 e 50%. Posteriormente estes filmes foram aplicados em discos de pizza e mantidos sob refrigeração (7°C) por até 15 dias, sendo evidenciado o desenvolvimento de aeróbios psicotróficos e leveduras, apresentando efeito inibitório apenas para fungos filamentosos. Segundo os autores ainda são necessários novos estudos para avaliar as concentrações ideais e fatores que influenciam no armazenamento destes produtos.

Coberturas desenvolvidas à base de O-carboximetilquitosana associada ao OEO foram aplicadas em goiabas, que foram armazenadas sob refrigeração (8°C) por 17 dias. Neste período foi constatada a inibição do desenvolvimento de bolores e leveduras, além da conservação das características físicas e sensoriais do produto [31].

Em uma comparação, duas coberturas à base de alginato, associadas, respectivamente, aos óleos essenciais de orégano e alecrim [32] foram aplicados em ricota, armazenada por 21 dias à temperatura de 5°C. Os pesquisadores constataram que os dois óleos foram eficazes no controle de coliformes a 35 e 45 °C, *Staphylococcus* e *Salmonella sp.* Porém o OEO não apresentou eficácia na avaliação de coliformes totais, ao contrário do óleo de alecrim.

4 CONCLUSÕES

O óleo essencial de orégano demonstrou eficiência na inibição de diferentes tipos de bactérias e fungos. Estudos *in vitro* apontaram sua maior efetividade contra bactérias Gram-positivas, como *Staphylococcus aureus* e *Bacillus cereus*. No entanto, também foi relatada a inibição do desenvolvimento de bactérias Gram-negativas, como *Escherichia coli* e *Salmonella*, bem como de diferentes cepas de fungos. Quanto à aplicação em alimentos, o OEO mostrou-se viável como alternativa de conservante natural. Porém, o maior desafio nestes casos é determinar a dosagem de óleo essencial necessária para que se obtenha a ação antimicrobiana, sem interferir nas características sensoriais dos produtos. Outra alternativa para aplicação de OEO como conservante é na forma de coberturas, que podem ser comestíveis, porém apresentam menor influência sobre o sabor e aroma dos alimentos.

REFERÊNCIAS

- 1-LACHNO AS *et al.* Bioaditivos e aditivos naturais em alimentos: Corantes, antioxidantes e aromatizantes. Boletim Técnico-Científico, 2019, 5, 2.
- 2- RODRIGUES L. Exigência do consumidor perante a indústria de alimentos: Revisão de literatura [dissertação]. Rio Verde: IFG, 2019.
- 3- QUINONES EM *et al.* Efeitos maléficos dos produtos industrializados na alimentação de crianças e adolescentes: uma revisão bibliográfica. Revista Científica de Saúde, 2020, 2, 4.
- 4- ALMEIDA JC, ALMEIDA PP, GHERARDI SRM. Potencial antimicrobiano de óleos essenciais: uma revisão de literatura de 2005 a 2018. Revista Nutri Time, 2020.

- 5- SOUZA BA *et al.* Aditivos alimentares: aspectos tecnológicos e impactos na saúde humana. *Revista Contexto & Saúde*, 2019, 19, 36: 5-13.
- 6- OLIVEIRA EA. Controle de qualidade em refrigerante. [Monografia]. Londrina: UEL, 2007.
- 7- CONTE FA. Efeitos do consumo de aditivos químicos alimentares na saúde humana. *Revista Espaço Acadêmico*, 2016, 16, 181: 69-81.
- 8- AUN MV *et al.* Aditivos em alimentos. *Revista Brasileira de Alergia e Imunopatologia*, 2011, 34, 5: 177-186.
- 9- HONORATO TC *et al.* Aditivos alimentares: aplicações e toxicologia. *Revista Verde*, 2013, 8, 5: 1-11.
- 10- CHRIST-RIBEIRO A *et al.* Compostos fenólicos extraídos de fontes naturais aplicados como conservadores em massas de pizza. *Revista de Ciência e Inovação*, 2016, 1, 1: 129-138.
- 11- MENDES PS. Atividade antifúngica da curcumina contra fungos deteriorantes em pães [dissertação]. Campo Mourão: Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), 2017.
- 12- SALLAWI T *et al.* *Arbutus unedo L.* and *Ocimum basilicum L.* as sources of natural ingredients for bread functionalization. [tese de mestrado] Bragança: Instituto Politécnico de Bragança, 2017.
- 13- CORRÊA RM *et al.* Características anatômicas e fisiológicas de orégano (*Origanum vulgare*) sob telas termorefletoras. *Horticultura Brasileira*, 2008, 26: S364-S368.
- 14- SILVA JPL *et al.* Óleo essencial de orégano: interferência da composição química na atividade frente a *Salmonella enteritidis*. *Food Science and Technology*, 2010, 30: 136-141.
- 15- GAMES E *et al.* Structurally Related Monoterpenes p-Cymene, Carvacrol and Thymol Isolated from Essential Oil from Leaves of *Lippia sidoides* Cham. (*Verbenaceae*) Protect Mice against Elastase-Induced Emphysema. *Molecules*, 2016, 21, 10: 1390.
- 16- POMBO JCP *et al.* Efeito antimicrobiano e sinérgico de óleos essenciais sobre bactérias contaminantes de alimentos. *Segurança Alimentar e Nutricional*, 2018, 25, 2: 108-117.
- 17- GUIDO Z. *et al.* Avaliação das concentrações inibitória e fungicida mínima do óleo essencial de orégano sobre *Aspergillus flavus*. *Anais do Salão Internacional de Ensino, Pesquisa e Extensão*, 2018, 9, 3.
- 18- PEREIRA MC *et al.* Inibição do desenvolvimento fúngico através da utilização de óleos essenciais de condimentos. *Ciência e Agrotecnologia*, 2006, 30 4: 731-738.
- 19- PREIS C, CHAGAS TER, RIGO E. Avaliação da ação antimicrobiana de óleo essencial de orégano (*Origanum vulgare*) em ricotas adicionadas de especiarias. *Revista do Congresso Sul Brasileiro de Engenharia de Alimentos*, 2015, 1, 1.
- 20- HAFEMANN SPG *et al.* Ricota com adição de óleo essencial de orégano (*Origanum vulgare Linneus*): avaliação físico-química, sensorial e microbiológica. *Revista brasileira de produtos agroindustriais*, 2015, 17, 3: 317-323.
- 21- FARIAS JLL, REZENDE PLR, PINTO EG. Queijo minas frescal enriquecido com óleo de orégano. *Colloquium Agrariae*, n. Especial, Jan-Jun, 2017, 13: 432-437.
- 22- MENEZES NMC *et al.* Efeito da adição de óleo essencial de orégano sobre a vida útil de presunto fatiado embalado a vácuo: modelagem em condições isotérmicas e não isotérmicas [tese de mestrado]. Florianópolis: UFSC, 2016.

- 23- VIVIAN PG. Atividade antimicrobiana de óleos essenciais de *origanum vulgare* (orégano) e *ocimum basilicum* (manjeriçao) e sua aplicação em massa para embutido cárneo. [tese de mestrado]. Pelotas: Universidade Federal de Pelotas, 2017.
- 24- SANTURIO DF. Uso de óleos essenciais de especiarias para controle de coliformes em linguiça toscana [tese de doutorado]. Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, 2015.
- 25- SOUZA RS. Elaboração de linguiça frescal de frango adicionada de óleos essenciais [tese de mestrado]. Montes Claros: Instituto de Ciências Agrárias da UFMG, 2017.
- 26- COSTA MCC *et al.* Embalagens de alimentos à base de biofilmes comestíveis, uma revisão de literatura. Revista Ceuma Perspectivas, 2019, v. 30, n. 3, p. 88-100.
- 27- COSTA ES. Preparação e estudo mecânico de membranas poliméricas a partir de blendas de quitosana/amido[dissertação]. Mossoró: UFERSA, 2019.
- 28- SILVA, EEAN. *et al.* Aplicação de filmes e coberturas comestíveis no aumento da vida útil do tomate [tese de mestrado]. Rio Verde: IFG, 2019.
- 29- ROMIO AP *et al.* Encapsulação do carvacrol em filmes comestíveis de amido de mandioca e gelatina. Embrapa Instrumentação - Workshop da rede de nanotecnologia aplicada ao agronegócio, 2017, 9: 213-217.
- 30- BOTRE DA *et al.* Avaliação de filme incorporado com óleo essencial de orégano para conservação de pizza pronta. Ceres, 2015, 57, 3.
- 31- TAVARES LR, DE ALMEIDA PP, GOMES MF Avaliação físico-química e microbiológica de goiaba (*Psidium guajava*) revestida com cobertura comestível à base de O-carboximetilquitosana e óleo essencial de orégano (*Origanum vulgare*). Multi-Science Journal (ISSN 2359-6902), 2018, 1, 13: 20-26.
- 32- TAVARES FO *et al.* Cobertura comestível adicionada de óleos essenciais de orégano e alecrim para uso em ricota. Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes, 2014, 69, 4: 249-257.

DOI: <https://doi.org/10.53934/9786585062039-19>

CAPÍTULO 19

QUALIDADE DE GOIABAS 'PALUMA' SUBMETIDAS AO RECOBRIMENTO COM POLÍMEROS COMESTÍVEIS

Wélida Cristina Dantas Venceslau ; Diego Eduardo da Silva *; Adriana Ferreira dos Santos ; Julia Medeiros Bezerra ; Máira Felinto Lopes .

* *Diego Eduardo da Silva – diegoeduardoufpb@gmail.com*

Resumo: Objetivou-se avaliar a qualidade de goiabas 'Paluma' sob atmosfera modificada com o uso de biofilme comestível à base de fécula de mandioca (2 e 4%) e filme de polietileno a vácuo, armazenada sob duas temperaturas (24 °C e 10 °C), visando retardar o metabolismo destes frutos e manutenção de sua qualidade. Foram utilizadas goiabas 'Paluma' provenientes do Perímetro Irrigado de São Gonçalo, Sousa – PB, selecionadas mediante a cor da casca, colhidas quando apresentaram pigmentação verde predominante com traços amarelos. O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, em esquema fatorial 4 x 6 e 4 x 7, para as temperaturas de 24° e 10 °C, respectivamente (primeiro fator correspondente aos tratamentos com a atmosfera modificada e o segundo fator correspondente aos períodos de armazenamento). Foram realizadas avaliações da relação SS/AT; Açúcares Solúveis Totais; Açúcares Redutores; avaliações subjetivas de aparência e coloração. A partir das análises de variância preliminares, considerando os efeitos das interações, os resultados foram submetidos à análise de regressão polinomial. As atmosferas modificadas (biofilme de fécula de mandioca a 2% e polietileno a vácuo) associadas à refrigeração conservaram a qualidade e a integridade dos frutos, mantendo-os túrgidos, com aparência atrativa durante um período mais prolongado. A temperatura de 10 °C mostrou-se a mais eficiente para a conservação de goiabas, mantendo sua qualidade em condições aceitáveis durante 20, 16 e 12 dias pós-colheita para os tratamentos 2 (polietileno a vácuo), 3 (BFM a 2%) e 4 (BFM a 4%), respectivamente.

Palavras-chave: biofilme; fécula de mandioca; pós-colheita.

Abstract: The objective was to evaluate the quality of 'Paluma' guavas under modified atmosphere with the use of edible biofilm based on cassava starch (2 and 4%) and polyethylene film under vacuum, stored at two temperatures (24 °C and 10 °C). C), aiming to slow down the metabolism of these fruits and maintain their quality. 'Paluma' guavas were used from the Irrigated Perimeter of São Gonçalo, Sousa - PB, selected according to the color of the skin, harvested when they presented predominant green pigmentation with yellow traces. The experimental design used was completely randomized, in a 4 x 6 and 4 x 7 factorial scheme, for temperatures of 24° and 10 °C, respectively (first factor corresponding to treatments with modified atmosphere and the second factor corresponding to storage periods). Evaluations of the SS/AT ratio were performed; Total Soluble Sugars; Reducing sugars; subjective assessments of appearance

and color. From the preliminary analysis of variance, considering the effects of interactions, the results were submitted to polynomial regression analysis. The modified atmospheres (2% cassava starch biofilm and vacuum polyethylene) associated with refrigeration preserved the quality and integrity of the fruits, keeping them turgid, with an attractive appearance for a longer period. The temperature of 10 °C proved to be the most efficient for the conservation of guavas, maintaining their quality under acceptable conditions during 20, 16 and 12 days post-harvest for treatments 2 (vacuum polyethylene), 3 (2% BFM) and 4 (4% BFM), respectively.

Key Word: biofilm; cassava starch; post-harvest.

INTRODUÇÃO

A goiaba (*Psidium guajava L.*) é um fruto muito perecível, com um curto período de conservação, o que obriga a uma comercialização rápida. Os principais aspectos de deterioração são o rápido amolecimento, a perda de coloração verde e do brilho e a incidência de podridões (1). Os processos fisiológicos de deterioração dos frutos são acelerados e seus efeitos podem ser agravados pelas condições às quais são submetidos após a colheita. O uso de tecnologias de conservação pós-colheita é imprescindível para aumentar o período de comercialização (2).

A atmosfera modificada é um dos métodos utilizados para preservar a qualidade de vegetais, pois contribui na redução da atividade metabólica e da perda de água, melhorando seu aspecto comercial, refletindo no aumento do período de comercialização (3) e, conseqüentemente, reduz o metabolismo vegetal, retardando a senescência (4). Os biofilmes comestíveis vêm sendo utilizados por sua praticidade, custo relativamente baixo e eficiência, são amplamente utilizados como modificadores de atmosfera para prolongar a vida pós-colheita. Dentre as fontes usadas para produção do biofilme, pode-se citar: derivados de amido, da celulose ou do colágeno, podendo ser usados diretamente sobre os alimentos, e que podem ser consumidos ainda com a película (5).

A fécula de mandioca vem sendo considerada a matéria-prima mais utilizada e adequada na elaboração de biofilmes comestíveis, por formar películas resistentes e transparentes, eficientes barreiras à perda de água, proporcionando bom aspecto e brilho intenso, tornando frutos e hortaliças comercialmente atrativos (5). A fécula de mandioca é largamente produzida no mercado nacional, sendo encontrada por um preço acessível, apresentando-se como um produto comercial de baixo custo (6). Sabendo-se que filmes confeccionados exclusivamente com amido possuem baixa flexibilidade, elevada higroscopia e baixa adequação ao processamento industrial (7,8), é necessário o uso de plastificantes com o objetivo de melhorar suas propriedades físico-químicas. O glicerol é considerado um plastificante dos mais efetivos em termos de propriedades termomecânicas (9,10).

Um fator muito determinante na vida útil de vegetais é a temperatura, no qual, influencia diretamente as taxas das reações químicas e enzimáticas. A conservação de produtos vegetais por refrigeração baseia-se na inibição total ou parcial dos principais agentes responsáveis pelas alterações que ocorrem neste grupo de alimentos (11): o crescimento e atividade microbiana, as atividades metabólicas dos tecidos após a colheita, as enzimas e as reações químicas (12). O uso da refrigeração é uma técnica de

armazenamento eficiente em retardar o processo de amadurecimento e manter a qualidade pós-colheita dos frutos (4).

A temperatura ideal para armazenamento de goiabas é aproximadamente 10 °C, abaixo desta temperatura os frutos não amadurecem satisfatoriamente, caracterizando dano pelo frio (13). É importante lembrar que, por mais que o armazenamento refrigerado de frutos diminua a respiração e o metabolismo, mantendo suas qualidades por um período mais prolongado, não ocorre o retardo de todas as reações do metabolismo (14), sendo interessante a associação com outras técnicas de conservação, como por exemplo, atmosfera modificada.

O presente trabalho teve como objetivo avaliar a qualidade de goiabas 'Paluma' sob atmosfera modificada com o uso de biofilme comestível à base de fécula de mandioca e filme de polietileno a vácuo, armazenadas sob duas temperaturas (10 °C e 24 °C a 70 % UR).

MATERIAL E MÉTODOS

SELEÇÃO, SANITIZAÇÃO E PREPARO DO MATERIAL VEGETAL

Foram utilizados lotes de frutos uniformes, tamanhos médios, sem defeitos, colhidos quando apresentaram pigmentação verde predominante com traços amarelos. Após a colheita, foram acondicionados em caixas plásticas e transportados para o Laboratório de Tecnologia de Produtos de Origem Vegetal da UFCG/UATA/CCTA, onde passaram por higienização e sanitização. Os frutos que passaram por higienização, depois de lavados em água corrente, foram imersos por 15 minutos em uma solução de hipoclorito de sódio a 50 ppm de cloro ativo, em tanque de lavagem de inox, em seguida, enxaguados com água destilada e secos ao ar, posteriormente submetidas aos tratamentos com recobrimento.

Na instalação do experimento foram dispostos dois frutos, compondo um peso total de aproximadamente 300 g, em bandejas de poliestireno com dimensões de 150 x 150 x 25 mm. Foram realizados 6 períodos de avaliações em intervalo de 2 dias, totalizando 10 dias, para a temperatura em condições ambientais 24 °C e 7 períodos de avaliações em intervalo de 4 dias, totalizando 24 dias, para a temperatura sob condições de refrigeração 10 °C, com três repetições por parcela. As bandejas para avaliação dos frutos foram dispostas aleatoriamente nos locais de armazenamento, de acordo com os tratamentos.

As formulações de BFM foram preparadas por aquecimento com agitação das suspensões até aproximadamente 70 °C de modo a ocorrer a geleificação da fécula. Os frutos foram imersos em suspensões por 1 minuto e depois drenados, secados naturalmente em temperatura ambiente, de acordo com Cerqueira (15). A aplicação do biofilme de fécula de mandioca (BFM) foi realizada em suspensão nas concentrações 0% (controle, sem recobrimento), 2 e 4% de recobrimento do biofilme com Glicerol a 2%, também foram avaliados frutos utilizando filme de polietileno (de alta densidade) a vácuo, para comparação com os comestíveis. Para o armazenamento utilizou-se estantes em prateleiras, para a temperatura em condições ambientais de 24 °C e a 70% de UR e câmaras incubadoras BOD (*Biochemical Oxygen Demand*) para a temperatura 10 °C e a 70% de UR. As avaliações para a temperatura de 10 °C (0, 4, 8, 12, 16, 20 e 24 dias) foram realizadas a cada 4 dias e a cada 2 dias para temperatura sob condições ambiente

de aproximadamente 24 °C (0, 2, 4, 6, 8, 10, 12 dias). A caracterização inicial dos frutos foi realizada no dia seguinte, para ocorrer a intensificação dos tratamentos aplicados, indicando o ponto 0 (zero), na escala de avaliações.

AVALIAÇÕES

Relação SS/AT: relação entre os valores de sólidos solúveis e acidez titulável (16).

Açúcares Solúveis Totais - AST ($\text{g}\cdot 100\text{g}^{-1}$): determinados pelo método descrito por Yemm e Willis (17);

Açúcares Redutores – AR ($\text{g}\cdot 100\text{g}^{-1}$): realizado pelo método do ácido 3,5 dinitrosalicílico (DNS), de acordo com Miller (18);

Avaliação subjetiva de aparência (escala de 1 a 9): determinado, segundo Santos (19), através de escala de 1 a 9 (1-Inaceitável; 3-Ruim; 5-Regular; 7-Bom; 9-Excelente). As avaliações subjetivas foram realizadas em três repetições/tratamento por cinco provadores avaliadores não treinados para cada unidade experimental, determinando-se ao final o valor médio para cada repetição. Sendo considerado o escore 4, como sendo o limite de aceitação pelo consumidor.

Avaliação subjetiva de coloração (escala de 1 a 6): escala de 1 a 6 conforme escala de comercialização, onde: 1 - totalmente verde; 2 - verde claro; 3 - verde-amarelado; 4 - amarelo-esverdeado (Mate); 5 - predominância do amarelo; 6 - totalmente amarelo, com indícios de senescência. As avaliações subjetivas foram realizadas em três repetições/tratamento por cinco provadores não treinados para cada unidade experimental, determinando-se ao final o valor médio.

DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

O experimento foi instalado em delineamento inteiramente casualizado, disposto em esquema fatorial 4 x 6 para a temperatura a 24 °C e 4 x 7 para a temperatura a 10 °C, com 3 repetições de dois frutos/parcela, onde o primeiro fator corresponde aos tratamentos (tratamento 1 – 0%, sem recobrimento; tratamento 2 – polietileno a vácuo; tratamento 3 – 2% de biofilme de fécula de mandioca + 2 % de glicerol; tratamento 4 – 4% de biofilme de fécula de mandioca + 2 % de glicerol, o segundo fator corresponde aos períodos de armazenamento (0, 2, 4, 6, 8 e 10 dias) e (0, 4, 8, 12, 16, 20 e 24 dias), para as temperaturas de 24 °C e 10 °C, respectivamente. As temperaturas foram avaliadas independentes dos tratamentos aplicados.

ANÁLISE ESTATÍSTICA

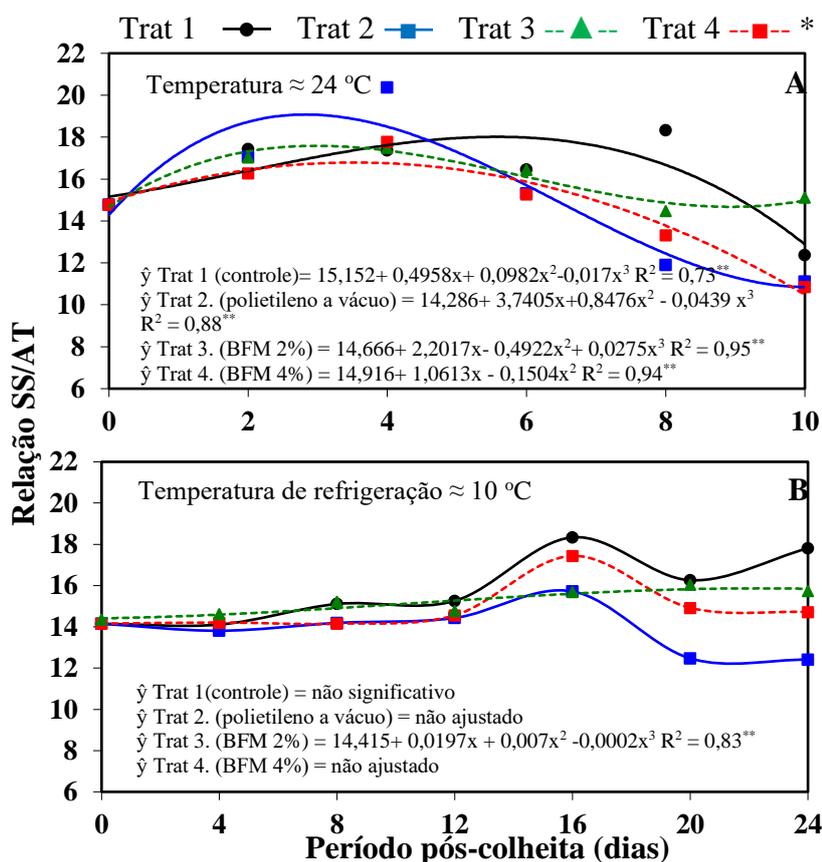
Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância, verificando efeito significativo para o teste F foram submetidos ao teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade, utilizando o programa computacional ASSISTAT® 2016.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A relação entre os Sólidos Solúveis e a Acidez Titulável (SS/AT) dos frutos armazenados à temperatura de 24 °C (Figura 1) diminuiu durante o período pós-colheita, enquanto que, as goiabas sob atmosfera modificada a 10 °C apresentaram até os 16 dias pós-colheita, valores de SS/AT constantes, independente dos tratamentos avaliados e deparando-se com os maiores valores obtidos ao final do armazenamento.

Para a temperatura de 24 °C apenas os frutos submetidos a recobrimento com biofilme de fécula de mandioca a 2% apontaram uma variação mínima. Neste sentido, os tratamentos com fécula de mandioca a 4% e polietileno a vácuo apresentaram valores razoáveis até o 6º dia. Entretanto, a 10 °C todos os tratamentos aumentaram e apresentaram resultados que indicam uma boa palatabilidade dos frutos tratados até o final do período de armazenamento exceto para o Trat. 4 (BFM a 4%) aos 16º dia pós-colheita.

Figura 1 – Relação SS/AT de goiabas ‘Paluma’ sob atmosferas modificadas e sob duas temperaturas (24 °C e 10 °C a 70% UR).



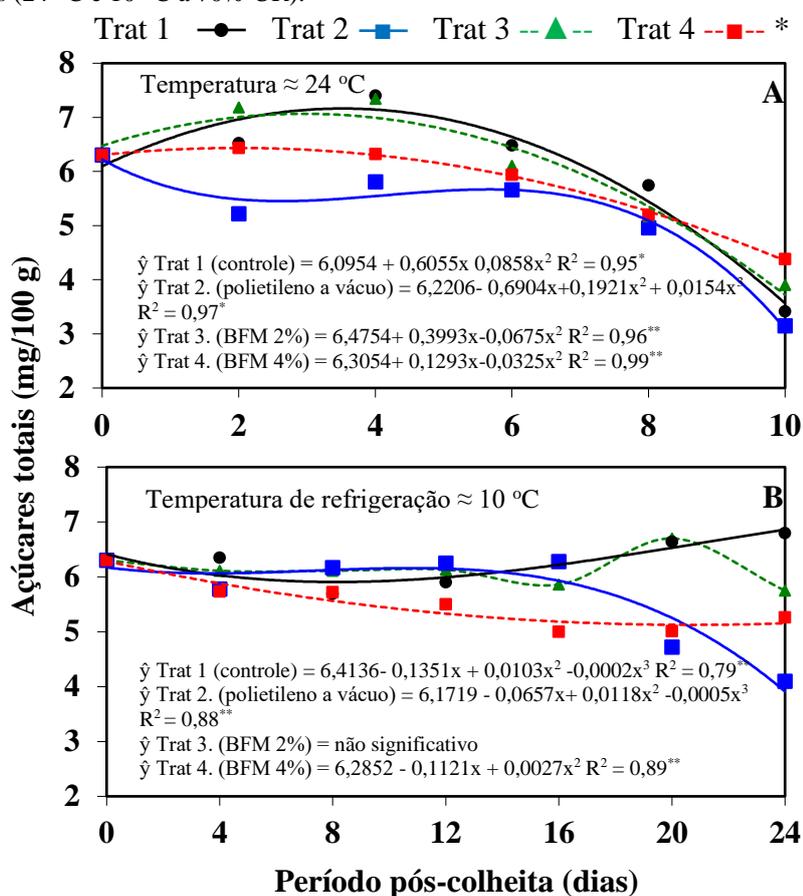
*Trat.1 (0% - controle); Trat.2 (Polietileno a vácuo); Trat.3 (Biofilme de Fécula de Mandioca a 2%); Trat.4 (Biofilme de Fécula de Mandioca a 4%).

A relação SS/AT é um índice de qualidade de goiaba, em conjunto com outros parâmetros, à medida que os frutos amadurecem os teores de açúcares tendem a aumentar e os de ácidos orgânicos diminuir, assim, a relação aumenta com o amadurecimento

(21). O sabor do fruto reflete o balanço entre açúcares e ácidos, que isoladamente, podem representar um falso indicativo do sabor dos frutos. Valores para a relação sólidos solúveis e acidez titulável (SS/AT) para goiabas acima de 25 são indesejáveis, pois os frutos apresentam sabor estranho (4).

O teor de Açúcares Solúveis Totais de goiabas “Paluma” para 24 °C diminuiu com o armazenamento (Figura 2). Já os tratamentos com biofilme de fécula a 2% e 4%, apresentaram valores superiores ao tratamento com polietileno a vácuo. Por outro lado, a temperatura de 10 °C para o Trat. 2 (polietileno a vácuo) apresentou tendência a decréscimos a partir do 16° dia, enquanto que o Trat. 3 (BFM a 2%) não foi significativo, verificando que a concentração 4% apresentou um incremento menos acentuado.

Figura 2 – Açúcares Solúveis Totais de goiabas ‘Paluma’ sob atmosferas modificadas e sob duas temperaturas (24 °C e 10 °C a 70% UR).



*Trat.1 (0% - controle); Trat.2 (Polietileno a vácuo); Trat.3 (Biofilme de Fécula de Mandioca a 2%); Trat.4 (Biofilme de Fécula de Mandioca a 4%).

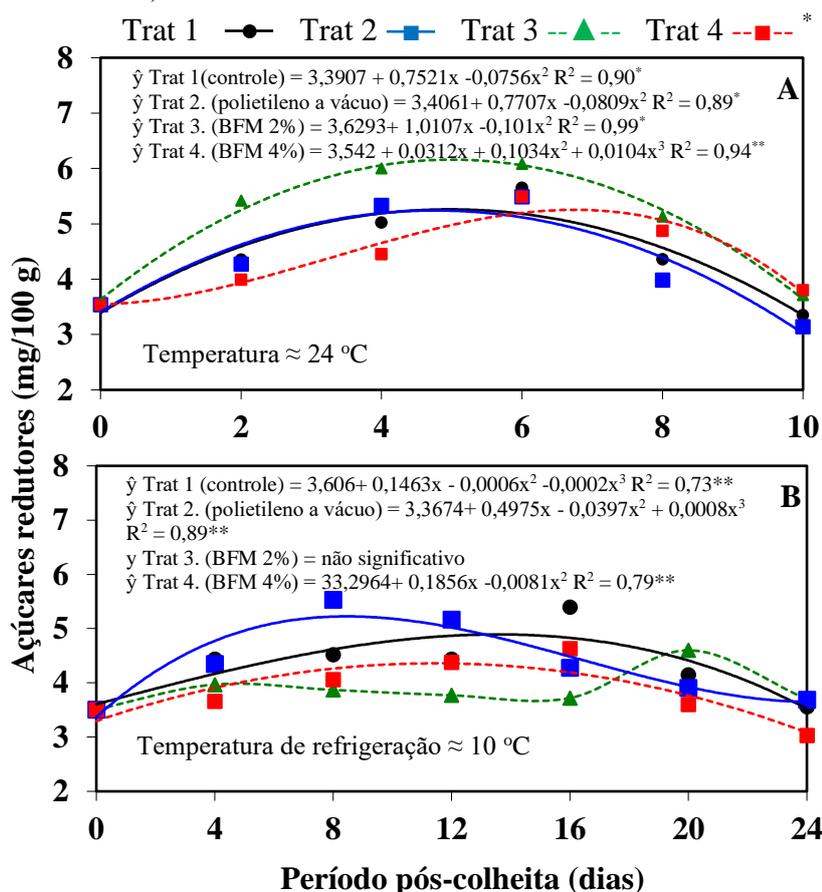
De acordo com Chitarra; Chitarra (22), relataram que, o aumento nos teores de açúcares solúveis totais, pode ocorrer por conta da hidrólise de amido, desidratação dos frutos e degradação de polissacarídeos da parede celular. Nesse sentido, Vila et al. (23), relatam que goiabas ‘Pedro Sato’ recobertas com biofilme de fécula de mandioca 3 e 4%, armazenadas a 9 °C, obtiveram médias satisfatórias sugerindo que tais tratamentos foram efetivos para a manutenção do conteúdo de açúcares totais.

Dessa forma, o uso de atmosfera modificada sob refrigeração (Figura 2B) tendeu a manter os teores de AST durante aproximadamente os 18 dias pós-colheita, o efeito positivo da atmosfera modificada e na temperatura avaliada, deve-se provavelmente ao aumento da concentração de CO₂ no interior da embalagem como um fator que possivelmente altera o fluxo de carbono na glicólise (24).

Observou-se um incremento no teor de açúcar redutor até o 6º dia, para temperatura de 24 °C independente dos tratamentos, seguindo com redução. Além disso, observou-se uma associação da atmosfera modificada com refrigeração promovendo menor evolução desse processo, apontando melhor conservação dos frutos envolvidos em biofilmes com 2 e 4% de fécula de mandioca, observando-se as menores médias de açúcar redutor até o 12º dia para o Trat. 4 (BFM a 4%) e aos 16º dias para o Trat. 3 (BFM a 2%).

Os frutos do Trat. 1 (0% - sem recobrimento) e Trat. 2 (polietileno a vácuo) obtiveram maior porcentagem desses açúcares até os 16º dias e 8º dias, respectivamente. Provavelmente, por haver maior conversão dos carboidratos complexos a monossacarídeos, sem, contudo, haver um consumo acentuado de glucose na cadeia respiratória (4).

Figura 3 - Açúcares Redutores de goiabas 'Paluma' sob atmosferas modificadas e sob duas temperaturas (24 °C e 10 °C a 70% UR).



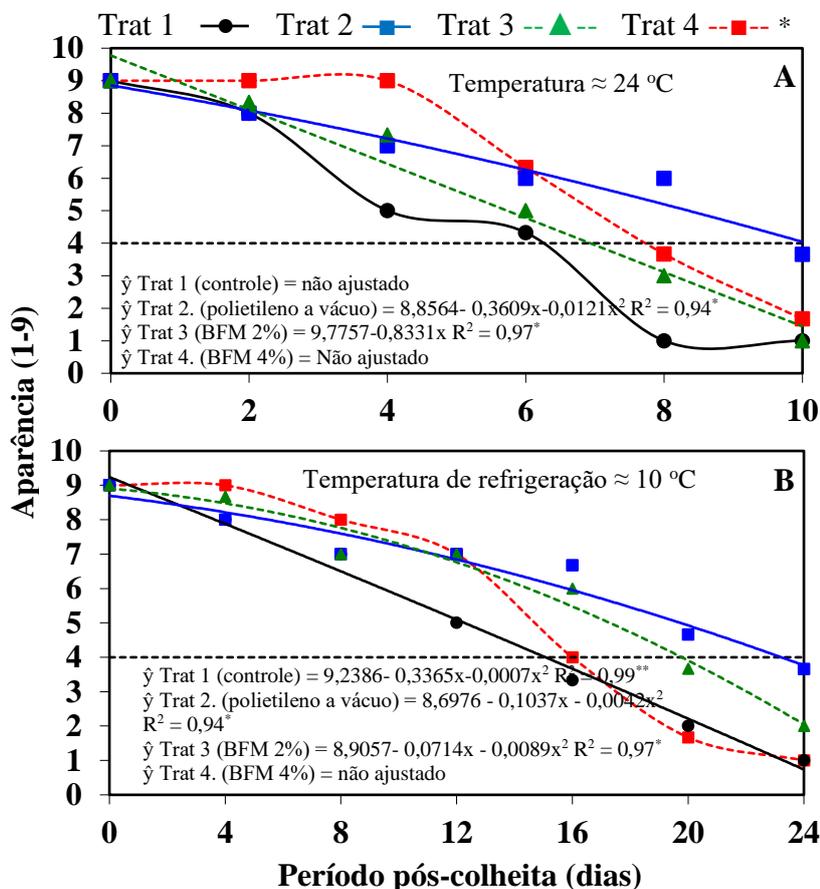
*Trat.1 (0% - controle); Trat.2 (Polietileno a vácuo); Trat.3 (Biofilme de Fécula de Mandioca a 2%); Trat.4 (Biofilme de Fécula de Mandioca a 4%).

Conforme Vila et al. (23), em seu estudo de Biofilme de Fécula de Mandioca para goiabas ‘Pedro Sato’ em diversas concentrações e armazenadas a 9 °C, destacaram o aumento no teor de açúcar redutor, em todos os tratamentos, durante o armazenamento. Entretanto, a associação da atmosfera modificada com refrigeração promoveu menor evolução desse processo, mostrando melhor conservação de goiabas envolvidas em biofilmes de fécula de mandioca a 3 e 4%, observando-se as menores médias de açúcares redutores, notadamente a partir do 10º dia de armazenamento (Figura 3).

As variações do teor de açúcares numa mesma espécie são decorrentes de fatores diversos, tais como cultivares, tipo de solo, condições climáticas e práticas culturais. A diminuição da temperatura reduz as taxas dos processos fisiológicas pós-colheita (25), preservando sua qualidade.

Nesta perspectiva, o uso da atmosfera modificada foi eficaz para conservar a aparência e conseqüentemente a vida útil dos frutos nas temperaturas avaliadas, principalmente sob refrigeração. A aparência foi quem determinou a vida útil pós-colheita das goiabas, no qual foi utilizada escala hedônica de 9 pontos, considerando o *escore* 4 referentes à rejeição comercial do produto. Foi possível observar diferença significativa entre os tratamentos, entretanto, para o Trat. 4 (BFM a 4%) nas duas temperaturas avaliadas não houve ajuste dos dados a linha de tendência, bem como para o tratamento 1 (sem recobrimento) a ≈ 24 °C.

Figura 4 - Aparência (1-9) de goiabas ‘Paluma’ sob atmosferas modificadas e sob duas temperaturas (24 °C e 10 °C a 70% UR).



*Trat.1 (0% - controle); Trat.2 (Polietileno a vácuo); Trat.3 (Biofilme de Fécula de Mandioca a 2%); Trat.4 (Biofilme de Fécula de Mandioca a 4%).

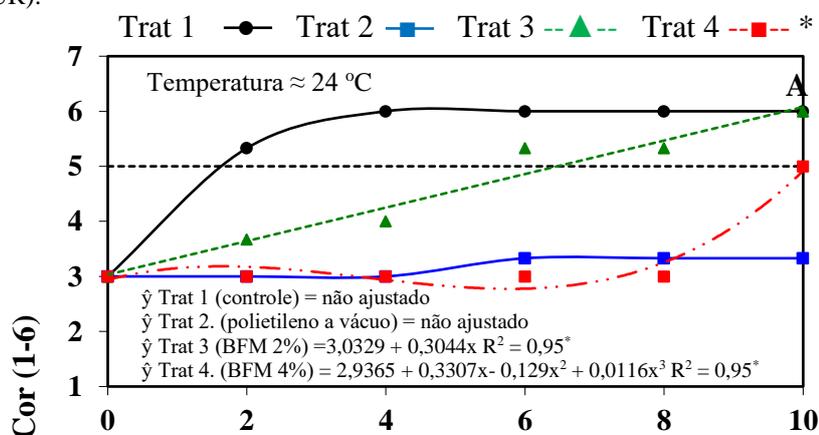
Os frutos apresentaram incidência de fungos, murchamento e cor da casca totalmente amarela, nos tratamentos 1 e 3 (0%, sem recobrimento e BFM a 2%, respectivamente) ao 10º dia de armazenamento; murchamento aparente para o Trat. 4 (4% BFM) ao 8º dia, para a temperatura em condições ambiente (24 °C). No armazenamento sob refrigeração não foram observadas incidência de fungos e grau de maturação tão elevado quanto no experimento a 24 °C. Os frutos submetidos aos tratamentos associados à refrigeração, apresentaram o maior período de comercialização, recebendo nota inferior a 4 a partir do 16º dia de armazenamento para os tratamentos 1 (controle) e 4 (BFM a 4%), 20 e 24 dias para os tratamentos 3 e 2 (BFM a 2% e polietileno a vácuo), respectivamente.

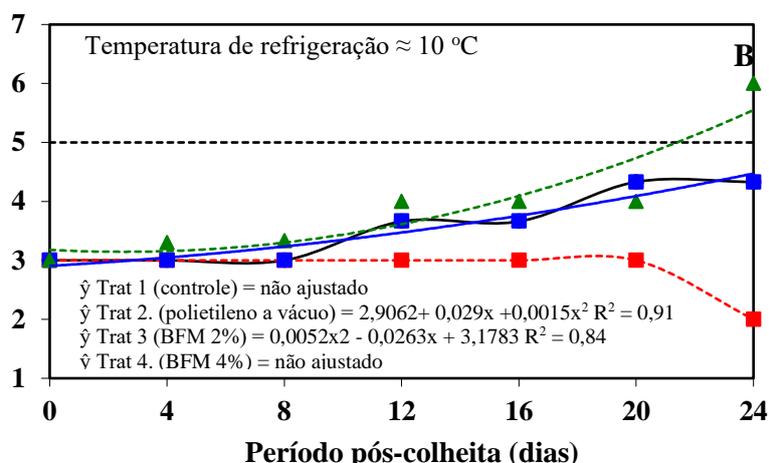
Goiabas são frutos que possuem atividade metabólica elevada e consequentemente, vida pós-colheita curta. O uso da refrigeração para o armazenamento foi um fator determinante para o prolongamento da vida útil de goiabas. Quando a refrigeração foi associada à atmosfera modificada foi obtida redução da incidência de podridão, bem como o ataque de patógenos, mantendo-se a turgidez dos frutos por mais tempo.

O resultado obtido para a cor em função dos tratamentos x períodos pós-colheita. A cor foi avaliada com base em uma escala de 6 pontos, considerando o *escore* 5 referentes à aceitação ao limite para coloração comercial do produto. Sendo que as goiabas armazenadas a temperatura de 24 °C receberam notas dentro do limite para comercialização até o 6º dia para o Trat. 3 (BFM a 2%) e para os demais tratamentos 4% de fécula de mandioca e polietileno a vácuo a variável cor esteve nos padrões até o fim do armazenamento de 10 dias.

Os resultados foram avaliados utilizando como referência os limites de colocação, adotados para a comercialização dos frutos no mercado. Sob 24 °C e 10 °C a tendência entre os tratamentos foi um aumento de *escore* em função do período de armazenamento. Verificando essa tendência a aumento da coloração da casca da goiaba para amarelo com maior destaque o tratamento 1 (0%, sem recobrimento). Observou-se que a refrigeração proporciona maior período de comercialização, principalmente até pelo menos ao 20º.

Figura 5 - Cor (1-6) de goiabas 'Paluma' sob atmosferas modificadas e sob duas temperaturas (24 °C e 10 °C a 70% UR).





*Trat.1 (0% - controle); Trat.2 (Polietileno a vácuo); Trat.3 (Biofilme de Fécula de Mandioca a 2%); Trat.4 (Biofilme de Fécula de Mandioca a 4%).

As modificações na coloração e aparência das frutas com o amadurecimento são devidas a processos degradativos como, por exemplo, a degradação da clorofila ou de síntese como carotenoides, sendo um dos principais critérios de julgamento do seu estado de maturação e também do amadurecimento de hortícolas (2). É provável que a modificação da atmosfera promovida pelos recobrimentos tenha influenciado na degradação da clorofila, mantendo essas frutas verdes por mais tempo.

CONCLUSÕES

As atmosferas modificadas compostas por Polietileno a vácuo e Biofilme de Fécula de Mandioca a 2% associadas à refrigeração conservaram a qualidade e a integridade dos frutos, mantendo-os túrgidos, aparência atrativa durante um período mais prolongado;

A incidência de fungos, murchamento e cor da casca totalmente amarela ocorrida em frutos mantidos em condição ambiente foi um fator limitante na manutenção da vida útil pós-colheita de goiabas nos tratamentos 0%, sem recobrimento e BFM 4%;

A temperatura de $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ mostrou-se eficiente para a conservação de goiabas, mantendo sua qualidade em condições aceitáveis durante 20, 16 e 12 dias pós-colheita para os tratamentos polietileno a vácuo, BFM a 2 e 4%.

REFERÊNCIAS

1. Jacomino, AP, Ojeda, RM, Kluge, RA, Scapare Filho, JA. Conservação de goiabas tratadas com emulsões de cera de carnaúba. Revista Brasileira de Fruticultura. 2003;25: 401-405.
2. Cerqueira, TS, Jacomino, AP, Sasaki, FF, Alleoni, ACC. Recobrimento de goiabas com filmes proteicos e de quitosana. 2011;70:216-221.
3. Vila, MTR. Qualidade pós-colheita de goiabas 'Pedro Sato' armazenadas sob refrigeração e atmosfera modificada por biofilme de fécula de mandioca. [Dissertação]. Lavras: Universidade Federal de Lavras; 2004.

4. Chitarra, MIF, Chitarra, AB. Pós-colheita de frutos e hortaliças: fisiologia e manuseio. 2ed. UFLA, 2005.
5. Hojo, ETD, Cardoso, AD, Hojo, RH, Boas, EVBV, Alvarenga, MAR. Use cassava starch films and PVC on post harvest conservation of Bell pepper. *Ciência e Agrotecnologia*. 2007;31:184-190.
6. Farias, MG, Fakhouri, FM, Carvalho, CWP, Ascheri, JLR. Caracterização físico-química de filmes comestíveis de amido adicionado de acerola (*Malpighia emarginata* d.c.). *Química Nova*. 2011;15:1-7.
7. Mali, S, Sakanaka, L, Yamashita, F, Grossmann, MVE. Water sorption and mechanical properties of cassava starch films and their relation to plasticizing effect. *Carbohydrate Polymer*. 2005;60:283-289.
8. Liu, H, Xie, F, Yu, L, Chen, L, Li, L. Thermal processing of starch-based polymers. *Prog. Polym. Sci*. 2009;34:1348–1368.
9. Zhang, Y, Han, JH. Plasticization of pea starch films with monosaccharides and polyols. *Journal of Food Science*. 2006;71:253–261.
10. Vieira, MGA, Silva, MA, Santos, LO, Beppu, MM. Natural-based plasticizers and biopolymer films: A review. *Eur. Polym. J*. 2011; 47:254–263.
11. Siqueira, AMA. Resfriamento rápido por ar forçado de goiaba cv. 'Paluma': Avaliação dos parâmetros físicos, físico-químicos, sensoriais e do processo. [Dissertação]. Fortaleza: Universidade Federal do Ceará; 2009.
12. Steffens, CA, Amarante, CVT, Silveira, JPG, Chechi, R, Espindola, BP. Tolerância ao dano pelo frio e qualidade pós-colheita em goiabas 'Pedro Sato' submetidas ao condicionamento térmico. *Revista Biotemas*. 2008;21:3.
13. Bron, IU, Ribeiro, RV, Cavalini, FC, Jacomino, AP, Trevisan, MJ. Temperature-related changes in respirations and Q10 coefficient of guava. *Scientia Agricola*. 2005;62:258-463.
14. Awad, M. Fisiologia pós-colheita de frutos. São Paulo: Nobel, 1993.
15. Cerqueira, TS. Recobrimentos comestíveis em goiabas cv. 'Kumagai'. 2007. [Dissertação]. Piracicaba: Universidade de São Paulo; 2007.
16. Lutz, IA. Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz: Métodos Químicos e Físicos para Análise de Alimentos. 4ed. São Paulo: IAL, 2008.
17. Yemn, EW, Willis, AJ. The estimation of carbohydrate in plant extracts by anthrone. *The Biochemical Journal*, 1954;57:508-514.

18. Miller, GL. Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugars. *Analytical Chemistry*. 1959; 31: 426-428.
19. Santos, AF. Desenvolvimento e Maturação de Abacaxi e Processamento Mínimo de Infrutescências Colhidas sob Boas Práticas Agrícolas e Tratadas com 1-MCP. [Tese] Areia: Universidade Federal da Paraíba; 2006.
20. Gomes, FPE. Curso de Estatística Experimental. São Paulo: Nobel. 1987.
21. Gongatti Netto, A. Goiaba para exportação: procedimentos de colheita e pós-colheita. EMBRAPA. Brasília. 1996.
22. Chitarra, MIF, Chitarra, AB. Pós-colheita de frutos e hortaliças: fisiologia e manuseio. Lavras: ESAL. 1990.
23. Vila, MTR, Lima, LCO, Boas, EVBV, Hojo, ETD, Rodrigues, LJ, Paula, NRF. Chemical and biochemical characterization of guavas stored under refrigeration and modified atmosphere. *Ciência e Agrotecnologia*. 2007;31:1435-1442.
24. Kader, AA. Biochemical and physiological basis for effects of controlled and modified atmospheres on fruits and vegetables. *Food Technology*. 1986;40:99-104.
25. Kays, SJ. Postharvest physiology of perishable plant products. Athens: Avi, 1997.



ÁREA: Forragicultura e pastagem

DOI: <https://doi.org/10.53934/9786585062039-20>

CAPÍTULO 20

POTENCIALIDADES E LIMITAÇÕES DO USO DA MANIÇOBA COMO FORRAGEM: REVISÃO DE LITERATURA

Antônio Daniel Lima do Nascimento¹*; **Rafael Mateus Alves**²; **Rossana Herculano Clementino**³

¹Graduando em zootecnia, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Unidade Acadêmica de Serra Talhada-PE, UFRPE/UAST
Email: danieldaniellima@outlook.com.br

²Doutorando em Fitotecnia pela Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo (ESALQ/USP)

³Zootecnista e Docente do curso de zootecnia, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Unidade Acadêmica de Serra Talhada-PE, UFRPE/UAST

Resumo: O desenvolvimento de estratégias alimentares a partir da utilização de espécies vegetais adaptadas às condições edafoclimáticas do semiárido é uma forma de amenizar o impacto da escassez de alimentos durante o longo período de seca. Só assim, seria possível a manutenção e expansão da atividade pecuária nesta região. Pensando-se principalmente no cenário ao qual a região semiárida e o produtor rural estão inseridos, de muitas incertezas, devido ao regime de chuvas irregulares e mal distribuídas ao longo do ano, objetivou-se com esta revisão de literatura reunir informações sobre as potencialidades e limitações do uso da maniçoba na alimentação animal. Concluiu-se que a maniçoba é uma espécie nativa de grande potencial para utilização de forma estratégica na alimentação animal, especialmente na forma de feno ou silagem, nos períodos de baixa oferta e qualidade de forragem. Esta, possui composição bromatológica suficiente para suprir as exigências nutricionais dos animais, adaptação às condições edafoclimáticas das regiões áridas e semiáridas, baixos teores de substâncias nocivas, quando submetida a tratamento correto, além de possibilitar a redução significativa dos custos de produção. Porém, apresenta a limitação quando é ofertada e consumida *in natura*, devido a presença do ácido cianídrico que, a depender da quantidade ingerida, pode provocar intoxicação e morte.

Palavras-chave: Alimento alternativo; Caatinga; Espécie nativa; Produção animal; Semiárido.

Abstract: The development of food strategies based on the use of plant species adapted to the edaphoclimatic conditions of the semiarid region is a way of mitigating the impact of food shortages during the long period of drought. Only in this way would it be possible to maintain and expand livestock activity in this region. Thinking mainly about the scenario in which the semi-arid region and the rural producer are inserted, with many uncertainties, due to the irregular and poorly distributed rainfall regime throughout the year, the objective of this literature review was to gather information about the potential

and limitations of the use of maniçoba in animal feed. It was concluded that maniçoba is a native species with great potential for strategic use in animal feed, especially in the form of hay or silage, in periods of low forage supply and quality. This has sufficient chemical composition to meet the nutritional requirements of animals, adaptation to the soil and climate conditions of arid and semi-arid regions, low levels of harmful substances, when subjected to correct treatment, in addition to allowing a significant reduction in production costs. However, it presents a limitation when it is offered and consumed in natura, due to the presence of hydrocyanic acid which, depending on the amount ingested, can cause intoxication and death.

Key Words: Alternative food; Caatinga; Native species; Animal production; semiarid.

INTRODUÇÃO

No semiárido do Nordeste brasileiro, a atividade pecuária representa 31% do produto interno bruto do agronegócio do país e compreende uma alternativa de mitigação à vulnerabilidade socioeconômica da região, sendo mais estável ao longo do ano do que a agricultura (1,2,3). Entretanto, as características climáticas desta região como longos períodos de estiagem, chuvas irregulares e mal distribuídas (4) aliadas a fatores edáficos, incluindo a baixa concentração de nutrientes do solo, dificultam uma boa produção de forragem destinada à alimentação animal, além de contribuir para a produção de forragem com baixo valor nutritivo (5).

A Caatinga, vegetação assim chamada desde o período colonial, abrange uma área que se estende por nove estados e se caracteriza por apresentar espécies caducifólias, xerófilas, com variações acentuadas na fisionomia e composição florística (6). Tais características inerentes às espécies vegetais da Caatinga as permitem, ao final do curto período chuvoso, como parte do mecanismo de preservação, perder as folhas, de modo que a disponibilidade de forragem se aproxime de zero. Portanto, faz-se necessário encontrar fontes alternativas de alimento para a criação de animais, assim como fazer planejamento direcionado à redução das dificuldades advindas dos longos períodos de estiagem.

Produtores rurais do semiárido utilizam a pastagem nativa como única fonte de alimentação dos rebanhos (7), pois é uma forma de reduzir custos no sistema de produção, tendo em vista que a alimentação dos animais é um dos fatores mais onerosos e que dificultam a otimização do desempenho zootécnico e obtenção de produtos de qualidade. Neste sentido, a produção de alimentos de qualidade e em quantidade suficiente durante todo o ano constitui-se como um fator limitante da produção pecuária (8). Por isso, nessa região, é necessário traçar estratégias para equilibrar a oferta e demanda de forragem, que pode ser pelo uso de forrageiras nativas na forma conservada ou pelo cultivo de forrageiras adaptadas às condições edafoclimáticas do semiárido (9).

A utilização de forrageiras nativas na forma de fenos, produzidos durante o curto período de maior disponibilidade de forragem, apresenta-se como uma alternativa capaz de amenizar a estacionalidade da produção ovina (8). Porém, os processos de conservação de forragem como fenação e ensilagem estão sujeitos a perdas mecânicas, por respiração celular e lixiviação, devido à ocorrência de sereno e de chuvas (10). Desta forma, alimentos conservados na forma de fenos ou silagens, em seus processos de conservação, podem ter sua composição química alterada e, a depender da intensidade destas

modificações, podem acarretar na diminuição da qualidade e do valor nutritivo da forragem produzida (11).

Dentre as centenas de espécies de plantas da Caatinga, algumas apresentam características forrageiras que viabilizam o seu uso na alimentação animal, a exemplo das do gênero *Manihot*. Algumas espécies deste grupo possuem alta resistência à seca, tolerância a solos pobres e ácidos (9), elevado teor de proteína e maior teor de carboidratos não fibrosos quando comparadas às gramíneas tropicais (12,13,14). Assim, a maniçoba, planta nativa da Caatinga (9) e que é encontrada em quase todo o semiárido brasileiro (15), torna-se uma espécie importante para a manutenção da atividade pecuária nesta região, pois apresenta grande resistência à seca (15), além de adequada composição bromatológica (16).

Apesar das características positivas citadas, é comum o receio dos agricultores pelo uso desta planta na alimentação animal, pois, quando consumida *in natura*, pode provocar intoxicação (16). Isso ocorre devido a maniçoba, assim como as demais plantas de gênero *Manihot*, apresentar em sua composição quantidades variáveis de determinadas substâncias que ao se hidrolisarem e mediante a ação de uma enzima, a linamarase, dão origem ao ácido cianídrico (HCN) (15). Porém, quando fenada ou ensilada, perde sua toxicidade e não apresenta riscos aos animais que a consomem. Com isto, objetivou-se reunir informações sobre as potencialidades e limitações do uso da maniçoba na alimentação animal.

ASPECTOS QUE VIABILIZAM O USO DA MANIÇOBA COMO FORRAGEIRA

As plantas euforbiáceas do gênero *Manihot*, como a maniçoba, têm demonstrado elevado potencial forrageiro para alimentar rebanhos caprinos, ovinos e bovinos da região semiárida, principalmente quando conservada na forma de feno ou silagem. De acordo com Silva e Medeiros (17), as características nutritivas da maniçoba têm permitido seu emprego, geralmente na forma de feno, no arraçoamento de caprinos e ovinos durante o período de estiagem. Somado a isso, a existência de atributos como sistema de raízes tubulares (reservas nutritivas) (16), tolerância a solos pobres e ácidos (9) e capacidade de desenvolver-se na maioria dos solos possibilitam o seu uso como forrageira não só no período de escassez, mas durante todo o ano.

Graças a boa adaptabilidade, tolerância e composição bromatológica, a maniçoba torna-se um recurso de suma importância para a produção de baixo custo, especialmente para agricultores familiares, os quais, geralmente, possuem pouco capital para iniciar e manter a atividade pecuária. Pode ser empregada na alimentação dos animais, não apenas nos períodos de menor oferta de alimento, desde que utilizada de forma estratégica e racional. Acredita-se que essa forma de produzir alimento pode proporcionar maior fixação do homem no campo, contribuindo para a redução do êxodo rural, o que representa um grande impacto do ponto de vista sociocultural (18), socioeconômico e socioambiental.

De acordo com Cruz et al. (19), a maniçoba apresenta teor de proteína acima de 16% do total de matéria seca, baixas concentrações de FDN e NIDA, baixos valores de lignina quando comparada às demais espécies nativas e baixa concentração de taninos condensados, indicando alto potencial de utilização para o atendimento das exigências nutricionais de pequenos ruminantes. Esta afirmação corrobora com os resultados obtidos

por Araújo (20), constatando que a maniçoba, além de boa palatabilidade, possui razoável teor de proteína e boa digestibilidade. Sendo assim, a composição desta espécie a torna uma forrageira considerada de qualidade superior, quando comparada a outras espécies vegetais tropicais (21).

Na tabela abaixo, encontra-se a composição química da maniçoba fresca e conservada na forma de silagem e feno, respectivamente, de modo que é possível visualizar a concentração, em percentual, dos principais nutrientes.

Tabela 1- Valores médios da matéria seca (MS), proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), extrato etéreo (EE), cinzas (CZ), matéria orgânica (MO), carboidratos totais (CHOT), carboidratos não-fibrosos (CNF), proteína insolúvel em detergente neutro (PIDN), proteína insolúvel em detergente ácido (PIDA), pH e poder tampão (PT) da maniçoba nas formas *in natura*, feno e silagem

Atributo	Maniçoba fresca	Silagem	Feno
MS (%)	30, 99	32, 17	85, 51
PB(%)	10, 98	8, 16	9, 47
FDN(%)	51, 59	62, 59	59, 22
FDA(%)	46, 32	51,82	51, 84
EE(%)	4, 32	2, 68	3, 84
CZ(%)	7, 74	7, 44	7, 13
MO(%)	92, 26	92,56	92, 87
CHOT(%)	79, 96	81, 72	79, 56
CNF(%)	28, 37	19, 13	20, 34
PIDN(%)	55, 77	49, 87	43, 95
PIDA(%)	24, 59	36, 28	27, 64
pH(%)	-	4, 07	-
PT(%)	132, 60	-	-

Fonte: Souza et al. (2010).

Quanto à utilização das técnicas de conservação de forragem, o feno de maniçoba tem mostrado resultados atrativos para a otimização do desempenho de animais que o consomem. Em estudo sobre o valor nutritivo do mesmo, observou-se um consumo diário de MS em torno de 97,6 g/kg PV^{0,75} em ovinos alimentados exclusivamente com este volumoso (22). Para reforçar, Soares (21) afirma que novilhos alimentados unicamente com feno de capim Buffel mantiveram o peso, no entanto, quando suplementados com feno de maniçoba apresentaram ganhos de peso superiores a 700 g/cabeça/dia. Os estudos de Salviano e Nunes (23) corroboram com os achados por Soares (21).

Além das características de composição bromatológica que possibilitam o uso quase integral da maniçoba na alimentação de ruminantes sem comprometer o desempenho dos mesmos, esta forrageira nativa também se mostra viável economicamente. Souza Neto et al. (24) notaram que a substituição parcial do concentrado por feno de forrageiras nativas pode possibilitar a redução dos custos de

produção, uma vez que tem-se uma menor inclusão de grãos na dieta. Para reforçar, a análise econômica feita por Castro et al. (8) mostrou que, para cada R\$ 1,00 do custo total da dieta com 80% de feno de maniçoba, houve retorno de R\$ 1,84 apesar do menor ganho de peso diário obtido com esta dieta, destacando-se como melhor opção de lucro.

Como evidenciado na tabela 2, todas as dietas apresentaram valores positivos para margem bruta, de modo que é revelada a existência de uma relação diretamente proporcional entre o nível de inclusão de feno na dieta e lucro. À medida que aumentou a inclusão de feno na alimentação, houve acréscimo do retorno financeiro (margem bruta), como reflexo do menor custo do feno em comparação ao do concentrado (8). Deste modo, todos os níveis de inclusão apresentaram-se viáveis economicamente, porém, a utilização de 80% de feno de maniçoba na dieta resultou em melhor relação custo/benefício e portanto, torna-se a opção mais vantajosa e atrativa para os produtores rurais.

A seguir, a tabela mostra a viabilidade econômica da inclusão do feno de maniçoba na dieta de cordeiros Santa Inês na fase de engorda.

Tabela 2- Análise econômica (R\$) da engorda de cordeiros Santa Inês alimentados com dietas contendo diferentes níveis de inclusão de feno de maniçoba

Item	% de feno na dieta			
	20%	40%	60%	80%
Peso da carcaça quente (kg)	16,056	16,171	15,093	14,012
Despesas				
Dieta (R\$/kg)	0,485	0,396	0,309	0,224
Vacina (R\$/animal)	0,18	0,18	0,18	0,18
Medicamento/vermífugo (R\$/animal)	0,20	0,20	0,20	0,20
Mão de obra (R\$/animal)	26,22	26,22	26,22	26,22
Avaliação				
Total da receita (R\$)	88,308	88,941	83,012	77,066
Total dos custos (R\$)	59,168	56,469	48,950	41,797
Margem bruta (R\$)	29,140	32,472	34,062	35,269
Benefício/Custo	1,493	1,575	1,696	1,844
Ponto de nivelamento (kg)	10,758	10,267	8,900	7,599
Custo por quilograma de carcaça (R\$/kg)	3,685	3,492	3,243	2,983

Fonte: Castro et al. (2007).

FATORES ANTINUTRICIONAIS INERENTES À MANIÇOBA

É comum, na maioria das espécies vegetais, a presença de fatores antinutricionais, substâncias que muitas vezes impossibilitam o consumo da forragem *in natura* não só devido ao sabor, mas também em função do princípio tóxico e desta forma. Constitui-se como sendo um importante mecanismo de defesa desenvolvido pelas plantas a fim de

garantir o sucesso reprodutivo e perpetuação da espécie. De acordo com Júnior et al. (25), a defesa química é uma das formas de proteção das plantas contra a herbivoria a partir da elaboração e acúmulo de substâncias que, quando ingeridas, inibem o consumo. **Dentre estas, podem-se mencionar os compostos polifenólicos, cianogênicos e inibidores enzimáticos.**

A maniçoba, espécie da família *Euforbiaceae* (20), é considerada uma forrageira cianogênica, pois, quando ocorre o rompimento dos tecidos vegetais, há formação de ácido cianídrico (HCN) devido à hidrólise dos glicosídeos cianogênicos, compostos secundários presentes nos vacúolos celulares (25). A concentração destes é variável nas diferentes espécies de plantas. E, em uma mesma espécie, varia de acordo com o clima e outras condições que interferem no crescimento da mesma, como adubação nitrogenada, deficiência de água e idade da planta. De modo que, quanto mais nova e de rápido crescimento, maior o conteúdo de glicosídeos cianogênicos em função da intensa atividade celular (26).

A planta verde, em início de brotação, apresenta um teor médio de 1000 mg de HCN/kg de MS (27), apontando alta probabilidade de intoxicação e morte. Os estudos de Canella et al. (28) indicam que, realmente, a brotação da maniçoba seja responsável pelas mortandades que ocorrem na região de Campo Maior após as primeiras chuvas e ressaltam que a fome é a principal condição para que os bovinos consumam plantas tóxicas. Tal afirmação corrobora com o que foi exposto por Chew (29), o qual cita que a intoxicação por *Manihot*, em bovinos, ocorre mais comumente no início da estação chuvosa. Como a planta brota rapidamente, torna-se uma das poucas fontes de alimento no momento, ou, quando bovinos famintos invadem plantações em busca de alimento.

Apesar dos estudos com intoxicação experimental para determinar níveis tóxicos de ingestão da maniçoba, os resultados obtidos diferem entre si. Segundo Araújo et al. (30), citados por Souza et al. (16), a quantidade de planta ingerida que resulte em consumo acima de 2,4 mg de HCN/kg de peso corporal pode provocar intoxicação e até a morte do animal. Já Canella et al. (28) conseguiram reproduzir intoxicação em bovinos com doses a partir de 2,5g/kg/peso vivo. A afirmação de Tokarnia et al. (31) aproxima-se da dos pesquisadores Araújo et al. (30), citados por Souza et al. (16), em que dizem que a dose tóxica de HCN varia de 2 a 4 mg de HCN por kg/peso vivo por hora.

O teor de ácido cianídrico (HCN) presente na maniçoba e em outras espécies do gênero *Manihot* pode ser atenuado a níveis que não provocam intoxicação nos animais que consomem a planta, desde que submetida a tratamento correto. Neste sentido, quando a planta é triturada mecanicamente e submetida à desidratação natural pela ação dos raios solares e vento. Ou, segundo Matos et al. (32), quando se utiliza o processo de ensilagem, reduz-se consideravelmente os teores de HCN. Nestas condições, a concentração deste composto é facilmente reduzida (33) e, desta forma, este recurso forrageiro pode ter sua utilização potencializada a partir da viabilização dos processos de fenação e ensilagem (16), tornando-se os meios mais recomendados para a utilização da maniçoba como forragem.

Nas tabelas 3 e 4, encontram-se ilustradas a toxicidade das folhas de maniçoba após serem trituradas e conservadas dentro e fora de sacos plásticos, respectivamente. Para as amostras conservadas dentro e fora de sacos plásticos, os testes para a determinação das suas toxicidades foram feitos em intervalos de tempo maiores, a fim de verificar a influência do maior tempo de exposição a ação dos ventos e raios solares sobre a redução da intensidade de toxicidade do ácido cianídrico (HCN) presente nas folhas de maniçoba.

Tabela 3- Reações ao teste do papel picrosódico das folhas de *Manihot glaziovii* trituradas, conservadas dentro de saco plástico após a sua colheita e toxicidade em g/kg/pv para caprinos

Tempo após a colheita	Teste do papel picrosódico: horário de realização e registro da reação			Intensidade ^a /toxicidade (g/kg)
	Início	Coloração		
		Laranja	Vermelho	
4 horas	11:30	11:32	11:35	+++/ 12
8 horas	8:16	8:19	8:24	+++/ 12
12 horas	8:31	8:34	8:38	+++/ 12
16 horas	7:45	7:50	8:15	+/ 12
20 horas	10:30	10:36	10:40	+++/ 11,6 ^a 12 ^b
24 horas	8:16	8:19	8:24	+++/ 12
48 horas	15:03	15:10	15:15	+/ 12
72 horas	17:05	17:12	17:45	+/ 12
96 horas	10:35	11:30	12:00	+/ ss ^c

Fonte: Amorim et al. (2005).

^a+++ Reação acentuada, ++ moderada, + leve, (+) discreta, - sem reação, ss = sem sinais clínicos.

^b Resultado diferente entre os animais que consumiram a mesma planta.

^c O animal que recebeu a planta, não apresentou sinais clínicos (ss) após ingerir 12 g/kg.

Tabela 4- Reações ao teste do papel picrosódico das folhas de *Manihot glaziovii* trituradas, conservadas fora de saco plástico após a sua colheita e toxicidade em g/kg/pv para caprinos

Tempo após a colheita	Teste do papel picrosódico: horário de realização e registro da reação			Intensidade ^a /toxicidade (g/kg)
	Início	Coloração		
		Laranja	Vermelho	
4 horas	16:09	16:09	16:10	+++/ 12 ss ^b
8 horas	16:46	16:47	16:48	+++/ 12
12 horas	7:47	7:58	8:30	+/ 12 ss ^c
16 horas	11:22	12:10	12:50	+/ 12
24 horas	9:45	9:47	9:50	+++/ ss ^c
48 horas	8:00	8:20	8:35	+/ss ^c 12
72 horas	15:00	-	-	-/12
96 horas	8:00	-	-	-/ ss ^d

Fonte: Amorim et al. (2005).

^a+++ Reação acentuada, ++ moderada, + leve, (+) discreta, - sem reação, ss = sem sinais clínicos.

^b Dois dos três animais que receberam esta planta, não apresentaram sinais clínicos (ss) após ingerir 12g/kg.

^c Um dos dois animais que receberam esta planta, não apresentou sinais clínicos (ss) após ingerir 12g/kg.

^d Os dois animais que receberam esta planta, não apresentaram sinais clínicos (ss) após ingerir 12g/kg.

Os resultados expressos nas tabelas 3 e 4 revelam que a maniçoba, mesmo triturada, permanece tóxica por até 72 horas após a colheita, independentemente de ser

conservada dentro ou fora de saco plástico, de modo que apresentam nível de toxidade semelhantes (34). Este fato revela a limitação em ofertar a forrageira imediatamente após a colheita, independentemente do tipo de processamento ao qual foi submetida. Desta forma, é sugerível que, após trituração, seja guardada fora de sacos plásticos, e somente 96 horas deste procedimento seja administrada aos animais (34). Isso porque os processos de trituração e desidratação ao ar livre em tempo hábil mostram-se bastante eficientes na maior redução da concentração de HCN e, conseqüentemente, menor risco de intoxicação aos animais.

Outro fator antinutricional encontrado na maniçoba são os taninos, compostos que podem provocar efeitos positivos ou negativos ao desempenho dos animais a depender do nível. Segundo Nozella (35), os taninos podem afetar o aproveitamento dos nutrientes pelo animal quando em alta concentração, com efeito direto sobre a inibição da fermentação no rúmen pela formação de complexos com as proteínas e fibras, tornando-as resistentes à digestão e, ainda, indiretamente, ligando-se às enzimas digestivas e inibindo sua ação catalítica. Entretanto, quando em pequena concentração, promoveram o aumento da produção de proteína *in vitro* em relação a tratamentos com ausência ou alta concentração de taninos (36).

Vale ressaltar que os estudos para a determinação da concentração de taninos presentes na maniçoba revelaram baixas, nulas e moderadas quantidades deste composto nesta espécie. Sendo assim, o seu consumo provavelmente não acarretaria problemas de ordem nutricional para ruminantes (19). Isso se deve ao fato dos micro-organismos presentes no rúmen serem capazes de degradar diversos fatores antinutricionais em compostos mais simples e não tóxicos, tornando os ruminantes mais tolerantes aos taninos (37). No entanto, em animais não ruminantes os seus efeitos são mais proeminentes e teores na dieta acima de 1% podem afetar o consumo e a digestibilidade da proteína e aminoácidos essenciais (38).

Tabela 5- Médias da composição química em g/kg⁻¹ MS quanto aos teores de fenóis totais (FT), taninos totais (TT) e taninos condensados (TC) da maniçoba em dois estados do Nordeste brasileiro

Estado	Planta	Fenóis totais (FT)	Taninos totais (TT)	Taninos condensados (TC)
Pernambuco	Maniçoba	41,8 ^c	33,6 ^c	18,2 ^c
Bahia	Maniçoba	50,4 ^c	40,3 ^c	20,1 ^b

Fonte: Adaptado de Nozella (2006).

Médias seguidas por letras diferentes diferem entre si pelo teste de Duncan a 5% de probabilidade.

FORMAS DE CONSERVAÇÃO DA MANIÇOBA PARA UTILIZAÇÃO NA ALIMENTAÇÃO ANIMAL

O semiárido brasileiro possui características edafoclimáticas consideradas desfavoráveis ao desenvolvimento de atividades agropecuárias. Seu índice pluviométrico, segundo o INSA (39), varia de 200 a 800 mm anuais, além de contar com períodos secos prolongados e chuvas ocasionais concentradas em poucos meses do ano (40). Isso limita a produção e disponibilidade de alimentos em quantidade e qualidade suficiente para nutrir os rebanhos. Por outro lado, 90% das espécies vegetais da Caatinga servem como

fonte de forragem para pequenos ruminantes, principalmente na época seca (41), no entanto, os animais possuem baixos índices zootécnicos devido à forte dependência da vegetação nativa como fonte básica de alimento (42).

Apesar de ser uma importante fonte de alimento de baixo custo, as espécies vegetais da Caatinga não conseguem suprir a demanda alimentar dos animais durante todo o ano. Os valores de proteína bruta e digestível decrescem ao passo que os teores de lignina e fibras aumentam à medida que a estação seca progride, mostrando, assim, que a Caatinga, de fato, é insuficiente para fornecer os requisitos energéticos e proteicos aos animais durante todo ano (43). De acordo com Guimarães-filho e Soares (44), bovinos sob sistema tradicional de Caatinga possuem índice de parição em torno de 40%, taxas de mortalidade de bezerros acima de 15% e peso vivo médio ao abate de 340 kg, aos 4-5 anos de idade.

Os fatos citados reforçam a necessidade de se desenvolver estratégias para contornar o desabastecimento de alimentos e baixo desempenho dos animais, especialmente na estação seca. Esta se estende, segundo Araújo et al. (20), por 6 a 8 meses. Portanto, a utilização de pastagens nativas e adaptadas ao clima semiárido, além da conservação das mesmas, seja na forma de feno ou silagem, no período das chuvas, mostra-se como uma opção (40) para a redução das dificuldades advindas da sazonalidade. Desta forma, a maniçoba tem sido apontada como uma das principais leguminosas estudadas e utilizadas na alimentação animal no semiárido (45).

O feno de maniçoba apresenta-se como uma alternativa viável na alimentação de ovinos na fase de engorda, podendo compor até 80% da dieta destes animais garantindo-lhes desempenho satisfatório (8). Todavia, Silva et al. (46) verificaram que houve redução da digestibilidade da dieta e do consumo de NDT (nutrientes digestíveis totais) ao passo que aumentaram os níveis de inclusão de feno na alimentação de cordeiros. Isto pode ser explicado pelos teores elevados de FDN, os quais foram encontrados por Souza et al. (16) na maniçoba conservada na forma de feno em fase de plena frutificação. O envelhecimento da planta promove aumento no conteúdo de FDN e FDA que, aliados à lignificação, reduzem a qualidade do volumoso (47).

De acordo com a análise dos dados de Castro et al. (8), verifica-se que os piores índices de conversão (CA), eficiência alimentar (EA) e, conseqüentemente, ganho de peso diário (GPD), foram obtidos a partir de dietas compostas por maiores proporções de feno de maniçoba (60% e 80%). Corroborando, desta forma, com a afirmação de Peixoto (48) e Silveira e Domingues (49), de que a eficiência alimentar tende a melhorar com o aumento do nível de concentrado da dieta, pois o teor de carboidratos não estruturais presentes neste alimento é maior que em volumosos. Estes, por sua vez, possuem maior quantidade de carboidratos estruturais, os quais são menos digestíveis (46). Mas, apesar disto, Castro et al. (8) afirmam que o menor ganho de peso diário (GPD), 208 g, obtido com a dieta composta por 80% de feno de maniçoba foi suficiente para garantir bom desempenho aos animais.

Além de utilizada na alimentação de ruminantes, a maniçoba fenada também tem sido incluída em dietas de não ruminantes com o propósito de reduzir custos com alimentação, tendo em vista que 70% das despesas totais do sistema de criação provém da ração (45). No entanto, a porcentagem de substituição da dieta basal por feno de maniçoba para não ruminantes não tem sido possível em níveis superiores a 15%, pois a fibra bruta é um componente limitante na digestão dos alimentos (50) e o aumento do seu teor diminui a digestibilidade dos nutrientes. Isso eleva a taxa de passagem e provoca perdas endógenas de nutrientes e diluição da dieta, atuando como barreira que impede a

penetração das enzimas na digestão (51), além de reduzir a concentração de energia das rações (52).

No experimento de Costa et al. (45), foi revelado que, em qualquer situação, houve redução da MBR (margem bruta relativa) quando se utilizou 15% de substituição da ração por feno de maniçoba. O aumento do percentual deste na dieta diminui a densidade energética da ração, resultando em maior ingestão de alimento pelos animais, pois as aves ajustam o consumo a fim de satisfazer suas necessidades energéticas, porém a inclusão de até 10% de feno na alimentação de frangos caipiras torna-se uma alternativa viável, principalmente quando os preços dos insumos para a formulação das rações estiverem elevados ou o preço de mercado do frango caipira estiver baixo, visto que nesta condição a margem bruta relativa das rações é igual ou superior ao controle.

Outra estratégia de conservação da maniçoba bastante usada e que se mostra favorável principalmente para as regiões áridas e semiáridas é a ensilagem. Esta técnica, além de manter a composição bromatológica da forragem, possibilita preservar a água nela contida (53). Portanto, torna-se uma alternativa fundamental para contornar os efeitos da escassez durante o longo período de estiagem e, assim, suprir a demanda de água dos animais. De acordo com Souza et al. (16), animais alimentados com silagem de maniçoba apresentaram menor consumo voluntário de água em virtude do maior teor de umidade contido neste alimento, visto que, quando consomem alimentos suculentos, a ingestão de água pelos animais pode ser muito reduzida ou nula.

Nos estudos de Matos et al. (32), a silagem de maniçoba teve uma série de fatores positivos como teor de carboidratos solúveis dentro da faixa, baixa variação nos níveis de matéria seca (MS), matéria orgânica (MO), proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE), fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA), quando comparada à maniçoba *in natura*. Coeficientes de digestibilidade acima de 60 p.100 para as frações estudadas, originando NDT (nutrientes digestíveis totais) de 70,49 p.100, valor considerado bastante significativo. Além disso, houve diminuição significativa do teor de ácido cianídrico (HCN), visto que Soares (54) afirma que a concentração de HCN diminui para menos de 100 mg/kg na matéria seca com o processo de ensilagem.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A maniçoba, apesar de não poder ser consumida em grande quantidade *in natura* e em início de brotação, devido aos elevados teores de ácido cianídrico (HCN), é uma espécie nativa de grande potencial para utilização de forma estratégica na alimentação animal, especialmente na forma de feno ou silagem, nos períodos de baixa oferta e qualidade de forragem. Possui composição bromatológica suficiente para suprir as exigências nutricionais dos animais, adaptação às condições edafoclimáticas das regiões áridas e semiáridas, baixos teores de substâncias nocivas, quando submetida a tratamento correto, além de possibilitar a redução significativa dos custos de produção, oriundos em grande maioria da ração.

Quanto ao método de conservação da maniçoba, a ensilagem mostra-se como a técnica mais favorável de ser utilizada no período de estiagem, uma vez que, maior parte da exigência de água dos animais será suprida pelo alimento, em virtude do maior teor de umidade da forragem.

REFERÊNCIAS

1. Nunes AT, Cabral DLV, Amorim ELC, Santos MVF dos, Albuquerque UP. Plants used to feed ruminants in semiarid Brazil: A study of nutritional composition guided by local ecological knowledge. *Journal of Arid Environments*. 2016; 135: 96–103.
2. Moraes GS de O, Guim A, Tabosa JN, Chagas JCC, Almeida M de P, Ferreira M de A. Cactus [*Opuntia stricta* (Haw.) Haw] cladodes and corn silage: How do we maximize the performance of lactating dairy cows reared in semiarid regions. *Livestock Science*. 2019; 221: 133–138.
3. Veloso GA, Ferreira ME, Ferreira Júnior LG, Barbosa da Silva B. Modelling gross primary productivity in tropical savanna pasturelands for livestock intensification in Brazil. *Society and Environment*. 2020; 17: 100-288.
4. Araújo MJ, Medeiros AN, Carvalho FFR. et al. Consumo e digestibilidade dos nutrientes em cabras Moxotó recebendo dietas com diferentes níveis de feno de maniçoba. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 2009; 38: 1088-1095.
5. Cavalcanti NB, Lima JLS, Brito LTL, Oliveira CAV. Maniçoba (*Manihot pseudoglaziovii* Pax & Hoffman) como alternativa para suplementação alimentar para os animais no semiárido brasileiro: um estudo de caso. *Embrapa Semiárido*. 1995; 25-30.
6. Carvalho VC. Structure et dynamique de la végétation en milieu tropical semi-aride: la Caatinga de Quixabá (Pernambouc, Brésil), du terrain a l'analyse des données MSS/Landsat. *Universidade de Toulouse II*; 1986.
7. Costa RG, Mesquita IVU, Queiroga RCRE, Medeiros AN, Carvalho FFR, Beltrão Filho EM. Características químicas e sensoriais do leite de cabras Moxotó alimentadas com silagem de maniçoba. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 2008; 37: 694-702.
8. Castro JMC, Silva DS, Medeiros AN, Filho ECP. Desempenho de cordeiros Santa Inês alimentados com dietas completas contendo feno de maniçoba. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 2007; 36: 674-680.
9. Andrade AP, Santos EM, Silva DS et al. Variabilidade sazonal da oferta e demanda de forragem no semiárido brasileiro. *Ciência e tecnologia na pecuária de caprinos e ovinos*. 2010; cap.1: 23-68.
10. Reis RA, Siqueira GR, Roth MTP, Roth APTP. Fatores que afetam o consumo de forragem conservada. 1ed. Maringá: Masson; 2008.

11. Reis RA, Moreira AL, Pedreira MS. Técnicas para produção e conservação de fenos de alta qualidade. In: Simpósio sobre utilização de forragens conservadas. (ed). Maringá. Universidade Estadual de Maringá. 2001; 01-39.
12. Modesto EC, Santos GT, Vilela D, Silva DC, Faustino JO, Jobim ED, Zambom MA, Marques JA. Caracterização químico-bromatológica da silagem do terço superior da rama de mandioca. *Acta Scientiarum*. 2004; 26: 37-146.
13. Azevedo EB, Nörnberg JL, Kessler JD, Bruning G, David DB, Falkenberg JR, Chielle ZG. Silagem da parte aérea de cultivares de mandioca. *Ciência Rural*. 2006; 36: 1902-1908.
14. Dantas FR, Araújo GGL, Silva DS, Pereira LGR, Gonzaga Neto S, Tosto MSL. Composição química e características fermentativas de silagens de maniçoba "*Manihot*" sp. com percentuais de coproduto de vitivinícolas desidratado. *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal*. 2008; 9: 247-257.
15. Santos WC, Silva JA, Medeiros EC, Rego TR, Aguiar EM. Maniçoba como Alternativa Forrageira na Região do Semiárido Brasileiro: Uma revisão da literatura. 2018.
16. Souza EJO, Guim A, Batista AMV, Albuquerque DB, Monteiro CCF, Zumba ERF, Torres TR. Comportamento ingestivo e ingestão de água em caprinos e ovinos alimentados com feno e silagem de Maniçoba. *Revista brasileira de saúde e produção animal*. 2010; 11: 1056-1067.
17. Silva DS, Medeiros AN. Eficiência do uso dos recursos da Caatinga: produção e conservação. Simpósio Internacional Sobre Caprinos e Ovinos de Corte. 2003; 571-582.
18. Beltrão FAS, Filho ECP, Paes RA, Solto JS, Madalena JAS. Comportamento da Maniçoba (*Manihot pseudoglaziovii muell arg*) sob Diferentes Espaçamentos e Adubações. *Revista Caatinga*. 2008; 21: 163-166.
19. Cruz SESBS, Beelen PMG, Silva DS, Pereira WE, Beelen R, Beltrão FS. Caracterização dos taninos condensados das espécies maniçoba (*Manihot pseudoglazovii*), flor-de-seda (*Calotropis procera*), feijão-bravo (*Capparis flexuosa, L*) e jureminha (*Desmanthus virgatus*). *Arquivo brasileiro de medicina veterinária e zootecnia*. 2007; 59: 1038-1044.
20. Araújo GGL. Alternativas alimentares para caprinos e ovinos no semi-árido. Pecnordeste. 2003. p.18.
21. Soares JGG. Cultivo da maniçoba para produção de forragem no semi-árido brasileiro. Comunicado técnico. EMBRAPA-CPATSA. 1995; 59: 4.

22. Barros NN, Salviano LMC, Kawas JR. Valor nutritivo de maniçoba para caprinos e ovinos. Pesquisa Agropecuária Brasileira. 1990; 25: 387-392.
23. Salviano LMC, Nunes MCFS. Feno de maniçoba na suplementação de novilhos alimentados com feno de capim buffel. EMBRAPA-CPATSA. 1991.
24. Souza Neto J, Gutierrez N, Costa OME. et al. Efeito da substituição parcial do farelo de algodão para ovinos em confinamento: Análise econômica. Pesquisa Agropecuária Brasileira. 1986; 21: 461-466.
25. Júnior DML, Monteiro PBS, Rangel AHN, Maciel MV, Oliveira SEO, Freire DA. Fatores anti-nutricionais para ruminantes. Acta veterinária brasileira. 2010; 3: 132-143.
26. Egekeze JO, Oehme FW. Cyanides and their toxicity: A literature review. The Vet. Quart. The Haque. 1980; 2 (2) 104-14.
27. Araújo GGL, Cavalcanti J. Potencial de utilização de maniçoba. 2002. III Simpósio Paraibano de Forrageiras Nativas, Areia-PB.
28. Canella CFC, Dobereiner J, Tokarnia CHI. Intoxicação experimental pela maniçoba (*Manihot glaziovii muell Arg*) em bovinos. Pesquisa agropecuária brasileira. 1968; 3: 347-350.
29. Chew MY. Cyanide content of twpioca (*Manihot utilisima*) leaf. Malay. Agric. J. 1972; 48: 354-356.
30. Araújo GGL, Moreira JN, Ferreira MA, Turco SHN, Socorro EP. Consumo voluntário e desempenho de ovinos submetidos a dietas contendo diferentes níveis de feno de maniçoba. Revista ciência agrônômica. 2004; 35: 123-130.
31. Tokarnia CH, Dobereiner J, Peixoto PV. Plantas tóxicas do Brasil. Rio de Janeiro: editora Helianthus; 2000.
32. Matos DS, Guim A, Batista AMV, Pereira OG, Martins V. Composição química e valor nutritivo da silagem de maniçoba (*manihot epruinosa*). Archivos de Zootecnia. 2005; 54: 619-629.
33. Maciel MV. Utilização de Feno ou Silagem de Maniçoba em Substituição ao Feno de Tifton 85 na Alimentação de Ovinos. Recife-PE: Universidade Federal Rural de Pernambuco UFRPE; 2012.
34. Amorim SL, Medeiros RMT, Correa FR. Intoxicação experimental por *Manihot glaziovii* (Euphorbiaceae) em caprinos. Pesquisa veterinária brasileira. 2005; 25: 179-187.

35. Nozella EF. Valor nutricional de espécies arbóreo-arbustivas nativas da caatinga e utilização de tratamentos físico-químicos para redução do teor de taninos. Piracicaba-SP: Universidade de São Paulo USP; 2006.
36. Schofield DMMANPDGP. The effects of proanthocyanidins from *calliandra calothyrsus* and the alkaloid sparteine on in vitro fiber digestion. *Animal Feed Science and Technology*. 2005; 121: 89–107.
37. Selinger LB, Forsberg CW, Cheng K-J. The Rumen: A Unique Source of Enzymes for Enhancing Livestock Production. *Anaerobe*. 1996; 2: 263-284.
38. McDonald P, Edwards RA, Greenhalgh CA, Morgan CA. *Animal Nutrition*. 5ed. Zaragoza: Acribia; 1995.
39. INSA- Instituto Nacional do Semiárido. O semiárido. 2009. Disponível em: <http://www.insa.gov.br>. Acesso em: 23/07/2022.
40. Campos FS, Gois GC, Vicente SLA, Macedo A, Matias AGS. Alternativa de forragem para caprinos e ovinos criados no semiárido. *Nutritime*. 2017; 14: 5004-5013.
41. Gonzaga NS, Batista AMV, Carvalho FFR, Martínez RLV, Barbosa JEAS, Silva EO. Composição química, consumo e digestibilidade in vivo de dietas com diferentes níveis de feno de catingueira (*Caesalpineae bracteosa*), fornecidas para ovinos Morada Nova. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 2001; 30: 553-562.
42. Pereira LGR, Araújo GGL, Voltolini TV, Barreiros DC. Manejo Nutricional de Ovinos e Caprinos em Regiões Semiáridas. Seminário Nordestino de Pecuária-Anais PECNORDESTE. 2007; 1: 1-12.
43. Alves JN, Araujo GGL, Porto ER, Castro JMC, Souza LC. Feno de erva sal (*Atriplex nummularia Lindl.*) e palma forrageira (*Opuntia ficus Mill*) em dieta para caprinos e ovinos. *Revista científica de produção animal*. 2007; 9: 43-52.
44. Guimarães FC, Soares JGG. Sistema CBL para recria e engorda de bovinos no sertão pernambucano. Simpósio Nordestino de Alimentação de Ruminantes-Anais UFRPE. 1992; 4: 173-192.
45. Costa FGP, Souza WG, Silva JHV, Goulart CC, Martins TDD. Avaliação do Feno de Maniçoba (*Manihot pseudoglaziovii Paz & Hoffman*) na Alimentação de Aves Caipiras. *Revista caatinga*. 2007; 20: 42-48.
46. Silva DS, Castro JMC, Medeiros AN, et al. Feno de maniçoba em dietas para ovinos: consumo de nutrientes, digestibilidade aparente e balanço nitrogenado. *Revista brasileira de zootecnia*. 2007; 36: 1685-1690.

47. Correia MXC. Feno de maniçoba em substituição ao feno de tifton em dietas para cabras Saanen em lactação. Recife-PE: Universidade Federal Rural de Pernambuco UFRPE; 2014.
48. Peixoto AM. Níveis nutricionais para altas produções de carne. In: Peixoto AM, Moura JC, Faria VP. et al. Nutrição de bovinos: conceitos básicos e aplicados. Piracicaba: Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz. 1995; 167-198.
49. Silveira AC, Domingues CAC. Alimentação e conversão de bovinos puros e cruzados. In: Peixoto AM, Moura JC, Faria VP et al. Nutrição de bovinos: conceitos básicos e aplicados. Piracicaba: Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz. 1995: 291-320.
50. Furtado DA, Junior SBC, Lima ISP, Costa FGP, Souza JG. Desempenho de frangos alimentados com feno de maniçoba no semiárido paraibano. Revista Brasileira de Ciências Agrárias. 2011; 6: 722-728.
51. Sakomura NK, Rostagno HS. Métodos de pesquisa em nutrição de monogástricos. Jaboticabal: FUNEP/UNESP. 2007.
52. Arruda AMV, Melo AS, Oliveira VRM, Souza DH, Dantas FDT, Oliveira JF. Avaliação nutricional do feno de leucena com aves caipiras. Acta Veterinária Brasília. 2010; 4: 162-167.
53. Santos WC, Silva JA, Medeiros EC, Rego TR, Aguiar EM. Maniçoba como alternativa forrageira na região do semiárido brasileiro: Uma revisão da literatura. III congresso internacional das ciências agrárias. 2018.
54. Soares JGG. Avaliação da silagem de maniçoba. (EMBRAPA-CPATSA: Comunicado Técnico, N. 93). Petrolina, PE: EMBRAPA CPATSA, 3 p.

DOI: <https://doi.org/10.53934/9786585062039-21>

CAPÍTULO 21

EFEITO DO MANEJO DE PASTEJO SOBRE A COMPOSIÇÃO DA FORRAGEM, COMPORTAMENTO INGESTIVO E DESEMPENHO DE BOVINOS

Bheatriz Resende Gomes ¹; Bruna Karolayne Andrade Nogueira ²; Jéssica Heloiza Coutinho ³; Letícia Rosa Gasques ⁴; Carlos Eduardo Avelino Cabral ⁵; Carla Heloisa Avelino Cabral ⁶

¹*bheatrizrgomes@outlook.com*; ²*brunakarolayne@ufpr.br*;
³*jessica.heloiza@outlook.com*; ⁴*leticia.gasques@ufpr.br*;
⁵*carlos.eduardocabral@hotmail.com*; ⁶*carla.cabral@ufr.edu.br*.

Resumo: O Brasil se destaca mundialmente como o maior produtor de carne bovina, e a maior parte dos bovinos são criados em pastagens. Para obter melhoria na eficiência na produção é necessário compreender questões de gestão de recursos forrageiros, como a escolha e manejo adequado do método de pastejo, o que garante a sustentabilidade do sistema, além do aumento na produtividade. No que se refere ao método de pastejo, a altura do dossel forrageiro é importante no manejo do pastejo em lotação contínua e intermitente. Por isso, o objetivo deste trabalho foi comparar o comportamento ingestivo, características de pastos e o desempenho de bovinos criados em lotação contínua e intermitente. Os efeitos do manejo do pastejo sobre o comportamento ingestivo dos animais não apresentaram diferenças dentre os estudos comparados, da mesma forma a produção de forragem e o desempenho animal, que independente da estratégia de manejo do pastejo adotada, ambas podem chegar a resultados satisfatórios quando bem conduzidos, ou seja, um método de pastejo bem manejado obterá produções semelhantes.

Palavras-chave: contínuo; intermitente; métodos; produção animal.

Abstract: Brazil stands out worldwide as the largest producer of beef, and most cattle are raised on pastures. In order to improve production efficiency, it is necessary to understand forage resource management issues, such as the choice and proper management of the grazing method, which guarantees the sustainability of the system, in addition to increasing productivity. Regarding the grazing method, the height of the forage canopy is important in the management of grazing in continuous and intermittent stocking. Therefore, the objective of this work was to compare the ingestive behavior, pasture characteristics and the performance of cattle raised in continuous and intermittent stocking. The effects of grazing management on the ingestive behavior of the animals did not show differences between the compared studies, in the same way the forage production and animal performance, which regardless of the adopted grazing management strategy, both can reach satisfactory results when well that is, a well-managed grazing method will obtain similar yields.

Key Word: continuous; intermittent; methods; animal production.

INTRODUÇÃO

O Brasil se destaca mundialmente como o maior produtor de carne bovina, com rebanho de 222 milhões de animais, sendo 95% da criação no Brasil criada a pasto (1), cobrindo uma área aproximada de 223 milhões de hectares. Em virtude dessa realidade, o Brasil tem um dos menores custos de produção de carne (2). No entanto, além da eficiência na produção, questões de gestão na pecuária, como a sustentabilidade do sistema por meio da escolha adequada do método de pastejo são alvo de discussões.

No que se refere ao método de pastejo, tem-se a lotação contínua e a lotação intermitente como duas alternativas. De acordo com Allen et al. (3), a lotação contínua é caracterizada pela permanência contínua e irrestrita dos animais a toda a área de pastagem durante toda a estação de pastejo e a lotação intermitente caracterizada pela permanência dos animais em pastejo em uma determinada unidade área de pastagem por períodos indefinidos em intervalos irregulares.

Embora a lotação intermitente melhore a uniformidade do pastejo (4), observa-se que, independentemente do método utilizado, é possível obter desempenhos semelhantes (5). Isso sugere a necessidade de comparação de dados com trabalhos científicos com os dois métodos de pastejo em diferentes sistemas, com a finalidade prever condições adequadas de pastejo e que garanta o prolongamento de utilização da área de pastagem.

Para Hodgson (6), o manejo do pastejo consiste em encontrar o equilíbrio entre o crescimento da espécie forrageira, o seu consumo pelos animais e a produção animal para manter o sistema o mais estável possível. Portanto, independente do método de pastejo, os objetivos são equivalentes e, por isso, outros fatores devem ser analisados, tais como a espécie forrageira, a categoria animal, o solo, o clima e, principalmente, a estrutura do pasto que é influenciada pela altura do dossel forrageiro.

Dessa forma, como a altura do pasto proporciona alterações na composição da forragem, no comportamento ingestivo e produção animal, é necessário avaliar os efeitos desta variável conforme o manejo do pastejo e diagnosticar diferenças entre as estratégias de gestão. Diante disso, este trabalho teve por objetivo comparar o efeito de diferentes métodos de pastejo sobre a composição química da forragem, o comportamento ingestivo e o desempenho de bovinos.

EFEITO DO MÉTODO DE PASTEJO SOBRE O COMPORTAMENTO INGESTIVO DOS ANIMAIS

As atividades de pastejo, ruminação e tempo ócio descrevem o comportamento ingestivo dos animais, que pode ser afetado pelo tipo de alimento, composição química, manejo do pasto e entre outros. As alturas do dossel estão associadas com o manejo, que afetam o consumo de forragem pelo animal. Em pastos manejados com baixa altura há maior demanda de tempo na busca de alimento (7), que ocasiona em maior tempo de

pastejo. O mesmo efeito de tempo acontece em pastos muito altos pois, há um aumento no tempo por bocado devido a maior necessidade de movimentos de manipulação e mastigação (8) por conta de mudanças na composição morfológica do pasto.

A altura do pasto é a principal variável que influencia no tempo de pastejo, independentemente do método de pastejo. Vicente (5) trabalhando com bezerras de corte e Soares (9) trabalhando com novilhas de corte, comparando os métodos de pastejo rotativo e contínuo, não obtiveram diferença no tempo de pastejo e ruminação (Tabela 1). Esses resultados semelhantes se devem ao manejo adotado, com uma altura intermediária que promove alta taxa de consumo de forragem, redução no tempo de pastejo (9), melhor qualidade da forragem e menor proporção de fibra (10).

Tabela 1. Tempo de pastejo e de ruminação em lotação contínua e rotativa

Lotação		
	Contínuo	Rotativa
Tempo de pastejo (min/dia)		
	535,0 (Flores et al., 2008) ¹	518,3 (Rezende, 2015) ¹
	561,0 (Zanine et al., 2009) ¹	563,4 (Nascimento et al., 2013) ¹
	542,5 (Soares et al., 2014) ²	560,8 (Soares et al., 2014) ²
	424,1 (Vicente, 2022) ³	406,2 (Vicente, 2022) ³
Média	515,7	512,2
Tempo de ruminação (min/dia)		
	474,9 (Vicente, 2022) ³	439,5 (Vicente, 2022) ³
	341,7 (Soares et al., 2014) ²	212,5 (Soares et al., 2014) ²
	313,0 (Campo, 2020) ⁴	488,4 (Nascimento et al., 2013) ¹
	332,0 (Gaudio et al. 2018) ¹	412,9 (Rezende, 2015) ¹
Média	365,4	388,3

¹ *Urochloa brizantha*; ² Pastagens naturais; ³ *Lolium multiflorum* Lam; ⁴ BRS IPYPORÃ

De modo semelhante, Zanine et al. (12), trabalhando com vacas girolandas em uma altura em torno de 30 cm em lotação contínua com carga variável, comparando diferentes gramíneas, observaram que ao ingerir uma forragem de melhor qualidade, o tempo de pastejo, dos animais foi reduzido. Campos (13) trabalhando com intensidades de pastejo e estações do ano, em lotação contínua, observou que com o passar do tempo há um aumento na atividade de pastejo devido a mudanças na disponibilidade de forragem, o que resulta em menor tempo de ruminação.

Além da altura do pasto, outras variáveis podem influenciar no comportamento ingestivo, como a estação do ano e o uso de suplementação. Flores (14) trabalhando com manejo contínuo, com novilhos mestiços, comparando intensidades de pastejo, observou que não houve diferença no tempo de pastejo pois, quando há redução na massa de bocado há um efeito compensatório no aumento da taxa de bocado ou tempo de pastejo. Nascimento et al. (15), trabalhando com vacas mestiças sob regime de pastejo em lotação rotativa, observaram que não houve diferença no tempo de pastejo e de ruminação entre

as épocas do ano (chuva e seca). Porém foi observado diferença nos turnos avaliados, com predominância de pastejo diurno e ruminção noturna.

Rezende (16) trabalhando com bovinos de corte, em lotação rotativa, manejado com base na altura do pasto, observou que os animais modificam seu comportamento ingestivo devido à qualidade e a disponibilidade de forragem. E, que as atividades de pastejo e ruminção são influenciadas pelas estratégias de suplementação e também pela condição estrutural do pasto.

Com os trabalhos citados, pode-se observar que a média de todos os trabalhos apresentou resultados semelhantes tanto para o tempo de pastejo quanto de ruminção (Tabela 1). Esse resultado demonstra que a altura do pasto pode ser usada no manejo voltado para produção eficiente e sustentável em ambos os sistemas de pastejo.

EFEITO DO MÉTODO DE PASTEJO SOBRE O PASTO

A forragem é uma das principais fontes de nutrientes para o animal, sendo capaz de atender a grande parte das exigências de manutenção, crescimento e produção final. Todavia, para tal é necessário que a planta não só ofereça quantidade de consumo ao animal, mas também um alimento de qualidade. Nesse sentido, cada espécie forrageira possui exigências específicas para manifestar o seu alto potencial de produção nutricional, e para atingi-las, é indispensável um ótimo manejo (16), o qual é caracterizado por potencializar a produção animal por área sem afetar o desenvolvimento da forrageira e a qualidade do solo (17).

Nesse contexto, Sbrissia et al. (19) apontam a importância do entendimento dos mecanismos de rebrotação de forrageiras para que possam ser elaboradas estratégias sustentáveis de manejo do pastejo, principalmente no que se refere à altura do dossel forrageiro, visto que é o principal parâmetro prático que orienta a intensidade de desfolha. Além disso, plantas colhidas com maior número de folhas expandidas podem armazenar mais reservas de nutrientes antes do corte, permitindo rebrotação mais vigorosa.

Desta forma, é importante manter as plantas a uma altura ótima que possibilite uma melhor relação folha/colmo e uma elevada porcentagem de folhas. Assim, independentemente do método de pastejo, o manejo de uma pastagem baseado na altura pode ser uma forma simples e eficiente quando feita de forma correta. Nesse sentido, em lotação rotativa, Euclides et al. (20) afirmam que o uso da estratégia de manejo, baseado na altura de pré-pastejo, resulta em melhor controle da estrutura do pasto e, conseqüentemente, em seu valor nutritivo.

Quanto ao manejo do pastejo, em lotação contínua, Flores et al. (14) avaliaram a produção de forragem de dois cultivares de *Brachiaria brizantha* (Marandu e Xaraés) submetidos a três intensidades de pastejo (15, 30 e 45 cm de altura do dossel) e observaram que a taxa de acúmulo de forragem decresceu à medida que aumentou a intensidade de pastejo nos capins, e independentemente do cultivar, os pastos manejados a 40 cm de altura apresentaram as maiores massas de matéria seca total (MST), matéria seca verde (MSV). Além disso, observaram que independentemente do cultivar e da altura do dossel, a quantidade de MST foi sempre superior a 2.000 kg/ha de MST.

Quanto à lotação rotativa, Pinese (8), ao avaliar novilhas em *B. brizantha* cv. Marandu, com alturas do dossel pré-pastejo de 25 cm e pós-pastejo de 15 cm, observou que os valores de massa de forragem foram influenciados pela condição do pastejo com

11.910 kg de MS/ha no pré-pastejo e 8.706 kg de MS/ha no pós-pastejo. Os autores acreditam que nesse tipo de pastejo as novilhas ingeriram o capim com um maior valor nutritivo, devido ao fato do curto período de pastejo fornecer ao perfilho a capacidade de otimizar a completa recuperação da planta após a desfolha e estimular uma rebrota mais rápida do capim e ter uma maior quantidade de folhas disponíveis para os animais.

Dessa forma, quando o capim Marandu é manejado nas alturas adequadas de manejo do pastejo (25 cm), Trindade (21) observou elevado teor de PB (14.85%) durante os meses avaliados, o que pode representar o dobro do mínimo de 7,0% necessário para o bom funcionamento ruminal, além de (21), ocorrer interceptação luminosa de 95% e o máximo de retardar que a planta entrasse em estágio elevado de maturação e reduzir o teor de fibra insolúvel em detergente neutro (FDN).

A altura é uma variável tão importante na composição bromatológica, que Soares (9), ao avaliar o desempenho de novilhas de corte comparando os métodos de pastejo (lotação contínua e rotativa) em uma pastagem natural do Bioma Pampa sob a mesma intensidade de pastejo, observou que, independentemente do método do pastejo, as características bromatológicas foram semelhantes.

Vicente (5), ao também comparar os métodos de pastejo em pastagem de Azevém (*Lolium multiflorum Lam.*), observou que, independentemente do método de pastejo, os valores de massa de forragem estiveram de 1100 a 1800 kg/ha de MS. Isso implica que, tanto para a lotação contínua quanto rotativa, o importante é fazer com que a forragem atinja o máximo potencial produtivo sem comprometer a capacidade de colheita adequada dos animais, o que é possível por meio do controle da altura do dossel e que permite obter em bons resultados quando bem conduzidas.

EFEITO DO MÉTODO DE PASTEJO SOBRE O DESEMPENHO DOS ANIMAIS

Na criação de bovinos a pasto, o desempenho animal pode ser considerado a medida da produção de cada animal do rebanho ao longo de um determinado período (22).

Tabela 2. Ganho médio diário (GMD) conforme o método de pastejo

Fontes	Manejo do pastejo (lotação)	GMD
Quirino (2022)	Rotativa	0,70 kg dia ⁻¹
Flores (2008)	Contínua	0,47 kg dia ⁻¹
Soares (2014)	Rotativa	-0,30 kg PV dia ⁻¹
	Contínua	-0,30 kg PV dia ⁻¹
Vicente (2022)	Rotativa	1,10 kg PV dia ⁻¹
	Contínua	1,20 kg PV dia ⁻¹

No experimento realizado por Quirino (23), observou-se que houve um ganho médio diário (GMD) a de 0,70 kg dia⁻¹, sendo essa a média entre as raças analisadas (Holandês e Girolando), que foram manejadas em lotação rotativa. As vacas holandesas apresentaram o menor GMD e o maior tempo de ruminação quando comparada com a Girolando, o que pode estar relacionado à menor eficiência na digestibilidade da fibra do alimento ingerido.

Para Flores (14), que estudou lotação contínua com novilhos mestiços, houve um GMD de $0,47 \text{ kg dia}^{-1}$ e quando comparando a intensidade de pastejo, observou também que o GMD diminuía com a maior intensidade de pastejo. Quanto maior a intensidade de pastejo, maior a taxa de lotação, o que reduz o potencial de seleção de forragem dos animais. Em contrapartida, em baixa intensidade de pastejo, ocorre maior seleção da forragem, o que proporciona maior desempenho animal (11).

Quando comparado os métodos de pastejo rotativo e contínuo, Soares (9) trabalhando com novilhas de corte no outono e manejando forrageiras nativas com altura acima de 8 cm, obtiveram um GMD negativo para ambos métodos, sendo de $-0,3 \text{ kg PV dia}^{-1}$. O desempenho animal está ligado diretamente com a ingestão (24), neste trabalho as novilhas apresentaram 551 min/dia de tempo de pastejo, 271 min/dia de tempo de ruminação e 191 min/dia em outras atividades, além de apresentar o teor de PB de 7,3 % para os dois métodos. Podendo explicar o GMD negativo, que além da forragem apresentar baixo valor nutricional, os animais demandaram maior tempo na procura de alimento, ocasionando a perda de peso (9).

Vicente (5) trabalhando com bezerras de corte, também comparando os métodos de pastejo rotativo e contínuo, não obteve diferença no GMD apresentando $1,2 \text{ kg PC/dia}$ para a lotação contínua e $1,1 \text{ kg PC/dia}$ para a lotação rotativa. Neste mesmo trabalho, demonstra que essas bezerras apresentaram padrões diferentes de deslocamento, realizando maior números de passos no rotativo e permanecendo o maior tempo na estação alimentar, que não modificaram o tempo de pastejo, taxa de bocado e massa de bocado, o que proporcionou em semelhante taxa de ingestão.

Com os trabalhos citados, podemos observar que o desempenho animal independe do método de pastejo adotado e quando se trabalha respeitando a altura adequada para cada método obterá produções semelhantes. A lotação contínua tem-se uma faixa de altura adequada, onde pode se trabalhar com menor ou maior taxa de lotação influenciando no GMD, porém terá pouca influência no ganho por área (25). Na lotação rotativa, segue primícia que a altura ideal de pré-pastejo é quando há a 95 % da interceptação luminosa, que é quando há o maior acúmulo de forragem e menor senescência (20).

Em pastagens manejadas com alturas acima do recomendado, pode ocorrer a formação de uma estrutura de pasto desfavorável, que é caracterizada por maiores acúmulos de colmo e de material senescente. Já em alturas abaixo do recomendado pode haver a decapitação do meristema apical da forrageira, fazendo que essa planta gaste as suas reservas para um novo perfilhamento, necessitando mais das raízes que consequentemente aumentará o tempo de recuperação da área foliar removida (26).

CONCLUSÃO

Os efeitos do manejo do pastejo sobre o comportamento ingestivo dos animais não apresentaram diferenças dentre os estudos comparados, da mesma forma a produção de forragem e o desempenho animal, que independente da estratégia de manejo do pastejo adotada, ambas podem chegar a resultados satisfatórios quando bem conduzidas. Com ajustes frequentes na taxa de lotação animal e manutenção da altura do dossel forrageiro, os métodos de lotação detém produções semelhantes.

REFERÊNCIAS

1. Embrapa - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Pastagens. [acesso em 2 de set 2022]. Disponível em: <https://www.embrapa.br/qualidade-da-carne/carne-bovina/producao-de-carnebovina/pastagem>.
2. Agri Benchmark Beef and Sheep Network - Introducing the world's first global producer price indices for beef cattle and sheep by agri benchmar, 2021.
3. Allen VG et al. An international terminology for grazing lands and grazing animals. *Grass and Forage Science*. 2011;2:28-60.
4. Mendes, LGR et al. Manejo de Pastagem Rotacionado na Pecuária de Corte com Ênfase o Bem-Estar do Animal: Revisão de Literatura. *Facit Business and Technology Journal*. 2022;V1:454:446.
5. Vicente, JM. Desempenho de bezerras de corte em azevém, sob dois métodos de pastoreio, com ou sem o fornecimento de suplemento energético [tese]. Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria; 2022.
6. Hodgson, J. *Grazing Management: Science into Practice*. Harlow: Essex, 1990.
7. Carvalho, PCF et al. Comportamento ingestivo de animais em pastejo. *Forrageicultura: ciência, tecnologia e gestão de recursos forrageiros*. 2013;525:545.
8. Pinese, F. Ganho de peso e comportamento ingestivo de novilhas das raças Holandesa e Girolando em pastos de capim-marandu recebendo suplementação proteica [dissertação] Nova Odessa: Instituto de Zootecnia; 2019.
9. Soares, EM. Recria de novilhas de corte em pastagem natural sob pastoreio contínuo e rotativo no outono / inverno [dissertação]. Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria; 2014.
10. Silva, SC et al. Grazing behavior, herbage intake and 820 animal performance of beef cattle heifers on marandu palisade grass subjected to 821 intensities of continuous stocking management. *Journal of Agricultural Science*. 2013;v.151;727:739-822.
11. Demski, JB et al. Milk production and ingestive behavior of cows grazing on Marandu and Mulato II pastures under rotational stocking. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 2019;v.48.
12. Zanine, AM et al. Comportamento ingestivo de vacas Girolandas em pastejo de *Brachiaria brizantha* e *Coast-cross*. *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal*. 2009;v.10;85:95.

13. Campos, NRF. Característica da forragem, do solo e produção animal em resposta a intensidades de pastejo da BRS Ipyporã [dissertação]. Mato Grosso do Sul; Universidade Federal de Mato Grosso do Sul; 2020.
14. Flores, RS et al. Desempenho animal, produção de forragem e características estruturais dos capins marandu e xaraés submetidos a intensidades de pastejo. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 2008:v.37;1355:1365.
15. Nascimento, GV et al. Comportamento ingestivo de vacas mestiças (holandês/zebu) sob regime de pastejo rotacionado em *brachiaria brizantha* cv. Marandu. *Journal of Animal Behaviour and Biometeorology*, 2013.
16. Rezende, JM. Desempenho de bovinos de corte em pastejo intermitente de Capim-Piatã (*Urochloa brizantha* cv. Piatã) manejado com base na altura do pasto, recebendo três estratégias de suplementação durante o período chuvoso. Araguaína, 2015.
17. Macêdo, AFS et al. Potencialidades e limitações de plantas forrageiras para ensilagem: Revisão de Literatura. *Revista Brasileira de Higiene e Sanidade Animal*. 2021:v.15; 1:17.
18. Salvador, KRS et al. Intensificação de sistemas de produção de palma forrageira por meio de consorciação rotativa com gramíneas, leguminosas e oleaginosas: uma revisão. *Revista Brasileira de Geografia Física*. 2021:v.1; 2369:2390.
19. Sbrissia, AF et al. Defoliation strategies in pastures submitted to intermittent stocking method: underlying mechanisms buffering forage accumulation over a range of grazing heights. *Crop Science*. 2018:v. 58; 945:954.
20. Euclides, VPB et al. Manejo do pastejo de cultivares de *Brachiaria brizantha* (Hochst) Stapf e de *Panicum maximum* Jacq. *Revista Ceres*. 2014:v. 61;808:818.
21. Trindade, JK et al. Composição morfológica da forragem consumida por bovinos de corte durante o rebaixamento do capim-marandu submetido a estratégias de pastejo rotativo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*. 2007:v. 42; 883:890.
22. De Andrade, CMS. et al. Padrões de desempenho e produtividade animal para recria-engorda de bovinos de corte no Acre. 2005.
23. Quirino, DF. et al. Intake, performance, and feeding behavior of Holstein and Holstein x Gyr heifers grazing intensive managed tropical grasses during the rainy season. *bioRxiv*, 2021.
24. Poppi, DP et al. Qualidade da forragem: estratégias para aumentar o valor nutritivo das forragens. *Anais do 18º Congresso Internacional de Pastagens*. Winnipeg, Manitoba, Canadá. 1997; 307:322.

25. Braga, GJ et al. Métodos de Pastejo e Estimativas para o Ajuste do Número de Bovinos na Pastagem. 2020.
26. Taiz, L, et al. Fisiologia Vegetal. 4^a ed. Artmed; 2009.

DOI: <https://doi.org/10.53934/9786585062039-22>

CAPÍTULO 22

CARACTERÍSTICAS AGRONÔMICAS E NUTRICIONAIS DE GENÓTIPOS DE MILHETO

João Vitor Araújo Ananias *; Daniel Ananias de Assis pires ; Marielly Maria Almeida Moura ; Renê Ferreira Costa ; Irisléia Pereira Soares de Sousa ; Aladine de Assis Sousa ; Thalía Cecilli Custódio e Silva 

* *Marielly Maria Almeida Moura – Email: mary.sully@hotmail.com*

Resumo: A pastagem é a principal fonte e alimento para os bovinos no território brasileiro, no entanto devido a estacionalidade, apresenta um déficit quantitativo e qualitativo, o milho surge como uma alternativa para suprir essa falta de forragem para os produtores. O experimento foi implantado nas dependências da Embrapa Milho e Sorgo em Sete Lagoas - MG, com o objetivo de avaliar as características agronômicas e bromatológicas de genótipos de milho. Foram avaliados os seguintes genótipos: BRS 1501, ADR 500, CMS 03, CMS 01 e SAUNA B. O plantio foi realizado em blocos casualizados, com 5 parcelas (blocos), cada genótipo foi um tratamento totalizando 5 tratamentos com 25 parcelas experimentais. As características agronômicas avaliadas foram altura, produção de matéria verde (PMV), produção de matéria seca (PMS) e florescência. Foram realizadas as seguintes análises bromatológicas: matéria seca (MS), proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), celulose, hemicelulose, lignina, matéria mineral (M.M), além da digestibilidade in situ da planta completa e relação folha/colmo. Os dados foram submetidos à análise estatística utilizando-se SISVAR, e para a comparação das médias foi empregado o teste de Tukey ($P < 0,05$). Para as variáveis: altura, florescência, PMV ($t\ ha^{-1}$), PMS ($t\ ha^{-1}$), não houve diferença ($P > 0,05$). Quanto aos teores de MS, PB, M.M, FDN, FDA, hemicelulose, celulose e lignina, não foram observadas diferenças estatísticas ($P > 0,05$). Com relação à DMS, os valores foram diferentes entre genótipos ($p < 0,05$), sendo que a maior digestibilidade foi observada para o genótipo SAUNA B, com 78,93%. Para a DFDN, houve diferença significativa entre os genótipos ($p < 0,05$), sendo o CMS 03 (70,16%) e SAUNA B (69,87%) com os maiores valores e o ADR 500 com menor valor (59,70%). Sendo assim, em relação às características agronômicas e nutricionais, todos os genótipos têm potencial produtivo e nutricional.

Palavras-chave: Digestibilidade., *Pennisetum glaucum* (L.) R. Br., produtividade., resistência

Abstract: Pasture is the main source and food for cattle in Brazilian territory, however due to seasonality, it presents a quantitative and qualitative deficit, millet appears as an alternative to supply this lack of forage for producers. The experiment was implemented in the premises of Embrapa Milho and Sorghum in Sete Lagoas - MG, with the objective of evaluating the agronomic and bromatological characteristics of millet genotypes. The

following genotypes were evaluated: BRS 1501, ADR 500, CMS 03, CMS 01 and SAUNA B. The planting was carried out in randomized blocks, with 5 plots (blocks), each genotype was a treatment totaling 5 treatments with 25 experimental plots. The agronomic characteristics evaluated were height, green matter production (PMV), dry matter production (DMS) and flowering. The following bromatological analyzes were performed: dry matter (DM), crude protein (CP), neutral detergent fiber (NDF), acid detergent fiber (ADF), cellulose, hemicellulose, lignin, mineral matter (M.M), in addition to digestibility in situ of the complete plant and leaf/stem ratio. Data were submitted to statistical analysis using SISVAR, and the Tukey test ($P < 0.05$) was used to compare the means. For the variables: height, flowering, PMV ($t\ ha^{-1}$), PMS ($t\ ha^{-1}$), there was no difference ($P > 0.05$). As for the contents of MS, CP, M.M, NDF, ADF, hemicellulose, cellulose and lignin, no statistical differences were observed ($P > 0.05$). Regarding DMS, the values were different between genotypes ($p < 0.05$), and the highest digestibility was observed for the SAUNA B genotype, with 78.93%. For DFDN, there was a significant difference between the genotypes ($p < 0.05$), with CMS 03 (70.16%) and SAUNA B (69.87%) with the highest values and ADR 500 with the lowest value (59.70%). Therefore, in relation to agronomic and nutritional characteristics, all genotypes have productive and nutritional potential.

Key Word: Digestibility., *Pennisetum glaucum* (L.) R. Br., productivity., resistance

INTRODUÇÃO

As pastagens, de modo geral, representam o principal suporte alimentar do rebanho bovino no território brasileiro, no entanto, apresentam marcada estacionalidade na produção, implicando em déficit quantitativo e qualitativo da forragem ofertada durante a estação seca, resultando em um dos principais fatores responsáveis pelo baixo desenvolvimento zootécnico do rebanho durante o período seco do ano.

Das várias espécies forrageiras que podem ser utilizadas pelos produtores, o milheto [*Pennisetum glaucum* (L.) R. Br.] vem sendo uma alternativa para esse período, devido às suas características: rusticidade e adaptabilidade a solos de baixa fertilidade, crescimento rápido e boa produção de massa. A cultura tem se destacado também por apresentar maior flexibilidade na época de semeadura e alto potencial produtivo. O milheto pode constituir uma excelente opção para o período de transição final das águas e início da seca, quando a pastagem já apresenta baixo valor nutritivo.

Ao contrário de outros cereais, o milheto é inteiramente utilizado para alimentação animal na forma de forragem. Isso se torna uma vantagem competitiva, principalmente em relação ao milho e sorgo, uma vez que, no Brasil, o grão do milheto não é utilizado para alimentação humana e é pouco demandado na alimentação de aves, suínos e peixes, apesar de apresentar um alto valor protéico de 12,71%, que é maior do que o do sorgo (8,94%) e do milho (8,26%). Dessa forma, o uso do milheto fica praticamente restrito à alimentação de ruminantes.

No entanto, há poucos relatos na literatura sobre as características agronômicas e nutricionais de cultivares de milheto, tornando, desse modo, difícil sua caracterização. Assim, objetivou-se avaliar as características agronômicas e nutricionais de cinco genótipos de milheto plantados no período da safrinha.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi desenvolvido nas dependências da Embrapa-Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo, localizada no Km 65 da rodovia MG 424, no município de Sete Lagoas – MG. O clima da região, segundo Koopen, é do tipo Aw (clima de savana com inverno seco). O índice médio pluviométrico anual do período do experimento foi de 1.271,9 mm, com temperatura média anual de 20,9°C e com a umidade relativa do ar em torno de 70,5%. O solo da região é classificado como vermelho distrófico típico de cerrado. Os tratamentos foram constituídos por cinco cultivares de milho, sendo eles: BRS 1501, CMS 01, CMS 03, SAUNA B e ADR 500.

Para as análises agronômicas e bromatológicas, o experimento foi conduzido utilizando-se delineamento em blocos casualizados (DBC) no campo, com 5 tratamentos e 5 repetições, totalizando 25 parcelas experimentais. Os dados foram submetidos à análise estatística, utilizando-se o Sistema de Análises de Variância (SISVAR), descrito por (1), e para a comparação de médias, foi aplicado o teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Os genótipos foram plantados no dia 15 de fevereiro de 2019 e colhidos dia 10 de maio do mesmo ano. O delineamento utilizado foi o de blocos ao caso, constituído por seis linhas (fileiras) de 6 metros lineares, espaçadas de 75 cm de espaçamento entre as fileiras. O número de sementes por metro linear em cada parcela foi de quinze (15) e, após a emergência das plântulas, foi realizado um desbaste em cada parcela adequando o número de plantas de 10 a 12 por metro linear com o genótipo em questão.

A adubação foi realizada de acordo com a análise do solo e as exigências da cultura, sendo utilizados 350 Kg ha⁻¹ da fórmula 08-28-16 (N:P:K) + 0,5 % de zinco no plantio e 150 Kg ha⁻¹ de uréia em cobertura 25 dias após o plantio.

Avaliações agronômicas: foram utilizadas as duas fileiras centrais de cada parcela, sendo determinados os seguintes parâmetros: altura das plantas: que foi obtida com uma régua, medindo a planta do nível do solo até a extremidade superior da planta, em 20% das plantas de cada parcela; produção de matéria verde (PMV): que foi obtida a partir da pesagem de todas as plantas da área útil da parcela, realizada após corte a 15 cm do solo; produção de matéria seca (PMS): que foi obtida a partir da produção de matéria verde e do teor de matéria seca de cada genótipo no momento do corte; número de plantas na área útil da parcela contada por ocasião do corte; e, a partir do número de plantas na área útil da parcela, foi estimado o número de plantas ha⁻¹. Avaliações bromatológicas e de digestibilidade in situ, foram utilizadas as duas fileiras intermediárias de cada parcela com uma amostragem de 20% das plantas. Além disso, foram separadas aleatoriamente dez plantas de cada canteiro para a avaliação nutricional e de digestibilidade in situ da folha e do colmo. Estas amostras foram picadas em picadeira estacionária, homogeneizadas, colocadas em sacos de papel e identificadas separadamente. Posteriormente, o material foi submetido à pesagem e à pré-secagem em estufa de ventilação forçada a 55°C por 72 horas. Após esse período, o material foi retirado da estufa e deixado à temperatura ambiente para estabilização e, após esse tempo, foi pesado e, por diferença de peso, determinou-se a porcentagem de matéria pré-seca.

As amostras foram transportadas para o Laboratório de Análise de Alimentos da Universidade Estadual de Montes Claros (UNIMONTES) - Campus Janaúba - MG, onde foram separadas e organizadas. Em seguida, o material foi submetido à moagem em

moinho tipo “Willey” com peneira de 1mm de diâmetro e armazenadas em recipientes de polietileno para realização das análises.

Foram determinados os seguintes parâmetros: matéria seca (MS) a 105°C, proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), matéria mineral (M.M), celulose, hemicelulose e lignina, pelo método sequencial de (2).

Para a determinação da digestibilidade in situ (MS, FDN e FDA), as amostras foram moídas em peneira de 2 mm e, logo após, acondicionadas em sacos de fibra sintética do tipo TNT, gramatura 100, respeitando a relação de 20 mg de MS cm⁻² de área superficial do saco, segundo (3). Os sacos foram amarrados e fixados em uma corda de náilon e introduzidos no rúmen de um bovino adulto fistulado. O período de incubação correspondeu a 144 horas, sendo os sacos colocados em duplicata. Decorrido este tempo, todos os sacos foram retirados do rúmen, lavados em água corrente até que a mesma se apresentasse limpa, procedendo-se, então, a secagem. A determinação da matéria seca (MS) foi feita em estufa a 55°C por 72 horas e logo após a 105° por 16 horas. O resíduo obtido após esta etapa foi utilizado para as análises de FDN e FDA. Os dados de digestibilidade in situ da MS, FDN e PB foram obtidos por diferença de peso, encontrada em cada componente, entre as pesagens efetuadas antes e após a incubação ruminal, e expressos em porcentagem.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores médios de PB observados para os genótipos avaliados foram semelhantes ($P > 0,05$) e oscilaram entre 14,21% e 17,37% para a planta inteira, com média de 16,19%, enquanto que, para as folhas, os valores variaram de 9,18 a 11,38%, com média de 10,38% e 4,49 a 5,23% para o colmo, com valor médio de 5,07%. Os resultados da planta inteira e a fração do colmo estão muito próximos aos relatados por (4), que verificaram valor médio de 10,92% de PB para três genótipos de milho colhidos aos 82 dias de crescimento. Os colmos foram as frações da planta com os menores teores de PB (5,07). (5) encontrou valores mais elevados entre 7,6 e 10,75% de PB para essa mesma fração. Segundo (6), as dietas devem apresentar pelo menos 7% de PB para o desenvolvimento adequado das bactérias ruminais. Embora a proteína do colmo tenha sido inferior a 7 %, a fração da folha contribuiu para o aumento da proteína na planta inteira.

TABELA 4. Teores em porcentagem de matéria seca (MS), proteína bruta (PB) e cinzas (M.M) de cinco genótipos de milho para planta inteira, colmo e folha

GENÓTIPOS	PARÂMETROS		
	MS	PB	M.M
Planta inteira			
SAUNA B	26,70 a	16,60 a	5,73 a
CMS 03	26,61 a	17,37 a	5,61 a
ADR 500	25,95 a	15,68 a	5,66 a
BRS 1501	27,02 a	14,21 a	6,33 a
CMS01	26,25 a	17,09 a	5,03 a
Médias	26,30	16,19	5,67
CV (%)	5,81	15,55	19,19

Colmo			
SAUNA B	27,38 a	5,14 a	6,88 a
CMS 03	26,40 a	5,23 a	6,95 a
ADR 500	26,48 a	5,39 a	7,41 a
BRS 1501	25,88 a	4,49 a	6,81 a
CMS01	26,12 a	5,12 a	7,11 a
Médias	26,45	5,07	7,03
CV (%)	5,29	16,94	13,48
Folha			
SAUNA B	26,25 a	10,18 a	5,67 a
CMS 03	26,73 a	10,94 a	5,96 a
ADR 500	26,79 a	10,21 a	6,04 a
BRS 1501	26,54 a	11,38 a	7,50 a
CMS01	26,88 a	9,18 a	6,56 a
Médias	26,64	10,38	6,16
CV (%)	5,54	12,66	26,31

Médias seguidas de letras distintas diferem entre si pelo teste de TUKEY a 5%

Os genótipos não diferiram entre si ($p > 0,05$) quanto aos teores de matéria seca (MS), para a planta completa e a fração do colmo e folha. O valor médio encontrado foi 26,30% (planta completa), 26,45% (colmo) e 26,64% (folha). A porcentagem de MS varia com a idade de corte e com a proporção dos constituintes da planta (folhas, colmo e panícula). Variações, principalmente nas porcentagens do colmo e panícula, exercem maior influência sobre o teor de MS da planta inteira do que o teor de umidade de cada uma dessas frações.

No presente estudo, o corte foi realizado com 84 dias de idade. Por serem plantas mais novas, possuem maiores teores de água em sua constituição, conseqüentemente, menor concentração de matéria seca. (7) afirmar que teores de MS superiores a 20% estão associados a níveis adequados de carboidratos solúveis e são suficientes para evitar maiores perdas através de efluentes e fermentações indesejáveis. Segundo (8), os teores de MS dos componentes da planta são variáveis conforme a interação genótipo-ambiente, atuando sobre o acúmulo de MS da planta inteira.

Quanto aos teores de cinza, não houve variação entre os genótipos estudados ($p > 0,05$) e a média entre os valores foi de 5,67% (planta completa), 7,03% (colmo) e 6,16% (folha). Teores de cinzas implicam na determinação da quantidade de minerais presentes na forrageira, porém, altos índices podem representar alto teor de sílica, e esta não contribui nutricionalmente para os animais. As cinzas indicam riqueza de minerais no alimento, mas nunca quais minerais presentes e seus teores. Geralmente, alimentos de origem animal são ricos em cálcio e fósforo, já os alimentos vegetais possuem baixo valor de matéria mineral (9). (10) encontrou valores bem superiores de 12,12, 11,55 e 10,36% de MM para o milho colhido aos 47, 57 e 67 dias de idade, respectivamente. (5) encontrou valores para as frações do colmo entre os genótipos CMS 1, BRS 1501, CMS 3 e J 1188; valores de 7,42, 7,56, 8,05 e 8,07% de MM.

Todos os valores de M.M apresentados no presente estudo devem ser interpretados e usados na formulação de dietas de forma cuidadosa, pois esses valores podem indicar a riqueza da amostra em elementos minerais, mas não têm grande representatividade de

valor nutritivo para os animais. Portanto, para formulação de dietas para ruminantes, é necessário também considerar análises mais específicas e seus coeficientes de absorção e as inter-relações de cada mineral requerido pelos animais(5).

Na planta inteira, na fração do colmo e da folha, os teores de fibra em detergente neutro (FDN) não variaram significativamente entre os genótipos avaliados, como pode ser observado na Tabela 5. O valor médio encontrado foi 65,85% (planta completa), 72,10% (colmo) e 64,18% (folha).

TABELA 5. Teores em porcentagem para fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), hemicelulose (HCEL), celulose (CEL) e lignina (LIG) de cinco genótipos de milho para planta inteira, colmo e folha

PARÂMETROS					
GENÓTIPOS	FDN (%)	FDA (%)	HCEL (%)	CEL (%)	LIG (%)
Inteira					
SAUNA B	66,15 a	34,72 a	31,43 a	26,70 a	4,24 a
CMS 03	65,63 a	35,29 a	30,34 a	25,78 a	3,14 a
ADR 500	66,71 a	36,61 a	30,10 a	26,33 a	3,81 a
BRS 1501	67,26 a	37,02 a	30,24 a	25,93 a	3,91 a
CMS01	64,49 a	34,98 a	29,51 a	29,81 a	4,19 a
Médias	65,85	35,72	30,13	27,15	3,86
CV (%)	3,63	7,95	5,22	15,52	25,52
Colmo					
SAUNA B	68,26 a	40,70 a	27,56 a	33,56 a	4,33 a
CMS 03	71,07 a	42,18 a	28,89 a	33,66 a	4,42 a
ADR 500	72,89 a	44,96 a	27,93 a	35,56 a	4,17 a
BRS 1501	73,19 a	44,54 a	28,65 a	35,20 a	4,31 a
CMS01	75,09 a	43,20 a	31,89 a	34,78 a	4,72 a
Médias	72,10	43,12	28,98	34,13	4,39
CV (%)	5,74	6,72	8,00	6,48	10,40
Folha					
SAUNA B	64,70 a	39,83 a	24,87 a	26,70 a	2,69 a
CMS 03	64,16 a	32,51 a	31,65 a	20,93 a	2,58 a
ADR 500	66,27 a	32,34 a	33,93 a	21,42 a	2,85 a
BRS 1501	61,33 a	33,10 a	28,23 a	20,27 a	2,22 a
CMS01	64,35 a	37,87 a	26,48 a	19,37 a	2,78 a
Médias	64,18	35,13	29,05	21,74	2,62
CV (%)	4,93	19,18	24,35	17,93	23,18

Médias seguidas de letras distintas diferem entre si pelo teste de TUKEY a5%

O componente nutricional FDN é composto por hemicelulose, celulose, ligninas e matéria mineral, portanto, a fibra em detergente neutro, ou FDN, é basicamente a parede celular vegetal. Vários autores associam o teor de FDN dos alimentos ao consumo voluntário daquele alimento pelos animais(11,12). Ou seja, a FDN é capaz de regular ou mesmo limitar a ingestão de um determinado alimento. Isso acontece em virtude da lenta degradação ruminal da maioria de seus constituintes que, em algumas situações, podem limitar o consumo devido à repleção ruminal causada, limitando a ingestão de energia

pelo animal.

(13) encontrou no colmo dos genótipos de milho ADR 500, ADR 300, BRS 1501 e BN 2 cortados aos 35 dias de idade a concentração de 80,85, 81,18, 81,58 e 81,66% de FDN, respectivamente. Esses valores, provavelmente, comprometem o consumo de matéria seca desses materiais.

O alto teor de FDN encontrado para o milho pode estar associado às condições ideais de temperatura, insolação e adubação, que proporcionam o desenvolvimento de plantas de porte superior com estrutura mais vigorosa e rica em fibras.

Não houve diferença entre os genótipos avaliados para os teores de FDA na planta completa, colmos e folhas (Tabela 5). Foram observados nas plantas inteiras valor médio de 35,72%, no colmo, 43,12 % e, nas folhas, de 35,13%.

Os valores de FDA para planta inteira, encontrados por esses autores(4,14) com média de 33,58 de FDA para os genótipos acima citados colhidos aos 82 dias de idade, foram inferiores aos observados no presente estudo, mesmo tendo sido cultivados materiais semelhantes na mesma estação experimental, submetidos aos mesmos tratamentos culturais e avaliados por metodologia laboratorial semelhante. Tal fato sugere que as condições climáticas de temperatura, pluviosidade e insolação afetem tanto o desenvolvimento dessas plantas como a sua composição química e estrutural, reforçando ainda mais a recomendação técnica da necessidade e dos benefícios da realização da análise bromatológica dos alimentos empregados nas dietas dos animais em sistemas de produção.

Para os componentes hemicelulose, celulose e lignina da planta inteira, colmo e folha, não houve diferença significativa ($p>0,05$), apresentando valor médio de hemicelulose de 30,12% para a planta inteira; 28,98% para o colmo e 29,04% para a folha. Valores médios de celulose de 27,15% para a planta inteira; 34,13% para o colmo e 21,74% para a folha. E valores médios de lignina de 3,86% para a planta inteira; 4,39% para o colmo e 2,62% para a folha.

(15) observou valores de hemicelulose em 3 cultivares, sendo eles ADR-7010, ADR- 500 e BRS-1501, com valores respectivos de 24,76; 25,22 e 26,27%. (4) encontraram teores de CEL para as cultivares de milho CMS-1, BRS-1501 e BN-2 de 29,77; 27,98 e 30,00%, respectivamente, cortado aos 82 dias após a semeadura, cujos teores se encontram bem parecidos dos encontrados neste estudo. Conforme (9), a celulose representa a maior parte da FDA, e a hemicelulose, mais digestível que a celulose. São interessantes maiores teores de hemicelulose e menores de celulose, já que os ruminantes desdobram esses componentes por meio de sua flora bacteriana em ácidos graxos de cadeia curta, principalmente acético, propiônico e butírico, que representam a maior fonte de energia quando a alimentação desses animais é a base de forragem.

Em relação à lignina, como foi descrito, não houve diferença significativa ($p>0,05$). O processo de lignificação dos carboidratos estruturais está associado à limitação da degradação da matéria seca pelos microrganismos do rúmen, reduzindo, assim, o valor nutricional da forragem (16). Isto permite concluir que quanto menor o valor de lignina na forragem, mais eficiente será o processo de degradação do alimento no rúmen. De acordo com (17), a lignina é o componente mais negativamente correlacionado à digestibilidade, pois limita a digestão dos polissacarídeos da parede celular e reduz o valor nutricional das plantas para os ruminantes. Recomenda-se que o teor de lignina seja inferior a 10%, sendo que essa fração é constituída por proteínas insolúveis em detergente ácido, ou seja, que não é digerível no rúmen e intestino (18).

Valores médios de 4,33% de lignina foram observados por (4), que avaliaram genótipos de milho colhidos aos 82 dias de idade.

Com relação à DIMS, na Tabela 6, os valores foram diferentes entre genótipos ($p < 0,05$), sendo que a maior digestibilidade foi observada para o genótipo SAUNA B, com 78,93%, seguido dos genótipos BRS 1501, com 75,44%, CMS 03, com 75,03%, e CMS 01, com 72,70.

TABELA 6. Teores em porcentagem da digestibilidade *in situ* da matéria seca (DIMS), da fibra em detergente neutro (DFDN), da proteína bruta (DPB) e da produção de matéria seca (PMSD) da planta inteira de cinco genótipos de milho

GENÓTIPOS	Parâmetros			
	DIMS (%)	DIFDN (%)	DIPB (%)	PMSD (t ha ⁻¹)
SAUNA B	78,93 a	69,87 a	81,34 a	2,33 a
CMS 03	75,33 bc	70,16 a	79,82 a	2,60 a
ADR 500	64,88 c	59,70 b	78,04 a	2,79 a
BRS 1501	75,44 b	66,06 ab	82,60 a	2,84 a
CMS 01	72,70 bc	64,64 ab	78,92 a	2,90 a
Média	74,46	66,09	80,14	2,69
CV (%)	1,87	6,68	3,32	32,10

Médias seguidas de letras distintas diferem entre si pelo teste de TUKEY a5%

(19) encontrou DIVMS de 55,45, 57,18 e 52,93% para os genótipos CMS 1, BRS 1501 e BN 2, respectivamente, colhidos aos 82 dias de idade. Ao comparar os valores obtidos nesse experimento, com a DIVMS de diversas forrageiras verificadas por (20), observa-se que a DIVMS dos híbridos de milho é numericamente superior apenas àquelas encontradas para o feno de Tifton 85 e a silagem de sorgo (52,7 e 53%, respectivamente).

A digestibilidade é influenciada diretamente pelo tempo de permanência do alimento no trato gastrointestinal, portanto, é influenciada pelas taxas de digestão e passagem (21). O estado de repleção ruminal parece estar mais bem correlacionado com a taxa de passagem do alimento, este alimento que sofre alterações na redução do tamanho de partículas, em função da ruminação e ataque microbiano ruminal. Quando o alimento encontra-se com baixo valor nutritivo, verifica-se menor taxa de passagem de partículas no rúmen, o que pode acarretar redução no consumo de matéria seca (11). Vários fatores podem interferir nos coeficientes de digestibilidade dos alimentos, principalmente a maturidade da planta, quando se trata de forrageiras, exercendo um efeito negativo sobre a digestibilidade dos nutrientes, principalmente, em função da redução no teor de proteína e do aumento da lignificação da parede celular (22)

Segundo (23), um dos maiores problemas para o melhoramento de forrageiras tropicais é a anatomia das plantas C4, que se caracteriza pela presença de componentes estruturais em maior proporção que aqueles observados em forrageiras temperadas. Desta forma, a digestibilidade de forrageiras é intensamente influenciada pelo aumento da fração lignificada da parede celular. À medida que a planta se desenvolve, ocorre redução do teor protéico e aumento do teor de fibra associado à elevação no teor de lignina. De acordo com (24), a lignina forma uma barreira que impede a aderência microbiana e a hidrólise enzimática da celulose e hemicelulose, indisponibilizando os carboidratos

estruturais potencialmente degradáveis e diminuindo a digestibilidade da MS. Como demonstrado anteriormente, o teor de lignina dos híbridos foi baixo, interferindo pouco na atividade microbiana e, conseqüentemente, na digestibilidade do material.

Em relação aos teores de DFDN, houve diferença significativa entre os genótipos ($p < 0,05$), sendo o CMS 03 (70,16%) e Sauna B (69,87%) com os maiores valores e o ADR 500 com menor valor (59,70%). Essa alta taxa de digestibilidade dos genótipos CMS 03 e SAUNA B pode estar relacionada com os altos teores de hemicelulose e baixos teores de celulose e lignina do milho mostrados acima, fazendo com que se tenha uma maior degradação da parede celular por parte dos microrganismos, diminuindo o tempo em que o alimento fica retido no rúmen, aumentando-se a taxa de passagem do alimento, não ficando retido por muito tempo. Com isso, tem-se um maior aproveitamento do alimento pelo animal.

Não houve diferença ($p > 0,05$) entre os genótipos em relação à DPB e PMSD, tendo por média 80,14% e 2,69 t ha⁻¹, respectivamente. Esse alto valor de digestibilidade mostra que a fração protéica do alimento, considerada um dos elementos mais caros da nutrição, está altamente disponível para um melhor aproveitamento por parte dos microrganismos do animal. Com isso, é possível uma maior taxa de síntese de proteína microbiana por parte desses microrganismos, aumentando, assim, a disponibilidade de aminoácidos com alto valor biológico ao organismo do animal, possibilitando maior produtividade.

A produção de matéria seca digestível está diretamente relacionada com a produção total de matéria e a digestibilidade das silagens. Desde modo, a produção pode ser explicada devido às condições de campo (veranico) no momento de estabelecimento deste experimento, que não teve boa distribuição da mesma, afetando o desenvolvimento da planta como todo.

CONCLUSÕES

As variáveis morfológicas aqui analisadas obtiveram respostas positivas nos genótipos avaliados, corroborando para a expressiva produção de forragem do milho nestas condições.

REFERÊNCIAS

1. Ferreira DF. Sisvar: a computer statistical analysis system. *Ciênc E Agrotecnologia*. dezembro de 2011;35:1039–42.
2. Van Soest PJ, Robertson JB, Lewis BA. Symposium: carbohydrate methodology, metabolism and nutritional implications in dairy cattle methods for dietary fiber, neutral detergent fiber and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *J Dairy Sci* EUA [Internet]. 1991 [citado 13 de setembro de 2022]; Disponível em: https://scholar.google.com/scholar_lookup?title=Symposium%3A+carbohydrate+methodology%2C+metabolism+and+nutritional+implications+in+dairy+cattle+methods+for+dietary+fiber%2C+neutral+detergent+fiber+and+nonstarch+polysaccharides+in+relation+to+animal+nutrition&author=Van+Soest%2C+P.J.&publication_year=1991
3. Nocek JE. In situ and Other Methods to Estimate Ruminant Protein and Energy Digestibility: A Review. *J Dairy Sci*. 1º de agosto de 1988;71(8):2051–69.

4. Guimarães Júnior RG, Gonçalves LC, Rodrigues J a. S, Borges ALCC, Rodriguez NM, Saliba EOS, et al. Frações fibrosas dos materiais originais e das silagens de três genótipos de milho (*Pennisetum glaucum* (L.) R. Br.), em diferentes períodos de fermentação. 2005 [citado 13 de setembro de 2022]; Disponível em: <http://www.alice.cnptia.embrapa.br/handle/doc/488845>
5. Cruz DSG. Avaliação agrônômica e nutricional de quatro genótipos de milho em quatro estádios. 27 de agosto de 2013 [citado 13 de setembro de 2022]; Disponível em: <https://repositorio.ufmg.br/handle/1843/BUOS-9MYKWW>
6. Church DC. Fisiología digestiva y nutrición de los rumiantes / D. C. Church ; trad. Pedro Ducar Maluenda, Salvador Climén París, Joaquín Camón Urgel. 1998.
7. McDonald P, Henderson AR, Heron SJE. The biochemistry of silage. *Biochem Silage* [Internet]. 1991 [citado 13 de setembro de 2022]; Disponível em: <https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/19930759161>
8. Silva FF da, Gonçalves LC, Rodrigues JAS, Corrêa CES, Rodriguez NM, Brito AF, et al. Qualidade de silagens de híbridos de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) de portes baixo, médio e alto com diferentes proporções de colmo+folhas/panícula: 1. Avaliação do processo fermentativo. *Rev Bras Zootec.* fevereiro de 1999;28:14–20.
9. Silva DJ, Queiroz AC de. Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos. 3. ed. Viçosa: UFV; 2002. 235 p.
10. Gorgen AV. Produtividade e qualidade da forragem de milho (*Pennisetum glaucum* (L.) R.BR) e de trigo mourisco (*Fagopyrum esculentum*. Moench) cultivado no cerrado. fevereiro de 2013 [citado 13 de setembro de 2022]; Disponível em: <https://bdm.unb.br/handle/10483/4733>
11. Nutritional Ecology of the Ruminant - Peter J. Van Soest [Internet]. 1994 [citado 13 de setembro de 2022]. Disponível em: <https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=-mwUu6PL1UgC&oi=fnd&pg=PA7&dq=VAN+SOEST,+P.+J.+Nutritional+ecology+of+the+ruminant.+2.+ed.+Ithaca:+Cornell+University+Press,+1994.&ots=DQUxu5HjNC&sig=73iSFLR-DQQmihrGXdBEOXolfFo#v=onepage&q=VAN%20SOEST%2C%20P.%20J.%20Nutritional%20ecology%20of%20the%20ruminant.%202.%20ed.%20Ithaca%3A%20Cornell%20University%20Press%2C%201994.&f=false>
12. Mertens DR. Regulation of Forage Intake. Em: *Forage Quality, Evaluation, and Utilization* [Internet]. John Wiley & Sons, Ltd; 1994 [citado 13 de setembro de 2022]. p. 450–93. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.2134/1994.foragequality.c11>
13. Nóbrega EB da. Produtividade e composição bromatológica de cultivares de milho adubados com nitrogênio em neossolo quartzarênico órtico. Productivity and chemical composition of millet cultivars fertilized with nitrogen in entsoil [Internet]. 2 de setembro de 2010 [citado 13 de setembro de 2022]; Disponível em: <http://repositorio.bc.ufg.br/tede/handle/tede/7629>
14. Pinho RMA, Santos EM, Rodrigues JAS, Macedo CHO, Campos FS, Ramos JP de F, et al. Avaliação de genótipos de milho para silagem no semiárido. *Rev Bras Saúde E Produção Anim.* setembro de 2013;14:426–36.
15. Pause AG da S. Fontes de fósforo na produção e composição bromatológica de cultivares de milho forrageiro. Phosphorus sources in production and chemical

- composition of the peral millet forage [Internet]. 12 de abril de 2010 [citado 13 de setembro de 2022]; Disponível em: <http://repositorio.bc.ufg.br/tede/handle/tede/1085>
16. Cherney JH, Cherney DJR, Akin DE, Axtell JD. Potential of Brown-Midrib, Low-Lignin Mutants for Improving Forage Quality. Em: Sparks DL, organizador. *Advances in Agronomy* [Internet]. Academic Press; 1991 [citado 13 de setembro de 2022]. p. 157–98. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0065211308605805>
17. Lapiere C. Application of New Methods for the Investigation of Lignin Structure. Em: *Forage Cell Wall Structure and Digestibility* [Internet]. John Wiley & Sons, Ltd; 1993 [citado 13 de setembro de 2022]. p. 133–66. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.2134/1993.foragecellwall.c6>
18. Sniffen CJ, O'Connor JD, Van Soest PJ, Fox DG, Russell JB. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: II. Carbohydrate and protein availability. *J Anim Sci*. 1º de novembro de 1992;70(11):3562–77.
19. Guimarães Júnior. Perfil de fermentação das silagens de três genótipos de milheto ["*Pennisetum glaucum*" (L.) R. Br.] - ácidos orgânicos. - Portal Embrapa [Internet]. 2004 [citado 13 de setembro de 2022]. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/474484/perfil-de-fermentacao-das-silagens-de-tres-genotipos-de-milheto-pennisetum-glaucum-l-r-br---acidos-organicos>
20. Tomich TR, Tomich RGP, Gonçalves LC, Borges I, Rodrigues J a. S. Valor nutricional de híbridos de sorgo com capim-sudão em comparação ao de outros volumosos utilizados no período de baixa disponibilidade das pastagens. *Arq Bras Med Veterinária E Zootec*. dezembro de 2006;58:1249–52.
21. Luiz Roberto Lopes S. Thiago, S Guill. CONSUMO VOLUNTÁRIO: FATORES RELACIONADOS COM A DEGRADACÃO E PASSAGEM DA FORRAGEM PELO RÚMEN [Internet]. 1990 [citado 13 de setembro de 2022]. Disponível em: <https://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:tWCcbG-wv3sJ:https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/322953/1/Consumovoluntariofatores.pdf&cd=1&hl=pt-BR&ct=clnk&gl=br>
22. OLIVEIRA, W. H. VALOR NUTRITIVO DA CANA-DE-AÇÚCAR ADICIONADA OU NÃO COM ÓXIDO DE CÁLCIO COM DIFERENTES NÍVEIS DE URÉIA EM OVINOS [Internet]. 1991 [citado 13 de setembro de 2022]. Disponível em: https://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:lgB35pCe5OoJ:https://vet.ufmg.br/DOWNLOAD.php%3Fo%3D8%26i%3D20140602140229%26a%3Dvalor_nutritivo_da_cana-de-acucar_adicionada_ou_nao_de_axido_de_calci&cd=1&hl=pt-BR&ct=clnk&gl=br
23. Minson, D.J. (1990) *Forage in Ruminant Nutrition*. Academic Press, San Diego, 483p. - References - Scientific Research Publishing [Internet]. [citado 13 de setembro de 2022]. Disponível em: [https://www.scirp.org/\(S\(i43dyn45teexjx455qlt3d2q\)\)/reference/ReferencesPapers.aspx?ReferenceID=1129640](https://www.scirp.org/(S(i43dyn45teexjx455qlt3d2q))/reference/ReferencesPapers.aspx?ReferenceID=1129640)
24. Silva MA, Lira MA, Santos MVF, Dubeux Junior JCB, Freitas EV de, Araújo GGL. Rendimento forrageiro e valor nutritivo de clones de *pennisetum* sob corte, na zona da mata seca. *Arch Zootec*. março de 2011;60(229):63–74.

DOI: <https://doi.org/10.53934/9786585062039-23>

CAPÍTULO 23

ALTURA DE RESÍDUO E INTERVALO ENTRE A DESFOLHA E A ADUBAÇÃO NITROGENADA DO CAPIM MOMBAÇA.

Gustavo Barbosa Alves Silva *; Renata Batista da Silva ; Lucas Delguingaro Gomes ; Anderson Barros de Lima ; Camila Fernandes Domingues Duarte ; Carla Heloisa Avelino Cabral ; Carlos Eduardo Avelino Cabral 

*Autor correspondente (Corresponding author) – Email:
gustavo.barbosa@aluno.ufr.edu.br

Resumo: Este trabalho teve como objetivo identificar o momento adequado, após desfolha, para realizar a adubação nitrogenada no capim Mombaça e verificar se a altura de resíduo influencia no momento de adubação do capim Mombaça. O experimento foi realizado na casa de vegetação da Universidade Federal de Rondonópolis. Foi utilizado o cultivar *Panicum maximum* cv. Mombaça. O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, com quatro tratamentos e dez repetições, disposto em esquema fatorial 2x2. Os tratamentos consistiram em dois intervalos entre a desfolha e a adubação nitrogenada (0 e 7 dias) e duas alturas de resíduo (20 e 40 cm). Foram avaliadas as variáveis: altura, número de folhas, perfilhos e massa seca de forragem. O momento de adubação não alterou o desenvolvimento do capim Mombaça. A altura, número de folhas, massa seca da forragem e número de folhas por perfilhos foram influenciados pelas alturas de resíduo do capim Mombaça. Houve-se interação no momento de adubação com a altura de resíduo para o número de perfilhos. Portanto, a adubação nitrogenada no capim Mombaça pode ser realizada, independente do momento, tanto no dia quanto uma semana após a desfolha.

Palavras-chave: adubação nitrogenada; momento de adubação; *Panicum maximum*

Abstract: This study aimed to identify the appropriate time, after defoliation, to perform nitrogen fertilization on Mombasa grass and verify if the residue height influences the time of fertilization of Mombasa grass. The experiment was carried out in the greenhouse of the Federal University of Rondonópolis. The cultivar *Panicum maximum* cv. Mombasa. The experimental design used was completely randomized, with four treatments and ten replications, arranged in a 2x2 factorial scheme. The treatments consisted of two intervals between defoliation and nitrogen fertilization (0 and 7 days) and two residue heights (20 and 40 cm). The variables were evaluated: height, number of leaves and tillers and forage dry mass. Fertilization timing not changed in the development of Mombasa grass, with the exception of the number of leaves per tiller. The height, number of leaves, dry mass of forage and number of leaves per tiller were influenced by the residue heights of Mombasa grass. There was an interaction at the time

of fertilization with the height of residue in the variables in the number of tillers and in the relationship between the number of leaves per tiller. the time of fertilization had no impact on the carrying capacity and degradation of the pasture, as it did not alter the forage mass and tillering. Therefore, nitrogen fertilization in Mombasa grass can be performed, regardless of the moment, both on the day and one week after defoliation.

Key Word: nitrogen fertilization; fertilization time; *panicum maximum*

INTRODUÇÃO

A bovinocultura de corte no Brasil advém, em sua maior parte, na utilização de pastos como fonte basilar para alimentação dos animais (1). Entretanto, grande parte dessas forrageiras possui algum estágio de degradação, sobretudo pela falta de reposição dos nutrientes do solo (2). Apesar de o processo de degradação seja um processo inerente à planta, algumas causas podem acelerar o processo e estão ligadas à espécie forrageira escolhida, manejo de altura das pastagens, adubação de implantação e de manutenção, que quando errados geram diminuição na produção e ao mesmo tempo, perdas na produção animal.

Um pasto degradado compreende boa parte de um solo descoberto, que subsequente apresenta aparição de plantas daninhas e erosão do solo. Das causas mencionadas, o manejo incorreto e a omissão de adubação de manutenção são erros frequentemente vistos. Para manutenção forrageira, os nutrientes mais demandados são nitrogênio, potássio e fósforo, uma vez que o nitrogênio é o mais limitante, em vista que o fornecimento proporciona em aumento no perfilhamento e produção de lâminas foliares (3), a qual pode retroceder o quadro de degradação do pasto, se oferecido de forma adequada a planta, o que envolve tanto a dose quanto o momento de realizar a adubação, principalmente em lotação rotativa.

Encontram-se resultados de gramíneas que foram adaptáveis quanto ao momento de realizar a adubação nitrogenada (4; 5; 6), enquanto outras respostas evidenciaram que o momento de adubação influencia a massa de resíduo, teor de clorofila e massa de raízes (7; 8; 6). Dessarte, é possível que após a desfolha, diante da redução de área foliar, exista um intervalo em que a planta seja menos responsiva a adubação, o que vai sujeitar-se também das reservas orgânicas da forrageira (9; 10; 11), que são concentrados na raiz e na base do colmo, cujos teores conseguem variar entre capins.

Outro fator que interfere na massa de raiz é a intensidade de pastejo (12), o que está correlacionado à altura de resíduo. À vista da escassez de resultados, identificar o momento ideal de adubação do capim Mombaça (*Panicum maximum* cv. Mombaça) associado à altura de resíduo é fundamental, em virtude que é uma forrageira amplamente utilizada em sistemas intensivos de produção a pasto.

Deste modo, o presente estudo tem como objetivo identificar o momento adequado, após desfolha, para realizar a adubação nitrogenada no capim Mombaça e verificar se a altura de resíduo influencia no momento de adubação do capim Mombaça.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado na casa de vegetação da Universidade Federal de Rondonópolis. Foi utilizado o cultivar *Panicum maximum* cv. Mombaça. O delineamento experimental utilizado foi o delineamento inteiramente casualizado, com quatro tratamentos e dez repetições, disposto em esquema fatorial 2x2. Os tratamentos consistiram em dois intervalos entre a desfolha e a adubação nitrogenada (0 e 7 dias) e duas alturas de resíduo (20 e 40 cm).

Cada unidade experimental foi constituída de um vaso com capacidade de 5,0 dm³ com cinco plantas. O solo foi coletado na camada de 0 a 20 cm de um Latossolo argiloso (Tabela 1), peneirado e colocado nas parcelas experimentais. Com base na análise de solo (13), se necessária, realizou a correção da acidez (14) com calcário. A umidade do solo foi monitorada diariamente para manutenção da máxima capacidade de retenção de água do solo (15).

Tabela 1 - Composição granulométrica e química do solo coletado na área experimental

pH	P	K	Ca	Mg	Al	H+AL	CTC	V	m	Areia	Silte	Argila
CaCl ₂	mg dm ⁻³		cmolc dm ⁻³				%		g kg ⁻¹			
5,2	5,7	158	1,7	1,3	0,0	2,8	6,3	55,0	0,0	520	110	370

Implantou-se 20 sementes por vaso e, após a emergência, se realizou o desbaste do excesso de plântulas, mantendo-se cinco plantas por vaso. O critério de seleção se caracterizou pelo vigor e a uniformidade das plântulas. Após o desbaste realizou a adubação de manutenção com nitrogênio e potássio com as doses de 100 e 50 mg dm³, respectivamente. Os fertilizantes utilizados foram ureia e cloreto de potássio. Quando os capins atingiram altura adequada de desfolha (16), realizou o corte de uniformização e os tratamentos foram aplicados.

As avaliações foram realizadas quando as forrageiras atingirem, novamente, a altura de manejo (16). Antes do corte mediu a altura do dossel, com régua graduada, e a contagem do número de perfilhos. Após o corte da forragem, se realizou a separação morfológica (lâminas foliares, colmo+bainha e material morto) e a contagem das lâminas foliares. Após o corte da forragem, as amostras serão submetidas à secagem em estufa de circulação forçada de ar, a 55±5°C, por 72 horas, e posterior, pesagem. O corte das forrageiras foi realizado respeitando-se os tratamentos (20 e 40 cm). Após o corte das forrageiras, os tratamentos foram reaplicados, de modo que se realizou três avaliações.

Na quinta e última avaliação, além das variáveis mencionadas, avaliou-se a massa seca de resíduo e raízes. O resíduo será obtido por meio do corte da planta rente ao solo e a raízes por lavagem e peneiramento. De modo semelhante às lâminas foliares e colmo+bainha, o resíduo e as raízes foram submetidos a secagem em estufa de circulação forçada de ar, a 55±5°C, por 72 horas, e posterior, pesagem.

Foram avaliadas as variáveis: número de folhas (NF), perfilhos (NP), massa seca de forragem (MSF). A análise estatística foi realizada a partir da média dos cortes. Os resultados foram submetidos à análise de variância e ao teste Tukey, admitindo-se 5% de probabilidade de erro. O software utilizado foi o SISVAR 5.6

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O momento de adubação não alterou o desenvolvimento do capim Mombaça, pois não houve efeito para nenhuma das variáveis avaliadas (Tabela 2). A altura, número de folhas, massa seca da forragem e número de folhas por perfilhos foram influenciados pelas alturas de resíduo do capim Mombaça. Houve-se interação no momento de adubação com a altura de resíduo nas variáveis somente para o número de perfilhos.

Tabela 2 – Síntese da análise de variância para as características estruturais e produtivas do capim Mombaça adubado em diferentes dias após a adubação e com alturas de resíduos diferentes.

Variáveis	Momento	Resíduo	Momento*Resíduo	EPM
Altura (cm)	0,3459	<0,0001	0,0851	0,6229
NFOLHA (folhas vaso ⁻¹)	0,4508	<0,0001	0,1625	1,2728
NPERF (perfilhos vaso ⁻¹)	0,1415	0,3469	<0,0001	0,6243
MSF (g vaso ⁻¹)	0,1253	<0,0001	0,1627	0,5629

EPM: erro-padrão da média, MSF: matéria seca de forragem.

É provável que o capim mombaça tenha um acúmulo de reservas nitrogenadas, pois um atraso na adubação de sete dias na adubação não influenciou o desenvolvimento deste capim. Assim, a flexibilidade da adubação pode ser resultado do teor suficiente de nitrogênio no resíduo e nas raízes, o que proporciona o uso pela planta enquanto a adubação não é realizada. Características semelhantes também foram identificadas no *Cynodon* spp. cv Tifton 85 (8), MG-5 Vitória (17) e BRS Quênia (18). Em contrapartida, os cultivares de *Panicum maximum*, Tamani (18) e Tanzânia (17) reduziram a produção quando a adubação foi realizada tardiamente.

Isso demonstra que as gramíneas forrageiras respondem de modo diferente ao momento de adubação, possivelmente, pela diferença no acúmulo de reservas orgânicas, que é influenciada pelo teor de carboidratos e nitrogênio, bem como a massa radicular. As reservas orgânicas são compostos constituídos por carbono e nitrogênio e são armazenados e utilizados como substratos de manutenção durante períodos em que a planta apresenta estresse e formação de tecidos para recuperação após desfolha (19).

Como o momento de adubação não influenciou a altura de plantas (Tabela 3), observa-se que não haveria alteração nos intervalos de descanso em sistemas em lotação adubação rotativa. Em contrapartida, quando adotou-se a altura de resíduo de 40 cm, houve maior altura de plantas. O tratamento que ficou com 40 cm de resíduo proporcionou a gramínea facilidade na rebrota, visto a maior quantidade de folhas no resíduo. As interações entre as características morfológicas e estruturais do pasto resultam no índice de área foliar (IAF) e este, é considerado o principal componente estrutural sensível a variação nas condições e intensidades de desfolhação (20). O IAF é essencial para entender o processo de acúmulo de forragem (21), assim como, alterações na estrutura do

pasto em períodos subsequentes o que a coloca em posição de destaque no manejo do pasto. Portanto, manejar a altura de resíduo tendo em vista o índice de área foliar residual (IAFr) é uma estratégia capaz de nortear decisões visando desenvolvimento da planta durante a rebrota com menor comprometimento da perenidade do pasto.

Tabela 3 – Altura, número de folhas (NF) e massa seca de forragem (MSF) observados conforme o momento de adubação e a alturas de resíduo

Variáveis	Momento de adubação (dias)		Altura de resíduo (cm)	
	0	7	20	40
Altura (cm)	62 a	61 a	55 B	67 A
NFOLHA (folhas vaso ⁻¹)	78 a	77 a	86 A	69 B
MSF (g vaso ⁻¹)	29 a	27 a	31 A	25 B

*Médias seguidas de mesma letra, minúscula comparando o momento de adubação e maiúscula altura de resíduo, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Contudo o maior número de folhas a 20 cm está relacionado a maior intensidade de pastejo. Desta forma, manter um resíduo baixo proporcionará, ao longo dos ciclos de pastejo, maior renovação foliar (22), maior ganho animal por área (23); em contrapartida, o intervalo de descanso entre pastejos será maior (24) e a persistência do pasto poderá ser comprometida pela baixa concentração de nutrientes. Resíduos altos podem resultar, ao longo do tempo, em maior ganho individual (23), maior oportunidade dos animais para selecionar partes mais nutritivas, menor intervalo entre pastejos (24); porém o aumento da contribuição de componentes morfológicos de baixa qualidade como colmo e material morto (25) é uma realidade e estes, quando em excesso, tornam-se indesejáveis e podem comprometer a longevidade do pasto e o desempenho animal.

Quando o Mombaça foi colhido a 20 cm de resíduo, houve maior perfilhamento quando a adubação foi realizada sete dias após a desfolha, enquanto a colheita do realizado a 40 cm de altura, o maior número de perfilhos foi identificado quando a adubação foi feita no mesmo dia que a desfolha (Tabela 4).

Tabela 4 – Número de Perfilhos de acordo com o momento de adubação e a altura de resíduo do capim Mombaça.

Momento de adubação (dias após a desfolha)	Altura de resíduo (cm)		Média
	20	40	
	Perfilhos vaso ⁻¹		
0	32 bB	35 aA	34
7	38 aA	33 bB	35
Média	35	34	

*Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si, maiúscula na coluna e minúscula na linha, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Embora a 20 cm espera-se que uma maior luminosidade atinja as gemas basais

após o corte, o que favoreceria o perfilhamento, a menor área foliar pós-desfolha, possivelmente, fez com que a planta redirecionasse os carboidratos de reserva para emissão de novas folhas para aumento da atividade fotossintética, para depois utilizar a síntese de carboidratos para a emissão de novos perfilhos.

O perfilhamento é dependente de condições internas e externas à planta, sendo regulado principalmente pelo genótipo, balanço hormonal, florescimento, luz, temperatura, fotoperíodo, água, nutrição mineral e desfolhação (26). O potencial de perfilhamento de um genótipo é determinado pela sua velocidade de emissão de folhas, pois a cada folha formada corresponde a formação de uma gema axilar com potencial de geração de um perfilho (27).

CONCLUSÕES

A adubação nitrogenada no capim Mombaça pode ser realizada em qualquer momento, tanto no dia 0 ou 7. Entretanto, o produtor deve-se atentar a altura de resíduo sendo esse um fator impactante no desenvolvimento e produção da forrageira.

REFERÊNCIAS

1. Santana GS, BIANCHI PPM, Morita I M. Produção e composição bromatológica da forragem do capim-mombaça (*Panicum maximum* Jacq.), submetidos a diferentes fontes e doses de corretivo de acidez. Semina: Cien Agr. 2010; 31:241-246.
2. Costa KAP, Faquin V, Oliveira IP. Doses e fontes de nitrogênio na recuperação de pastagens do capim-marandu. Arq Bras Med Vet Zootec. 2010; 62:192-199.
3. Martuscello JA, Faria DJG, Cunha DNFV, Fonseca DM. Adubação Nitrogenada e partição de massa seca em plantas de *Brachiaria brizantha* cv. Xaraés e *Panicum maximum* x *Panicum infestum* cv. Massai. Cien Agrotec. 2009; 33:663-667.
4. Marques MF, Romualdo LM, Martinez JF, Lima CG, Lunardi LJ, Luz PH C, Herling VR. Time of nitrogen application and some structural and bromatologic variables of massagrass. Arq Bras Med Vet Zootec. 2016; 68:776-784.
5. Premazzi LM, Monteiro FA, Oliveira RF. Leaf growth of tifton 85 bermudagrass submitted to nitrogen fertilization after cutting. Rev Bras Zootec. 2011; 40:518-526.
6. Cabral CEA, Motta AM, Santos ARM, Gomes FJ, Pedreira BC, Cabral, CHA. Effects of timing of nitrogen fertilizer application on responses by tropical grasses. Trop Grass. 2021; 9:1-7.

7. Gomide CAM, Paciullo DSC, Morenz MJF, Costa IA, Lanzoni CL. Productive and morphophysiological responses of *Panicum maximum* Jacq. cv. BRS Zuri to timing and doses of nitrogen application and defoliation intensity. *Grass Sci.* 2019; 65:1–8.
8. Premazzi L, Monteiro F. Nitrogen Rates and Time of Application for Tifton 85 Bermudagrass Production. *Bol Ind Ani.* 2002; 59:1–16, 2002.
9. Rodrigues RC, Mourão GB, Valinote AC, Herling VR. Reservas orgânicas, relação parte aérea-raiz e C-N e eliminação do meristema apical no capim-xaraés sob doses de nitrogênio e potássio. *Cien Ani Bras.* 2007; 8: 505-514.
10. Soares Filho CV, Cecato U, Ribeiro OL, Roma CFC, Jobim CC, Beloni T, Perri SHV. Root system and root and stem base organic reserves of pasture Tanzania grass fertilizer with nitrogen under grazing. *Sem Cien Agr.* 2013; 34: 2415-2426.
11. Faria DA, Avelino ACD, Cabral CEA, Abreu JG, Barros LV, Cabral CHA, Assis LMB. Investigating the optimal day for nitrogen fertilization on Piatã palisade grass and Quênia guinea grass after defoliation. *Journ Exp Agri Inter.* 2019; 34:1–11.
12. Pagotto DS. Comportamento do sistema radicular do capim-tanzânia (*Panicum maximum* Jacq.) sob irrigação e submetido a diferentes intensidades de pastejo. Piracicaba: Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz, 2001. 51p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, 2001.
13. Teixeira PC, Donagemma GK, Fontana A, Teixeira WG. Manual de métodos de análise de solo. 3ª ed. Brasília: EMBRAPA, 2017. 573 p.
14. Martha Junior GB, Vilela L, Gome SDM. Cerrado: Uso eficiente de corretivos e fertilizantes em pastagens. Planaltina-DF: Embrapa Cerrado, 2007. 224 p.
15. Cabral CEA, Cabral LS, Bonfim-Silva EM, Carvalho KS, Abreu JG, Cabral CHA. Reactive natural phosphate and nitrogen fertilizers in Marandu grass fertilization. *Comunic Sci.* 2018; 9: 729–736.
16. Euclides VPB, Montagner DB, Barbosa RA, Nantes NN. Manejo do pastejo de cultivares de *Brachiaria brizantha* (Hochst) e *Panicum maximum* Jacq. *Rev Ceres.* 2014; 61: 808-818.
17. Carvalho POZ. Capins MG-5 Vitória e Tanzânia adubados com nitrogênio em diferentes dias após a desfolha. 2017. 30 f. Trabalho de conclusão de

- curso – Curso de Agronomia, Universidade Federal de Mato Grosso - UFMT, Cuiabá, 2017b.
18. Dantas VGV. Quantos dias após a desfolha deve-se adubar com nitrogênio os capins BRS Tamani e Quênia. 2019. 27f. Trabalho de conclusão de curso - Curso de Zootecnia, Universidade Federal de Mato Grosso - UFMT, 2019.
 19. Rodrigues RC, Mourão GB, Valinote AC, Herling VR. Reservas orgânicas, relação parte aérea-raiz e c-n e eliminação do meristema apical no capim-Xaraés sob doses de nitrogênio e potássio. *Cien Ani Bras* 2007; 8:505-514.
 20. Chapman DF, Lemaire G. Morphogenetic and structural determinants of plant regrowth after defoliation. In: Baker, M.J. (Ed.). *Grasslands for our world*. Wellington: Sir Publishing, 1993. p. 55-64
 21. Silva SC, Nascimento Júnior D. Avanços na pesquisa com plantas forrageiras tropicais em pastagens: características morfofisiológicas e manejo do pastejo. *Rev Bras Zootec*. 2007; 36:121-138.
 22. Sousa BML, Nascimento Júnior D, Rodrigues CS, Monteiro HCF, Silva S C, Fonseca DM, Sbrissia AF. Morphogenetic and structural characteristics of xaraes palisadegrass submitted to cutting heights. *Rev Bras Zootec*. 2011; 40: 53- 59.
 23. Difante GS, Euclides VPB, Nascimento Júnior D, Silva SC, Barbosa RA, Torres Júnior RAA. Desempenho e conversão alimentar e novilhos de corte em capim-tanzânia submetidos a duas intensidades de pastejo sob lotação rotativa. *Rev Bras Zootec*. 2010; 39:33-41.
 24. Giacomini AA, Silva SC, Sarmiento DOL, Zeferino CV, Trindade JK, Souza Júnior SJ, del'Alamo Guarda V, Sbrissia AF, Nascimento Júnior D. Components of the leaf area index of marandu palisadegrass swards subjected to strategies of intermittent stocking. *Sci Agri*. 2009; 66: 721-732.
 25. Marcelino KRA, Nascimento Júnior D, Silva SC, Euclides VPB, Fonseca DM. Características morfogênicas e estruturais e produção de forragem do capim-marandu submetido a intensidades e frequências de desfolhação. *Rev Bras Zootec*. 2006; 35: 2243-2252.
 26. Langer RHM. Tillering in herbage grasses. *Herbage Abstracts*, London, v. 33, n. 3, p. 141-148, 1963.
 27. Matthew C, Assuero SG, Black CK, Sackville-Hamilton NR. Tiller dynamics of grazed swards. In: Simpósio Internacional "Grassland Ecophysiology and Grazing Ecology", 1999, Curitiba. *Anais*. Curitiba: UFPR, 1999. p. 109-133.

DOI: <https://doi.org/10.53934/9786585062039-24>

CAPÍTULO 24

ESTIMATIVA DE MASSA DE FORRAGEM DE BRAQUIÁRIAS POR MEIO DA ALTURA DO PASTO

Rodrigo Schaurich Mativi Righi *; Luis Carlos Oliveira Borges ; Anna Cláudia Cardoso Paimel ; Leticia Nunes Vieira ; Camila Fernandes Domingues Duarte ; Carla Heloisa Avelino Cabral ; Carlos Eduardo Avelino Cabral 

*Autor correspondente (Corresponding author) – Email:
rodrigo1schaurich1@gmail.com

Resumo: Objetivou-se com este trabalho propor equações capazes de prever a massa de forragem de cultivares de *Urochloa brizantha* e *Urochloa decumbens*, por meio da altura do dossel e assim, permitindo estimar a capacidade de suporte conforme a altura do pasto. A coleta de informações para as curvas de estimativa da massa de forragem por meio da altura do dossel foi realizada por meio de meta-análise, através de dados publicados que mensuraram altura do dossel e massa de forragem dos cultivares de *U. brizantha* (Marandu, Xaraés, Piatã e Paiaguás) e *U. decumbens* cv. Basilisk. A análise estatística consistiu em teste de correlação e identificação dos modelos de regressão, ambos a 5% de probabilidade de erro. Com os dados que foram obtidos foi possível observar que houve correlação entre a altura e a massa de forragem para *U. brizantha* ($r=0,53667$ e $p\text{-valor}= <0,001$) e para *U. decumbens* ($r= 0,63$ e $p\text{-valor}= <0,001$). O coeficiente de determinação foi alto com o valor de ($R^2= 0,92$) para *U. brizantha* e ($R^2= 0,74$) para *U. decumbens*, então que a variação de y pode explicada pela relação de x e y , podendo então apresentar um bom ajuste da equação, sendo possível estimar a massa de forragem através da altura e assim também estimar a capacidade de suporte. Logo, conclui-se que a medição da altura se torna uma forma aceitável para se prever a massa de forragem, de modo que a equação descontínua apresenta o melhor ajuste da equação.

Palavras-chave: altura do pasto; capacidade de suporte; ferramenta digital; manejo do pastejo

Abstract: The objective of this work was to propose equations capable of predicting the forage mass of cultivars of *Urochloa brizantha* and *Urochloa decumbens*, through canopy height and thus, allowing to estimate the support capacity according to pasture height. The collection of information for the forage mass estimation curves through canopy height was performed by meta-analysis, through published data that measured canopy height and forage mass of cultivars of *U. brizantha* (Marandu, Xaraés, Piatã and Paiaguás) and *U. decumbens* cv. Basilisk. The statistical analysis consisted of correlation test and identification of regression models, both at 5% probability of error. With the data obtained it was possible to observe that there was a correlation between height and forage mass for *U. brizantha* and ($r 0.53667$ and $p\text{-value}= <0.001$) for *U. decumbens* ($r= 0.63$ and p -

value= <0.001). The coefficient of determination was high with the value of ($R^2= 0.92$) for *U. brizantha* and ($R^2= 0.74$) for *U. decumbens*, so that the y variation can be explained by the ratio of x and y, and can then present a good fit of the equation, being possible to estimate the forage mass through height and thus also estimate the support capacity. Therefore, it is concluded that height measurement becomes an acceptable way to predict forage mass, where the discontinuous equation presented the best fit of the equation.

Key Word: pasture height; supportability; digital tool; grazing management

INTRODUÇÃO

A pecuária brasileira tem importância fundamental na economia do país, sendo uma atividade econômica bastante lucrativa. Foi responsável por cerca de 10% do PIB do Brasil em 2020 (1). Apesar disso, a adoção de tecnologias nessa atividade ainda é baixa, principalmente quando comparada à agricultura.

As áreas de pastagens são as que mais sofrem com a falta de adoção de tecnologia, onde culturalmente foi adotado um modelo de uso extrativista, com baixa ou nenhuma forma de controle dos componentes, animal e vegetal. Este modelo de produção apresenta baixa eficiência produtiva, sendo comumente encontrado, taxas de lotação inexpressivas, por volta de 1,6 a 2,0 unidade animal/hectare (UA/ha). Essas áreas possuem um grande potencial produtivo a ser utilizado, apenas com estratégias de manejo da pastagem e adubações corretivas, pode-se alcançar lotações de 3,00 a 6,55 UA/ha (3).

Além disso, um dos principais gargalos encontrados no manejo de pastagens é o controle da altura do pasto (4), que junto com o ajuste na taxa de lotação, traz benefícios para o capim, podendo refletir em maiores índices produtivos e econômicos, visando melhor aproveitamento de massa vegetal produzida e mantendo uma área foliar residual adequada.

O controle da altura, a estimação de massa de forragem e o ajuste na taxa de lotação são grandes dificuldades encontradas na maioria das propriedades rurais, pois exigem tempo, conhecimento e adoção de sistemas de armazenamento de informações para que seja possível a tomada de decisão. Sendo assim necessário a adoção de ferramentas que facilitem esse processo.

Para isso, pretende-se, desenvolver uma equação que possa ser utilizada para estimar a massa de forragem a partir da altura do pasto, buscando auxiliar o pecuarista a identificar os pastos que estão com falta ou excesso de animais, para que seja possível ajustar a capacidade de suporte dos pastos.

MATERIAL E MÉTODOS

A coleta de informações para as curvas de estimativa da massa de forragem por meio da altura do dossel foi realizada de duas maneiras. A primeira forma foi por meio de meta-análise, através de dados publicados que tenham mensurado altura do dossel e massa de forragem dos cultivares de *U. brizantha* (Marandu, Xaraés, Piatã e Paiaguás) e da *U. decumbens* cv. Basilisk. O banco de dados foi constituído por quinze artigos

científicos, seis dissertações, duas teses e um trabalho de conclusão de curso, já para os dados de *U. decumbens* foram utilizados dezessete artigos científicos e uma dissertação de mestrado, sendo estes obtidos por meio de pesquisas eletrônicas nos sites do Periódicos CAPES (<https://www.periodicos.capes.gov.br/>), Scientific Electronic Library Online (SciELO) (<http://www.scielo.br>), do Instituto Brasileiro de Informação em Ciência e Tecnologia (IBICT) (<http://www.ibict.br>) e no Google Acadêmico (<http://scholar.google.com.br>). Foram coletados trabalhos publicados entre janeiro de 1987 a dezembro de 2020, em que foi possível obter cento e dez dados para *U. brizantha* e sessenta dados para *U. decumbens*.

A segunda forma de coleta de dados foi realizada por meio da coleta de massa de forragem na Fazenda Novapec, no dia 16 de maio de 2018, nas quais foi possível obter vinte dados, totalizando assim cento e trinta dados de *U. brizantha*. Nesta segunda etapa não foram coletados dados de *U. decumbens*. As amostras de capim foram coletadas em diversas alturas de 15 a 90 cm, sendo mantidos apenas os trabalhos em que a massa de forragem foi obtida através de colheita rente ao solo. Observou-se a altura do dossel por meio de régua graduada. Para estimativa da produtividade foram utilizados quadros metálicos de 1,0 m². Toda a massa vegetal presente dentro do quadro foi coletada rente ao solo. Em seguida, o material foi acondicionado em sacos de papel e submetidos à secagem em estufa de circulação de ar a 55 ± 5°C, por 72 horas. Em seguida, o material foi pesado.

Para o ajuste da equação foram realizadas duas estimativas: a primeira foi realizada com análise de regressão linear contínua com as variáveis altura e massa de forragem; a segunda estimativa foi realizada por meio de regressão linear descontínua, estratificando-se as alturas. Utilizou-se os seguintes estratos de altura de 15 a 30 cm, 31 a 45 cm e 46 a 90 cm para *U. brizantha* e 10 a 20 cm, 21 a 40 cm, 41 a 80 cm para *U. decumbens*. A eficiência da estimativa foi mensurada por meio da razão entre os dados observados e estimados.

A análise estatística consistiu em teste de correlação e identificação dos modelos de regressão (contínua e descontínua), ambos a 5% de probabilidade de erro.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Houve correlação entre a altura e a massa de forragem (Tabela 1) para a *U. brizantha* e *U. decumbens*. Esse resultado era esperado, pois existem trabalhos na literatura que expressam a relação entre estas duas variáveis (7) (2).

Tabela 1. Análise de correlação linear de Pearson entre a altura do dossel e a massa de forragem de *Brachiaria decumbens* e *Brachiaria brizantha*.

Capim	Correlação	
	r	p-valor
<i>Urochloa decumbens</i>	0,53	<0,001
<i>Urochloa brizantha</i>	0,63	<0,001

Por meio de regressão linear contínua, verificou-se que para cada cm de altura do dossel forrageiro ocorreu o incremento na massa de forragem de 102,51 kg MS/ha para *U. decumbens* (Figura 1) e 102,4 kg MS/ha para a *U. brizantha* (Figura 2). Este resultado encontrado, corrobora com o que já foi descrito por Molan (2004) (6), para a *U. brizantha*

cv. Marandu, por Da Silva et al. (2012) (2) para a *U. decumbens* e por Nascimento et al. (2019) (5) para a *U. brizantha* cv. Xaraés, visto que eles também observaram que a quantidade da massa de forragem é proporcional à altura do pasto.

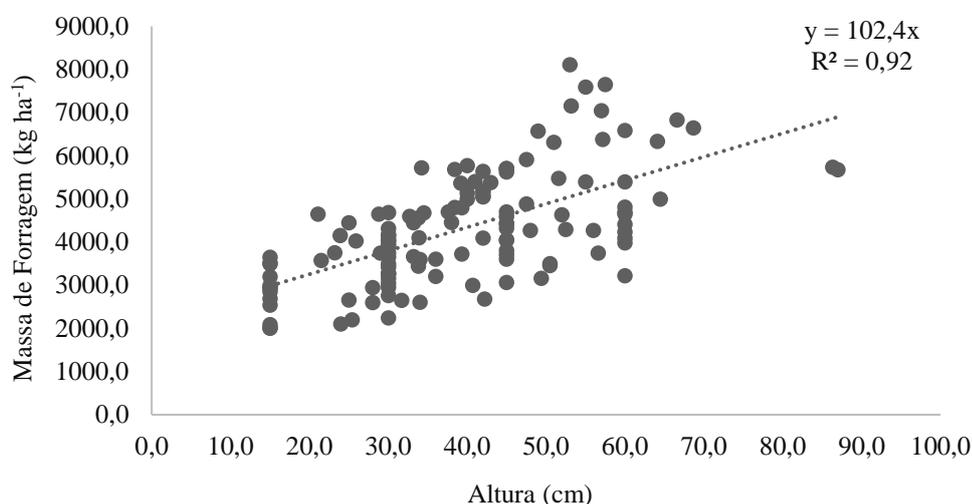


Figura 1. Estimativa da massa de forragem a partir de pastos de *U. brizantha*

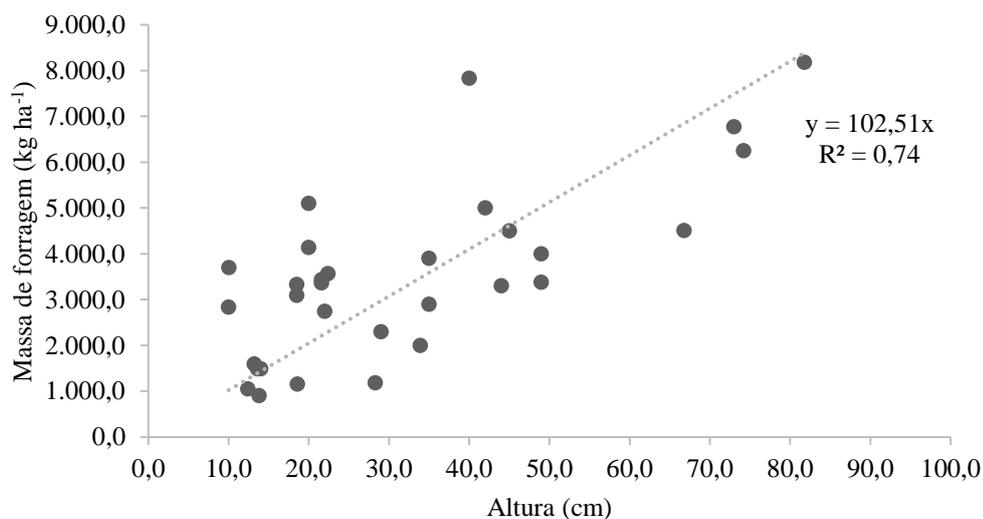


Figura 2. Estimativa da massa de forragem a partir de pastos de *U. decumbens*

Embora o coeficiente de determinação da equação de *U. brizantha* tenha sido adequado ($R^2 = 0,92$), observou-se que para alturas menores que 41 cm o modelo superestimou a massa de forragem e para alturas maiores que esta houve subestimativa (Figura 3). Este erro também foi observado para a *U. decumbens*, contudo, para alturas menores que 29 cm houve subestimativa e para alturas maiores que esta houve superestimativa (Figura 4). A superestimativa da massa de forragem pode resultar em degradação do pasto, pois resultará em taxa de lotação maior que a capacidade de suporte. Por outro lado, a subestimativa acarreta fornecimento de alimento de baixo valor

nutritivo, e embora possa proporcionar maior ganho de peso individual, a menor taxa de lotação proporcionará menor ganho por área.

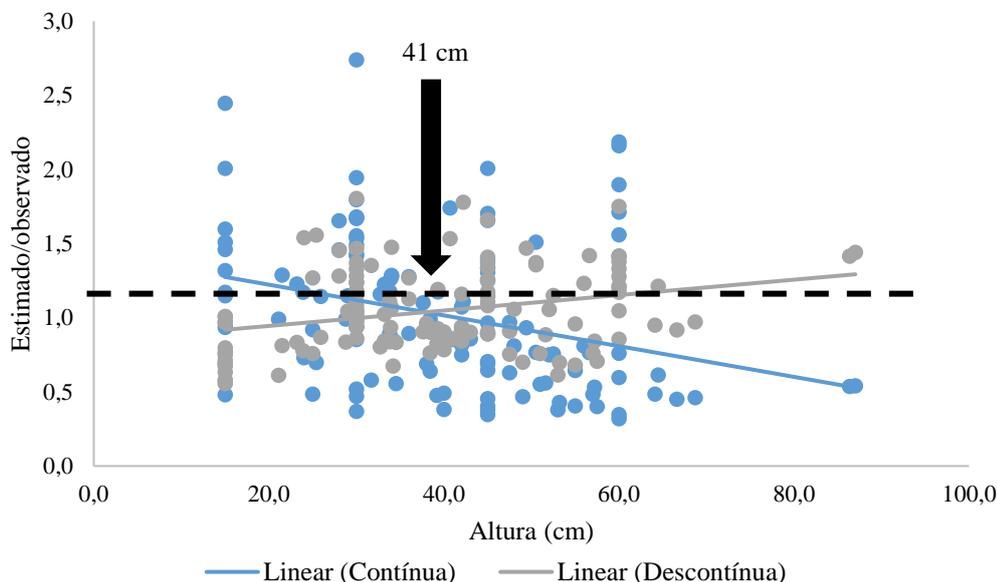


Figura 3. Relação entre altura e o erro baseado na Regressão da massa de forragem e altura e na tentativa e erro para *U. brizantha*

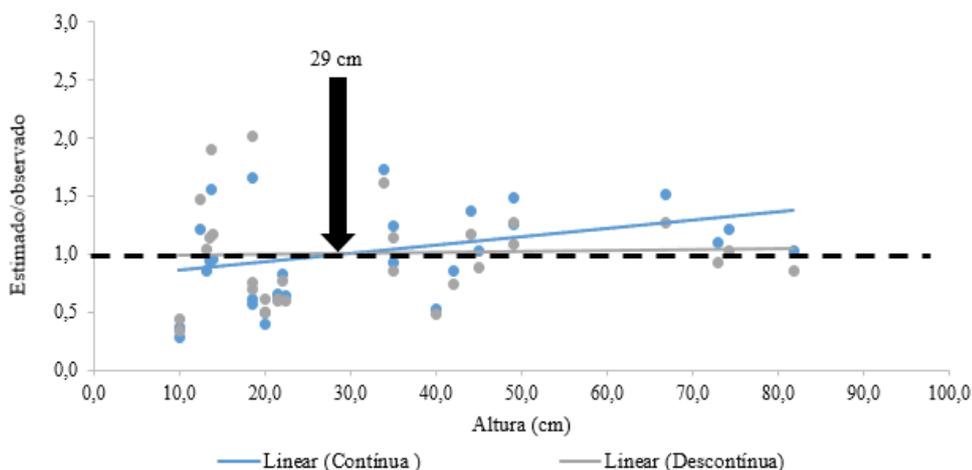


Figura 4. Relação entre altura e o erro baseado na Regressão da massa de forragem e altura e na tentativa e erro para *U. decumbens*

A estimativa do por meio de equação descontínua, composta por múltiplas equações conforme os estratos de altura, tornou a relação entre os valores observados e estimados mais próximos de 1,0, o que melhorou a eficiência da estimativa (Tabela 2). O melhor ajuste na equação descontínua ocorreu pela diferença entre a densidade volumétrica do pasto em diferentes estratos, o que foi evidenciado por Molan (2004) (6)

e Santos et al. (2010) (7). Nos estratos mais baixos ocorre maior quantidade de perfilhos, somados ao material senescente proveniente da reciclagem de perfilhos, o que resulta em maior densidade volumétrica. Para *U. brizantha*, no estrato mais alto, observou-se uma redução em 20% na densidade volumétrica em relação ao estrato inferior, enquanto para a *U. decumbens* houve uma redução em 30% (Tabela 3).

Tabela 2. Média, desvio padrão e erro padrão da razão entre os valores observados e estimados pela equação (contínua e descontínua) utilizada para estimar da massa de forragem a partir da altura de *U. decumbens* e *U. brizantha*

Variáveis	<i>U. decumbens</i>		<i>U. brizantha</i>	
	Contínua	Descontínua	Contínua	Descontínua
Média	1,0214	1,0129	1,0201	1,0464
Desvio padrão	0,4782	0,4684	0,4934	0,2761
Erro	0,0074	0,0073	0,0019	0,0011

Tabela 3. Estimativa da massa de forragem de braquiárias por meio de equação linear subdivida em estratos de altura (descontínua)

Altura (cm)	<i>U. decumbens</i>		Altura (cm)	<i>U. brizantha</i>	
	Coefficiente angular	Observado/estimado		Coefficiente angular	Observado/estimado
10 a 20	125	1,00	15 a 30	120	1,00
21 a 40	95	1,01	31 a 45	113	1,06
41 a 80	87	1,02	46 a 90	94	1,08

Além da variação da densidade volumétrica nos estratos, pode-se evidenciar-se diferenças na composição bromatológica desses capins, que pode ser explicada pela presença de material senescente em estratos mais baixos e/ou presença de colmos mais densos em estratos mais altos, sendo característica desses materiais possuir baixo valor nutritivo. Estes dados também são descritos por Molan (2004) (6) e Santos et al. (2010) (7). Santos et al. (2010) (7), também descreveram que há uma redução na densidade volumétrica de lâminas foliares verdes com o aumento da altura das plantas nos pastos, ocorrido pelo fato de que o aumento da altura é desproporcional ao da massa de lâminas foliares verdes, possuindo uma menor quantidade de massa com uma melhor composição bromatológica, em que o teor de proteína bruta vem a ser mais alto.

A equação descontínua apresentou melhor estimativa da massa de forragem que a equação contínua, pois com a idealização da equação descontínua, foi possível reduzir o desvio padrão e o erro decorrente dos dados utilizados (Tabela 2). Assim, por meio da equação descontínua, foi possível estimar a massa de forragem com maior exatidão evitando sub ou superestimativas de produção de forragem, que é o alimento basal de animais criados em pastagens.

A estimativa da massa de forragem, por meio da altura, é importante, pois a partir dela torna-se possível estimar quanto de forragem está verdadeiramente disponível para o consumo, o que garante ajuste na taxa de lotação conforme a capacidade de suporte.

CONCLUSÕES

Existe interação significativa entre a altura e massa de forragem, apresentando um bom ajuste da equação, na qual a equação descontínua proporciona melhor estimativa,

sendo possível estimar a massa de forragem por meio da altura e, assim, também estimar a capacidade de suporte.

REFERÊNCIAS

1. Associação Brasileira das Indústrias Exportadoras de Carne (ABIEC). Perfil da pecuária no Brasil [Internet]. 2021. [acesso em 2021 Out 18] Disponível em: <http://abiec.com.br/publicacoes/beef-report-2021>
2. Da Silva TC, Perazzo AF, Macedo CHO, Batista ED, Pinho RMA, Bezerra HFC, Santos EM. Morfogênese e estrutura de *Brachiaria decumbens* em resposta ao corte e adubação nitrogenada. *Arch. de Zootec.* 2012;61:91-102.
3. Delevatti LM, Cardoso AS, Barbero RP, Leite RG, Romanzini EP, Ruggier AC, Reis RA. Effect of nitrogen application rate on yield, forage quality, and animal performance in a tropical pasture. *Scientificreports.* 2019;9:1-9.
4. Fávaro VR, Córdova UA, Pinto MGL, Werner SS. Produção animal e variáveis climáticas em pastagem de azevém-anual tetraploide. *Ver. Téc. Cient. Rural.* 2020;22:2525-6912.
5. Nascimento D, Vendruscolo MC, Dalbianco AB, Daniel DF. Produtividade de capim Paiaguás sob doses de nitrogênio e corte. *Pubvet.* 2019;13:1-15.
6. Molan LK. Estrutura do dossel, interceptação luminosa e acúmulo de forragem em pastos de capim-marandu submetidos a alturas de pastejo por meio de lotação contínua. [dissertação] Piracicaba: Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo; 2004.
7. Santos MER, Fonseca DM, Silva GP, Pimentel RP, Carvalho VV, Silva SP. Estrutura do pasto de capim-braquiária com variação de alturas. *Rev. Bras. de Zootec.* 2010;39:2125-2131.

DOI: <https://doi.org/10.53934/9786585062039-25>

CAPÍTULO 25

SELETIVIDADE DE HERBICIDAS EM FESTUCAS (*Lolium arundinaceum*), AZEVÉM (*Lolium multiflorum*) E AVEIA (*Avena spp.*)

**Patricia Jacinta da Luz Nascimento * ; Lucas Gabriel do Santos Nascimento  ;
Lucas Antônio Marin  ; Marina Gonzatto de Castro  ; Gabriela Quiezi  ; Pedro
Valério Dutra de Moraes **

*patricianascimento@alunos.utfpr.edu.br

Resumo: A festuca é uma gramínea perene, precoce, produz forragem cedo, no outono, por não apresentar mecanismo de dormência no verão. O azevém uma planta anual de inverno, é uma espécie rústica e vigorosa. No caso da aveia preta é uma gramínea de inverno, espécie rústica. O objetivo do experimento foi avaliar a possibilidade da seletividade entre os herbicidas em cada uma das espécies de interesse, a festuca, o azevém e a aveia. O experimento foi conduzido na Universidade Tecnológica Federal do Paraná, campus Dois Vizinhos em delineamento inteiramente casualizado, bifatorial, os tratamentos foram compostos pelas quatro espécies de interesse e quatro herbicidas: Mannejo, Tricea, 2,4-D, Gamit e contendo quatro repetições mais as testemunhas, totalizando cinco tratamentos. Desta forma verificou-se que houve interação entre herbicidas e as forrageiras de inverno. O tratamento com herbicida Tricea não ocorreu o controle das gramíneas. Os tratamentos com os herbicidas Mannejo e 2,4D como previsto não gerou danos significativos. E os tratamentos com o herbicida Gamit mostrou-se seguro para uso nestas forrageiras. Concluindo que o objetivo do experimento foi alcançado uma vez que houve a seletividade do herbicida Clomazone (Gamit).

Palavras-chaves: aveia; azevém; festuca; seletividade; herbicidas

Abstract: The fescue is a perennial, precocious grass that produces forage early in the autumn, as it does not present a dormancy mechanism in the summer. Ryegrass, an annual winter plant, is a rustic and vigorous species. In the case of black oat, it is a winter grass, a rustic species. The objective of the experiment was to evaluate the possibility of selectivity between herbicides in each of the species of interest, fescue, ryegrass and oat. Conducted at Universidade Tecnológica Federal do Paraná campus Dois Vizinhos, in a completely randomized, two-factor design, the treatments were composed of the four species of interest and four herbicides: Mannejo, Tricea, 2,4-D, Gamit and containing four replications plus the controls. Thus, it was verified that there was an interaction between herbicides of the grasses. Treatment with Tricea herbicide did not control forages. Treatments with the herbicides Mannejo and 2,4D as predicted did not cause significant damage. And treatments with the herbicide Gamit proved to be safe for use in

these forages. Concluding that the objective of the experiment was reached once there was the selectivity of the herbicide Clomazone (Gamit).

Key Word: oat; ryegrass; fescue; selectivity; herbicides

INTRODUÇÃO

O estado do Paraná é o terceiro maior produtor de leite do Brasil com 3,9 bilhões de litros por ano e representa a cadeia produtiva mais importante para os agricultores familiares do estado. Esta produção é obtida por 110.000 produtores, dos quais 86% são pequenos produtores com até 250 litros/dia. O sistema é baseado na produção a pasto, sendo que a maioria das propriedades tem até 50 ha ^[1].

Quando destacamos a pecuária de corte paranaense estamos mencionando uma atividade que utiliza uma área de 5 milhões de hectares e envolve 56.000 produtores, sendo o quarto maior valor bruto da produção estadual. A produção atual é de 349 mil toneladas, e não atende a demanda do estado ^[2].

No Brasil a pastagem é empregada nos diferentes sistemas de produção animal, sendo utilizada como o principal recurso alimentar para os animais ruminantes. Este fato está aliado a fatores econômicos, diversidade climática e de espécies e pela produtividade e qualidade dos pastos encontradas nas diferentes regiões do país^[3].

As forrageiras constituem-se na fonte de alimento mais importante para a produção de leite, podendo determinar a sobrevivência de muitos produtores nessa atividade. Dessa forma, as gramíneas e leguminosas se constituem na principal e mais econômica fonte de nutrientes necessários à saúde, ao crescimento e à produção para maioria dos ruminantes^[3].

As espécies de interesse, no caso da festuca é uma gramínea perene, precoce, produz forragem cedo, no outono, por não apresentar mecanismo de dormência no verão. Mantém-se verde durante todo o ano, desde que haja condições de umidade e disponibilidade de nitrogênio. Durante o verão e o período mais frio, a produção de forragem é reduzida^[4].

O azevém uma planta anual de inverno, é uma espécie rústica e vigorosa, considerada naturalizada em muitas regiões sul-brasileira, perfilha em abundância, produtiva, podendo superar as demais espécies de inverno quando bem fertilizada^[4].

Já a aveia preta é uma gramínea de inverno, espécie rústica, pouco exigente em fertilidade de solo. Possui grande capacidade de perfilhamento e sementes menores, quando comparadas às da aveia branca. Os grãos não são usados na alimentação humana^[4].

Portanto, o objetivo do experimento foi viabilizar a possibilidade da seletividade entre os herbicidas testados através de avaliação de produção de massa verde de parte aérea e raiz em cada uma das espécies de interesse, a festuca, o azevém e a aveia, levando em consideração os diferentes herbicidas aplicados, no caso constituídos dos seguintes princípios ativos 2,4-D + Picloram, Pyroxsulam, 2,4-D, Clomazone.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na área experimental da Universidade Tecnológica Federal do Paraná UTFPR, localizada no município de Dois Vizinhos-PR, situada a 25° 42' 52" (latitude) S e 53° 03' 94" (longitude) W, com altitude média de 520 m. O solo utilizado para realização do experimento é classificado como Latossolo Vermelho Distroférico típico.

Foram testadas duas variedades de festuca (*Lolium arundinaceum*), sendo a variedade aurora e fortuna, azevém (*Lolium multiflorum*) e aveia (*Avena spp.*), submetido a avaliação de produção de massa verde e massa seca.

O período experimental teve duração de 74 dias, de 16 maio a 29 de julho de 2022, realizado em casa de vegetação coberta constituída por material plástico transparente que permite a incidência de luz solar adequada para crescimento e desenvolvimento das plantas, não possuindo o controle de temperatura.

Foi implantado em copos de 500 ml, com fundo perfurado para a drenagem da água, preenchido por solo peneirado, conforme a (Figura 1) composto por 80 unidades experimentais (copos), divididos entre as duas variedades de festuca aurora e fortuna, azevém e aveia.

O delineamento utilizado foi inteiramente casualizado (DIC), bifatorial, os tratamentos foram compostos pelas quatro espécies de interesse e quatro herbicidas: Mannejo, Tricea, 2,4-D, Gamit e contendo quatro repetições mais as testemunhas apresentadas na (Tabela 1).

Tabela 1 – Descrição dos herbicidas correspondentes a cada tratamento, nome comercial de cada um dos produtos, dose do produto comercial (PC) e dose utilizada.

Tratamento	Produtos	Composição	Dose do PC (200L de calda/ha)	Dose aplicada (1L de calda)
1	Testemunha	-	-	-
2	Manejo	2,4-D + Picloram	4,0 L	20 ml
3	Tricea	Pyroxsulam	0,4 L	2 ml
4	2,4-D	2,4-D	1,0 L	5 ml
5	Gamit	Clomazone	1,2 L	6 ml

Fonte: Autor, 2022.

As irrigações foram realizadas conforme a necessidade das plantas e de acordo com a demanda climática da casa de vegetação.

A aplicação foi realizada no dia 01 de julho de 2022, aos 40 dias após a emergência, os copos foram todos retirados da casa de vegetação e dispostos em fileiras como observa-se na (Figura 2) uma vez que foi em ambiente aberto. Tomando os devidos cuidados, usando EPI e seguindo todas as normas de segurança, conforme está na (Figura 3).

Os herbicidas foram aplicados com o uso de um borrifador aplicador como observa-se na (Figura 4), devido a unidade amostral não necessitar de um volume maior que demandasse o uso de um pulverizador costal neste caso.

Realizou-se a determinação da massa seca das raízes, onde no caso que em primeiro momento teve a pesagem da massa verde e seguido da massa seca, que aconteceu por meio de secagem em estufa e posterior pesagem em balança analítica.

Os dados obtidos durante o experimento foram analisados através do programa estatístico Winstat e submetidos à análise de variância pelo teste de Duncan.

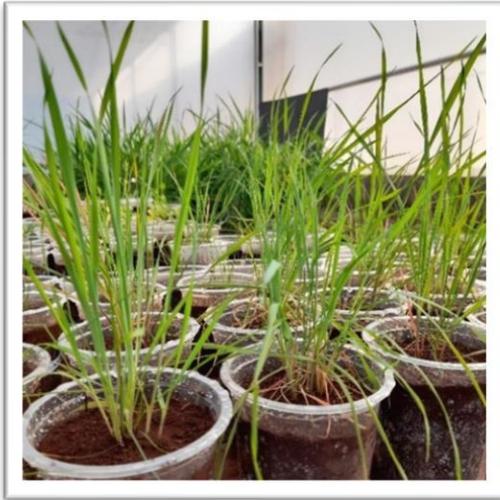


Figura 1 – Experimento realizado em copos.



Figura 2 – Disposição dos copos para aplicação.



Figura 3 – Preparo de calda para aplicação.



Figura 4 – Aplicação com borrifador aplicador.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Verificou-se que houve interação entre os fatores herbicidas e as forrageiras de inverno para a variável massa seca da raiz. Conforme na (Tabela 2), quando comparada as forrageiras em cada herbicida houve diferença entre as médias somente para o herbicida Tricea e 2,4-D. Para os demais herbicidas no caso o Gamit e o Manjejo não houve diferença estatística entre as espécies.

Entretanto quando comparada os herbicidas para cada forrageira foi possível observar que o sistema radicular das espécies não foi afetado pela aplicação dos produtos, não diferindo da testemunha.

Tabela 2 – Massa seca da raiz de festuca aurora e fortuna, azevém e aveia submetidas a diferentes tratamentos com herbicidas.

Produto	Tratamentos			
	Festuca Aurora	Festuca Fortuna	Azevém	Aveia
Tricea	2,78 B a	2,72 B a	2,96 AB a	3,34 A a
Gamit	2,84 A a	2,73 A a	2,83 A a	3,13 A a
Mannejo	2,87 A a	2,72 A a	2,88 A a	3,08 A a
2,4-D	2,74 B a	2,74 B a	3,05 AB a	3,33 A a
Testemunha	2,74 A a	2,75 A a	2,74 A a	3,10 A a

As médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna e maiúsculas na linha não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Duncan ao nível de 5% de probabilidade.

Fonte: Autor, 2022.

Na (Tabela 3), se observa a interação entre os fatores testados para a variável massa seca de raiz. Quando comparada as forrageiras em cada herbicida utilizado, observa-se que houve diferença entre as médias da massa seca do sistema radicular em todos os herbicidas. A aveia, de modo geral, foi a cultura com maior massa verde de raiz independente do herbicida usado.

Porém quando comparada os herbicidas para cada forrageira foi possível observar que a massa verde do sistema radicular das espécies de festuca e aveia não diferiram da testemunha. O azevém também apresentou comportamento semelhante, porém os tratamentos com Gamit e não diferiram entre si.

Tabela 3 – Massa verde da raiz de festuca aurora e fortuna, azevém e aveia submetidas a diferentes tratamentos com herbicidas.

Produto	Tratamentos			
	Festuca Aurora	Festuca Fortuna	Azevém	Aveia
Tricea	3,15 B a	3,00 B a	4,39 B ab	6,53 A a
Gamit	3,59 B a	3,07 B a	3,65 B b	5,26 A a
Mannejo	3,71 BC a	3,12 C a	5,17 A a	5,06 AB a
2,4-D	3,34 BC a	3,14 C a	4,57 B ab	6,15 A a

Testemunha	3,32 B a	3,26 B a	4,13 AB ab	5,27 A a
------------	----------	----------	------------	----------

As médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna e maiúsculas na linha não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Duncan ao nível de 5% de probabilidade.

Fonte: Autor, 2022.

O fato do herbicida Tricea não ter controlado as gramíneas, pode estar atrelado a forma de aplicação e ao não uso de adjuvante, como consta em bula estes cuidados necessários para garantir eficiência do produto. No caso do herbicida Tricea conforme as instruções de uso do produto, é um herbicida seletivo, de ação sistêmica indicado em aplicações de pós-emergência para a cultura do trigo, apresentando alta eficiência às principais plantas daninhas de folha-larga e gramíneas infestantes desta cultura^[5].

Os produtos hormonais (Manejo e 2,4D), como já se esperava, não geram danos significativos em gramíneas, por ser um produto latifolicidas. Relacionando os resultados com o uso recomendado de acordo com as instruções do produto, Manejo é para o controle de plantas daninhas dicotiledôneas de parte herbáceo e semi-arbustivo na reforma de manutenção de áreas de pastagens^[6]. E no caso do 2,4 D é herbicida seletivo, sistêmico e de pós-emergência aplicação no controle de plantas daninhas nas culturas de trigo, milho, soja, arroz, , aveia, sorgo, cana-de-açúcar e área de pastagens^[7].

Conforme as instruções de uso do Gamit é um produto que pertence à classe pré-emergente e pós-emergente seletivo condicional de ação sistêmica, recomendado para o controle de plantas daninhas, mas não é recomendável para as espécies utilizadas no experimento, o uso dos herbicidas é para culturas como o algodão, arroz, cana de açúcar e soja, dentre outras^[8]. Porém mostrou-se seguro para uso nestas forrageiras.

CONCLUSÕES

O objetivo do experimento foi alcançado uma vez que houve a seletividade do herbicida Clomazone (Gamit). Mostrou-se seguro para realizar-se a aplicação nestas forrageiras.

O Pyroxulam (Tricea) não mostrou resultados como esperados, devido a não ter sido feito o uso de adjuvante na calda de aplicação.

E como previsto o 2,4-D + Picloram e o 2,4-D (Manejo e o 2,4-D) apresentaram os resultados conforme o esperado não gerando danos para as forrageiras.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Campus Dois Vizinhos, por todo apoio e toda contribuição para realização deste experimento. Destacando também os amigos do GEHerb – Grupo de Estudos em Herbologia, e a todos que nos auxiliaram e contribuíram.

REFERÊNCIAS

[1] Bovinocultura de Leite [Internet]. Paraná: Instituto de Desenvolvimento Rural do Paraná; 2020 [acesso em 11 set 2022]. Disponível em: <https://www.idrparana.pr.gov.br/Pagina/Bovinocultura-de-Leite>.

[2] Pecuária Moderna - Bovinocultura de Corte [Internet]. Paraná: Instituto de Desenvolvimento Rural do Paraná; 2020 [acesso em 11 set 2022]. Disponível em: <https://www.idrparana.pr.gov.br/Pagina/Pecuaria-Moderna-Bovinocultura-de-Corte>.

[3] Pastagens para produção de leite. Simpósio sobre sustentabilidade da pecuária leiteira na região sul do Brasil. [lugar desconhecido: editora desconhecido]; 2002. p. 59-97 p. v. 2.

[4] Forrageiras para Integração Lavoura-Pecuária-Floresta na Região Sul-Brasileira [Internet]. 2a edição. Brasília: Embrapa; 2012 [acesso em 11 set 2022]. 544 p. ISBN: 978-85-7035-104-3. Disponível em <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/1010247/1/LV2012forrageirasparaintegracaoFontaneli.pdf>

[5] Tricea [Internet]. Paraná: Registrado no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento - MAPA; 2020 [acesso em 11 set 2022]. Disponível em: https://www.adapar.pr.gov.br/sites/adapar/arquivos_restritos/files/documento/2020-11/tricea_2011.pdf

[6] Manejo [Internet]. Paraná: Registrado no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento - MAPA; 2021 [acesso em 11 set 2022]. Disponível em:

https://www.adapar.pr.gov.br/sites/adapar/arquivos_restritos/files/documento/2021-07/manejo.pdf

^[7] 2,4 D NORTOX [Internet]. Paraná: Registrado no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento - MAPA; 2019 [acesso em 11 set 2022]. Disponível em: https://www.adapar.pr.gov.br/sites/adapar/arquivos_restritos/files/documento/2020-10/24-d_nortox_130120.pdf

^[8] Gamit [Internet]. Paraná: Registrado no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento - MAPA; 2020 [acesso em 11 set 2022]. Disponível em: https://www.adapar.pr.gov.br/sites/adapar/arquivos_restritos/files/documento/2021-01/gamit.pdf

DOI: <https://doi.org/10.53934/9786585062039-26>

CAPÍTULO 26

INTERVALO ENTRE A DESFOLHA DO CAPIM BRS ZURI E A ADUBAÇÃO NITROGENADA

Lucas Delguingaro Gomes *; Anderson Barros de Lima ; Lucas Matheus Barros Assis ; Aline Muller Motta ; Camila Fernandes Domingues Duarte ; Carla Heloisa Avelino Cabral ; Carlos Eduardo Avelino Cabral 

*Autor correspondente (Corresponding author) –E-mail:
lucadelguingaro@outlook.com

Resumo: A adubação nitrogenada é uma técnica de manejo de intensificação na pecuária, e para evitar perdas por lixiviação do nitrogênio, é importante realizar a aplicação no momento certo, para que a forrageira possa expressar maior produção e maior eficiência do sistema, visto que a adubação aumenta o custo. O objetivo deste estudo foi de identificar o momento ideal para realizar a adubação nitrogenada de manutenção no capim BRS Zuri (*Panicum maximum* cv. BRS Zuri) após a desfolha. O experimento foi realizado em casa de vegetação em dois locais: na Universidade Federal de Rondonópolis (UFR) e Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT), campus Cuiabá, em Delineamento Inteiramente Casualizado (DIC), com quatro tratamentos e cinco repetições. Os tratamentos consistiram em quatro intervalos de dias entre a desfolha e a adubação nitrogenada (0, 3, 6, e 9 dias após a desfolha). As avaliações foram realizadas no momento que as forrageiras atingiram altura de manejo. Foram realizadas cinco avaliações, a cada avaliação quantificou-se: massa seca de forragem, número de perfilhos, número de folhas e estimou-se a massa de cada perfilho, massa de cada folha e filocrono, na última avaliação quantificou-se também a massa de resíduo e raízes. O momento da adubação alterou somente o teor de nitrogênio, amido e carboidratos totais nas raízes, não tendo diferença significativa para as demais variáveis produtivas avaliadas. Portanto, o capim BRS Zuri possui flexibilidade quanto ao momento de realizar a adubação nitrogenada, podendo ser realizada em até nove dias após a desfolha.

Palavras-chave: nitrogênio; momento de adubação; *Panicum maximum*

Abstract: Nitrogen fertilization is an intensification management technique in livestock, and to avoid losses from nitrogen leaching, it is important to apply it at the right time, so that the forage can express greater production and greater efficiency of the system, since fertilization increases the cost. The objective of this study was to identify the ideal time to perform maintenance nitrogen fertilization on BRS Zuri grass (*Panicum maximum* cv. BRS Zuri) after defoliation. The experiment was carried out in a greenhouse in two locations: at the Federal University of Rondonópolis (UFR) and Federal University of Mato Grosso (UFMT), Cuiabá campus, in a completely randomized design (DIC), with four treatments and five replications. The treatments consisted of four-day intervals between defoliation and nitrogen fertilization (0, 3, 6, and 9 days after defoliation). The

evaluations were carried out when the forages reached management height. Five evaluations were carried out, each evaluation quantified: forage dry mass, number of tillers, number of leaves and the mass of each tiller, mass of each leaf and phyllochron were estimated, in the last evaluation the mass of each tiller was also quantified. of residue and roots. The time of fertilization only changed the content of nitrogen, starch and total carbohydrates in the roots, with no significant difference for the other productive variables evaluated. Therefore, BRS Zuri grass has flexibility as to the moment of nitrogen fertilization, which can be carried out within nine days after defoliation

Key Word: nitrogen; fertilization moments; *Panicum maximum*

INTRODUÇÃO

A produção de bovinos ocorre, em sua maior parte, em pastagens, tendo as gramíneas como base alimentar desse sistema (1). Visto que, o território brasileiro apresenta características de clima e tempo favoráveis para este sistema, a criação de bovinos a pasto se torna muito viável economicamente, o que contribuiu para tornar o país um dos maiores exportadores de carne do mundo, alcançando a exportação de 1.846.263 toneladas em 2021 (2).

A maior parte da produção de bovinos ainda é realizada de forma extrativista, com grande parcela das pastagens degradadas por consequência de vários fatores, como escolha inadequada da forragem, má formação do pasto, manejo inadequado do pastejo e falta de adubação de manutenção e correção (3).

Um dos processos para a recuperação do pasto em degradação é a realização da adubação com nutrientes que foram extraídos ou perdidos no sistema. Sabendo que o nitrogênio é o nutriente que mais reflete em produtividade na manutenção do pasto, a adubação nitrogenada juntamente com o manejo adequado da forragem pode evitar o processo de degradação. Quando realizada a adubação corretamente, o nitrogênio promove acréscimo na produtividade de massa de forragem e o perfilhamento (4). Sendo assim, a adubação nitrogenada deve ser ajustada visando restituir às quantidades removidas do solo no momento certo, dando condições para a planta produzir com eficiência.

Em sistemas de lotação rotativa, a adubação comumente é realizada logo após a saída dos animais do piquete, porém, não se sabe se esse é o momento ideal para a adubação da forrageira. Alguns estudos apresentam várias respostas quanto ao momento ideal após a desfolha para se realizar a adubação nitrogenada.

Para os cultivares de *Panicum maximum* se tem diversos resultados, para o momento ideal de adubação (5) observou que o capim BRS Tamani deve ser adubado logo após o corte enquanto o Quênia pode ser adubado em até oito dias. Respostas semelhantes foram observadas com o capim BRS Quênia, que pode ser adubado até o oitavo dia após a desfolha (6) ou até nove dias após a desfolha, e que quanto mais próxima do nono dia a adubação for realizada, maior é o perfilhamento e a emissão de folhas (7). Por outro lado, com o capim Tanzânia a adubação nitrogenada deve ser realizada o mais rápido possível, em até três dias após colheita (8). Estes trabalhos nos mostram que a resposta da forrageira ao momento de adubação é explicada por um conjunto de

mecanismos fisiológicos, como: a capacidade fotossintética, absorção de nutrientes e reservas orgânicas.

Deste modo, conhecer as respostas quanto ao melhor momento de adubação, permite a tomada de decisão adequada pelo produtor. Portanto, o objetivo deste estudo foi identificar o momento ideal para realizar a adubação nitrogenada de manutenção no capim *Panicum maximum* cv. BRS Zuri.

MATERIAL E MÉTODOS

Local, delineamento e implantação do experimento

O experimento foi conduzido em dois locais, em casa de vegetação da Universidade Federal de Rondonópolis (UFR) e da Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT), campus Cuiabá, em Delineamento Inteiramente Casualizado (DIC), com quatro tratamentos e cinco repetições. Os tratamentos consistiram em quatro intervalos entre a desfolha e a adubação nitrogenada: 0, 3, 6, e 9 dias. No dia 0 a adubação foi realizada logo após a desfolha.

Tabela 1 - Composição granulométrica e química dos solos utilizados no experimento

Solo	pH	P	K	Ca	Mg	Al	H	CTC	V	M	Areia	Silte	Argila
	CaCl ₂	mg dm ⁻³	mg dm ⁻³	cmolc dm ⁻³	%	%	g kg ⁻¹	g kg ⁻¹	g kg ⁻¹				
UFMT	4,7	8,5	43	0,95	0,39	0,2	2,3	3,95	36,7	12,1	823	43	134
UFR	6,0	3,4	119	2,3	2,0	0,0	1,7	6,3	73,0	0,0	425	150	425

Cada unidade experimental foi constituída de um vaso com capacidade de 5,0 dm³ contendo quatro plantas. O solo foi coletado na camada de 0 a 20 cm de um Latossolo argiloso, peneirado e colocado nas parcelas experimental. Com base na análise de solo (9) realizou-se a correção da acidez do solo de Cuiabá com calcário (10). A umidade do solo foi monitorada diariamente para manutenção da máxima capacidade de retenção de água do solo (11).

Foram implantadas 30 sementes por vaso e, após a emergência, fez-se o desbaste, mantendo-se cinco plantas por vaso. O vigor e a uniformidade das plântulas foram os critérios de seleção. Após o desbaste foi realizada a adubação de manutenção com nitrogênio e potássio. Quando os capins atingiram altura adequada de desfolha (12), foi realizado o corte de uniformização e deu-se início a aplicação dos tratamentos. Nos dias de adubação foi realizada a mensuração do índice de clorofila, por meio de clorofilômetro (Falker, CFL 1030), realizando-se a leitura em cinco folhas presentes na massa de resíduo.

Avaliações e estatística

As avaliações foram realizadas no momento que as forrageiras atingiram a altura média de 46 cm, menor do que é preconizado para o manejo deste capim (12). Antes do corte foi medida a altura do dossel, com régua graduada, e a contagem do número de perfilhos. Após o corte da forragem, realizou-se a contagem das lâminas foliares e não foi necessário fazer a separação morfológica, pois havia somente lâminas foliares. Após

o corte da forragem, as amostras foram submetidas à secagem em estufa de circulação forçada de ar, a $55 \pm 5^\circ\text{C}$ por 72 horas e posterior pesagem. O corte das forrageiras foi realizado respeitando-se a altura de resíduo de 30 cm, conforme proposto por (12).

Após o corte das forrageiras, os tratamentos foram reaplicados, de modo que fossem realizadas cinco avaliações. Na quinta e última avaliação, além das variáveis mencionadas, foi avaliado a massa seca de resíduo e raízes. O resíduo foi obtido por meio do corte da planta rente ao solo e a raízes por lavagem e peneiramento. De modo semelhante às lâminas foliares, o resíduo e as raízes foram submetidos a secagem em estufa de circulação forçada de ar, a $55 \pm 5^\circ\text{C}$ por 72 horas e posterior pesagem.

As amostras de raízes, após a secagem, foram processadas em moinho de facas com peneira de 1 mm, para a estimativa do teor de nitrogênio (13) e de carboidratos totais não estruturais (amido e carboidratos solúveis) (14). A análise estatística foi realizada por meio de análise de regressão, a 5% de probabilidade de erro.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O momento da adubação nitrogenada não alterou o desenvolvimento do capim BRS Zuri, visto que não houve modificação nas características produtivas, estruturais e morfológicas observadas (Tabela 1). Isso demonstra tolerância à adubação mais tardia em relação à desfolha, principalmente porque as características produtivas da massa seca de forragem e o número de folhas por perfilhos não foram afetadas pelos diferentes dias de adubação (Tabela 1). De modo semelhante, Gomide et al. (2019) (15), avaliando doses de nitrogênio e períodos de desfolha, observaram que não houve diferença na produção de massa de forragem do BRS Zuri quando foi adubado no dia do corte ou depois do aparecimento da primeira folha.

Tabela 2 - Características produtivas, estruturais e morfológicas do capim Zuri adubados em diferentes intervalos após a desfolha.

Variáveis	Dias após desfolha				P-valor		CV (%)
	0	3	6	9	L	Q	
MFS ³ (g vaso ⁻¹)	12,93	14,88	14,20	13,59	0,698	0,097	39,02
MSRES (g vaso ⁻¹)	68,89	68,68	78,15	70,31	0,630	0,506	21,77
MSRAIZ (g vaso ⁻¹)	17,42	17,66	21,10	16,43	0,940	0,105	25,68
MFOLHA (g folha ⁻¹)	0,162	0,172	0,161	0,152	0,164	0,166	28,71
MPERF (g folha ⁻¹)	0,223	0,223	0,200	0,184	0,278	0,781	37,73
NPERF (perfilhos vaso ⁻¹)	39,92	44,69	45,56	45,34	0,061	0,223	32,81
NFOLHAS (folhas vaso ⁻¹)	79,78	86,00	86,84	88,76	0,085	0,550	29,75
NFNP	2,24	2,13	1,99	2,07	0,214	0,426	38,70
FIL (dias folha ⁻¹)	11,80	11,85	12,21	11,91	0,837	0,821	45,17

MSRES: massa seca de resíduo; MSRAIZ: massa seca de raízes; MFS: massa seca de forragem; MPERF: massa de cada perfilho; MFOLHA: massa de cada folha; NPERF: número de perfilhos; NFNP: número de folha por perfilhos; NFOLHAS: número de folhas; FIL: Filocrono; CV: coeficiente de variação.

Houve diferença significativa ($P < 0,05$) no teor de nitrogênio, amido e carboidratos totais, entretanto, não houve diferença significativa para carboidratos solúveis (Tabela 2). Houve uma redução linear do teor de amido ($P < 0,05$) (Tabela 3, Figura 2) conforme atrasava a adubação, o que pode explicar a não alteração das características produtivas observadas. Nesse momento, é provável que a planta tenha usado o amido das reservas orgânicas nos momentos de estresse, fazendo com que não houvesse efeito sobre as variáveis.

Tabela 3 - Teores de nitrogênio, proteína bruta e carboidratos nas raízes do capim Zuri adubado em diferentes dias após a desfolha

Variáveis	Dias após desfolha				P-valor		CV (%)
	0	3	6	9	L	Q	
NRAIZ ¹ (g kg ⁻¹)	0,681	0,475	0,470	0,425	0,021	0,267	43,97
CHOs (mg g ⁻¹)	16,80	12,08	17,62	12,81	0,234	0,968	25,24
AMIDO (mg g ⁻¹)	8,60	8,11	7,47	4,81	0,003	0,199	36,11
CTOTAL (mg g ⁻¹)	25,41	20,20	25,10	17,63	0,006	0,422	19,96

CHOs: carboidratos solúveis; NRAIZ: nitrogênio na raiz; CTOTAL: carboidratos totais; L: efeito linear; Q: efeito quadrático; CV: coeficiente de variação.

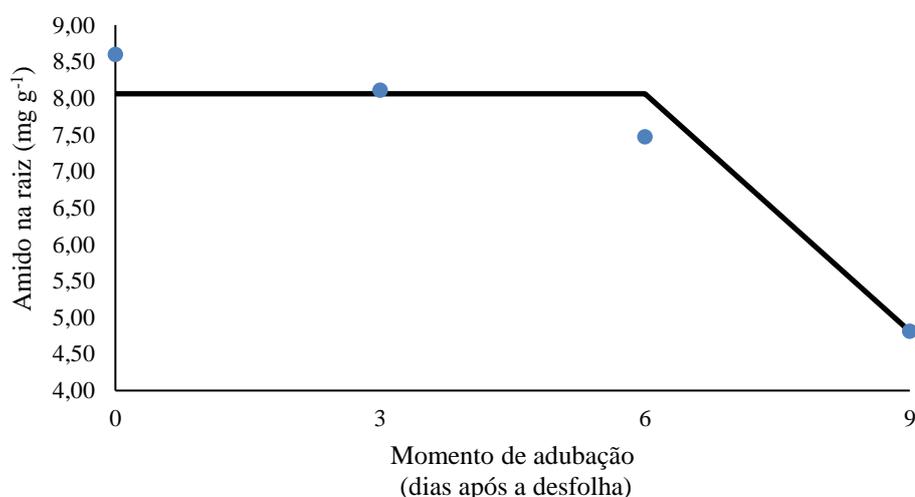


Figura 2 – Teor de amido nas raízes conforme o momento de adubação

Comportamento semelhante ao do amido foi observado na variável nitrogênio na raiz que teve efeito linear decrescente ($P < 0,05$) (Tabela 2), demonstrando que o capim BRS Zuri utilizou das reservas radiculares de nitrogênio à medida que houve atraso na adubação. Isso corrobora com a hipótese de que o capim BRS Zuri utilizou das reservas enquanto a adubação não foi realizada. Esta redução nos teores de amido e nitrogênio identificam estresse quando a adubação foi realizada tardiamente, visto que são compostos de reserva utilizados pela forrageira em momentos de estresse, seja por déficit hídrico (16) ou alagamento (17) e até mesmo por sombreamento (18). Nessa situação, é provável que futuramente o capim BRS Zuri tenha sua produção afetada, visto que houve uma redução nas reservas orgânicas (Tabela 2).

Obteve-se menores teores de nitrogênio na raiz quando a adubação foi realizada mais tardiamente, com efeito pronunciado quando a adubação foi realizada no terceiro dia após a desfolha (Figura 1). Isso demonstra que a planta utilizou as reservas radiculares de nitrogênio e, provavelmente, não houve tempo suficiente para a planta translocar novamente nitrogênio para as raízes.

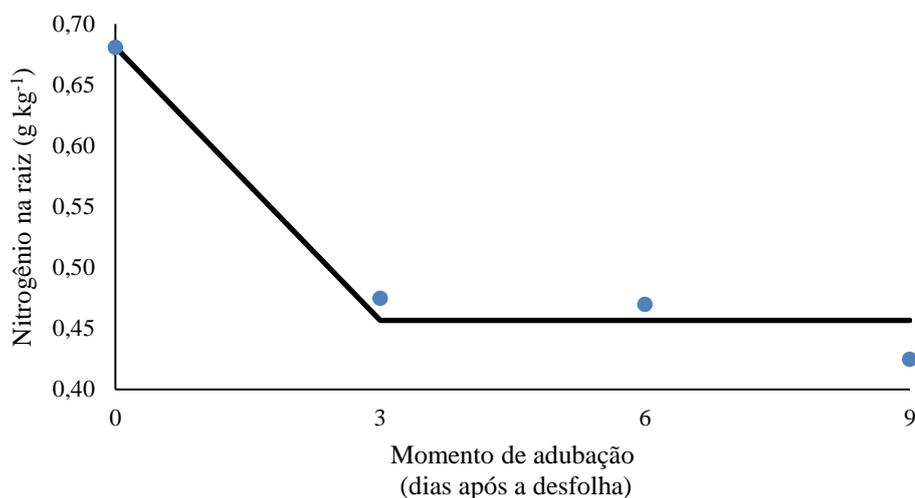


Figura 1. Teor de nitrogênio nas raízes conforme o momento de adubação

Diante dos maiores intervalos entre a desfolha e a adubação, foi observado que a concentração de amido, principal carboidrato insolúvel de reserva diminuiu, apresentando uma maior queda do sexto dia para o nono dia após a desfolha (Tabela 2, Figura 2), o que confirma que a forrageira esteve em estresse. Resultados contrários foram obtidos com o capim Piatã, observando que a concentração de amido aumentou, principalmente nos intervalos de 6 e 8 dias após a desfolha (19). Como foi observado que ocorre acúmulo de amido nas gramíneas não tolerantes ao alagamento quando estas foram submetidas a esta condição (17), isso corrobora com a hipótese de que alguns cultivares podem se adaptar mobilizando rapidamente o amido para ser utilizado após o período de estresse (20).

Não houve alteração entre a proporção de CHOs e amido nas raízes (Figura 3). Uma hipótese para que não tenha ocorrido alteração dos carboidratos solúveis nas raízes quando a adubação foi realizada no nono dia após a desfolha, já que houve redução no teor de amido, é que o capim BRS Zuri tenha quebrado o amido e utilizado os carboidratos para síntese de carboidratos fibrosos, visto que não houve alteração na massa de forragem (Tabela 2). De modo contrário, outros autores observaram que a adubação nitrogenada tardia apresentou menor acúmulo de CHOs, e que provavelmente o capim BRS Piatã estava submetido a estresse nutricional, por falta de nitrogênio no solo (19).

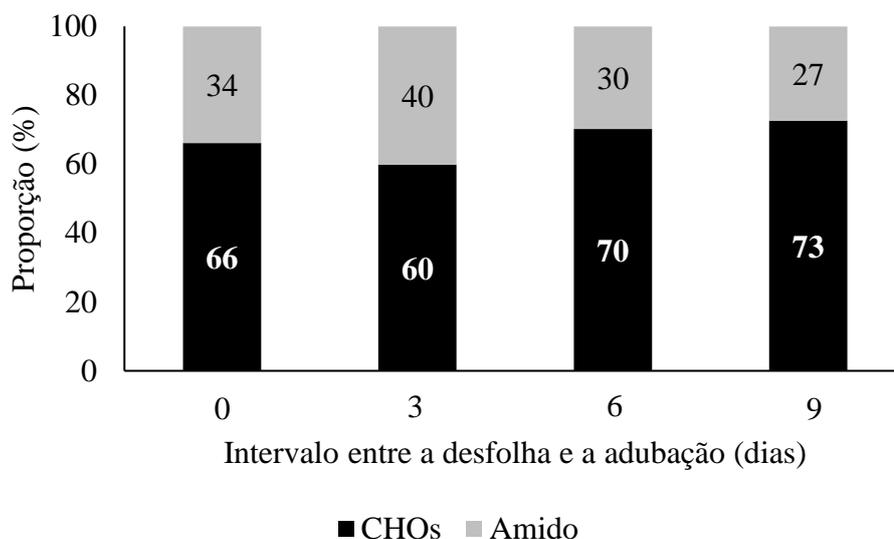


Figura 3. Proporção de amido e carboidratos solúveis nas raízes do capim BRS Zuri conforme o momento de adubação

Sendo assim, o capim BRS Zuri possui uma maior flexibilidade em relação a época de adubação, o que proporciona ao produtor um maior intervalo de tempo para se organizar ou resolver contratempos em relação a adubação com nitrogênio, de modo semelhante ao capim BRS Piatã (19) e ao BRS Quênia (5). Em contrapartida, os capins Tamani (5) e Tanzânia (21) devem ser adubados o mais próximo do corte. Isso mostra as diferentes respostas ao momento da adubação que as forrageiras podem apresentar, isso provavelmente está relacionado a diferença no acúmulo de reservas orgânicas.

CONCLUSÕES

A adubação nitrogenada do capim BRS Zuri pode ser realizada até 9 dias após o corte sem impacto negativo na produtividade do capim. Contudo, a dinâmica dos compostos de reserva nos mostra que ocorre redução no teor de amido com a adubação mais tardia, o que pode afetar as características produtivas dos próximos cortes, principalmente se a planta passar por algum período de estresse.

REFERÊNCIAS

- 1.Santana GS, Bianchi PPM, Morita IM. Produção e composição bromatológica da forragem do capim-mombaça (*Panicum maximum* Jacq.), submetidos a diferentes fontes e doses de corretivo de acidez. Semina: Ciências Agrárias.2010;31: 241-246.
- 2.ABIEC. Associação Brasileira das Indústrias Exportadoras de Carnes [internet]. Rondonópolis: 2022. [Acessado em 10 de maio de 2022]. Disponível em: <http://abiec.com.br/exportacoes/>
- 3.Dias-filho MB. Diagnóstico das pastagens do Brasil. Belém-PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2014.

4. Martuscello JA, Faria DJG, Cunha DNFV, Fonseca DM. Adubação Nitrogenada e partição de massa seca em plantas de *Brachiaria brizantha* cv. Xaraés e *Panicum maximum* x *Panicum infestum* cv. Massai. *Ciência e Agrotecnologia*. 2009;33: 663-667.
5. Dantas VGV. Quantos dias após a desfolha deve-se adubar com nitrogênio os capins BRS Tamani e Quênia. [monografia]. Rondonópolis: Universidade Federal de Mato Grosso – UFMT; 2019.
6. Faria DA, Avelino ACD, Cabral CEA, Abreu JG, Barros LV, Cabral CHA, Assis LMB. Investigating the Optimal Day for Nitrogen Fertilization on Piatã palisadegrass and Quênia guineagrass after Defoliation. *Journal of Experimental Agriculture International*. 2019;34: 1-11.
7. Costa JCJ. Intervalos de adubação nitrogenada após desfolha do capim BRS Quênia [monografia]. Cuiabá: Universidade Federal de Mato Grosso – UFMT, 2020.
8. Cabral CEA, Motta AM, Santos ARM, Gomes JF, Pedreira BC, Cabral CHA. Effects of timing of nitrogen fertilizer application on responses by tropical grasses. *Tropical Grasslands-Forrajes Tropicales*. 2021; 9:182–191.
9. Teixeira PC, Donagemma GK, Fontana A, Teixeira WG. Manual de métodos de análise de solo. 3ª ed. Brasília: EMBRAPA, 2017.
10. Martha Junior GB, Vilela L, Sousa DMG. Cerrado: Uso eficiente de corretivos e fertilizantes em pastagens. Planaltina-DF: Embrapa Cerrado, 2007;224.
11. Cabral CEA, Cabral LS, Bonfim-Silva EM, Carvalho, K. DOS S., Abreu JG, Cabral CHA. Reactive natural phosphate and nitrogen fertilizers in Marandu grass fertilization. *Comunicata Scientiae*. 2018;9: 729–736.
12. Euclides VPB, Montagner DB, Barbosa RA.; NANTES, N. N. Manejo do pastejo de cultivares de *Brachiaria brizantha* (Hochst) e *Panicum maximum* Jacq. *Revista Ceres*. 2014;61: 808-818.
13. Detmann E, Souza MA, Valadares Filho SC, Queiroz AC, Berchielli TT, Saliba EOS, Cabral LS, Pina DS, Ladeira MM, Azevedo JAG. Métodos para análise de alimentos. 1ª ed. Viçosa: Produção independente; 2012.
14. PASSOS L. P. Métodos analíticos e laboratoriais em fisiologia vegetal. Coronel Pacheco: Embrapa-CNPGL, 1996; 223.
15. Gomide CAM, Paciullo DSC, Morenz MJF, Costa IA, Lanzoni CL. Productive and morfophysiological responses of *Panicum maximum* Jacq. Cv BRS Zuri to timing and doses of nitrogen application and defoliation intensity. *Grassland Science*. 2019;65: 93-100.
16. Veriato FT. Metabolismo de carboidratos de plantas forrageiras tropicais (Tese). Vitória da conquista: Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia – UESB; 2018.
17. Dias-Filho MB. Opções forrageiras para áreas sujeitas ao encharcamento ou alagamento temporário. Belém-PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2006; 36.

18. Machado VD. Estratégias de manejo do pastejo do capim-braquiária em sistema silvipastoril [Tese]. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa – UFV, 2016.

19. Gomes LD. Intervalo entre a desfolha e a adubação nitrogenada do capim BRS Piatã (monografia). Rondonópolis: Universidade Federal de Rondonópolis; 2021.

20. Barbosa RA, Marchi CE, Andrade CMS, Fernandes CD, Araujo EA, Assad ED, Amaral EF, Marin FR, Pilau FG, Santos JM, Verzignassi JR, Lani JL, Valerio JR, Valentim JF, Fabris LR, Macedo MCM, Duarte MLR, Dias-Filho MB, Bardales NG, Jacomini PKT, Sanhueza RMV, Jerba VF. Morte de pastos de braquiárias. Campo Grande: Embrapa Gado de Corte; 2006.

21. Cabral CEA, Motta AM, Santos ARM, Gomes FJ, Pedreira, BC, Cabral CHA. Effects of timing of nitrogen fertilizer application on responses by tropical grasses. Tropical Grasslands; 2021; 9:182-191..

DOI: <https://doi.org/10.53934/9786585062039-27>

CAPÍTULO 27

CARACTERÍSTICAS AGRONÔMICAS E NUTRICIONAIS DE GENÓTIPOS DE SORGO

Isabella Almeida Martins ; Daniel Ananias de Assis pires ; Marielly Maria Almeida Moura ; Renê Ferreira Costa ; Leandra Cristina Soares Santos ; Mariana Rabelo Madureira ; Irisléia Pereira Soares de Sousa .

* Isabella Martins Almeida – Email: almeida.isabella@yahoo.com.br

Resumo: Objetivou-se avaliar as respostas de diferentes híbridos de sorgo, através de suas características agronômicas, nutricionais e da digestibilidade in situ da matéria seca. O experimento foi conduzido em Janaúba - MG e foram utilizados treze genótipos de sorgo forrageiro: o BRS 655, o Volumax e onze híbridos (13F23019, 13F23028, 13F24005, 13F24006, 13F24019, 13F24028, 13F25005, 13F25006, 13F25019, 13F25028, 13F04006) obtidos através dos cruzamentos de três machos e três fêmeas. Para a condução do experimento no campo, foi utilizado um delineamento experimental em blocos casualizados (DBC), sendo treze genótipos e três repetições, totalizando 39 unidades experimentais. Os dados foram submetidos à análise estatística, utilizando-se o Sistema de Análises de Variância (SISVAR), descrito por Ferreira (2011), e para a comparação de médias, foi aplicado o teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade ($p < 0,05$). Ao considerar a produção de matéria verde (PMV) e produção de matéria seca (PMS), os genótipos 13F04006 e 13F24006 foram superiores aos demais, com média de 64,08 e 66,85 t/ha e 19,9 e 21,38 t/ha, respectivamente, para (PMV) e (PMS) ($p < 0,05$). Nas avaliações de matéria seca (MS), matéria mineral (MM), fibra insolúvel em detergente ácido (FDA), não houve diferença estatística ($p > 0,05$). Os genótipos 13F04006 e 13F24006 são os mais indicados para a produção, pois apresentaram maior produtividade, elevado teor proteico, com baixo teor de lignina e, consequentemente, alta digestibilidade.

Palavras-chave: Digestibilidade, produtividade, resistência, sorghum bicolor

Abstract: The objective was to evaluate the responses of different sorghum hybrids, through their agronomic and nutritional characteristics and in situ dry matter digestibility. The experiment was conducted in Janaúba-MG and thirteen thirteen forage genotypes were used: BRS 655, Volumax and eleven hybrids (13f23019, 13f23028, 13f24005, 13f24006, 13f24019, 13f25005, 13f25006, 13f25019, 13f04006) through the crosses of three males and three females. To conduct the experiment in the field, an experimental design in randomized blocks (DBC) was used, with thirteen genotypes and three replications, totaling 39 experimental units. The data were submitted to statistical analysis, using the Analysis of Variance System (SISVAR), described by Ferreira (2011), and for the comparison of means, the Scott-Knott test was applied at a 5% probability level ($p < 0.05$). When considering the production of green matter (PMV) and production

of dry matter (PMS), genotypes 13F04006 and 13F24006 were superior to the others, with an average of 64.08 and 66.85 t/ha and 19.9 and 21.38 t/ha, respectively, for (PMV) and (PMS) ($p < 0.05$). In the evaluations of dry matter (DM), mineral matter (MM), insoluble fiber in acid detergent (ADF), there was no statistical difference ($p > 0.05$). The genotypes 13F04006 and 13F24006 are the most suitable for production, because showed higher productivity, high protein content, low lignin content and, consequently, high digestibility.

Key Word: Digestibility, productivity., resistance, sorghum bicolor

INTRODUÇÃO

A pecuária brasileira, tanto de corte quanto de leite, tem passado por um processo de intensa modernização, porém, grande parte dos sistemas de produção ainda é baseada na criação extensiva em pastagens. A estacionalidade na produção forrageira, em decorrência da escassez de chuvas associada às baixas temperaturas, e a necessidade de se produzir leite e carne durante todo o ano têm levado os pecuaristas a adotarem práticas de conservação de forragens, principalmente na forma de silagem.

O sorgo [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] é uma cultura que, no contexto da agropecuária brasileira, se destaca por ser uma gramínea bastante energética, com alta digestibilidade, produtividade e adaptação a ambientes secos e quentes, nos quais é difícil o cultivo de outras espécies. No entanto, assim como as mais diversas espécies de plantas, o desenvolvimento do sorgo e sua produtividade estão associados, além da genética, a fatores ambientais, tais como, pluviosidade, temperatura e radiação solar. Como o Brasil apresenta grande diversidade em termos de condições climáticas, não se espera que o comportamento dos híbridos de sorgo seja equivalente em todas as regiões, visto que responde às mudanças ambientais, principalmente temperatura e comprimento do dia.

A identificação de cultivares de sorgo adaptados a cada região torna-se essencial à medida que a cultura se expande para plantio em diferentes épocas e regiões edafoclimáticas. Para lidar com esse percalço, a estratégia recomendada pela literatura é o uso de genótipos com adaptabilidade geral e estabilidade agrônômica. Portanto, objetivou-se com esse trabalho avaliar características agrônômicas e nutricionais de genótipos de sorgo cultivados na cidade de Janaúba, MG.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi desenvolvido na cidade de Janaúba, que está localizada no norte de Minas Gerais. O clima local é tropical mesotérmico, quase megatérmico, em função da altitude, com características de subúmido e semiárido, apresentando chuvas irregulares, ocasionando longos períodos de estiagem. Segundo a classificação de Koppen, o clima típico é Aw, isto é, de savana com inverno seco e temperatura média do ar do mês mais frio superior a 18°C.

Foram avaliados treze genótipos de sorgo, sendo dois forrageiros comerciais, (BRS 655 e Volumax) e onze híbridos (13F23019, 13F23028, 13F24005, 13F24006, 13F24019, 13F24028, 13F25005, 13F25006, 13F25019, 13F25028, 13F04006), obtidos através dos cruzamentos de três machos e três fêmeas.

Os treze genótipos foram plantados, em 20 de novembro de 2014 e em decorrência das primeiras chuvas que ocorreram na região, o material foi colhido no dia 5 de março de 2015. Foi verificado o acúmulo de 238,6 mm de chuva no período do plantio até a colheita, segundo os dados da EPAMIG de Janaúba - MG. Os genótipos foram distribuídos em três blocos, ao acaso, no campo. Cada bloco foi constituído de 13 parcelas, que corresponderam aos treze genótipos, totalizando 39 unidades experimentais, com seis fileiras de 6,0 metros de comprimento cada e 0,7 metros de espaçamento entre linhas. A adubação foi realizada de acordo com a análise de solo e as exigências da cultura.

As avaliações foram efetuadas em quatro linhas de cada parcela, eliminando-se 1,0 metro nas extremidades de cada linha e as duas linhas laterais de cada parcela (as bordaduras). Nas duas fileiras centrais, foram avaliadas as características agrônômicas e, nas duas fileiras intermediárias avaliadas a composição bromatológica e a digestibilidade in situ das plantas de sorgo. Foram utilizadas as duas fileiras centrais de cada parcela para determinação da idade de florescimento: dias para que a planta de sorgo emita a inflorescência após o plantio; altura das plantas, através da medida do nível do solo à extremidade superior da planta, em 20% das plantas de cada parcela; produção de matéria verde, obtida a partir da pesagem de todas as plantas da área útil da parcela, realizada após corte a 15 cm do solo e produção de matéria seca, calculada a partir da produção de matéria verde e do teor de MS de cada genótipo no momento do corte. Além disso, foram separadas aleatoriamente dez plantas de cada canteiro para a avaliação nutricional e digestibilidade da folha e do colmo. Estas amostras foram picadas em picadeira estacionária, homogeneizadas, colocadas em sacos de papel e identificadas separadamente. Posteriormente, o material foi submetido à pesagem e pré-secagem em estufa de ventilação forçada a 55°C por 72 horas. Após esse período, o material foi retirado da estufa e deixado à temperatura ambiente por 2 horas para estabilização do peso e, então, determinou-se a porcentagem de matéria pré-seca. As amostras foram transportadas para o Laboratório de Análise de Alimentos da Universidade Estadual de Montes Claros (UNIMONTES) - Campus Janaúba - MG, onde foram separadas e organizadas. Em seguida, o material foi moído em moinho tipo “Willey” com peneira de 1mm de diâmetro e armazenadas em recipientes de polietileno para análises posteriores. Foram determinados os seguintes parâmetros: matéria seca (MS) a 105°C, proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), matéria mineral (MM) de acordo Detmanet al. (1) celulose, hemicelulose e lignina pelo método sequencial de Van Soest et al. (10). Para a determinação da digestibilidade in situ (MS), as amostras de sorgo foram acondicionadas em sacos de fibra sintética do tipo TNT, gramatura 100, respeitando a relação de 20 mg de MS/cm² de área superficial do saco, segundo .Os sacos foram amarrados e fixados em uma corda de náilon e introduzidos no rúmen de um bovino adulto fistulado. O período de incubação correspondeu a 144 horas, sendo os sacos colocados em duplicata. Decorrido este tempo, todos os sacos foram retirados do rúmen, lavados em água corrente até que a mesma se apresentasse limpa, procedendo-se, então, a secagem. A determinação da matéria seca (MS) foi feita em estufa a 55°C por 72 horas. Os dados de digestibilidade in situ da MS foram obtidos por diferença de peso, encontrada no componente, entre as pesagens efetuadas antes e após a incubação ruminal, e expressos em porcentagem.

Os dados foram 10 submetidos à análise estatística, utilizando-se o Sistema de Análises de Variância (SISVAR), descrito por Ferreira (2011), e para a comparação de médias, foi aplicado o teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade ($p < 0,05$).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Ao considerar a produção de matéria verde (PMV) dos genótipos avaliados, pode-se observar, na Tabela 1, que houve diferença estatística ($P < 0,05$).

Tabela 1. Produção de matéria verde (PMV), produção de matéria seca (PMS), florescência (FLOR) e altura da planta (ALTPL) de treze genótipos de sorgo.

Genótipos	PMV(t ha)	PMS(t ha)	FLOR(d)	ALTPL(m)
13F24005	28,28 c	7,95c	86,00 d	2,30 d
13F24028	29,74 c	9,07c	86,00 d	1,96 e
13F23019	31,70 c	9,11c	92,00 c	2,16 d
13F23028	33,17 c	9,66c	90,66 c	2,10 e
13F25028	34,03 c	9,85c	94,00 d	2,61 b
13F25019	34,06 c	11,59c	90,33 c	2,48 c
13F25005	34,28 c	10,99c	90,66 c	2,41 c
13F25006	36,51 c	11,32c	92,00 c	2,75 b
BRS 655	39,76 c	12,64c	82,00 e	2,45 c
VOLUMAX	40,25 c	11,66c	100,66 a	2,80 b
13F24019	54,41 b	16,55 b	94,00 b	3,73 a
13F04006	64,08 a	19,90 a	95,33 b	3,70 a
13F24006	66,85 a	21,38 a	94,00 b	3,53 a
CV(%)	13,06	16,21	1,86	4,54

Médias seguidas por letras minúsculas, na coluna, diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade. CV = Coeficiente de variação.

No presente estudo, os genótipos 13F04006 e 13F24006 foram semelhantes entre si e superiores aos demais, com média de 64,08 e 66,85 t ha. Valente (2) afirma que a produtividade mínima aceitável para o sorgo é de 40 toneladas de massa verde por hectare, pois, abaixo disto, é economicamente inviável. Por ser uma planta sensível ao fotoperíodo, o sorgo tem desenvolvimento variável, conforme a região de cultivo, o que resulta em variação no rendimento de forragem entre os materiais avaliados. Estudando as características agronômicas de cinco genótipos de sorgo, Perazzo et al.(3) obtiveram PMV (Produção de matéria verde) entre 37,18 e 52,14 t ha. Neste experimento, apenas quatro dos genótipos avaliados tiveram média superior a 40 ton./ha, sendo eles: o Volumax, 13F24019, 13F04006 e 13F24006. Como observado na PMV, a produção de matéria seca seguiu a mesma tendência, houve variação entre os materiais ($p < 0,05$), e os genótipos 13F04006 e 13F24006 foram semelhantes entre si e superiores aos demais, com média de 19,90 e 21,38 t/ha (Tabela 1). O maior valor desta fração atribuído a

esses materiais pode ser explicado em função dos maiores teores de PMV e o teor de MS (matéria seca) destes genótipos. Os demais genótipos tiveram médias semelhantes, variando de 7,95 a 11,66t ha, sendo que o genótipo 13F24019 foi estatisticamente diferente dos outros, com média de 16,55 t/ha de MS. A produção de matéria seca dos materiais avaliados foi superior àquelas obtidas por Rezende et al. (4) quando avaliaram cinco híbridos de sorgo cultivados no inverno. Os autores obtiveram, em média, 8,7t/ha de MS, provavelmente, devido às condições climáticas predominantes no período do inverno, com menores precipitações e baixas temperaturas. Durante muitos anos, as cultivares de sorgo para ensilagem foram indicados com base apenas na produção de matéria verde por hectare, no intuito de reduzir o custo da tonelada de matéria verde produzida, sem considerar a qualidade desse material. Esses materiais caracterizavam-se por porte alto, ciclo longo e baixa produção de grãos. Com o passar dos anos, passou-se a dar importância nos grãos e da matéria seca, pois são eles responsáveis em elevar a produção de matéria seca e onde se concentram os nutrientes. As menores produtividades estão dentro dos parâmetros observados por Gomes et al. (5) que encontraram valores entre 6,88 e 14,83 t/ha. As variações encontradas nas produtividades da MS dos genótipos estudados neste experimento podem ser explicadas pelas suas diferentes características morfológicas e qualitativas. Sendo assim, os genótipos 13F24019, 13F04006 e 13F24006 tiveram suas médias superiores às encontradas nos trabalhos citados, com 16,55, 19,90 e 21,38 t ha de MS, respectivamente. Rodrigues Filho et al.(6) encontrou uma variação de 14,22 a 16,38 t/ha, entre os quatro híbridos de sorgo avaliados, com média de 15,17 t/ha, média considerada boa, que foi inferior à média encontrada neste trabalho.

Ao avaliar os genótipos, observa-se variação entre eles ($p < 0,05$) quanto ao número de dias para o florescimento. Os genótipos VOLUMAX, 13F24019, 13F04006 e 13F24006 levaram mais dias para florescer. Este fato pode explicar a superioridade deste material para a PMS, já que, segundo Almeida Filho et al. (7), genótipos que apresentam ciclo mais tardio tendem a ser mais produtivos por ter a fase vegetativa mais longa.

Os valores médios de altura de plantas variaram entre os genótipos avaliados de 1,96 a 3,73 m ($p < 0,05$). A avaliação de altura das plantas é importante por ser uma característica normalmente correlacionada aos parâmetros de produção TOMICH, (8) Assim, os híbridos experimentais 13F24019, 13F04006 e 13F24006 mostraram superiores aos demais, sendo as menores alturas atribuídas aos híbridos 13F24028 e 13F23028. Cunha e Lima (9), trabalhando com vinte e nove genótipos de sorgo forrageiro, reportaram altura média da planta de 3,20 m próximos ao presente trabalho.

Observou-se (Tabela 2) que os genótipos de sorgo avaliados neste experimento não diferiram entre si quanto aos teores de matéria seca e matéria mineral. O teor médio de matéria seca foi de 30,48 % ($p > 0,05$). De acordo com Paiva (10), silagens de boa qualidade devem apresentar teor de MS entre 30 e 35%. Diante disso, podemos observar que os genótipos 13F25028, 13F25019, 13F25005, 13F25006, BRS 655, 13F24019, 13F04006 e 13F24006 apresentaram médias entre 30 e 35% de MS, com valores de 30,53;34,00; 32,11; 31,06; 31,83; 30,20; 31,0 e 31,00 % de MS, respectivamente, indicando ótima característica para uma produção de silagem de boa qualidade.

Tabela 2. Teores médios da matéria seca (MS), Matéria Mineral (MM), Proteína Bruta (PB), fibra insolúvel em detergente neutro (FDN), fibra insolúvel em detergente ácido (FDA) de treze genótipos de sorgo (dados expressos na matéria seca).

Genótipos	MS(%)	MM (%)	PB (%)	FDN(%)	FDA(%)
13F24005	28,06 a	6,81 a	6,99 a	57,34 a	33,81 a
13F24028	28,73 a	5,81 a	4,66 b	57,07 a	32,59 a
13F23019	28,93 a	5,19 a	7,75 a	59,79 a	35,08 a
13F23028	28,73 a	5,06 a	7,87 a	49,90 b	31,38 a
13F25028	30,53 a	6,22 a	4,43 b	48,67 b	32,46 a
13F25019	34,00 a	7,00 a	4,37 b	51,75 b	33,33 a
13F25005	32,11 a	5,96 a	7,13 a	60,68 a	30,66 a
13F25006	31,06 a	6,11 a	5,76 b	58,98 a	34,28 a
BRS 655	31,83 a	5,97 a	5,12 b	58,00 a	31,84 a
VOLUMAX	28,90 a	5,65 a	3,38 b	58,58 a	34,81 a
13F24019	30,20 a	5,58 a	5,43 b	47,12 b	33,87 a
13F04006	31,06 a	7,42 a	6,73 a	56,36 a	31,90 a
13F24006	31,00 a	5,52a	8,35 a	61,72 a	31,89 a
Média	30,48	6,28	-	-	32,91
CV(%)	7,57	32,64	19,05	8,32	5,70

Médias seguidas por letras minúsculas distintas, na mesma coluna, diferem entre si ($P < 0,05$) pelo Teste Scott-Knott. CV = Coeficiente de variação.

De acordo com os percentuais de matéria mineral mostrados na Tabela 2, os genótipos não diferiram entre si ($p > 0,05$), variando de 5,06 (13F23028) a 7,42% (13F04006) e média de 6,28%. Teores de matéria mineral implicam na determinação da quantidade de minerais presentes na forrageira, porém, altos índices podem representar alto teor de sílica, e esta não contribui nutricionalmente para os animais. A matéria mineral indica riqueza de minerais no alimento, mas nunca quais minerais presentes e seus teores. Os valores médios de PB (Proteína bruta) diferiram entre os genótipos avaliados ($p < 0,05$) (Tabela 2), com variação de 3,38 a 8,35% e média de 6,00%. Ao analisar estes valores, a minoria dos materiais analisados apresentaram índices de PB ideais para o atendimento dos requisitos de nitrogênio pela flora ruminal e para um bom funcionamento do rúmen, que é no mínimo 7%.

Houve diferença entre os genótipos ($p < 0,05$) para os teores de fibra em detergente neutro (Tabela 2). Os valores de FDN (Fibra em detergente neutro) variaram de 47,12 a 61,72 %, com média de 55,84%. Os genótipos 13F24005, 13F24028, 13F23019, 13F25005, 13F25006, BRS 655, VOLUMAX, 13F04006, 13F24006 foram superiores aos demais com valores de 57,34; 57,07; 59,79 a 60,68; 58,98; 58,00; 58,58; 56,36 e 61,72%, respectivamente.

Segundo Van Soest (11), os teores de FDN devem estar entre os limites de 50 a 60%. E, apesar de um material apresentar valor superior a 60%, este mesmo não diferiu de outros que apresentaram valores dentro do limite sugerido. Já os valores de FDA (Fibra em detergente ácido) foram semelhantes entre os genótipos

avaliados ($p > 0,05$), com média de 32,91%, e variação de 30,66 a 35,08% (Tabela 2). Os genótipos apresentaram valores próximos ao recomendado por Van Soest (1994), de 30%. Gonçalves et al. (12) afirmam que teores elevados de FDA dificultam a fragmentação do alimento e sua digestão pelas bactérias ruminais. Segundo Van Soest (11), a análise de FDA representa uma estimativa do teor total de celulose e lignina da amostra, sendo inversamente relacionada com a digestibilidade da MS.

Quanto aos teores de lignina, observa-se que não houve diferença entre os genótipos ($p > 0,05$).

Tabela 3. Teores médios de lignina (LIG), digestibilidade *in situ* da matéria seca (DISMS) e produção da matéria seca digestiva (PMSD), de treze genótipos de sorgo (dados expressos na matéria seca).

Genótipos	LIG (%)	DISMS (%)	PMSD(t/ha)
13F24005	6,64 a	74,36 a	5,48 c
13F24028	6,19 a	76,29 a	5,69 c
13F23019	6,31 a	76,54 a	5,85 c
13F23028	6,75 a	77,12 a	6,45 c
13F25028	7,14 a	77,32 a	6,97 c
13F25019	6,75 a	77,45a	7,37 b
13F25005	7,23 a	77,65a	7,83 b
13F25006	6,51 a	78,41 a	8,91 b
BRS 655	7,72 a	78,42 a	8,55 b
VOLUMAX	6,69 a	78,73 a	7,45 b
13F24019	6,80 a	78,88 a	9,09 b
13F04006	6,91 a	78,93a	12,98 a
13F24006	7,16 a	79,89 a	13,63 a
Média	6,83	77,69	-
CV(%)	12,21	2,42	15,12

Médias seguidas por letras minúsculas distintas, na mesma coluna, diferem entre si ($P < 0,05$) pelo Teste Scott-Knott. CV = Coeficiente de variação.

A média encontrada para os genótipos foi de 6,83. De acordo com Lapierre (1993), a lignina é o componente mais negativamente correlacionado à digestibilidade, pois limita a digestão dos polissacarídeos da parede celular e reduz o valor nutricional das plantas para os ruminantes. Os genótipos não diferiram entre si quanto aos valores de DIVMS(Digestibilidade *in vitro* da matéria seca) ($p > 0,05$), sendo a média observada de 77,69%. Todos os genótipos apresentaram valores de DISMS acima de 50%, sugerindo que, com boa digestibilidade ruminal, serão bem aproveitados pelos animais, pois, quanto maior a digestibilidade, maior será a absorção de nutrientes. Apesar de a FDN e FDA terem sido relativamente alta, não houve comprometimento da sua DISMS, o que pode ser justificado pelo alto teor de hemicelulose, reforçando a importância de se avaliar a qualidade da

fibra do alimento. Quanto aos valores de produção de matéria seca digestível, os genótipos avaliados foram diferentes entre si ($p < 0,05$), sendo que os valores superiores foram 12,98 e 13,63 t/ha, respectivamente, para os híbridos experimentais 13F04006 e 13F24006. Os menores valores variaram de 5,48 a 9,09 t/ha, respectivamente, para os híbridos 13F24005 e 13F24019. Os maiores valores de PMSD atribuídos aos híbridos experimentais, 13F04006 e 13F24006, podem ser explicados pelos altos valores de PMS apresentados por esses materiais.

A PMSD (produção de matéria seca digestível) é função da produção de matéria seca da forrageira e de sua digestibilidade. É uma forma de conciliar produtividade com o valor nutritivo, ou seja, a associação entre as grandezas de volume e qualidade.

CONCLUSÃO

Os genótipos 13F04006 e 13F24006 são os mais indicados para a produção animal, pois apresentaram maior produtividade, elevado teor proteico, com baixo teor de lignina e, conseqüentemente, alta digestibilidade.

REFERÊNCIAS

1. DETMANN, E. *et al.* Métodos para análise de alimentos - INCT ciência animal. Visconde do Rio Branco: Suprema, 2012.
2. VALENTE, J. O. Manejo cultural do sorgo para forragem. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 1992. Circular Técnica, 17.
3. PERAZZO, A. F. *et al.* Características agronômicas e eficiência do uso da chuva em cultivares de sorgo no semi-árido. Ciência Rural, Santa Maria, v. 43, n. 10, p. 1771- 1776, 2013.
4. REZENDE, G. M. *et al.* Características agronômicas de cinco genótipos de sorgo [*Sorghum bicolor* (L.) Moench], cultivados no inverno, para a produção de silagem. Revista Brasileira de Milho e Sorgo, Sete Lagoas, v. 10, n. 2, p. 171-179, 2011.
5. RODRIGUES FILHO, O. *et al.* Produção e composição bromatológica de quatro híbridos de sorgo forrageiro [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] submetidos a três doses de nitrogênio. Ciência Animal Brasileira, Goiânia, v. 7, n. 1, p. 37-48, jan./mar. 2006.
6. ALMEIDA FILHO, J. E. *et al.* Avaliação agronômica de híbridos de sorgo granífero em diferentes regiões produtoras do Brasil. Revista Brasileira de Milho e Sorgo, Sete Lagoas, v. 13, n. 1, p. 82-95, 2014.

7. TOMICH, T. R. Potencial forrageiro de híbridos de sorgo com capim sudão (*Sorghum bicolor x Sorghum sudanese*) avaliados em regime de corte. 2003. 82 f. Tese (Doutorado em Zootecnia)-Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2003.
8. CUNHA, E. E.; LIMA, J. M. de. Caracterização de genótipos e estimativa de parâmetros genéticos de características produtivas de sorgo forrageiro. Revista Brasileira de Zootecnia, Viçosa, v. 39, n. 4, p. 701-706, 2010.
9. PAIVA, J. A. J. Qualidade da silagem da região metalúrgica de Minas Gerais. 1976. 83 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia)-Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 1976.
10. VAN SOEST, P. J. Nutritional ecology of ruminant. 2. ed. Ithaca: Cornell, 1994.
11. GONÇALVES, J. S. *et al.* Composição bromatológica e características fermentativas de silagens de capim-elefante (*Pennisetum purpureum*, Schum.) cv. Roxo contendo níveis crescentes do subproduto da semente de urucum (*Bixaorellana* L.). Revista Ciência Agronômica, Fortaleza, v. 37, n. 2, p. 228-234, 2006.

DOI: <https://doi.org/10.53934/9786585062039-28>

CAPÍTULO 28

ADUBAÇÃO FOSFATADA NO CAPIM-MOMBAÇA

Carlos Manoel Galvão Caldeira *; **Camila Fernandes Domingues Duarte** ;
Anne Caroline Dallabrida Avelino  **Paulo Henrique Guimarães da Silva** ;
João Victor de Oliveira Barcelos ; **Giovanna Pimentel Lima Peloi** ; **Carlos Eduardo Avelino Cabral** 

*Autor correspondente (Corresponding author) – Email:
carlos.caldeira@aluno.ufr.edu.br

Resumo: O fósforo é um dos macronutrientes que mais influencia o estabelecimento das pastagens especialmente em solos do Cerrado. Desta forma, as recentes pesquisas têm focado na busca de produtos inovadores com mais eficiência e economia. Assim, objetivou-se avaliar o estabelecimento do capim Mombaça sob adubação fosfatada com diferentes fontes e proporções de aplicação de fósforo na sementeira. O experimento foi realizado em casa de vegetação, na Universidade Federal de Rondonópolis, sob delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial 4 x 2 com três repetições. Os tratamentos consistiram em duas fontes de fertilizantes fosfatados (VitauroPhós® e Fosfato monoamônico) e quatro proporções de fósforo na sementeira (0, 33, 67 e 100%). Quando as plantas atingiram altura média de 45 cm, realizou-se o corte ao nível do solo e contou-se o número de perfilhos. Após o corte, procedeu-se a separação morfológica das plantas. Na sequência, o material foi submetido a secagem em estufa de circulação forçada de ar a $55 \pm 5^\circ\text{C}$, por 72 horas, e, depois pesado. Após, quantificou-se a extração de fósforo na forragem e nas raízes. A análise estatística foi realizada por meio de teste Tukey a 5%. Verificou-se interação entre fonte de fertilizante fosfatado e proporção de aplicação de fósforo no capim-mombaça na densidade populacional de perfilhos, massa seca de resíduo, e extração de fósforo pelas folhas e raízes. Recomenda-se a aplicação de 100% da dose recomendada de fósforo no estabelecimento de capim Mombaça, pois esse nutriente é requerido em grandes quantidades e indispensável para formação inicial dos pastos. Em relação as fontes, tanto VitauroPhós® quanto fosfato monoamônico podem ser utilizados no estabelecimento do capim Mombaça.

Palavras-chave: adubação de pastagens; fontes de fósforo; *Panicum maximum*.

Abstract: Phosphorus is one of the macronutrients that most influences the establishment of pastures, especially in Cerrado soils. In this way, recent research has focused on the search for innovative products with more efficiency and economy. Thus, the objective was to evaluate the establishment of Mombasa grass under phosphate fertilization with different sources and proportions of phosphorus application at sowing. The experiment was carried out in a greenhouse, at Universidade Federal de Rondonópolis, in a completely randomized design, in a 4 x 2 factorial scheme with three replications. The

treatments consisted of two sources of phosphate fertilizers (VitauroPhós® and Monoammonium Phosphate) four phosphorus proportions at sowing (0, 33, 67 and 100%). When the plants reached an average height of 45 cm, the cut was made at ground level and the number of tillers was counted. After cutting, the morphological separation of the plants was carried out. Subsequently, the material was subjected to drying in an oven with forced air circulation at $55 \pm 5^\circ\text{C}$ for 72 hours, and then weighed. Afterwards, phosphorus extraction in forage and roots was quantified. Statistical analysis was performed using the 5% Tukey test. There was an interaction between source of phosphate fertilizer and proportion of phosphorus application in mombasa grass on tiller population density, dry mass of residue, and phosphorus extraction by leaves and roots. It is recommended the application of 100% of the recommended dose of phosphorus in the establishment of Mombasa grass, as this nutrient is required in large quantities and indispensable for the initial formation of pastures. Regarding the sources, both VitauroPhós® and monoammonium phosphate can be used in the establishment of Mombasa grass.

Key Word: pasture fertilization; phosphorus sources; *Panicum maximum*.

INTRODUÇÃO

A longevidade dos pastos e sua produtividade são decorrentes das práticas de manejo na sua formação e das estratégias aplicadas na manutenção. Contudo, a falta de correção e adubação no estabelecimento das áreas de pastagens é relevante para uma pecuária à pasto sustentável. No estabelecimento de pastagens, a adubação com fósforo é imprescindível, especialmente nos solos do bioma Cerrado, onde há baixos níveis desse nutriente associado com elevados teores de ferro, alumínio e acidez, que reduzem sua disponibilidade para a planta (1).

A aplicação de fósforo na implantação das pastagens é relativamente menor em relação as doses de nitrogênio e potássio (1). Porém, a deficiência de fósforo pode comprometer o desenvolvimento do sistema radicular, perfilhamento inicial e, conseqüentemente, a produção de massa de forragem (2).

Para otimizar a adubação fosfatada na implantação, Maciel *et al.* (3) recomendaram o uso de fontes solúveis de fósforo para aumentar a disponibilidade desse nutriente. No entanto, Duarte *et al.* (4) enfatizaram a viabilidade técnica e econômica da adubação fosfatada de fontes de diferentes solubilidades em plantas forrageiras, minimizando a frequência de adubações, reduzindo as chances de degradação e a demanda por abertura de novas áreas para produção.

Atualmente, existem três diferentes tipos fertilizantes fosfatados quanto a solubilidade: rápida solubilidade, média solubilidade e de lenta solubilidade. Destacando-se, como fontes solúveis, os superfosfatos simples e triplo, e os fosfatos monoamônio e diamônio. Essas fontes solúveis quando reagem com o solo apresentam elevada capacidade de liberar fósforo na solução, porém com baixo efeito residual. Já as fontes com baixa solubilidade se dissolvem gradualmente no solo e disponibilizam fósforo para

as plantas no decorrer do tempo, tendo efeito residual maior quando comparado com as fontes solúveis, destacando-se os fosfatos naturais.

Para contornar o efeito negativo das fontes solúveis (baixo efeito residual) e dos fosfatos naturais (lenta solubilidade), diversas empresas de fertilizantes fabricam fertilizantes fosfatados com solubilidade mista, ou seja, formulados com fontes de solubilidade rápida e baixa, disponibilizando fósforo em curto, médio e longo prazo, para as plantas. Neste sentido, objetivou-se avaliar o estabelecimento do capim Mombaça adubado com fósforo com diferentes fontes e proporções de aplicação na semeadura.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado em casa de vegetação, na Universidade Federal de Rondonópolis (UFR), sob delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial 4 x 2, com três repetições. Os tratamentos consistiram em esquema fatorial 2 x 4, sendo duas fontes de fósforo (P) (VitauroPhós® e fosfato monoamônico) e quatro proporções de fósforo (0, 33, 67 e 100%) na semeadura de *Panicum maximum* cv. Mombaça (capim Mombaça). As unidades experimentais corresponderam aos vasos com capacidade de 5,6 dm³, contendo cinco plantas.

O VitauroPhós® é comercializado pela Valloura Soluções Agropecuárias® e possui a composição: 1% de nitrogênio; 18% de P₂O₅ (dos quais, 9% de P₂O₅ solúvel em CNA+Água); 12% de cálcio; 5% de enxofre; aminoácidos; bactérias solubilizadoras de fosfato; ácidos húmicos e fúlvicos. O fosfato monoamônico utilizado possuía a composição: 54% fósforo (P₂O₅ solúvel em CNA+água); 12% de nitrogênio.

O solo utilizado no experimento foi coletado no campo experimental da UFR. Retirou-se uma amostra deste solo e encaminhou-se ao laboratório para análise química e granulométrica e, o restante do solo coletado foi peneirado e transferido para as unidades experimentais (vasos).

Tabela 1 - Composição granulométrica e química do solo coletado na área experimental da UFR

pH	P	K	Ca	Mg	Al	H+Al	CTC	V	m	Areia	Silte	Argila
CaCl ₂	mg dm ⁻³				cmolc dm ⁻³			%			g kg ⁻¹	
5,2	5,7	158	1,7	1,3	0,0	2,8	6,3	55,0	0,0	520	110	370

A semeadura e a adubação fosfatada foram realizadas no dia 14 de outubro de 2021, com vinte sementes de *Panicum maximum* cv. Mombaça por unidade experimental (vaso). A dose padrão para o experimento foi de 300 mg dm⁻³ e, por isso, as doses aplicadas na semeadura foram: 0, 100, 200 e 300 mg dm⁻³. Estas sementes foram inseridas em sulcos à 1cm de profundidade ao nível do solo, e a distribuição dos fertilizantes fosfatados foi realizada analogamente ao método de adubação à lanço. Sendo que, a fonte VitauroPhós® não fora incorporada, e as demais fontes, levemente incorporadas. Paralelamente à adubação fosfatada, adequou-se as quantidades de enxofre dos tratamentos com o uso de enxofre elementar, de modo que existisse igualdade entre eles. Sete dias após a semeadura foi feito o desbaste, mantendo-se cinco plantas por unidade experimental (vaso). Neste momento, realizou-se a adubação de cobertura, em que se aplicou 50 e 25 mg dm⁻³ de nitrogênio e potássio, respectivamente.

Durante o experimento a irrigação foi realizada elevando-se a umidade do solo para determinada capacidade de retenção de água. Nos primeiros quinze dias, elevou-se para 65% da capacidade de retenção, e depois para 100% da capacidade de retenção. Cinquenta e cinco dias após a semeadura, as plantas atingiram altura média de 45 cm, então, realizou-se a contagem dos perfilhos e o colheita da forragem, admitindo-se uma altura de resíduo de 20 cm. Após o corte, não se procedeu a separação morfológica, pois havia somente lâminas foliares. Na sequência, a massa vegetal foi submetida a secagem em estufa de circulação forçada de ar a $55 \pm 5^\circ\text{C}$, por 72 horas, e, depois pesada.

Após o primeiro corte, aplicou-se, em cobertura, o restante do fósforo requerido nos tratamentos, nitrogênio na dose de 100 mg dm^{-3} , na forma de ureia e 50 mg dm^{-3} de potássio, na forma de cloreto de potássio. Trinta dias após a primeira avaliação, foi realizada a segunda avaliação com o mesmo procedimento descrito. Em seguida, as doses de nitrogênio e potássio foram reaplicadas e depois de trinta dias foi realizada a terceira avaliação. Nesta última avaliação, além da parte aérea, quantificou-se a massa de resíduo e raízes. O resíduo corresponde a massa de forragem presente rente ao solo até 20 cm. S raízes foram lavadas por peneiramento com auxílio de uma lavadora de pressão. As amostras de raízes e resíduo foram submetidas ao mesmo procedimento de secagem em estufa e pesagem descrita para a massa de forragem.

Todas as amostras secas de folhas, resíduo e raízes foram moídas em moinho tipo faca com peneira de 2 mm e quantificou-se o teor de fósforo ⁽⁵⁾ para a estimativa da extração de fósforo. Para análise de fósforo, uniu-se as amostras de folhas e resíduo para estimativa da extração de fósforo na forragem. Para análise estatística considerou-se a somatória da massa de forragem das três avaliações e as média da densidade de perfilhos. A análise estatística foi realizada por meio de teste de regressão, a 5% de probabilidade de erro, utilizando Software SISVAR 5.6.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para massa de forragem houve efeito isolado da proporção de fósforo na semeadura e dos fertilizantes testados (Figura 1). A menor massa de forragem foi identificada quando não se aplicou fósforo na semeadura (0% de proporção) e houve aumento até a dose de 33%, estabilizando nas demais proporções. Isso demonstra a importância de fósforo na formação do pasto, visto que tem função importante na massa de raízes (6), o que favorece a absorção dos demais nutrientes.

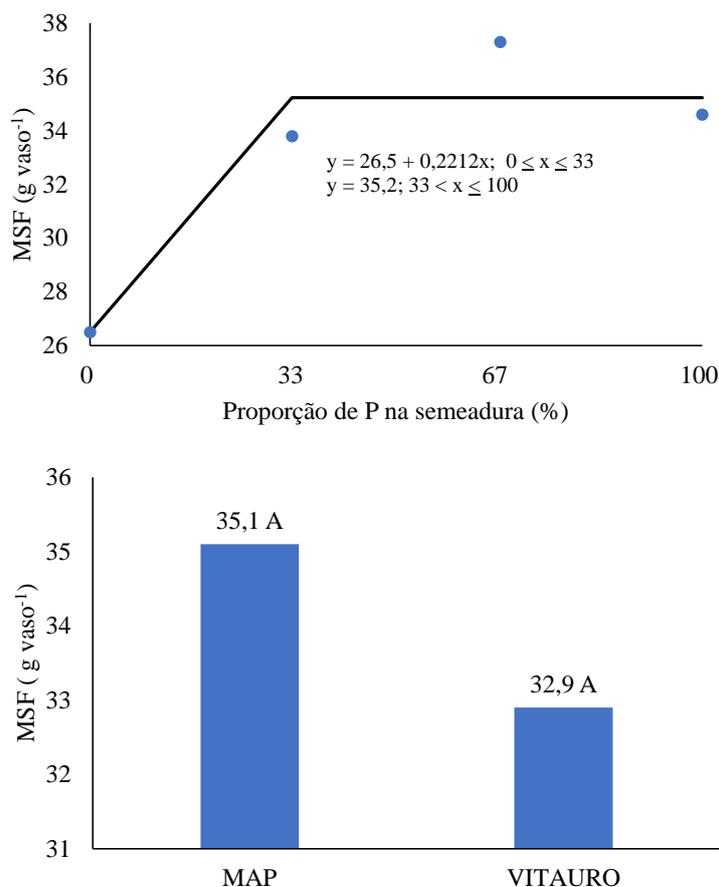


Figura 1. Massa seca de forragem (MSF) de capim Mombaça submetido a diferentes proporções de fósforo e fertilizantes na sementeira.

Houve interação entre fonte de fertilizante e proporções de fósforo na sementeira sobre a densidade populacional de perfilhos, massa seca de resíduo, extração de fósforo pelas folhas e raízes (Tabela 2). Tanto para o MAP quanto o VitauroPhós[®], observou-se menor número de perfilhos quando não foi realizada a adubação fosfatada na sementeira (0%), o que compromete a massa de forragem (Figura 1), com aumento a proporção de 33% de fósforo na sementeira, com posterior estabilização. Isso torna flexível para o produtor a possibilidade de aplicar todo o fósforo na sementeira ou reduzir a quantidade quando houver aumento de preço, desde que posteriormente a aplicação seja realizada em cobertura. Além disso, a ausência de fertilizante fosfatado na sementeira reduz a eficiência de formação do pasto, sabendo que a disponibilidade de fósforo na solução do solo é imprescindível para o perfilhamento inicial (1), o que pode influenciar na emergência de plantas invasoras e o processo erosivo, visto que pastos com menor perfilhamento apresentam menor cobertura do solo.

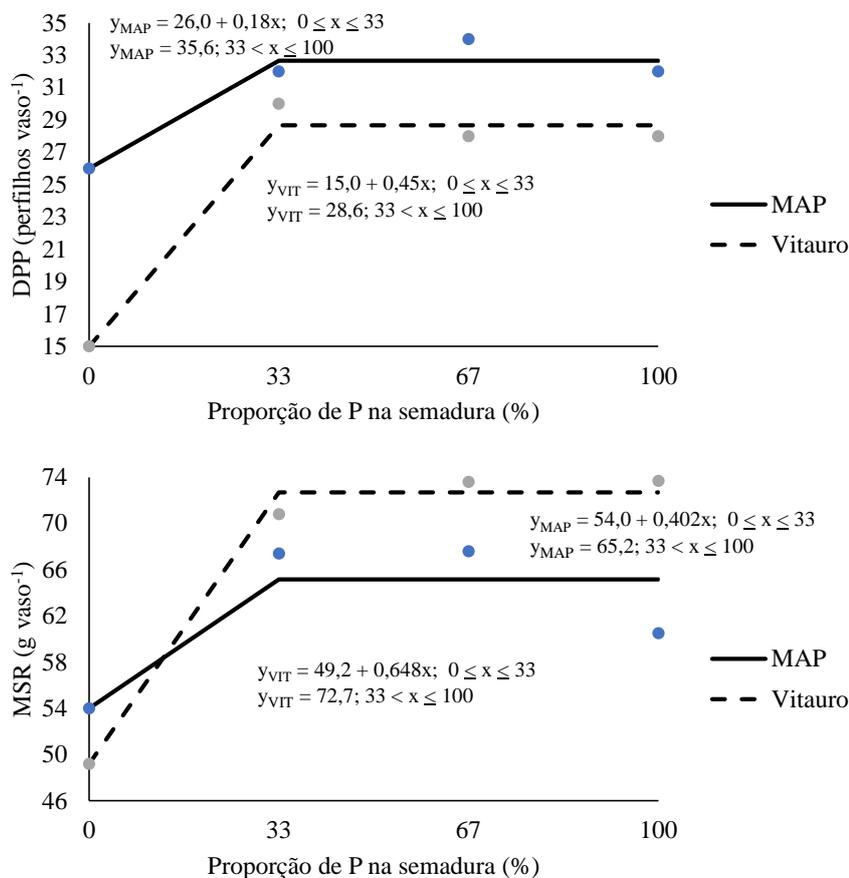


Figura 2. Densidade populacional de perfilhos (DPP) e massa seca de resíduo (MSR) do capim Mombaça submetido a proporções de fósforo na semadura

Tabela 2. Desdobramento da interação entre fertilizante fosfatado e proporção de fósforo na semadura.

Fertilizante fosfatado	Proporção de fósforo na semadura (%)			
	0	33	67	100
Densidade populacional de perfilhos (n° vaso ⁻¹)				
MAP	26 A	32 A	34 A	32 A
VPHÓS	15 B	30 A	28 B	30 A
Massa seca de resíduo (g vaso ⁻¹)				
MAP	54,0 A	67,4 A	67,6 B	60,5 B
VPHÓS	49,2 A	70,8 A	73,6 A	73,7 A
Extração na forragem (mg vaso ⁻¹)				
MAP	102 A	172 A	175 A	108 A
VPHÓS	91 A	59 B	52 B	50 B
Extração na raiz (mg vaso ⁻¹)				
MAP	23 A	17 A	20 A	17 B
VPHÓS	13 A	15 A	10 B	18 A

Médias com letras maiúsculas iguais nas colunas não diferem estatisticamente. MAP: fosfato monoamônico; VPHÓS: VitauroPhós®.

No tratamento com fosfato monoamônico observou-se incremento de 23,07% no número de perfilhos ao se comparar o tratamento sem adubação fosfatada na sementeira (0%) com a máxima proporção estudada (100%), enquanto para o VitauroPhós® houve redução de 50% (Figura 2). Como parte do fósforo presente no VitauroPhós® tem baixa solubilidade, isso comprometeu o desenvolvimento do capim diante de aplicação de cobertura, visto que fósforos insolúveis requerem maior tempo no solo para liberação gradual, comparativamente às fontes solúveis.

Sobre a variável massa seca de resíduo, independente da fonte, o tratamento sem adubação fosfatada na sementeira (0%) propiciou menor massa de resíduo e houve incremento até a proporção de 33% de fósforo na sementeira, não alterando nas demais proporções (Figura 2). Comparando os tratamentos - proporção de fósforo na sementeira - no tratamento com a fonte VitauroPhós® observou-se diferença estatística com incremento de 50%, aproximadamente, na massa seca de resíduo ao se comparar o tratamento sem adubação fosfatada com a máxima proporção estudada (100% ou dose total de fósforo em sementeira). Versando sobre o tratamento com fosfato monoamônico, observou-se incremento de 12,04% na massa de resíduo ao se comparar o tratamento sem adubação fosfatada na sementeira com a máxima proporção estudada. A massa de resíduo é uma variável importante para o processo de rebrota do capim, visto que a área foliar remanescente propicia maior desenvolvimento inicial e menor uso de reservas orgânicas de raízes.

Para massa de resíduo, comparando as fontes de fósforo estudadas, verificou-se que na proporção de 0 e 33% de fósforo na sementeira não houve diferença estatística entre os fertilizantes (Tabela 2). Nas demais proporções de fósforo na sementeira obteve-se maior massa seca de resíduo no tratamento com a fonte VitauroPhós®. Esse acréscimo representou 8,87% e 21,22% na massa seca de resíduo encontrado nas proporções de 66 e 100% de fósforo na sementeira, respectivamente.

A quantidade de fósforo extraída pela forragem do MAP e VitauroPhós® foi descrita por regressão quadrática e linear, respectivamente (Figura 3). A maior extração de fósforo com MAP ocorreu quando se aplicou 51% do fósforo na sementeira, enquanto para o VitauroPhós® ocorreu redução na extração do fósforo quanto maior a proporção de fósforo na sementeira. Com exceção da proporção zero na sementeira, o tratamento com a fonte fosfato monoamônico proporcionou maior extração de fósforo na forragem (Tabela 2), o que é justificado pela maior quantidade inicial de fósforo assimilável pela planta.

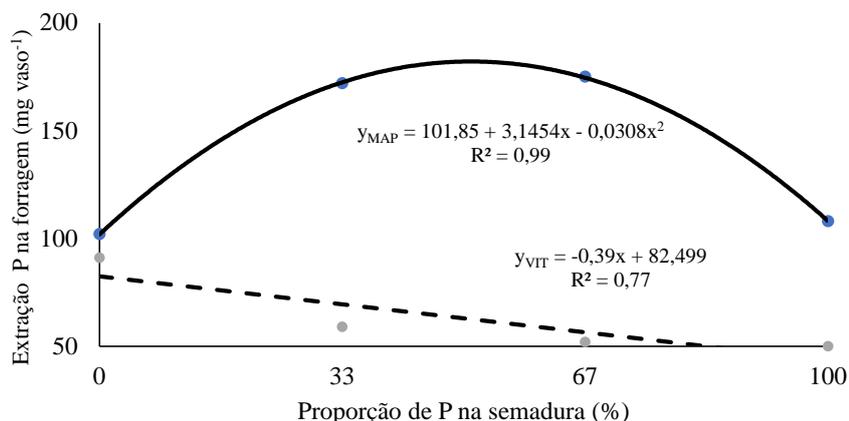


Figura 3. Extração de fósforo na forragem de capim Mombaça submetido a proporções de fósforo na sementeira

A proporção de fósforo na sementeira não influenciou a extração de fósforo pelo sistema radicular para nenhum dos fertilizantes testados. Somente quando se utilizou 67% de fósforo na sementeira, o capim Mombaça adubado com MAP extraiu maior quantidade de fósforo na raiz (Tabela 2).

CONCLUSÕES

Recomenda-se a aplicação de 33 a 100% da dose recomendada de fósforo em sementeira. Ambas as fontes estudadas podem ser utilizadas no estabelecimento de plantas forrageiras. Estimula-se novos estudos considerando o efeito residual de VitauroPhós[®].

AGRADECIMENTOS

Agradecimentos a Valloura Soluções Agropecuárias e a Universidade Federal de Rondonópolis.

REFERÊNCIAS

1. Rodrigues LRA, Quadros DG, Ramos AK. Recuperação de Pastagens Degradadas. In: Simpósio Pecuária-Perspectiva Para O Iii Milênio. Pirassununga, 2000. Anais... Pirassununga: FZEA p. 18. 2000.
2. Rezende AV, Lima JF, Rabelo CHS. Características morfofisiológicas da *Brachiaria brizantha* cv. Marandu em resposta à adubação fosfatada. *Rev Agrar.* 2011; 4:335-343.
3. Maciel GA, Costa SEGVA, Furtini Neto AE, Ferreira MM, Evangelista AR. Efeito de diferentes fontes de fósforo na *brachiaria brizantha* cv. Marandu cultivada em dois tipos de solos. *Cien Ani Bras.* 2007; 8: 227-233.

4. Duarte, CFD. Capim-piatã adubado com diferentes fontes de fósforo. Rev Investig. 2016;15:58-63.
5. Sarruge JR, Haag HP. Análise química das plantas. Piracicaba: ESALQ, 1974. 56 p.
6. Oliveira PSR, Deminicis BB, Castagnara DD, Gomes FCN. Efeito da adubação com fósforo do capim Mombaça em solos com texturas arenosa e argilosa. Arch. Zootec. 2012; 61: 397-406.



ÁREA: Identificação e controle de pragas, doenças e plantas invasoras

CAPÍTULO 29

ESTUDO DE EXTRATOS VEGETAIS PARA CONTROLE DE *Fusarium Oxysporum* ASSOCIADOS À CULTURA DO QUIABO (*Abelmoschus esculentus*. L. Moench)

Maria Helena Sousa Lima *; Anna Rafaela Rodrigues dos Santos 

*Mestranda – Pós Graduação em Zootecnia Tropical- UFPI
Email: mh316840@gmail.com*

Resumo: O uso de extratos vegetais tem sido um dos grandes avanços promissores nos estudos de combate a doenças fitopatogênicas. A cultura do quiabeiro (*Abelmoschus esculentus* L.) é uma das mais afetadas por diversas doenças de plantas no qual está relacionado com a murcha do Fusarium sendo ocasionada por *Fusarium oxysporum* f.sp. *vasinfectum* apresentando assim como o maior fator limitante da produção, extratos vegetais de origem oriunda da flora nativa com atividades antimicrobiana e um potencial de inibição satisfatório. Com objetivo de estudar o controle da fusariose do quiabeiro foi utilizado os extratos de Alho (*Kalanchoe pinnata*), Capim-limão (*Cymbopogon citratus*), Cravo da Índia (*Syzygium aromaticum*), Erva-Cidreira (*Melissa officinalis*) e Mastruz (*Chenopodium ambrosioides*) juntamente com o meio de cultura. Inicialmente foram realizados o processo de preparo dos extratos onde seguiram a sua preparação de duas formas a partir, de folhas frescas e desidratadas. Os melhores resultados foram os extratos de alho e cravo da Índia, ambos tiveram efeitos no crescimento micelial do *Fusarium oxysporum* f. sp. *vasinfectum*, inibindo cerca 70% do crescimento da colônia fúngica na concentração de 25 e 20 %, já os extratos de Capim limão e Mastruz não apresentaram efeitos fungitóxicos, uma vez que não apresentaram inibição no crescimento do fungo, o extrato de erva-cidreira mostra-se satisfatório usado para o controle de outros diversos fitopatógenos, existindo uma grande relação entre a concentração e o potencial de inibição nos extratos de alho e cravo da Índia, embora quanto maior a concentração maior o poder de inibição.

Palavras-chave: Agricultura familiar; Fitopatógenos ; Produtos alternativos.

Abstract: The use of several plant extracts has been one of the great promising advances in studies against phytopathogenic diseases. The culture of okra (*Abelmoschus esculentus* L.) is one of the most affected by various plant diseases in which it is related to Fusarium wilt and is caused by *Fusarium oxysporum* f.sp. *vasinfectum*, thus presenting the major limiting factor of production. One of the alternatives for control has been the use of plant extracts of native origin with antimicrobial activities and a satisfactory inhibition potential. The objective of this study was to study the control of okra fusarium fusion (Garlic (*Kalanchoe pinnata*), Lemongrass (*Cymbopogon citratus*), Clove (*Syzygium*

aromaticum), Lemongrass (*Melissa officinalis*) and Mastruz (*Chenopodium ambrosioides*) extracts. inserted together with the culture medium. Firstly, the extract preparation process was carried out, followed by its preparation in two ways, from fresh and dehydrated leaves. The best results were garlic and clove extracts, both of which had effects on mycelial growth of *Fusarium oxysporum* f. sp. *vasifectum*, inhibiting about 70% of the growth of the fungal colony at 25 and 20%, while the extracts of Lemongrass and Mastruz showed no fungitoxic effects, since they did not inhibit the growth of the fungus. The lemon balm extract is satisfactory once used to control other phytopathogens. It was observed that there is a great relationship between concentration and inhibition potential in garlic and clove extracts, although the higher the concentration the greater the inhibiting power.

Key Word: Family Farming; Phytopathogens; Alternative produc

INTRODUÇÃO

O quiabeiro (*Abelmoschus esculentus* L.) pertencente à família das Malváceas é cultivado em todo o mundo. No Brasil, apresenta grande popularidade, estando presentes em todos os mercados e feiras. É uma das mais tradicionais hortaliças cultivadas no Estado do Maranhão, estando presente em diversos polos produtores espalhados pelo Estado. Dentre os problemas fitossanitários da cultura, destaca-se a murcha de fusário, causada por *Fusarium oxysporum* f.sp. *vasinfectum* é o mais importante, constituindo fator limitante da produção (1).

Um das preocupações da sociedade é com os impactos e as práticas agrícolas no meio ambiente e a contaminação com pesticidas vêm alterando o cenário agrícola, resultando na presença de segmentos de mercado que visam à aquisição de produtos diferenciados (2).

Plantas medicinais possuem compostos secundários, compostos não-vitais às plantas, mas com função de proteção contra pragas e doenças e atração de polinizadores, que tanto podem ter ação fungitóxica, ação antimicrobiana direta, como eliciadora, ativando mecanismos de defesa nas plantas (ação antimicrobiana indireta) (3).

Em cultivos orgânicos, o uso de caldas, extratos, biofertilizantes, preparações homeopáticas e agentes de controle biológico podem reduzir a intensidade de doenças fitopatogênicas nas plantas. (4).

Diante disto, devidos aos prejuízos causados por ataques de fungos fitopatogênicos no quiabeiro, e a falta de usos alternativos para o controle do mesmo, busca-se um meio alternativo para a diminuição do uso excessivo de agrotóxicos no município de Caxias,

tendo como grande importância o investimento em pesquisas na área, que busque métodos que possam controlar as doenças fúngicas e contribuir para a redução de impactos ambientais nas áreas agrícolas e do solo.

Neste contexto, o presente trabalho visa avaliar os extratos desenvolvidos a partir de plantas de Alho (*Kalanchoe pinnata*), Capim-limão (*Cymbopogon citratus*), Cravo da Índia (*Syzygium aromaticum*), Erva-Cidreira (*Melissa officinalis*) e Mastruz (*Chenopodium ambrosioides*) como alternativa no controle de *Fusarium oxysporum*, tendo assim um possível substituto aos produtos químicos utilizados pelos produtores para controle destes fitopatógenos através desse estudos levantar pesquisas na área por meio dos experimentos que serão utilizados para essa finalidade sendo de suma importância que haja investimentos necessários para que sejam utilizados métodos de controle dessas doenças fitopatogênicas, que tenham eficiência e não tenha riscos para a lavoura, para o consumidor, agricultor e para o próprio ambiente.

O presente trabalho tem por objetivo indicar e avaliar extratos de plantas vegetais no controle de fungos associados à cultura do quiabeiro. Em relação aos específicos foram tratados na pesquisa, avaliar concentrações adequadas dos extratos vegetais para o controle de *Fusarium oxysporum* f.sp. *vasifectum*, identificar *in vitro* os extratos que apresentarem melhores efeitos no controle de *Fusarium oxysporum* f.sp. *vasifectum* em quiabeiro, por fim quantificar *in vitro* o efeito de plantas medicinais no crescimento micelial *Fusarium oxysporum* f.sp. *vasifectu*.

MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram realizados no Laboratório de Microbiologia de Alimentos do Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Maranhão- IFMA – Campus Caxias. Os patógenos utilizados foram adquiridos a partir de plantas com sintomas das doenças, coletadas em áreas de cultivo no município de Caxias-MA, sendo também recebidos por meio de doação pelo laboratório de Fitopatologia da Universidade Estadual do Maranhão- UEMA.

Os fitopatógenos foram cultivados em meio BDA (Batata - Dextrose - Ágar) por dez dias a 25°C +2°, Umidade Relativa (UR) 80 % e fotoperíodo de 12 horas em

laboratório, procedimento microbiológico que facilitou a cultivação desses extratos e suas especificidades.

Em seguida, os fitopatógenos foram avaliados em *in vitro* com a utilização dos extratos aquosos de Alho (*Kalanchoe pinnata*), Capim-limão (*Cymbopogon citratus*), Cravo da Índia (*Syzygium aromaticum*), Erva-Cidreira (*Melissa officinalis*) e Mastruz (*Chenopodium ambrosioides*) de plantas avaliadas no horto medicinal do IFMA Campus Caxias.

Os extratos seguiram sendo preparados em dois modos: a partir de folhas frescas e de folhas desidratadas, onde para obtenção do extrato de folhas desidratadas, foram coletadas e colocadas em estufa a 65 °C por 72 horas. Posteriormente, trituradas em liquidificador onde foram pesadas dez gramas do pó obtido e assim adicionados a noventa mL de água destilada. O extrato aquoso de folhas frescas foi obtido a partir da trituração das folhas em liquidificador, liquidificador onde foram pesadas dez gramas do pó obtido e assim adicionados a noventa mL de água destilada.

As suspensões de ambos os extratos permaneceram em repouso em recipiente totalmente fechado com papel alumínio por um período de 24 horas, em temperatura ambiente. Após esse período, foram feitos a filtragem da suspensão em filtro Whatman e, em seguida os filtrados foram utilizados em ensaios *in vitro*.

Em seguida juntamente com o meio de cultura Batata-dextrose-ágar (BDA) ocorreu o processo no qual o meio é fundido juntamente com os extratos separadamente de acordo com as concentrações determinadas que seguiam de 0, 5, 10, 15, 20 e 25 %.

O meio homogeneizado de todos os extratos foi vertido em placa de petri, e depois de sua solidificação, foi realizado a repicagem de um disco micelial de 0,08 cm de diâmetro do fitopatógeno, retirado de uma cultura pura cultivada durante sete dias, bem no centro de cada placa com seus respectivos tratamentos e concentrações e incubadas em câmara BOD numa temperatura de 27°C +2°, fotoperíodo de 12 horas e umidade relativa de 80%.

Os extratos adicionados em suas devidas concentrações em meio BDA, conteúdo antibiótico, amoxicilina. Posteriormente o BDA tratado forma vertido em placas de Petri recebendo discos de micélio de aproximadamente cinco milímetros do fungo *Fusarium*

oxysporum, obtidos a partir de cultura pura. As placas mantidas em temperatura ambiente (25 ± 2 °C), umidade relativa de 70 % e fotoperíodo de 12 horas.

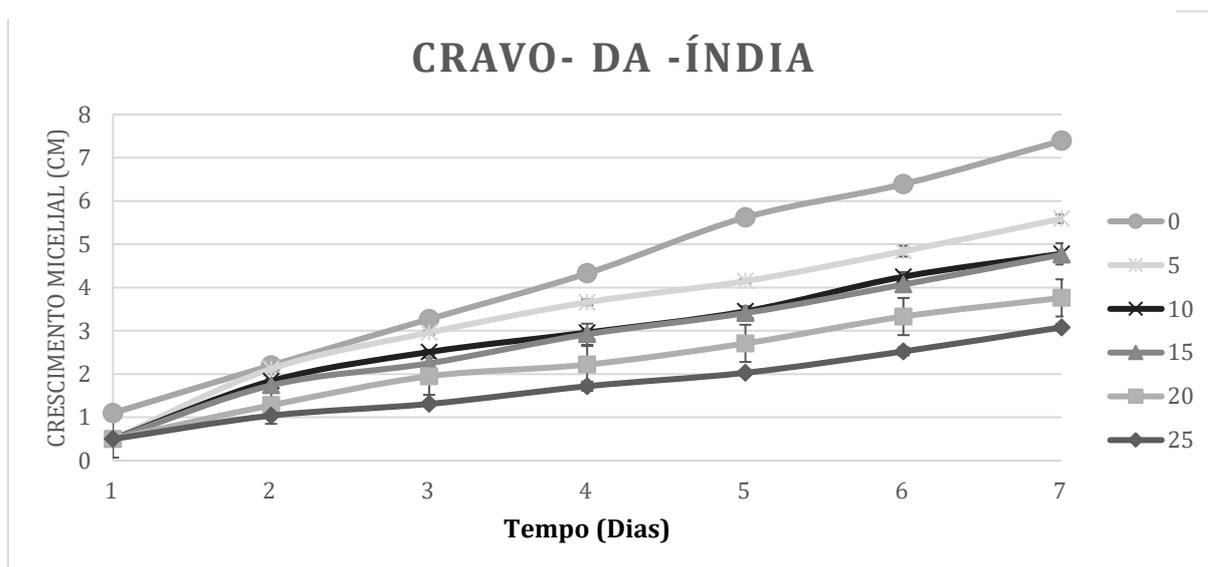
As avaliações do crescimento micelial foram realizadas diariamente através da medição da colônia, estabelecendo-se a média de duas medidas tomadas em sentido diametralmente oposto, até que toda a placa seja preenchida pelo crescimento do fungo. Posteriormente foi calculado o Percentual de Inibição do Crescimento micelial (P.I.C.), segundo Edginton et al. (1971): $P.I.C = [\text{crescimento da testemunha} - \text{crescimento do tratamento}/\text{crescimento da testemunha}] \times 100$, para o período de avaliação. Os dados obtidos foram comparados no teste de Tukey a 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Em decorrer dos experimentos constatou-se que o extrato de cravo da índia a 25% e 20%, apresentou-se resultados e efeitos inibitórios durante os dias iniciais após a inoculação, após o período dos dias iniciais foi possível observa-se que durante dos demais dias de inoculação o extrato foi perdendo o seu potencial inibitório sobre o fitopatógeno, sendo assim foi notório que as colônias fúngicas apresentaram um controle durante os primeiros dias e posteriormente a isso as colônias apresentaram um índice de crescimento considerável em relação as outras concentrações, entretanto as colônias fúngicas cresceram.

De acordo com (6), os extratos de cravo-da-índia apresentam em sua composição eugenol e betacariofileno, substâncias estas com uma grande capacidade inibitória de fungos fitopatógenos, já (7) reforça a grande importância da utilização de extratos vegetais no controle de fitopatógeno, no qual tem um grande desempenho e é de fácil acesso para o agricultor e com baixo custo benéfico.

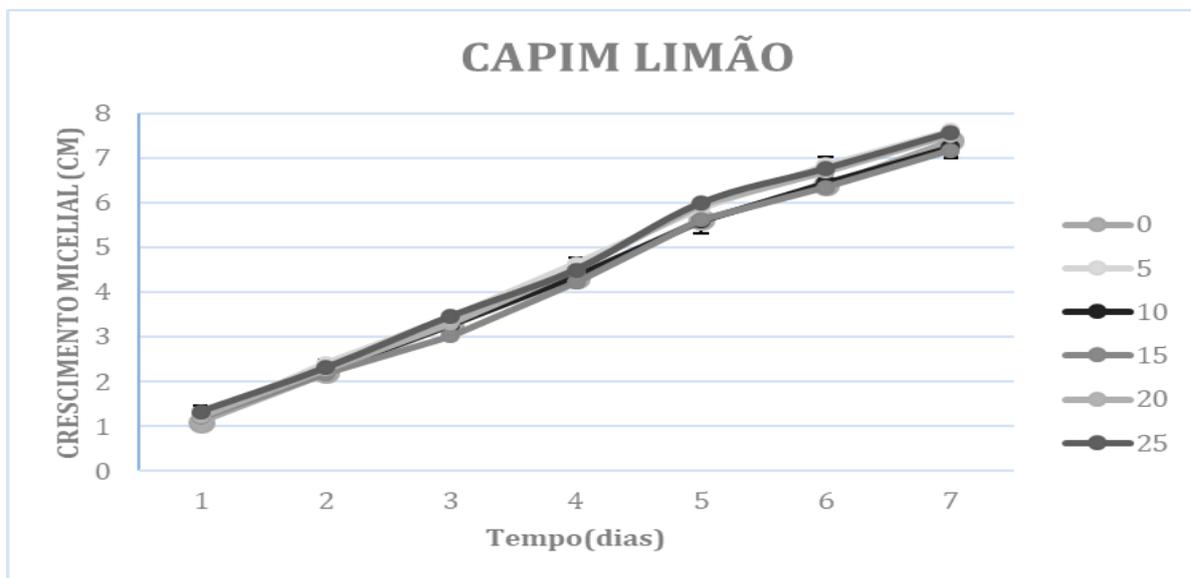
Figura 1– Detalhamento do crescimento micelial de *Fusarium oxysporum* f.sp. *vasinfectum* em suas diferentes concentrações do extrato aquoso de Cravo-da- Índia.



Segundo as informações da figura foi possível analisar que o extrato de Cravo da Índia, apresentou em suas devidas maiores concentrações e nas menores concentrações, efeitos com um potencial inibitório favorável no qual se dá em decorrência dos princípios ativos e antimicrobiano do extrato. O extrato aquoso de Cravo da Índia teve significativamente um desenvolvimento em=antimicrobiano sobre o crescimento de *Fusarium oxysporum* f. sp. *vasinfectum*, tendo diferença significativa com relação aos demais extratos presentes na Figura 1.

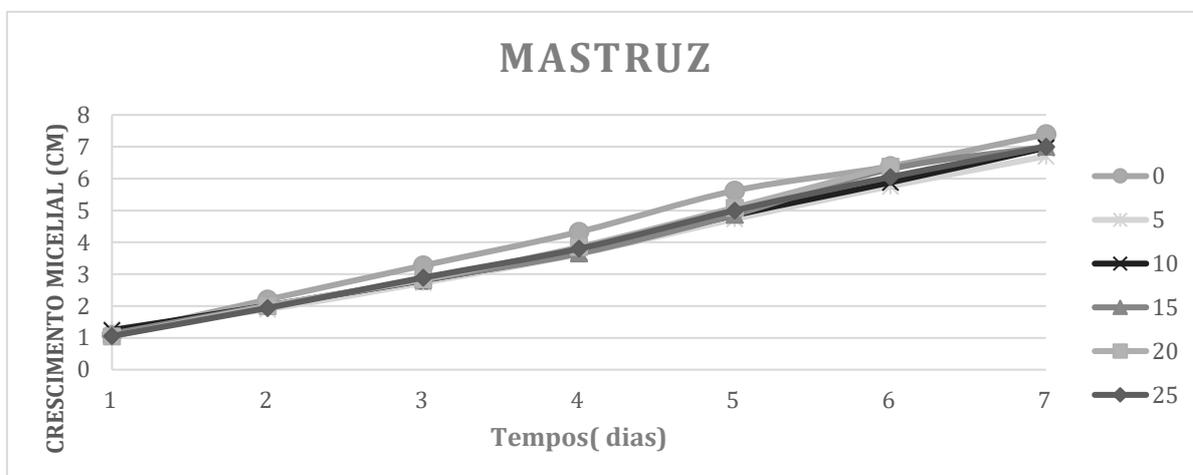
De acordo com (8), obteve redução de 100% no crescimento micelial de *F. solani* utilizando o extrato de cravo-da-Índia a 20%. Já o autor (9) obteve reduções significativas da incidência de *Fusarium oxysporum* f. sp. *vasinfectum* em sementes de algodão quando tratadas com extrato de melaleuca a concentração a 12%.

Figura 2 – Crescimento micelial de *Fusarium oxysporum* f.sp. *vasinfectum* na utilização do extrato aquoso de capim limão em suas devidas concentrações .



Na figura 2, foi possível observarmos que tanto o extrato de capim limão em suas devidas concentrações não apresenta nenhum tipo de relação a inibição do crescimento da colônia fúngica tendo semelhança assim com o crescimento da testemunha.. Embora que estejam ligados com relação ao aumento das concentrações, quanto maior a concentração maior será o percentual de inibição do extrato. Durante o experimento o extrato de capim limão embora tenha sido testado em suas concentrações de menor para o maior, apresentaram relativamente comparação com a testemunha onde não apresentava nenhum tipo de extrato junto com o meio de cultura.

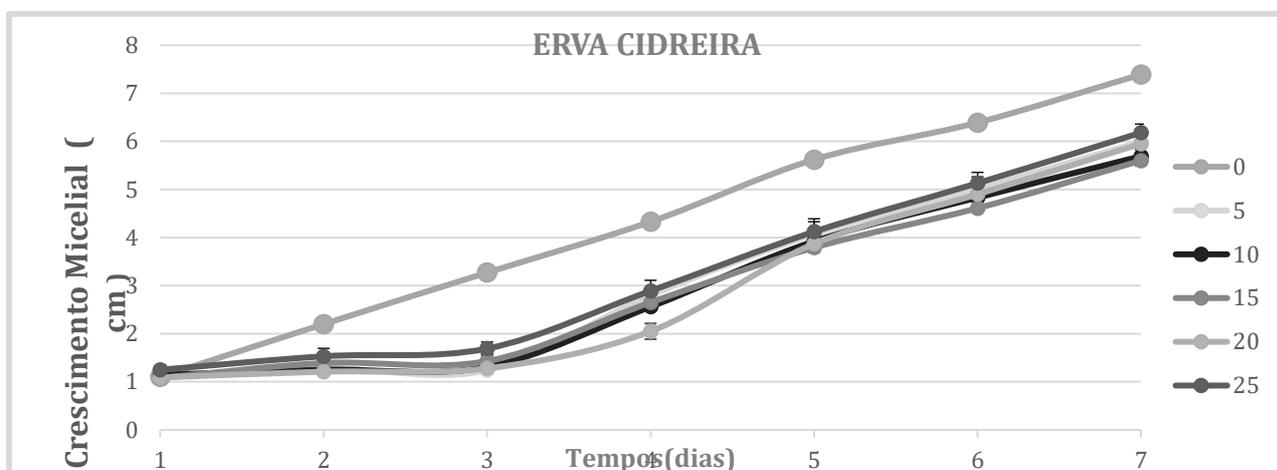
Figura 3 – Crescimento micelial de *Fusarium oxysporum* f.sp. *vasinfectum* na utilização do extrato aquoso de mastruz em suas devidas concentrações .



De acordo com a Figura 3, o extrato de mastruz não apresentou efeitos inibitórios satisfatórios em relação aos demais extratos não apresentando semelhanças com questões relacionadas a maiores concentrações, tendo assim um crescimento total em todas as devidas concentrações sendo comparado com a testemunha. As placas contendo o fitopatógeno e devido extrato apresentaram mudanças na coloração da sua colônia, apresentando cores esbranquiçadas.

Estudos com extratos de plantas tem-se mostrado bastante eficientes no controle de doenças fúngicas (10), por exemplo em estudo com o extrato de erva-cidreira no controle de *Colletotrichum hamnicola* demonstraram que os extratos apresentaram ação fungitóxica.

Figura 4– Crescimento micelial de *Fusarium oxysporum* f.sp. *vasinfectum* na utilização do extrato aquoso de erva- cidreira em suas devidas concentrações .



Segundo a figura 4 a acima, o extrato de erva cidreira em suas devidas concentrações foi possível observar que o extrato apresenta índices inibitórios em seus dias iniciais levando em consideração as concentrações de 25, 20, 15, 10 % apresentaram em torno de três dias um crescimento com uma média de 3,5 após os próximos dias o extrato começou a ter uma grande diminuição no seu efeito fungitoxico, fazendo com que o fungo desenvolva-se durante os 7 dias, a qual esses fatores estão interligados com questões de armazenamento e manipulação.

Assim é verificado que a ação fungitoxica do extrato, pode esta relacionado com o dosagem e o percentual de inibição, onde pode se averigua que quanto maior a dosagem maior o percentual de inibição .

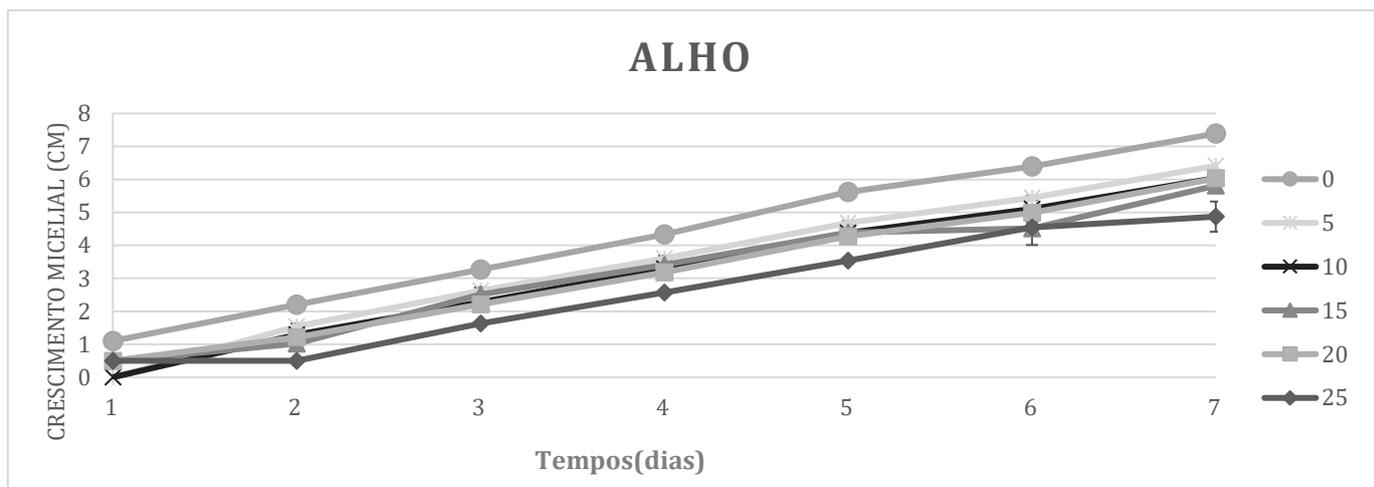
O extrato de alho constatou-se que 25 %, apresentou-se melhores efeitos de inibição somente nos primeiros dias do iniciais do experimento do bioensaio, após os dias foi notório que o mesmo apresentou um desenvolvimento em relação ao seu potencial inibitório, assim percebe-se que o extrato foi perdendo seu efeito inibitório apresentando assim o crescimento da colônia fúngica no decorrer dos dias.

Tal fato pode ser atribuído a volatilização dos principais compostos presentes no extrato aquoso de alho e, sob a influência da luminosidade e temperatura podem ser transformados e perdidos ao longo dos dias.

Os extratos aquosos de alho e cravo-da-índia apresentaram de forma relativamente igual sobre o potencial inibitório sobre o crescimento micelial do patógeno. Ambos os extratos diminuíram o crescimento do patógeno em relação aos

demais extratos e as devidas concentrações. Os resultados obtidos a partir dos experimentos conforme o Percentual de Inibição do Crescimento Micelial (PIC), mostram a relação do efeito inibitório dos extratos vegetais com relação ao fitopatógeno estudado, apresentando assim nenhuma diferença entre si pelo teste tukey a 5 %.

Figura 5- Crescimento micelial de *Fusarium oxysporum* f.sp. *vasinfectum* na utilização do extrato aquoso de alho em suas devidas concentrações .



Os extratos testados em todo o experimento apenas os tratamentos de Capim Limão e Mastruz não apresentaram inibição no crescimento micelial do patógeno, todos os demais extratos apresentaram inibição nas concentrações de 25 e 20 %, tendo assim o extrato de Cravo da Índia, que apresentou o maior potencial de inibição a partir dos resultados obtidos seguindo assim do extrato de alho e posteriormente o extrato de Erva. No qual podemos observa essas formações na Tabela 1, abaixo.

Segundo os resultados dos experimentos in vitro mostra que os extratos de cravo da índia e alho influenciaram negativamente no crescimento micelial do patógeno *Fusarium oxysporum* f. sp. *vasifectum*, no apresentaram 70 % de inibição do crescimento micelial da colônia fúngica, foi possível observa que durante o período de sete dias os extratos permitiram que a colônia fungica apresentassem características, nos dias iniciais apresentou 1 cm de diâmetro no qual foi possível observa a olho nu, ocorrendo assim mudanças na coloração da colônia.

Os experimentos que obtivemos in vitro, tem com resultados a partir do Percentual de Inibição do Crescimento micelial de extratos de cravo-da-índia e de alho em concentrações de 20 e 25 %, demonstraram efeitos satisfatórios em relação a inibição do fitopatogêneo, com percentuais significativos quando comparados pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Tabela 6 - Percentual de Inibição do Crescimento Micelial (PIC). Valores seguidos da mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

amentos	Concentração																	
	0%			5%			10%			15%			20%			25%		
Alho	0,00	c	B*	13,23	b	B	17,46	b	B	21,38	b	B	18,40	b	B	34,10	a	B
CAPIM LIMÃO	0,00	c	C	0,00	b	C	2,89	b	C	3,27	b	C	0,00	b	C	0,22	a	C
Cravo	0,00	c	A	25,24	b	A	32,90	b	A	35,59	b	A	49,12	b	A	58,32	a	A
ERVA CIDREIRA	0,00	c	B	20,67	b	B	21,18	b	B	9,96	b	B	19,49	b	B	16,37	a	B
Mastruz	0,00	c	C	9,00	b	C	6,52	b	C	5,30	b	C	1,84	b	C	5,28	a	C

CONCLUSÕES

Diante dos resultados obtidos, conclui-se que os melhores tratamentos são decorrentes de extratos de cravo da índia e alho. Os resultados mostram que em in vitro os extratos de cravo da índia tiveram influencias sobre o crescimento micelial, influencias negativas em prol do crescimento do *Fusarium oxysporum f. sp. vasifectum*, apresentando assim em volta de 70% de inibição durante os dias iniciais do experimento nas concentrações de 25 e 20 %, da quantidade de extrato vertido juntamente com o meio, já os resultados obtidos através dos extratos de capim limão e mastruz não tiveram efeitos satisfatórios em relação ao controle de inibição do mesmo, no qual isso pode estar interligado com questões de manipulação e coleta dessas plantas .Os resultados obtidos com extrato de erva cidreira mostra efeito satisfatórios, uma vez que estes podem ser utilizados no controle de diversos fitopatogêneos.

Devem ser realizados mais estudos para que haja melhores resultados. Acredita-se que por conta da forma de manipulação e preparo desses extratos pode ser que tenha fatores que alterem a composição dos extratos e no local onde as plantas se encontravam podem ter interferido nos resultados obtidos. Em virtude dessas análises, os resultados estão inteiramente ligados aos físicos e estruturais da planta. Por fim, indica-se que extratos com índices de inibição favorável sejam testados em campo em prol do melhoramento das plantas em decorrência dessas doenças causadas pelo fitopatógeno.

REFERÊNCIAS

- 1-SILVA, G.S.; PEREIRA, A. L. Efeito da Incorporação de Folhas de Nim ao Solo sobre o Complexo Fusarium x Meloidogyne em Quiabeiro. *Summa Phytopathol.*, Botucatu, v. 34, n. 4, p. 368-370, 2008.
- 2 MORANDI, M. A. B; BETTIOL, W. Integração de métodos biocompatíveis no manejo de doenças e pragas: experiências em plantas ornamentais e medicinais. *Tropical Plant Pathology*, Brasília, v. 33, p. 31-34, 2008.
- 3 STANGARLIN, J. R. et al. Plantas medicinais e controle alternativo de fitopatógenos. *Biotechnol. Ciênc. Desenv.*, Brasília, v.2, n.11, p.16-21, 1999.
- 4- DINIZ, L. P. et al. Avaliação de produtos alternativos para controle da requeima do tomateiro. *Fitopatologia Brasileira*, Brasília, v. 31, n. 2, p. 171-179, 2006.
- 5 SCHWAN-ESTRADA, K. R. F. Extratos vegetais e de cogumelos no controle de doenças de plantas. *Horticultura Brasileira*, Vitória da Conquista, v. 27, n. 2, p.4038-4045, 2009. Suplemento.
- 6 ROBBERS, J. E.; SPEEDIE, M. K.; TYLER, V. E. *Farmacognosia e farmacobiotecnologia*. São Paulo: Premier, 1997. 372 p.2008.
- 7- DEQUECH, S. T. B. et al. J. Inseticidas botânicos sobre *Liriomyza huidobrensis* Blanchard (Diptera: Agromyzidae) e seus parasitóides em feijão-de-vagem cultivado em estufa. *Revista Biotemas*, v. 23, n. 2, 2010
- 8- VENTUROSO, L. R.; BACCHI, L. M. A.; GAVASSONI, W. L. Atividade antifúngica de extratos vegetais sobre o desenvolvimento de fitopatógenos. *Summa Phytopathologica*, Botucatu, v. 37, n. 1, p. 18-23, 2011.
- 9 FRASSON, D. B.; ARAÚJO, D. V.; MACHADO, E. Z.; MAINARDI, J. T.; MENIN, L. F.; MIRANDA, E. L. Efeito do controle alternativo de *Fusarium oxysporum* f. sp. *vasinfectum* em sementes de algodoeiro. In: Congresso Brasileiro de Fitopatologia, 43. Cuiabá. Resumos... Cuiabá: SBF, 2010. p. 402
- 10 TAGAMI, O. K. et al. Fungitoxidade de *Bidens pilosa*, *Thymus vulguralis*, *Lippia alba* e *Rosmarinus officinalis* no desenvolvimento in vitro de fungos fitopatogênicos. *Semina: Ciências Agrárias*. Londrina, v. 30, n.2. 285-294, 2009.



**ÁREA: Nutrição animal,
patologia e clínicas**

DOI: <https://doi.org/10.53934/9786585062039-30>

CAPÍTULO 30

EFEITOS DA NUTRIÇÃO SOBRE A FUNÇÃO TIREOIDIANA E DESEMPENHO DE ANIMAIS DE PRODUÇÃO: REVISÃO DE LITERATURA

Antônio Daniel Lima do Nascimento¹ *; Juliano Martins Santiago² ; Rossana Herculano Clementino³ 

¹Graduando em zootecnia, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Unidade Acadêmica de Serra Talhada-PE, UFRPE/UAST- Email: danieldaniellima@outlook.com.br

²Médico veterinário e Docente do Curso de zootecnia, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Unidade Acadêmica de Serra Talhada-PE, UFRPE/UAST

³Zootecnista e Docente do curso de zootecnia, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Unidade Acadêmica de Serra Talhada-PE, UFRPE/UAST

Resumo: A nutrição é um fator relevante para a otimização do desempenho e promoção do bem-estar animal nos sistemas de criação intensivo e semi-intensivo, através da formulação e fornecimento de dietas capazes de suprir as necessidades nutricionais. Os efeitos do fornecimento de dietas desbalanceadas ou que contenham substâncias bociogênicas são refletidos através da ocorrência de disfunções metabólicas como exemplo das endocrinopatias da glândula tireoide (hipotireoidismo, hipertireoidismo e bócio). Tais patologias são responsáveis por retardar o desempenho animal quanto a conversão alimentar, sem falar que estão diretamente ligadas a maior ocorrência de problemas reprodutivos como retenção de placenta, abortos e natimortalidade. Tendo em vista a importância da nutrição sobre a produtividade e equilíbrio metabólico, objetivou-se reunir informações sobre alimentos bociogênicos, destacar a sua influência sobre a função tireoideana e os reflexos na produção animal. Concluiu-se que as disfunções tireoideanas são comuns a todas as espécies animais e provocadas por diversos fatores como excesso ou carência de iodo dietético, presença de substâncias bociogênicas nos alimentos, privação energética, carência de zinco, selênio e excesso de cálcio.

Palavras-chave: Bócio; Metabolismo; Substâncias bociogênicas; Tetraiodotironina; Triiodotironina

Abstract: Nutrition is a relevant factor for performance optimization and promotion of animal welfare in intensive and semi-intensive farming systems, through the formulation and supply of diets capable of meeting nutritional needs. The effects of providing unbalanced diets or those containing goitrogenic substances are reflected through the occurrence of metabolic dysfunctions, for example endocrinopathies of the thyroid gland (hypothyroidism, hyperthyroidism and goiter). Such pathologies are responsible for delaying animal performance in terms of feed conversion and milk and egg production,

which are directly linked to a greater occurrence of reproductive problems such as retained placenta, abortions and stillbirths. In view of the importance of nutrition on productivity and metabolic balance, the objective was to gather information about goitrogenic food, to highlight its influence on thyroid function and the reflections on animal production. It was concluded that thyroid dysfunctions are common to all animal species and they are caused by several factors such as excess or lack of dietary iodine, presence of goitrogenic substances in food, energy deprivation, lack of zinc, selenium and excess calcium.

Key-words: Goiter; Metabolism; Goitrogenic substances; Tetraiodothyronine; Triiodothyronine

INTRODUÇÃO

A nutrição apresenta grande influência sobre a reprodução, desempenho zootécnico e saúde dos animais (1), pois uma vida saudável está intimamente relacionada com a qualidade da alimentação (2). Muitos estudos vêm sendo desenvolvidos acerca do valor nutricional dos alimentos destinados ao consumo animal, uma vez que muitos desses são conhecidos pelo seu alto valor nutricional, entretanto quando analisados bromatologicamente podem apresentar baixa biodisponibilidade (3,4).

A presença de fatores antinutricionais, antinutrientes e anticrescimento reduz a disponibilidade dos nutrientes presentes nos alimentos e dessa forma podem ser causadores de efeitos deletérios a fisiologia animal (5). A maioria dos fatores antinutricionais estão presentes nos vegetais de forma natural, com a finalidade de proteção contra o ataque de fungos, bactérias e insetos (6). Nesse sentido, avaliar os alimentos a partir da bromatologia é fundamental para que seja possível o seu uso na formulação de dietas balanceadas e seguras para os animais de produção.

Dieta balanceada é aquela capaz de prover, para um animal, os diversos nutrientes, numa proporção compatível com determinado nível de produção diária (7). Dentre os micronutrientes, destaca-se o iodo que apesar de se encontrar em outros tecidos como ovários, rins, placenta, glândula mamária e tecidos do trato digestório, 80% está concentrado na glândula tireoide tendo como única função fisiológica ser componente dos hormônios tireoidianos (8), sendo fundamental para a normal produção de tiroxina (T4) e triiodotironina (T3) (9).

A necessidade de iodo varia de acordo com a espécie, estado fisiológico, clima, assim como o ambiente, e sua carência é apontada como uma das principais causas da ocorrência de bócio, não só em animais, como também em humanos (9,10).

O bócio consiste no aumento do volume da glândula tireoide sem envolvimento de processo inflamatório ou neoplásico em virtude da redução basal dos hormônios (T3) e (T4) pela ausência de iodo disponível para utilização, gerando-se uma hiperestimulação tireoidiana através da ação do hormônio tiroestimulante (TSH) (11,12,13). Segundo Martins et al. (14), vários fatores podem estar relacionados a baixa concentração de iodo na circulação sanguínea como a deficiência do mineral na alimentação, ingestão de substâncias bociogênicas presentes em espécies vegetais ou silagens a base de soja, deficiência de selênio ou elevado nível de cálcio.

De fundamental importância para a espécie animal e humana, a deficiência do mineral iodo leva a uma anomalia clínica, que na maioria das vezes provoca alterações

no metabolismo da água, proteínas, carboidratos, lipídeos e de outros minerais, com consequências que refletem sobre a reprodução, produção de leite, ovos, lã, ganho de peso e desempenho dos animais (10). Em vacas gestantes, a baixa concentração de iodo provoca o nascimento de crias com bócio congênito, o qual se caracteriza pelo aumento do volume da glândula tireoide (15,16,17,18). Essa anomalia congênita provoca crescimento deficiente, anorexia, mixedema e intolerância ao frio (19,20).

O consumo de alimentos com baixo teor de iodo é o fator apontado como principal responsável pela maior frequência da ocorrência de bócio no Brasil (21,22,18). A concentração de iodo nos alimentos de origem vegetal terrestre é baixa (23) e, além disso, existem plantas com alto conteúdo de precursores bociogênicos, como as da família *Brassicaceae*, *Poaceae*, *Leguminosae*, *Euphorbiaceae*, *Leucaena leucocephala*. De acordo com Gonzalez (23), substâncias bociogênicas são aquelas que alteram a síntese, a liberação ou ação dos hormônios tireoidianos, causando uma disfunção no funcionamento da tireoide.

Devido ao sistema de criação intensivo que visa a exploração máxima do potencial produtivo, através do fornecimento de dietas padronizadas, menos diversificadas e que tem o milho, a soja e outros alimentos bociogênicos como constituintes básicos da dieta, os animais de produção tornam-se bastante vulneráveis as disfunções metabólicas. De acordo com Mezzomo e Nadal (24) as isoflavonas presentes na soja são capazes de inibir a tireoperoxidase (TPO), enzima importante para a oxidação do iodeto e síntese dos hormônios tireoidianos.

Tendo em vista a importância da nutrição sobre a produtividade, entendimento das disfunções metabólicas relacionadas a alimentação, identificação de substâncias presentes nos alimentos que alteram o funcionamento da glândula tireoide, saúde e consequentemente o bem-estar animal, objetivou-se com essa revisão reunir informações sobre alimentos bociogênicos, destacar a sua influência sobre a função tireoidiana e os reflexos na produção animal.

IMPORTÂNCIA DO IODO PARA A SÍNTESE DE TRIIODOTIRONINA (T3) E TIROSINA (T4)

O iodo é um oligoelemento essencial para os animais e o único elemento mineral cuja carência ocasiona uma anomalia clínica específica e de fácil reconhecimento: o bócio ou hiperplasia da glândula tireoide (2). A ingestão desse micromineral é indispensável para a produção de tirosina (T4) e de triiodotironina (T3), os quais são hormônios tireoidianos (2) sintetizados pela junção de duas moléculas de tirosina (25) que por sua vez é composta por quatro moléculas de iodo.

A liberação dos hormônios tireoidianos na circulação é regulada pelo eixo hipotálamo-hipófise-tireoide (25), entretanto para síntese desses é essencial a presença de duas moléculas: a tirosina, que faz parte da tireoglobulina, e o iodo (I_2), que é convertido em iodeto (I^-) no trato gastrointestinal (12). O iodeto circula no plasma ligado à proteínas plasmáticas, sendo rapidamente distribuído, e em seguida é transportado para a glândula tireoide (2) através de um transportador específico (co-transportador sódio-iodeto (Na^+/I^- symport-(NIS), dependente de ATP (26,27). A proteína NIS (sodium iodide symporter) possibilita a entrada do iodeto nas células foliculares.

De modo geral, o iodeto captado pela bomba de iodeto através do estímulo gerado pelo TSH (Hormônio Tireoestimulante) é oxidado a tirosina. Essa molécula,

posteriormente será convertida em tireoglobulina pela ação da enzima peroxidase, sendo armazenada no coloide folicular (28). Para que os hormônios tireoidianos sejam liberados pela glândula especializada, a tireoglobulina deve ser translocada para a célula folicular (2) onde sofrerá hidrólise pelas enzimas lisossomais, ocorrendo desse modo a liberação de T3 e T4 no sangue (28).

A disponibilidade de iodo no organismo promove a regulação neuroendócrina e exerce função de controlar os efeitos fisiológicos dos hormônios tireoidianos (2). Além disso, a hormoniogênese e o crescimento da glândula tireoide por processo de auto-regulação são controlados conforme a disponibilidade de iodo na célula e, desse modo, em um estado de deficiência desse no organismo, o seu transporte é aumentado uma vez que o mecanismo auto-regulatório é ativado para manter um equilíbrio fino no estoque de hormônios tireoidianos na glândula sem que haja, entretanto, mudança detectável nos níveis de TSH (29).

A carência ou excesso da concentração de iodo no organismo induz a ativação de uma série de mecanismos reguladores para a promoção do equilíbrio metabólico. Em seus estudos, Kimura (29) relata que o excesso de iodo bloqueia a enzima Duox (dual oxidase) que é importante para a geração de H₂O₂ (peróxido de hidrogênio), o qual é indispensável para a organificação desse oligomíneral, possibilitando a sua conversão em uma forma utilizável. O efeito inibitório do iodo que ocorre na glândula tireoide é caracterizado pela diminuição da atividade do transportador de iodo, redução da organificação do iodo (efeito Wolf-Chaikoff), inibição da secreção de T4 e T3 armazenados no coloide folicular e, conseqüentemente, ocorre a diminuição dos hormônios tireoidianos liberados pela glândula na circulação.

Para reforçar a importância do iodo sobre a ativação de mecanismos reguladores, Mezzomo e Nadal (24) relataram que o baixo consumo desse micronutriente faz com que a tireoide se adapte a essa condição, aumentando a secreção de TSH pela hipófise. Esse aumento eleva a depuração plasmática de iodeto inorgânico pela tireoide, através da estimulação da expressão do NIS (Sodium Iodide Symporter). Knobel e Medeiros Neto (30) afirmaram que a glândula tireoide, face à carência de iodo, se adapta por incremento da captação deste halogênio, aumenta a sua massa glandular (hipertrofia/bócio), induz secreção preferencial de T3 e eleva a síntese e liberação de TSH. Tais estudos ratificam a influência do iodo sobre o funcionamento da tireoide.

A baixa concentração de iodo nos alimentos, assim como no organismo e o seu impacto sobre a reprodução é bastante significativo. A carência de iodo afeta a atividade reprodutiva pois esse é responsável por 20% da carga global para as mulheres e 14% para os homens (31). Desse modo, a prevenção da deficiência desse mineral tem um papel importante sobre a redução da ocorrência de problemas reprodutivos em humanos e animais. Segundo Dugassa e Negassa (32), um documento produzido pelo Ministério Etíope da Saúde mostrou que para cada dia de atraso no consumo do sal iodado, mais de 50.000 crianças nasceram com capacidade mental reduzida e 50.000 mortes pré-natais ocorrem todos os anos em virtude da carência de iodo.

De acordo com Hetzel (33), a deficiência de iodo nos animais domésticos além de causar uma síntese subnormal dos hormônios tireoidianos, também é responsável por desencadear falhas reprodutivas tais como elevada incidência de abortos espontâneos, natimortalidade e nascimento de bezerros fracos. McDowell (34) citou outros problemas reprodutivos associados a carência de iodo como ciclo irregular, baixas taxas de concepção, placentas retidas e diminuição da libido. Who (35) afirmou que em ovinos os

efeitos da falta de iodo vão além de maior incidência de abortos e natimortalidade, associando-a também a redução de peso dos fetos, comprometimento do crescimento da lã, puberdade tardia e período de gestação prolongado.

O tratamento para suprir a deficiência de iodo é a suplementação via dieta, em que se recomenda a inclusão de 0,45 mg/Kg de matéria seca (MS) de iodo para vacas em lactação e 0,33 mg/Kg de MS para vacas que não estão em lactação (36). Com a iodação do sal é menos frequente encontrar bócio nos animais e no homem e, nesse sentido, o iodo deve ser incorporado no sal na proporção de 10 a 100 ppm de sal (23). De acordo com o mesmo autor, a quantidade diária recomendada de iodo na dieta é de 35 mg/Kg de peso corporal (PC) para adultos e de 70 mg /Kg de PC para neonatos, uma vez que o leite não é considerado uma fonte adequada de iodo, contribuindo com apenas 5% dos requerimentos.

Conforme Martins et al. (14), a deficiência de iodo em ruminantes é um fenômeno que tem sido relatado em diferentes países da América do Sul, e no Brasil há relatos de bócio no Estado do Mato Grosso, onde foi identificado três surtos nos quais houve manifestação clínica da deficiência principalmente em bezerros. Micheloud et al. (37) relataram no noroeste argentino três surtos da deficiência de iodo em bovinos, caracterizados por bezerros natimortos ou que morreram poucas horas após o parto e, após a realização da necropsia, observaram achados compatíveis com bócio congênito, em que os bezerros nasceram com um aumento de volume na glândula tireoide, enquanto nenhuma das mães manifestaram sinais clínicos associados à deficiência de iodo. Em animais adultos, os efeitos dos baixos níveis de iodo na alimentação são, na maioria das vezes, subclínicos (14).

Altas concentrações de iodo nos alimentos é apontada como uma possível causa para o aumento do hipertireoidismo em felinos domésticos, pois como afirma Scarlett (38), em gatos fatores nutricionais foram sugeridos como potenciais agentes indutores dessa anomalia. Além disso, a deficiência ou o excesso de iodo têm sido indicados por diferentes autores como um importante fator para o desenvolvimento de disfunção tireoidiana, em especial hipertireoidismo mediante dietas contendo níveis elevados desse elemento (39). Entretanto, o papel do iodo no hipertireoidismo felino não está bem esclarecido, levando em consideração que existem outras substâncias presentes nos alimentos que alteram o sistema endócrino, como metais pesados e hidrocarboneto clorado.

A ingestão diária adequada de iodo é dificultada, tendo em vista que o conteúdo desse mineral contido nos alimentos para gatos é extremamente variável (40,41), além de que a sua concentração nos alimentos de origem vegetal é baixa (42) e, dessa forma, torna-se difícil o consumo balanceado pelos animais. Para humanos a necessidade de iodo na dieta é de 150 a 200 µg/dia, uma vez que o consumo de quantidades menores que 50 µg/dia levam à carência deste elemento, com conseqüente hipofunção tireoidiana (30). Esses autores ainda afirmam que quantidades maiores que 1.000 µg/dia podem levar à maior prevalência de doenças tireoidianas autoimunes. As recomendações de iodo para cães e gatos, segundo o NRC (43), USA, foi para a ingestão de 250 kcal de uma dieta contendo 350µg/I/1.000 kcal. Segundo Castillo et al. (44), a ingestão diária de iodo por cães não deve superar 250µg.

Tabela 1. Exigências de iodo de acordo com o National Research Council (NRC) para cada espécie

Espécie	Estado fisiológico	Requerimentos	Referência
Gado de corte	Todas as classes	0,50 mg/kg	NRC (1984a)
Gado leiteiro	Lactação	0,50 mg/kg	NRC (1989a)
Ovinos	Todas as classes	0,10-0,80 mg/kg	NRC (1985b)
Cavalos	Todas as classes	0,10 mg/kg	NRC (1989b)
Suínos	Todas as classes	0,14 mg/kg	NRC (1988)
Peixes	Salmão	0,6-1,1 mg/kg	NRC (1981a)
Coelhos	Todas as classes	0,2 mg/kg	NRC (1977b)
Gatos	Crescimento	0,35 mg/kg	NRC (1986)
Ratas	Todas as classes	0,15 mg/kg	NRC (1978a)
Camundongos	Todas as classes	0,25 mg/kg	NRC (1978a)
Cobaias	Crescimento	1,00 mg/kg	NRC (1978a)
Primatas	Todas as classes	2,00 mg/kg	NRC (1978b)

Adaptado de McDowell (34)

Ainda que vários fatores estejam associados ao surgimento de disfunções da tireoide, tornando-a uma anomalia multifatorial, a principal hipótese é que na deficiência de iodo a estimulação crônica da glândula para produzir hormônios leva à hipertrofia, eventual hiperplasia nodular e hipertireoidismo (45). Somado a isso, segundo Oliveira (2), no Brasil a conformidade no que se refere aos teores de nutrientes informados no rótulo dos alimentos para cães e gatos não permite avaliar os níveis de iodo, além de que na literatura nacional não foi evidenciado nenhum artigo que especifique a concentração de iodo em rações para gatos. A legislação estabelece apenas os limites máximos e mínimos de cálcio e fósforo (2). De acordo com Coffman (46), não há legislação ou regras para controle dos teores de iodo nas dietas comerciais para cães e gatos no Brasil, embora praticamente todas as dietas comerciais para gatos são suplementadas com iodo.

Para a avaliação do *status* de suficiência ou deficiência de iodo em animais e humanos, diferentes testes têm sido propostos levando-se em consideração parâmetros bioquímicos, anatômicos e histopatológico (47). Concentrações menores que 100 µg/L na urina e 20 µg/L no leite, são indicativos de deficiência de iodo tratando-se de bovinos (48). Em humanos, Who (49) estabeleceu diferentes níveis de suficiência de acordo com a concentração de iodo presente na urina e afirmou que quantidades menores que 20 µg/L representam uma deficiência severa. O mesmo autor ainda relata que valores entre 100-199 µg/L compreendem um *status* nutricional adequado de iodo e que valores maiores que 300 µg/L significam uma ingestão excessiva desse mineral com risco de consequências adversas sobre o funcionamento da tireoide.

Vale lembrar que intoxicações por excesso de iodo em ruminantes foram reportadas após uma ingestão superior a 50 mg/kg MS (50) e que as causas que possibilitam a ocorrência desse fato incluem o consumo de dietas com suplementação excessiva, suplementos minerais formulados inadequadamente e uso prolongado de produtos iodados no tratamento e prevenção de doenças respiratórias (51). Os sinais clínicos de intoxicação por excesso de iodo são tosse, lacrimejamento e secreção nasal em adultos. Os bezerros, além de manifestar os mesmos sintomas clínicos que os adultos, também podem apresentar dermatite seborreica seca, principalmente na cabeça e no pescoço uma vez que são mais susceptíveis a intoxicação.

NUTRIÇÃO E FUNÇÃO TIREOIDIANA

As concentrações sanguíneas dos hormônios tireoidianos são consideradas melhores indicadores da nutrição animal e consumo de alimentos do que o *status* de adiposidade, tendo em vista que a qualidade e quantidade de alimentos ingeridos são fatores importantes que influenciam nos níveis de hormônios produzidos pela tireoide (52). O estado de restrição alimentar, além de aumentar as concentrações plasmáticas de cortisol, também promove a diminuição do nível de T3, hormônio que estimula diretamente o consumo de alimento a nível de hipotálamo (52). Somado a isso, os autores afirmam que o pastoreio de gramíneas de baixa qualidade diminui os níveis de T3 e T4, uma vez que as plantas apresentam apenas traços de iodo e, portanto, possuem baixa concentração desse mineral (42) tão importante para a produção de hormônios tireoidianos.

A carência dietética de iodo é a principal causa de hipotireoidismo primário em algumas regiões (24). Além disso, a deficiência de selênio tem sido um achado constante em doenças da tireoide, visto que a sua escassez promove a redução das selenoproteínas as quais protegem a tireoide de danos causados por radicais livres. Nesse sentido, percebe-se que o selênio desempenha papel importantíssimo na regulação da função da tireoide, assim como na homeostase dos hormônios produzidos por esta glândula (24). Segundo Osorio e Correa (52), o selênio nos estágios pré-natais melhora a concentração de T3 no sangue e a deficiência desse mineral prejudica a conversão de T4 em T3, sem falar que também leva a diminuição periférica da síntese de T3 e destruição da ID1 (iodotironinadeiodinase), enzima que catalisa a conversão de T4 em T3 (24).

A atividade tireoidiana é reduzida em função da deficiência de iodo (23), zinco (24), como também o elevado nível de cálcio em dietas promove a diminuição da absorção de iodo a nível de intestino com consequente aparecimento de bócio (20). O pesquisador Cheeke (9) afirmou que uma causa comum de bócio é a presença de goitrógenos em alimentos para animais, que são substâncias que interferem na síntese de hormônios tireoidianos. Segundo estudos com animais, a deficiência de zinco resulta em diminuição de aproximadamente 30% nos níveis de T3 e T4 livres, associando-a como uma possível causa para o surgimento do hipotireoidismo subclínico (24).

Quantidades excessivas ou deficitárias de alguns macros ou micronutrientes contribuem para alterações tireoidianas e, de acordo com Mezzoma e Nadal (24), dietas restritivas ou alimentação desequilibrada em qualquer fase da vida colaboram com a diminuição da produção de hormônios tireoidianos. A privação energética diminui as concentrações de T3 e T4 livre em ovelhas adultas, enquanto a superalimentação subsequente aumenta (52). Entretanto, o fator subjacente responsável pela disfunção da tireoide permanece obscuro (2) e, desse modo, a influência dos nutrientes sobre a função tireoidiana ainda é de difícil compreensão pela ciência (24), o que reforça a ideia de que as disfunções tireoidianas são de fato multifatoriais.

O hipertireoidismo, considerado uma enfermidade multissistêmica (53) que ocorre com mais frequência em gatos com mais de oito anos de idade (54), ainda não tem sua patogenicidade definida de forma clara, todavia pressupõe-se que fatores circulatórios como imunoglobulinas, nutricionais como a presença de iodo na dieta e ambientais como toxinas bociogênicas podem influenciar na sua gênese (55,56). De acordo com Mooney (57) e Edinboro et al. (58), a concentração de iodo presente em rações enlatadas é bastante variável, além de que sua inclusão é dez vezes maior do que o necessário e, dessa forma,

gatos que consomem dietas enlatadas têm aumento significativo da chance de desenvolver hipertireoidismo.

SUBSTÂNCIAS BOCIOGÊNICAS

Nos alimentos existem várias substâncias que agem direta e indiretamente sobre a tireoide de modo que alteram o seu funcionamento. A presença de substâncias bociogênicas na dieta é importante, assim como a deficiência de iodo na ocorrência de bócio nos animais, pois interferem na síntese de hormônios da tireoide (42). A maioria delas são conhecidas, possuem estrutura química definida e pertencem ao grupo dos cianatos, tiocianatos, isotiocianatos, nitrilas, tiooxazolidonas, nitratos e nitritos, dissulfetos ou dos flavonoides (59). Além disso, essas substâncias estão presentes em uma grande variedade de alimentos de origem vegetal, os quais são usados na alimentação animal como farelo de soja, farelo de algodão, amendoim e leucena (42), alfafa e mandioca (10).

Nas plantas do gênero *Brassica* existe uma substância, a 2,5-vinil-2-tiooxazolidona, a qual é capaz de desencadear hiperplasia da tireoide, especialmente em condições de baixa ingestão de iodo na dieta, entretanto, encontra-se inativa até o momento que é convertida para sua forma ativa por uma enzima glicosidase, a mirosinase (60). Outras substâncias como a 5,5-dimetil-2-tiooxazolidona e 3-indol-acetonitrila podem ser encontradas em plantas do gênero *Brassica*. De acordo com Underwood (61), as espécies desse gênero possuem em sua constituição substâncias denominadas de pró-goitrina, forma biologicamente ativa a nível de intestino delgado. Esse autor ainda afirma que após absorção, esse composto irá para a corrente sanguínea o qual vai interferir na formação dos hormônios tireoidianos T3 e T4 através da inibição da organização do iodo.

As substâncias bociogênicas causam bócio, pois influenciam na produção de T3 e T4 (42). Essas substâncias, segundo os mesmos autores, podem atuar em diferentes pontos, de modo que inibem a formação e liberação de hormônios pela tireoide. A partir disso, a glândula pituitária libera TSH (hormônio tiroestimulante) o qual é responsável por estimular a captação de iodeto da circulação pela tireoide, mecanismo desenvolvido numa tentativa de aumentar a produção de hormônios T3 e T4, entretanto, ocorre o aumento do volume da glândula tireoide em virtude do estímulo excessivo provocado pelo hormônio estimulador (TSH). Além disso, alguns agentes bociogênicos como o tiurácil ou tiuréia podem antagonizar a oxidação do iodeto em iodo, sem falar que demais compostos como sulfas, tiuréias e o ácido paraaminobenzóico têm efeito bloqueador sobre a produção dos hormônios tireoidianos (42).

Os glicosinolatos, conhecidos como metabólitos secundários presentes nas plantas do gênero *Brassica*, interferem negativamente na obtenção de iodo dietético, e o consumo prolongado destes compostos produz aumento na concentração plasmática de tiocianato e diminuição na concentração da tiroxina, além de promover alterações a nível histológico da glândula tireoide (62). Estudos feitos com ratos que ingeriram pigmento glicosídico demonstraram a existência de atividade bociogênica de modo que ocorre uma iodação preferencial dos metabólitos formados após a ingestão desse pigmento e, nesse sentido, acarretará na diminuição da quantidade de iodo disponível para ligar-se a tirosina (60). Nas cebolas também se encontram compostos sulfurados que bloqueiam a captação de iodo, como o n-propildissulfeto.

A soja (*Glycine max L*), alimento muito utilizado na dieta humana e animal, tem

gerado preocupação sobre a função da glândula tireoide, pois estudos *in vitro* em animais demonstraram que as isoflavonas, principalmente a genisteína e daidzeína presentes na soja apresentam a capacidade de inibir a enzima tireoperoxidase, a qual promove a iodação da tireoglobulina, importante para a síntese dos hormônios tireoidianos. A inibição dessa enzima provoca diminuição da produção de hormônios T3 e T4, aumenta a produção de TSH endógeno e pode induzir ao bócio e ao hipotireoidismo (24). O pesquisador Mc Carrison (63) relata que ratos alimentados com soja crua apresentaram hiperplasia da tireoide, mesmo com quantidades superiores de iodo contidas na ração, assim como Filisetti (60, 59) afirmou que a ingestão por 16 dias de soja crua autoclavada causou aumento de 40% no peso da tireoide.

Assim como a soja faz parte da dieta animal, a Leucena (*Leucaena Leucocephala*) é uma leguminosa de alta qualidade e importância forrageira para a produção animal, uma vez que é usada como suplemento protéico, principalmente no período de seca, já que é pouco exigente quanto ao solo e de rápida dispersão. Entretanto, a L-mimosina, aminoácido não proteico presente nessa espécie vegetal, apresenta potencial de causar hiperplasia tireoidiana, hipotireoidismo e morte (28). Segundo Jones (64), esse princípio tóxico é uma substância não bociogênica. A degradação da L-mimosina através da mastigação com saliva alcalina e especialmente a incubação no rúmen em ruminantes promove formação do 3,4-di-hidro-piridina (65,66,64), metabólito primário que é considerado responsável pela ação bociogênica em animais que se alimentam da leucena (65,67,68).

Estudo realizado por Porto (28) para investigar as alterações clínicas de equinos intoxicados natural e experimentalmente com *Leucaena leucocephala* mostrou que houve declínio significativo nos níveis totais de T3 e T4 na terceira semana de ingestão da planta e que os achados clínico-patológicos em equinos são semelhantes aos observados em ruminantes. A pesquisadora afirmou que a intoxicação experimental por leucena evidenciou acentuado declínio nos níveis de hormônios produzidos pela tireoide e que tal fato revela efeito bociogênico da L-mimosina e dos compostos derivados dela, como o 3,4-di-hidro-piridina e 2,3-di-hidro-piridina. Para reforçar a influência da L-mimosina sobre a função tireoidiana, Osorio e Correa (52) afirmam que este composto reduz as concentrações séricas de T4, apesar que de forma parcial.

A alfafa (*Medicago sativa L.*), espécie vegetal que também é muito usada para a alimentação de animais, contém um composto potencialmente bociogênico, o perclorato (ClO_4^-), o qual tem sido identificado em produtos dessa planta. Leung et al. (69) afirmaram que o ClO_4^- é um ânion que exerce inibição competitiva no NIS (Sodiu-iodine symportter) e interfere no transporte de iodo para o interior da tireoide. A captação de iodeto pela tireoide é bloqueada pelo perclorato (42), mas os efeitos dele sobre a saúde de vacas leiteiras e dos bezerros não têm sido estudados. Os riscos de consumo do perclorato por consumidores e, conseqüentemente, as disfunções tireoidianas provocadas pelo efeito bociogênico desse ânion são reduzidas, tendo em vista que a sua concentração no leite é influenciada pela quantidade ingerida pelos animais, além de que 80% dele é metabolizado no rúmen (70).

Na mandioca (*Manihot utilíssima*), existe um alto conteúdo de glicídios cianogênicos, o que a torna uma espécie vegetal limitante para uso na alimentação animal (10). Para complementar, Filisetti (60) declarou que a linamarina e a loto-australina são dois glicosídeos presentes na mandioca capazes de liberar cianeto pela ação de uma enzima beta glicosidase e que, porventura, o cianeto pode ser detoxicado pela ação da

rodanase hepática a tiocianeto, substância bociogênica. De acordo com Bernadá e Gonzalez (10) este composto interfere na produção dos hormônios tireoidianos pela inibição da iodação da tirosina, ou seja, a ligação do iodo no resíduo de Tyr da tireoglobulina.

Tabela 2. Plantas com efeito bociogênico e as respectivas substâncias que interferem na síntese de hormônios tireoidianos

Família	Nome popular	Parte consumida	Substância com efeito bociogênico	Referências
<i>Fabaceae</i>	Amendoim	Grão	Pró-goitrina	Chandra et al. (2015)
<i>Brassicaceae</i>	Colza	Semente	2,5-vinil-2-tiooxazolidona	Filisetti (1977)
<i>Poaceae</i>	Paico/Milheto	Grão	C-glosinolato	Medeiros-Neto (1998)
<i>Poaceae</i>	Milho	Grão	Flavonoide	Sapienza et al. (2005)
<i>Fabaceae</i>	Soja	Grão	Genisteína e Daidzeína	Mezzomo e Nadal (2016)
<i>Euphorbiaceae</i>	Mandioca	Raiz	Tiocianeto	Filisetti (1977)
<i>Fabaceae</i>	Trevo-branco	Semente	Tiocianeto	Gaitan et al. (1994)
<i>Pedaliaceae</i>	Gergelim	Semente	Tiocianeto	Gaitan et al. (1994)
<i>Fabaceae</i>	Leucena	Folha/Fruto	3,4-di-hidropiridina e Mimosina	Porto (2016)

CONCLUSÕES

A disfunção da glândula tireoide é comum em todas as espécies de animais e provocada por diversos fatores como excesso ou carência de iodo dietético, presença de substâncias bociogênicas nos alimentos, privação energética, carência de zinco, selênio e excesso de cálcio, tornando-a uma endocrinopatia multifatorial e de grande importância para a produção animal principalmente pelo fato de provocar alterações multissistêmicas as quais vão refletir no desempenho produtivo, reprodutivo e bem-estar dos animais. Além disso, a presença de substâncias bociogênicas em uma grande variedade de espécies vegetais terrestres utilizadas na alimentação animal, é fator que merece atenção quanto ao desenvolvimento de estratégias de manejo nutricional com a finalidade de ofertar alimentos seguros, isentos de substâncias tóxicas para os animais de produção, evitando-se efeitos negativos sobre o desempenho, saúde e bem-estar dos mesmos.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por toda coragem, força e persistência que tem me dado para suportar a caminhada percorrida até o momento. Agradeço também aos meus pais por me darem todo o suporte para que eu progreda na carreira acadêmica e possa permanecer nela alcançando voos cada vez mais altos. Agradeço ao professor Doutor Juliano Martins Santiago por ter acreditado no meu potencial, pois ele foi um dos únicos que me recebeu de forma acolhedora desde o início e graças a sua contribuição, o trabalho foi construído da melhor forma. Por fim, deixo também expressa a minha gratidão a professora Doutora Rossana Herculano Clamentino por ter contribuído com todo o seu conhecimento sobre fisiologia animal para a construção deste trabalho.

REFERÊNCIAS

1. ARAÚJO ICS, FURTADO AP, ARAÚJO GCP, ROCHA CG. Efeito do tipo de alimentação de cães saudáveis sobre análises clínicas e aspectos comportamentais. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.* 2018; 70: 689-698.
2. OLIVEIRA PC. Teores de iodo na dieta e função da tireóide em gatos. Seropédica, RJ. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro; 2011.
3. PATRA AK, SAXENA J. The effect and mode of action of saponins on the microbial populations and fermentation in the rumen and ruminant production. *NRR.* 2009; 204-219.
4. PATRA A K, SAXENA JÁ. New perspective on the use of plant secondary metabolites to inhibit methanogenesis in the rumen. *Phytochemistry.* 2010; 71(11-12):1198-1222.
5. SILVA MR, SILVA MAAP. Fatores antinutricionais: inibidores de proteases e lecitinas. *Rev. de Nutrição.* 2000; 13: 3-9.
6. NUNES RV, BUTERI CB, VILELA CG, ALBINO LFT, ROSTAGNO HS. Fatores antinutricionais dos ingredientes destinados à alimentação animal. In: *Enciclopédia biosfera.* 2001; 8 :235-269.
7. RUIZ ME, THIAGO LRLS, COSTA FP. Alimentação de bovinos na estação seca: princípios e procedimentos. Campo Grande, MS 1984.
8. TEIXEIRA JC. Nutrição de ruminantes. ed. LAVRAS UFLA/FAEPE; 2001.
9. CHEEKE PR. *Rabbit Feeding and Nutrition.* Orlando: editora Academic Press; 1987
10. BERNADÁ MHG, GONZÁLEZ FHD. *Metabolismo do iodo.* Rio Grande do Sul ;2004.

11. CAPEN CC. The endocrine glands. In: JUBB KVF, KENNEDY PC, PALMER NC. (Eds). Pathology of domestic animals. Academic press. 1993; 3. Disponível em <<http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-12-391607-5.50011-X>>. Acesso em: Setembro. 2021.
12. CUNNINGHAM JG, KLEIN BG. Glândulas endócrinas e suas funções. In: Ibid. (Eds), 4ª ed. Rio de Janeiro: Elsevier; 2008.
13. EILER H. Glândulas endócrinas. In: Reece W.O. 12ª ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan; 2012.
14. MARTINS KPF, FONSECA TRS, SILVA ES, MUNHOZ TCP, DIAS GHS, GALIZA GJN, OLIVEIRA LGS, BOABAID FM. Bócio em bovinos. Pesquisa Veterinária Brasileira. 2018.
15. WITHER SE. Congenital goiter in cattle. Can. Vet. J. 1997; 38(3):178.
16. PEZZUTI IL, LIMA PP, DIAS VMA. Hipotireoidismo congênito: perfil clínico dos recém-nascidos identificados pelo programa de triagem neonatal de Minas Gerais. J. Pediat. 2009.
17. CAMPBELL AJD, CROSER EL, MILNE ME, HODGE PJ, WEBB WARE JK. An outbreak of severe iodine-deficiency goiter in a sheep flock in north-east Victoria. Aust. Vet. J. 2012. Disponível em <<http://dx.doi.org/10.1111/j.1751-0813.2012.00915.x>>. PMID:22632287>. Acesso em: Novembro. 2021.
18. PANZIERA W, KOWALSKI AP, GALIZA GJN, BIANCHI RM, ESPÍNDOLA JP, CARDOSO MM, VARGAS AC, FIGHERA RA. Bócio congênito em caprinos no noroeste do Rio Grande do Sul, Brasil. Ciência Rural. 2014; 12: 2217-2220. Disponível em <<http://dx.doi.org/10.1590/0103-8478cr20140413>>. Acesso em: Outubro. 2021.
19. RADOSTITS OM, GAY CC, BLOOD DC, HINCHCLIFF KW. Doenças causadas pela herança de caracteres indesejáveis. 9ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan; 2002.
20. TOKARNIA CH, PEIXOTO PV, BARBOSA JD, BRITO MF, DÖBEREINER J. Iodo. In: Ibid. (Eds). Deficiências minerais em animais de produção. Rio de Janeiro: Helianthus; 2010.
21. MARTINS EO. Bócio congênito em cabritos. Revta. Faculdade med. vet. USP. 1946; 3:123-126. Disponível em <<http://dx.doi.org/10.11606/issn.2318-5066.v3i3p123-126>>. Acesso em: Dezembro. 2021.
22. TOKARNIA CH, DÖBEREINER J, PEIXOTO PV. Deficiências minerais em animais de fazenda, principalmente bovinos em regime de campo. Pesq. Vet. Bras.

- 2000; 3:127-138. Disponível em <<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-736X2000000300007>>. Acesso em: Novembro. 2021.
23. GONZALEZ FHD. Indicadores sanguíneos do metabolismo mineral em ruminantes. Porto Alegre- RS. Universidade Federal do Rio Grande do Sul; 2000.
24. MEZZOMO TR, NADAL J. Efeito dos nutrientes e substâncias alimentares na função tireoidiana e no hipotireoidismo. Curitiba-PR; 2016. Disponível em <<http://doi:10.12957/demetra.2016.18304>>. Acesso em: Outubro. 2021.
25. ESTIEBE AW, BERLEZI AC, BECK C. Hipotireoidismo em cães. Salão do conhecimento; 2020.
26. KANECO JJ. Thyroid function. In: KANECO JJ, HARVEY JW, BRUSS ML. Clinical Biochemistry of domestic animals. 2008; 671-588
27. GUYTON AC, HALL JE. Tratado de Fisiologia Médica. 13^a ed. Editora Elsevier; 2017.
28. PORTO MR. Intoxicação natural e experimental de equinos por *Leucaena leucocephala*. Brasília-DF. Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária; 2016.
29. KIMURA ET. In: Fisiologia. Glândula tireóide. Margarida de Melo Aires. Editora Guanabara Koogan; 2008.
30. KNOBEL M, MEDEIROS NETO G. Moléstias associadas à carência. Arquivo Brasileiro Endocrinologia Metabolismo. 2004; 48.
31. WHO. Assessment of iodine deficiency disorders and monitoring their elimination: a guide for programme managers. 2nd ed. World Health Organization; 2001. Disponível em <<https://apps.who.int/iris/handle/10665/61278>>. Acesso em: Outubro. 2021.
32. DUGASSA BF, NEGASSA A. Understanding the ecology of iodine deficiency and its public health implications: The case of oromia region in Ethiopia. Journal of community nutrition e health. 2012; 1.
33. HETZEL BS, MABERLY G.F. Iodine. Trace elements in human and animal nutrition. 5th edition. New York: Academic press; 1986.
34. MCDOWELL LR. Iodine minerals in animal and human nutrition. New York: Academic press; 1992.
35. WHO. Trace elements in human nutrition and health. Geneva; 1996. Disponível em <<http://www.who.int/nutrition/publications/micronutrients/9241561734/en/index.html>>. Acesso em: Novembro.2021.

36. NATIONAL RESEARCH COUNCIL. Nutrient Requirements of Dairy Cattle. Seventh Revised Addition 2001. National academy press; 2001.
37. MICHELOUD JF, OLMOS LH, GARCIA JÁ, MATTIOLI GA, UZAL FA. Perinatal mortality in cattle associated with goitre. *Brazilian Journal of Veterinary Pathology*. 2019.
38. SCARLETT JM. Epidemiology of thyroid diseases of dogs and cats. *Small animal practice*. 1994; 24.
39. TARTTELIN MF, FORD HC. Dietary iodine level and thyroid function in the cat. *Journal of Nutrition*. 1994; 124.
40. JOHNSON LA, FORD HC, TARTTELIN MF, FEEK CM. Iodine content of commercially-prepared cat foods. *The New Zealand Veterinary Journal*. 1992; 40: 18-20.
41. MARTIN KM, ROSSING MA, RYLAND LM, DIGIACOMO RF, FREITA G WA. Evaluation of dietary and environmental risk factors for hyperthyroidism in cats. *Journal of the American Veterinary Medical Association*. 2000; 217.
42. WARKENTIN M, GONZÁLEZ FHD. Bócio: Aspectos nutricionais e toxicológicos. 2003.
43. NATIONAL RESEARCH COUNCIL (NRC). Nutrient requirements of laboratory animals. Washington; 2006.
44. CASTILLO VA, PISAREV MA, LALIA JC, RODRIGUÉZ MS, CABRINI HL, MÁRQUEZ AG. Commercial diet induce hypothyroidism due to high iodine. Histopathological and radiological analysis. *Veterinary Quartely*, 2001; 23.
45. DELANGE FM, ERMANS AM. Iodine deficiency. In: Braverman LE, Utiger RD, eds. *Werner and Ingbar's the thyroid: a fundamental and clinical text*. Philadelphia: Lippincott-Raven; 1996.
46. COFFMAN HD. *The cat food reference*. Nashua: PigDog Press; 1997.
47. CONTRERAS LV. Prevalência de deficiência de iodo em vacas leiteiras no Rio Grande do Sul e fatores associados. Porto Alegre. Universidade Federal de Rio Grande do Sul; 2020.
48. HERZIG I, PISARIKOVA B, KURSA J, RIHA J. Defined iodine intake and changes of its concentration in urine and milk of dairy cows. *Veterinarni Medicina*. 1999; 44.
49. WHO. UNICEF, ICCIDD Newsletter, Geneve; 2007. Disponível em <<http://www.who.int/en/>>. Acesso em: Novembro, 2021.

50. TROEDSSON M, CHRISTENSEN BW. Alterations in sexual function. In: SMITH, B. Bradford Smith's Large Animal Internal Medicine. 5 ed. St. Louis: ELSEVIER; 2015.
51. PAULÍKOVÁ I, KOVAC G, BIRES J, PAULÍK Š, SEIDEL H, NAGY O. Iodine toxicity in ruminants. Veterinarni Medicina. 2002; 47.
52. OSÓRIO JH, CORREA D. Alteraciones de los niveles de hormonas tiroideas y su influencia en la salud y producción de pequeños rumiantes. Manizales. Universidad de Caldas; 2013.
53. NELSON RW. Distúrbios da glândula tireoide. In: NELSON RW, COUTO CG. Medicina interna de pequenos animais. Rio de Janeiro: Elsevier; 2010.
54. GORDON JM. et al. Juvenile hyperthyroidism in a cat. Journal of the American Animal Hospital Association. 2003; 39.
55. PETERSON ME, KINTZER PP, CAVANAGH PG. Feline hyperthyroidism: pretreatment clinical and laboratory evaluation of 131 cases. J. Am. Vet. Med Assoc. 1983; 183.
56. LURYE JC. Update on treatment of hyperthyroidism. In: AUGUST JR. Consultations in feline internal medicine. Missouri: Elsevier Saunders; 2006.
57. MOONEY CT. Pathogenesis of feline hyperthyroidism. journal of feline medicine and surgery. 2002; 4.
58. EDINBORO CH et al. Epidemiologic study of relationships between consumption of commercial canned food and risk of hyperthyroidism in cats. Journal of American Veterinary Medical Association. 2004; 224.
59. FILISETTI TMCC. Ação da soja sobre a tireóide de ratos: Influência do iodo da ração. São Paulo. Universidade de São Paulo; 1984.
60. FILISETTI TMCC. Efeito da ingestão de derivados de soja (*glycine max*) sobre a tireóide de ratos: Estudo com o emprego de iodo radioativo. São Paulo. Faculdade de Ciências Farmacêuticas da Universidade de São Paulo; 1977.
61. UNDERWOOD EJ. Mineral nutrition of livestock. 1983.
62. TRIPATHI MK, MISHRA AS. Glucosinolates in animal nutrition: A review. Animal Feed Science and Technology. 2007; 132.
63. MCCARRISON R. The goitrogenic action of soya-bean and ground-nut. Indian.j.med.res. 1933.

64. JONES RJ. Leucaena toxicity and the ruminal degradation of mimosine. In: Plant toxicology- Australia-Usa poisonous plants symposium, Queensland: Yeerongpilly; 1985.
65. HEGARTY MP, COURT RD, CHRISTIE GS, LEE CP. Mimosine in *Leucaena leucocephala* is metabolized to a goitrogen in ruminants. Aust. Vet. J. 1976.
66. MEGARRITY RG, JONES RJ. Toxicity of *Leucaena leucocephala* in ruminants— The effect of supplemental thyroxine on goats fed on a sole diet of leucaena. Aust. J. Agric. Res. 1983.
67. HOLMES JHG, HUMPHREY JD, WALTON EA, O'SHEA JD. Caracts, goitre and infertility in cattle on na exclusive diet of *Leucaena leucocephala*. Aust. Vet. J. 1981.
68. HALLIDAY MJ, PADMANABHA J, MCSWEENEY C, KERVEN G, SHELTON HM. Leucena toxicity: a new perspective on the most widely used forage tree legume. Trop.Grassl. –Forraj. 2013.
69. LEUNG AM, PEARCE EN, BRAVERMAN LE. Perchlorate, iodine and the thyroid. Best practice e research. 2010; 24.
70. CAPUCO AV, RICE CP, BALDWIN RL6TH, BANNERMAN DD, PAAPE MJ, HARE WR, KAUF AC, MCCARTY GW, HAPEMAN CJ, SADEGHI AM, STARR JL, MCCONNELL LL, VAN TASSELL CP. Fate of dietary perchlorate in lactating dairy cows: Relevance to animal health and levels in the milk supply. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America. 2005.

DOI: <https://doi.org/10.53934/9786585062039-31>

CAPÍTULO 31

COLINA COMO ADITIVO NA NUTRIÇÃO DE FRANGOS DE CORTE: REVISÃO DE LITERATURA

Allan Gabriel Ferreira Dias ^{*1}; Alison Batista Vieira Silva Gouveia ¹; João Marcos Batista Monteiro ¹; Júlio Cesar Lopes Brasileiro ¹; Lorryne Moraes de Paulo ¹; Valesca Ribeiro Lima ¹; Marcos Barcellos Café ¹

**Autor correspondente (Corresponding author) – Email: allangabrielldias@gmail.com
1 Departamento de Zootecnia, Escola de Veterinária e Zootecnia, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, Goiás.*

Resumo: A colina é classificada como uma vitamina hidrossolúvel, mesmo diferindo em sua função no organismo das demais vitaminas hidrossolúveis, que em geral atuam como cofatores enzimáticos no metabolismo animal. Essa classificação é bastante criticada, pois a colina atua como precursora da lecitina (metabolismo de lipídios no fígado e parte estrutural dos fosfolipídios da célula animal), acetilcolina (neurotransmissor) e na doação de grupos metil, o que interfere diretamente no metabolismo da metionina no organismo. Os requerimentos de colina no organismo são bastante superiores, o que corrobora para a não classificação dela como uma vitamina, além de ser produzida pelo organismo dos animais, sendo essa produção deficitária em aves jovens, e por isso ocorre essa suplementação em frangos de corte. Além dessa diferença nos níveis de suplementação, a colina tem uma ligação íntima com a metionina, sendo essa relação objeto de estudos de diversos pesquisadores. Outro objeto de estudos acerca da colina são as fontes de colina, em especial fontes vegetais alternativa ao uso do cloreto de colina, principal fonte desse nutriente adicionado nas dietas, mas com problemas de manipulação que dificultam o armazenamento, e com baixa biodisponibilidade da colina. As fontes vegetais vêm ganhando destaque, por não terem os mesmos problemas de manipulação e armazenamento e nas pesquisas vêm demonstrando grande eficiência, já que demonstram os mesmos resultados que o cloreto de colina, e utilização menor.

Palavras-chave: avicultura, exigências nutricionais, vitaminas

Abstract: Choline is classified as a water-soluble vitamin, even differing in its function in the body of other water-soluble vitamins, which generally act as enzymatic cofactors in animal metabolism. This classification is widely criticized because choline acts as a precursor of lecithin (lipid metabolism in the liver and structural part of animal cell phospholipids), acetylcholine (neurotransmitter) and in the donation of methyl groups, which directly interferes with the metabolism of methionine in the body. The choline requirements in the body are much higher, which corroborates the non-classification of it as a vitamin, besides being produced by the organism of the animals, being this deficient production in young birds, and therefore this supplementation occurs in broilers. In addition to this difference in supplementation levels, choline has an intimate link with

methionine, and this relationship is the subject of studies by several researchers. Another object of studies on choline are choline sources, especially plant sources alternative to the use of choline chloride, the main source of this nutrient added in diets, but with manipulation problems that hinder storage, and with low bioavailability of choline. Plant sources have been gaining prominence because they do not have the same problems of manipulation and storage and in research have shown great efficiency, since they demonstrate the same results as choline chloride, and lower utilization.

Key Word: aviculture, nutritional requirements, vitamins

INTRODUÇÃO

Os avanços na nutrição foram fundamentais para fornecer sustentação ao melhoramento genético extremamente ágil e eficiente que foi impresso nas aves nas últimas décadas. Os estudos com nutrição de aves que iniciaram com alimentos proteico ou energéticos, em pouco tempo passaram a estudar minerais, vitaminas, níveis de inclusão de nutrientes e aditivos, tendo em pouco tempo gerado tabelas nutricionais para aves, que são periodicamente atualizadas, tendo a última sido lançada em 2017 (1).

Dentre os nutrientes importantes para o bom desenvolvimento das aves estão as vitaminas. As pesquisas feitas nas últimas décadas conseguiram aferir com precisão as necessidades que as aves possuem de cada vitamina, que passaram a ser suplementadas em dietas de frangos de corte. As vitaminas diferentemente dos outros nutrientes não possuem função estrutural nem fornecem energia, mas sim funcionam como cofatores em reações metabólicas, e outras diversas funções (2).

Dentre as vitaminas, uma se diferencia e é Colina, que além de mais exigida em aves, tem uma ação diferente nos organismos dos animais, já que não é cofator enzimático de reações metabólicas orgânicas como as demais vitaminas (3). Sendo a Colina na nutrição de frangos de corte o objeto de estudo dessa revisão bibliográfica.

TÓPICOS

COLINA

A colina é tradicionalmente classificada como uma vitamina hidrossolúvel, sendo que já foi classificada como uma vitamina integrante do complexo B (B4) (3). As vitaminas hidrossolúveis possuem por principais características serem solubilizadas em meio aquoso, e atuarem como coenzimas de reações metabólicas, e por isso são chamadas de vitaminas de manutenção (3,4).

A colina está intimamente ligada ao metabolismo lipídico, mas não atua como coenzima, e é requerida em quantidades muito superiores as demais vitaminas, tanto lipossolúveis quanto hidrossolúveis. A colina possui quatro funções específicas que a torna essencial para a nutrição de aves, ela pode ser sintetizada no fígado, diferente de outras vitaminas do complexo B, mas é comumente suplementada, visto que sua deficiência gera esteatose hepática e problemas renais (5).

Igwe et al. (6) descreve que são 4 as funções da colina no organismo animal:

- Constituinte dos fosfolipídios presentes na membrana plasmática das células animais e organelas (microsossomos e mitocôndrias), como parte da estrutura da lecitina (fosfatidilcolina). Essa substância é essencial para as membranas plasmáticas e para a boa maturação de cartilagens da matriz óssea (7).
- Essencial para o metabolismo lipídico, prevenindo o acúmulo de gordura no fígado, transportando os lipídeos na forma de lecitina.
- Componente essencial na formação de acetilcolina, um neurotransmissor importantíssimo na transmissão dos impulsos nervosos do sistema nervoso parassimpático e simpático.
- A colina também atua como doador de grupos metil, após sua conversão no fígado em betaína, atuando a partir daí em diversas reações no organismo, como na conversão da homocisteína em metionina (8).

A colina pura (hidróxido de [beta-hidroxietil-trimetil]-amônio) é um líquido incolor, viscoso e fortemente alcalino que é notavelmente higroscópico. A colina é solúvel em água, formaldeído e álcool e não possui ponto de fusão ou ebulição definido (9).

A absorção da colina é feita através de partículas em micelas, e absorvidas pelos enterócitos do duodeno e jejuno, no intestino delgado. A colina livre é absorvida via difusão passiva na mesma região, dependendo de carreadores, quando em baixas quantidades no lúmen intestinal, sendo que em grandes quantidades perde eficiência, e a maior parte é catabolizada pela microbiota intestinal, gerando um produto que é absorvido e excretado pelo organismo junto com a urina. Após a absorção, a colina é transportada pelos enterócitos até ser incorporada em lipoproteínas de alta densidade (HDL) e o transporte se dá pelo sistema linfático onde é levada ao fígado, local de maior atuação da colina (2).

Com o passar da idade das aves as necessidades de colina dos animais diminui, já que com o crescimento dos pintos aumenta-se a eficiência na síntese de colina, sendo que a partir de 8 semanas já não é possível visualizar efeitos de deficiência de colina nas aves, como em frangos de corte o ciclo de vida não atinge essa idade, a colina é suplementada em todas as fases. Isto ocorre a partir da metilação do aminoetanol ao metilaminoetanol, que parece ser o limitador na biossíntese de colina para aves jovens, já poedeiras possuem uma substancial habilidade na produção de colina (6,10).

O trabalho de Swain e Johri (11) com suplementação de colina em frangos de corte após seis semanas de idade mostra que essa suplementação não é mais necessária, e corrobora com os trabalhos já citados por 9 e 14. Arguello e Fernando (12) trabalhando com níveis de colina para poedeiras verificou que não suplementando a colina se obteve a mesma produtividade da utilização, tendo utilizado uma dose máxima de 320 mg.kg-1.

A colina tem uma relação muito íntima com a metionina. A relação da metionina com a colina está ligada a ambas substâncias serem doadoras de grupamentos metil. A colina pode ser adicionada na dieta de frangos como fornecedor de grupos metil, o que poupa metionina nessa função, mas não necessariamente supre os requerimentos básicos de metionina pelas aves, o que é corriqueiramente pesquisado (10). Como a colina possui três grupos metil ela é uma fonte prontamente ativa para as reações de metilação, e isso permite a síntese de compostos chave no metabolismo protéico energético, como metionina, carnitina, fosfatidilcolina e creatina (13,14).

Os requerimentos de colina variam conforme a idade das aves, como é menor a capacidade de síntese nos pintinhos, é nas fases iniciais que temos a maior inserção de

colina na dieta, sendo de 1.300, 1.000 e 750 mg.kg⁻¹ de colina nas semanas 1 a 3, 3 a 5 e 6 a 8 respectivamente, segundo o NRC (1994) e de 550, 496, 392, 320 e 287 mg.kg⁻¹ nas cinco primeiras semanas de vida, respectivamente, segundo as Tabelas Brasileiras de Nutrição de Aves e Suínos (15). Em pesquisas a variação dos níveis de colina utilizados é ainda maior, o que torna ainda mais difícil aferir com precisão a exigência de colina.

Lima et al (16) em sua pesquisa utilizando diferentes níveis de colina e metionina para frangos de corte de 1 a 21 dias recomendou 1 a 7, 1 a 14 e 1 a 21 dias de vida são respectivamente 27,013, 44,458 e 62,535 mg.ave⁻¹.dia⁻¹, no Brasil. Farina et al (17) em seu experimento recomendou 778, 632, e 645 mg.kg⁻¹ para as seguintes fases, respectivamente, 1 a 7, 1 a 35, e 1 a 42 dias de idade.

Essa diferença das recomendações de colina dão uma complexidade a mais quando se trabalha com esse nutriente, e é algo comum entre todos os micronutrientes, ou seja, vitaminas e minerais. Para isso é importante além de conhecer as exigências utilizadas, conhecer as fontes disponíveis e utilizadas no mercado e assim definir qual utilizar na dieta.

FONTES DE COLINA

A colina é encontrada em praticamente todos os ingredientes utilizados na formulação de rações de aves, sendo as fontes proteicas de origem animal mais ricas nesta vitamina (13). O milho e o farelo de soja possuem 440 e 2.559 mg.kg⁻¹ de colina com biodisponibilidade que varia de 60 a 75% (3,16). Já as farinhas de origem animal, possuem colina com biodisponibilidade acima de 90%. As farinhas de carne e ossos e de peixe contém 1950 e 3500 mg.kg⁻¹ de colina (3).

As fontes mais tradicionalmente utilizadas na suplementação de colina para frangos de corte e poedeiras são as fontes sintéticas, mais precisamente o cloreto de colina. O cloreto de colina é um sal quaternário de amônio [(CH₃)₃N-CH₂-CH₂OH)-Cl; CAS 67-48-1], que possui alguns problemas na sua administração, mas mesmo assim é a mais utilizada fonte de colina (18).

O cloreto de colina é altamente higroscópico, e reage facilmente, acelerando a oxidação de outras vitaminas presentes na dieta, há relatos de aumento de perdas de nutrientes por conta dessa característica, principalmente na armazenagem. No trato gastrointestinal das aves o cloreto de colina forma a trimetilamina a partir da metabolização pela microflora. O conteúdo máximo de trimetilamina deve ser inferior a 200 a 300 mg/kg e o de metais pesados inferior a 2 mg/kg, sendo esse outro limitante no uso de cloreto de colina (18,19).

No mercado já existem diversos produtos de origem vegetal com finalidade de substituir o cloreto de colina, e esses produtos vem com crescente uso e pesquisa. Demattê Filho et al (20) estudou a suplementação alternativa de colina e metionina para frangos orgânicos, e verificou que o uso da fonte vegetal de colina foi suficiente para manter os mesmos níveis de ganho de peso, conversão alimentar e índice de eficiência produtiva que a fonte tradicional (cloreto de colina), já a fonte vegetal de metionina promoveu decréscimo de ganho de peso. Isso demonstra que o uso de fontes vegetais de colina já é algo praticável, se comparar com a suplementação alternativa de outros nutrientes.

Pode-se citar outros estudos acerca do uso de fontes vegetais de colina, que mostram além de sua eficiência na substituição, a possibilidade de diminuição dos níveis utilizados se comparado com o cloreto de colina. Calderano et al (7) em sua pesquisa

obteve níveis oito vezes menores de colina vegetal com o mesmo desempenho que cloreto de colina, ou seja, usando 100mg.kg-1 de colina vegetal conseguiu um desempenho de 2265,6 kg de peso final, enquanto usando 800mg.kg-1 de cloreto de colina 60% conseguiu 2274,8 kg de peso final. Sharma e Ranjan (21) testando uma fonte vegetal de colina em comparação com o cloreto de colina conseguiu além de melhorar o ganho de peso dos frangos até 21 dias de vida, como também diminuir os níveis de colesterol e triglicérides das aves.

Os alimentos de origem animal possuem colina altamente biodisponível, que ultrapassando 90% de biodisponibilidade. Mesmo com esse alto nível de biodisponibilidade da colina presente, essas fontes não são comumente exploradas com finalidade de fornecer colina aos animais.

PESQUISAS COM COLINA

Atualmente há uma série de pesquisas com colina no mundo, e podemos dividi-las em três seguimentos: níveis nutricionais, relação colina-metionina e fontes vegetais de colina. Dessas três a que vem ganhando destaque são as com fontes vegetais de colina, e a que gera mais controversa são as que estudam a relação metionina-colina.

Acerca das pesquisas com colina, muitos estudos analisam a relação colina e metionina, e os resultados são muitas vezes contraditórios, ou seja, há autores que afirmam ter uma relação, e há aqueles que dizem não haver essa relação (16). Já Santana et al. (13) diz que a colina é necessária para o processo de remetilação da homocisteína à metionina, conferindo uma capacidade de poupar metionina, como doadora de grupos metil para o processo de remetilação, possibilita que a metionina seja direcionada para a síntese de proteína.

Na pesquisa de Lima et al (16) ele avaliou essa relação utilizando dois níveis de metionina (0,593 e 0,440 mg.kg-1) e seis níveis de colina (390, 715, 1.040, 1.365, 1.690 e 2.015 mg.kg-1) em frangos de corte de 1 a 21 dias. Lima et al (16) conseguiu os melhores resultados com um nível mais alto de ambos nutrientes, a redução de metionina limitou em aproximadamente 10% o ganho de peso das aves. Com níveis de 390 mg.kg-1 de colina verificou-se problemas locomotores nas aves a partir de 5 dias de vida, chegando a 100% das aves aos 21 dias, o que comprometeu diretamente o consumo de ração e ganho de peso. Waldroup et al (22) estudou os efeitos da redução de metionina com a suplementação de colina e betaína, e em seu trabalho conseguiu reduzir em 10% os níveis de metionina na dieta, sem comprometer o ganho de peso das aves, sem necessidade de suplementar, mas com a suplementação ele conseguiu melhorar a conversão alimentar e rendimento de peito, os níveis de suplementação utilizados foram de 1.000 mg.kg-1 de colina ou betaína, ou a combinação de ambos (500 mg.kg-1 de cada).

Já as pesquisas acerca da fonte de colina, como as já citadas, vêm demonstrando ótima eficiência das fontes vegetais, tanto na facilidade de manejo, quanto nos níveis utilizados. Farina et al (17) em sua pesquisa sugeriu os seguintes níveis de colina: 304 mg.kg-1 para a fase inicial, 249 mg.kg-1 no crescimento e 243 mg.kg-1 na fase final. Sendo que no seu estudo, os níveis de utilização da fonte vegetal foram a metade do cloreto de colina, e obteve-se resultados semelhantes.

Calderano et al (7) testando diferentes níveis de duas fontes de colina, o cloreto de colina e uma fonte vegetal sugeriu uma dose de 100 mg.kg-1 da fonte vegetal, a qual ele não cita a quantidade de colina presente na fonte, e já é bastante inferior aos níveis

comumente utilizados. Demattê Filho et al (20) trabalhou com a substituição da fonte sintética para a vegetal, fixando um valor de 1.409, 1.360, 1.260, 1.160 e 1.073 mg.kg-1 de colina nas diferentes fases da dieta 1 a 7, 8 a 21, 22 a 30, 31 a 37 e 38 a 42 dias respectivamente.

Esses trabalhos com colina vegetal vêm demonstrando a eficiência dessa forma de fornecimento de colina, já sendo utilizada comercialmente no Brasil. Como já foi citado, a colina vegetal não tem os problemas de higroscopicidade, e não é reativa como o cloreto de colina com outros componentes presentes nas rações.

CONCLUSÕES

Pode-se considerar que mesmo sendo um nutriente de inclusão obrigatória para frangos de corte, ainda há muitas lacunas no que se sabe acerca do uso de colina. Os níveis de exigência nutricional disponíveis na literatura diferem muito, e se comparar com os níveis práticos, a diferença aumenta significativamente. Como citado, os níveis das tabelas (Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais e NRC) diferem muito, e isso influencia diretamente no que vemos nas pesquisas.

Devido a essa heterogeneidade de informações, pesquisar fontes de níveis e fontes de colina se faz fundamental para não só diminuir o custo de inclusão desse nutriente na ração, utilizando níveis muito acima dos necessários, quanto para disponibilizar uma gama de fontes, seja vegetal, sintética e até mesma a animal, visto que pouco se encontra em literatura sobre o uso de fontes de origem animal para suplementação de colina.

REFERÊNCIAS

1. Rodrigues PB, Filho STS. Nutrição de aves: Passado, Presente e Futuro. An XXV Congr Bras Zootec. 2015;12.
2. Combs Jr G, McClung JP. The Vitamins: Fundamental Aspects in Nutrition and Health. 5º ed. Vol. 1. Londres: Elsevier inc; 2008. 455 p.
3. Bertechini AG. Nutrição de Monogástricos. Lavras: Editora UFLA/FAEPE; 2004. 450 p.
4. Selvam R, Saravanakumar M, Suresh S, Chandrasekeran C, Prashanth D. Evaluation of polyherbal formulation and synthetic choline chloride on choline deficiency model in broilers: implications on zootechnical parameters, serum biochemistry and liver histopathology. Asian-Australas J Anim Sci. 1º de novembro de 2018;31(11):1795–806.
5. Gholami J, Qotbi AAA, Seidavi A, Meluzzi A, Tavaniello S, Maiorano G. Effects of in Ovo Administration of Betaine and Choline on Hatchability Results, Growth and Carcass Characteristics and Immune Response of Broiler Chickens. Ital J Anim Sci. janeiro de 2015;14(2):3694.
6. Igwe I, Okonkwo C, Uzoukwu U, Onyenegecha C. The Effect of Choline Chloride on the Performance of Broiler Chickens. Annu Res Rev Biol. 10 de janeiro de 2015;8(3):1–8.
7. Calderano AA, Nunes RV, Rodrigueiro RJB, César RA. Replacement of choline chloride by a vegetal source of choline in diets for broilers. Ciênc Anim Bras. março de 2015;16(1):37–44.

8. Zhang CX, Pan MX, Li B, Wang L, Mo XF, Chen YM, et al. Choline and betaine intake is inversely associated with breast cancer risk: a two-stage case-control study in China. *Cancer Sci.* fevereiro de 2013;104(2):250–8.
9. Muhammad N, Hossain MI, Man Z, El-Harbawi M, Bustam MA, Noaman YA, et al. Synthesis and Physical Properties of Choline Carboxylate Ionic Liquids. *J Chem Eng Data.* 9 de agosto de 2012;57(8):2191–6.
10. Saeed M, Alagawany M, Poultry Department, Faculty of Agriculture, Zagazig University, Zagazig 44511, Egypt, Arain MA, College of Animal Science and Technology, NW A & F University, Yangling, Shaanxi, 712100 China, El-Hack MEA, et al. Beneficial impacts of choline in animal and human with special reference to its role against fatty liver syndrome. *J Exp Biol Agric Sci.* 31 de outubro de 2017;5(5):589–98.
11. Swain BK, Johri TS. Effect of supplemental methionine, choline and their combinations on the performance and immune response of broilers. *Br Poult Sci.* março de 2000;41(1):83–8.
12. Arguello N, Fernando A. Respuesta productiva y hepática de gallinas Lohmann a la adición de colina (Biocholine). 2019 [citado 7 de junho de 2022]; Disponível em: <http://repositorio.espe.edu.ec/jspui/handle/21000/15878>
13. Santana MHM, Costa FGP, Ludke JV, Figueiredo Júnior JP. Interações nutricionais entre aminoácidos sulfurosos, colina e betaína para aves. *Arch Zootec.* 28 de janeiro de 2014;63(241):69–83.
14. El-Husseiny OM, El Din G, Abdul-Aziz M, Mabroke RS. Effect of mixed protein schedules combined with choline and betaine on the growth performance of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Aquac Res.* 2008;39(3):291–300.
15. Rostagno HS, Albino LFT, Hannas MI, Donzele JL, Sakomura NK, Perazzo FG, et al. Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais. Universidade Fed Viçosa - Dep Zootec. 2017;(4^a):488.
16. de Lima MB, da Silva EP, Pereira R, Romano GG, de Freitas LW, Dias CTS, et al. Estimate of choline nutritional requirements for chicks from 1 to 21 days of age. *J Anim Physiol Anim Nutr.* junho de 2018;102(3):780–8.
17. Farina G, Kessler A de M, Ebling PD, Marx FR, César R, Ribeiro AML. Performance of broilers fed different dietary choline sources and levels. *Ciênc Anim Bras* [Internet]. 2017 [citado 29 de novembro de 2021];18(0). Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1809-68912017000100220&lng=en&tlng=en
18. Fuentes de colina | FEDNA [Internet]. [citado 7 de junho de 2022]. Disponível em: http://www.fundacionfedna.org/ingredientes_para_piensos/fuentes-de-colina
19. Khose K, Manwar S, Gole M, Ingole R, Rathod P. Efficacy of Herbal Choline as a Replacement of Synthetic Choline Chloride in Diets on Growth Performance of Broilers. *Int J Livest Res.* 2018;8(5):313.
20. Demattê Filho L, Pereira DC de O, Possamai E. Dietary Supplementation of Alternative Methionine and Choline Sources in the Organic Broiler Production in Brazil. *Rev Bras Ciênc Avícola.* dezembro de 2015;17(4):489–96.
21. Sharma A, Ranjan S. Effect of herbal and chemically synthetic choline on physio-biochemical characteristics of chicks. 2015;4:6.
22. Waldroup PW, Motl MA, Yan F, Fritts CA. Effects of Betaine and Choline on Response to Methionine Supplementation to Broiler Diets Formulated to Industry Standards. *J Appl Poult Res.* março de 2006;15(1):58–71.

DOI: <https://doi.org/10.53934/9786585062039-32>

CAPÍTULO 32

FARELO DE ALGODÃO NA ALIMENTAÇÃO DE FRANGOS DE CORTE E SUÍNOS: REVISÃO DE LITERATURA

Allan Gabriel Ferreira Dias ^{*1}; Alison Batista Vieira Silva Gouveia ¹; João Marcos Batista Monteiro ¹; Júlio Cesar Lopes Brasileiro ¹; Lorrayne Moraes de Paulo ¹; Valesca Ribeiro Lima ¹; Rogério Marcos da Silva Junior ²

**Autor correspondente (Corresponding author) – Email: allangabrielfdias@gmail.com*

1 Departamento de Zootecnia, Escola de Veterinária e Zootecnia, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, Goiás.

2 Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Triângulo Mineiro, campus Uberaba, Uberaba, Minas Gerais.

Resumo: O farelo de algodão é o terceiro ingrediente proteico mais produzido no mundo para uso em dietas animais. O farelo de algodão pode substituir o farelo de soja nas dietas, se levar em consideração algumas características básicas desse ingrediente, como o alto teor de fibra bruta, grande variação dos níveis de proteína bruta, menor quantidade de aminoácidos essenciais como a lisina e treonina, e a presença do gossipol. Ao se trabalhar com farelo de algodão para frangos de corte, deve-se se atentar aos níveis de inclusão, em principal nas fases iniciais de vida, e se possível utilizar ferramentas que possibilitem o melhor aproveitamento dos nutrientes, como o uso de enzimas exógenas, em principal as carboidrases e a fitase. Outra técnica que pode auxiliar na maior inclusão de farelo de algodão nas dietas de frangos de corte é a fermentação, que reduz o gossipol livre, melhora a biodisponibilidade de alguns nutrientes e auxilia no desenvolvimento da microbiota intestinal. O uso do farelo de algodão para suínos tem-se maior facilidade, visto a melhor adaptação desses animais a dietas com maiores níveis de fibra. Muitos trabalhos mostram bons resultados com níveis de inclusão superiores aos utilizados em frangos de corte, sem a necessidade do uso de enzimas ou de uma pré fermentação do farelo de algodão. Suplementando aminoácidos essenciais e respeitando os níveis de inclusão para cada espécie e fase de criação, o farelo de algodão mostra-se uma excelente fonte de proteína para aves e principalmente suínos.

Palavras-chave: carboidrases, enzimas, fator antinutricional, fitase, gossipol

Abstract: Cottonseed meal is the third most produced protein ingredient in the world for use in animal diets. Cottonseed meal can replace soybean meal in diets if it takes into account some basic characteristics of this ingredient, such as high crude fiber content, great variation in crude protein levels, lower amount of essential amino acids such as lysine and threonine, and the presence of gossipol. When working with cotton seed for broilers, one should pay to the levels of inclusion, in main in the initial stages of life, and if possible use tools that allow the best use of nutrients, such as the use of exogenous enzymes, in main the carbohydrates and phytase. Another technique that can help in the

greater inclusion of cottonseed meal in broiler diets is fermentation, which reduces free gossypol, improves the bioavailability of some nutrients and assists in the development of the intestinal microbiota. The use of cotton meal for pigs is easier, given the better adaptation of these animals to diets with higher levels of fiber. Many studies show good results with higher levels of inclusion than those used in broilers, without the need for the use of enzymes or a prefermentation of cottonseed meal. Supplementing essential amino acids and respecting the levels of inclusion for each species and breeding phase, cottonseed meal is an excellent source of protein for poultry and mainly pigs.

Key Word: carbohydrates, enzymes, antinutritional factor, phytase, gossypol

INTRODUÇÃO

O Brasil é um dos principais produtores de proteína animal do mundo, tendo somente na produção de carne de frango e suínos no ano de 2020 produzido respectivamente 13,845 e 4,436 milhões de toneladas(1). Em relação ao ano de 2019, houve um aumento em torno de meio milhão de toneladas na produção de carne de frango e suína, e junto a esse aumento produtivo, houve um aumento nos custos produtivos, sendo puxados pelo custo em nutrição, que subiu em 2020 segundo o índice de custos produtivos da EMBRAPA 33,02% para frangos de corte e 42,05% na produção de suínos(1,2).

Os custos com alimentação ultrapassam 80% dos custos totais produtivos na suinocultura e 73% na produção de frangos de corte, cenário esse que reacende as buscas por alimentos alternativos para a nutrição desses animais, buscando substituir totalmente ou parcialmente milho ou farelo de soja(2). Esses alimentos alternativos ao milho e farelo de soja são interessantes desde que atendam às exigências nutricionais, tenham um menor custo e não afetem negativamente o desempenho produtivo dos animais(3).

O farelo de algodão é uma das principais fontes alternativas ao farelo de soja, sendo o terceiro farelo proteico mais produzido no mundo para a alimentação animal(4). O farelo de algodão é um subproduto da indústria têxtil e da extração do óleo da semente de algodão, que possui alto potencial nutritivo e ganha destaque por sua elevada produção, ficando atrás somente de milho e farelo de soja, mas não possui a alta flutuação de preços desses ingredientes, fator que vem afetando de forma elevada a utilização do farelo de soja como fonte proteica nas dietas de aves e suínos(5,6).

Como fonte proteica o farelo de algodão possui como semelhança com o farelo de soja o nível de proteína bruta. Como diferenças, o farelo de algodão tem maiores níveis de fibra, menores níveis de lisina, metionina, valina e treonina, além da presença do gossypol, substância considerada fator antinutricional, que se complexa com alguns nutrientes, como a lisina e ferro, tornando-os indisponíveis(5).

Devido a essas características do farelo de algodão e a necessidade de se buscar alternativas ao uso do farelo de soja em dietas para aves e suíno, faz-se necessário realizar um levantamento de informações disponíveis sobre o farelo de algodão. O objetivo dessa revisão é realizar um levantamento de informações acerca das características nutricionais

e de repostas encontradas na literatura acerca do uso do farelo de algodão em dietas de aves e suínos.

PROCESSO DE OBTENÇÃO DO FARELO DE ALGODÃO

O farelo de algodão é obtido a partir de diversas extrações feitas a partir da retirada da pluma e linter do caroço de algodão(4). Após a retirada do linter, é retirada a casca do farelo, para facilitar a compressão e posterior extração do óleo. Para a extração do óleo, é necessária a extrusão do caroço pós compressão, e posteriormente a extrusão do caroço, ocorre a extração do óleo, que pode ser feita por dois métodos, que pode ser via uma nova compressão, que é menos eficiente em extrair todo óleo, e gera um produto final com maior nível de extrato etéreo(7). O segundo método envolve o uso de solvente hexano (C₆H₁₄), o solvente mais utilizado, uma mistura de hidrocarbonetos com ponto de ebulição por volta dos 70°C, que tem maior eficiência na extração dos óleos de origem vegetal(8).

Após esses processos, é formada a torta de algodão e o óleo de algodão, e para a formação do farelo de algodão é necessária a retirada do solvente, tostagem e moagem dessa torta(8). O processamento do caroço de algodão pode chegar a gerar 45% de farelo de algodão e 16% de óleo de algodão(9).

CARACTERIZAÇÃO NUTRICIONAL DO FARELO DE ALGODÃO

O farelo de algodão é uma fonte proteica que pode ser utilizada em substituição ao farelo de soja em dietas de aves e suínos, sendo bastante similar no conteúdo proteico total com o farelo de soja, tendo entre 30 e 58% de proteína bruta(10). Entretanto, com relação ao conteúdo proteico do farelo de algodão, podemos destacar a menor quantidade de lisina, principal aminoácido para suínos e segundo aminoácido mais importante para a produção de aves, fator esse, que reduz a qualidade proteica do farelo de algodão, e por consequência sua inclusão na dieta de aves e suínos(4,5).

Além dessa baixa disponibilidade de lisina no farelo de algodão, outros fatores afetam na utilização do farelo de algodão, e devem ser levados em consideração. Os níveis de energia metabolizável para aves e suínos, minerais e outros aminoácidos como metionina, treonina e triptofano são menores no farelo de algodão que os níveis encontrados no farelo de soja, conforme apresentado na Tabela 1, conforme dados presentes nas Tabelas Brasileiras de Nutrição de Aves e Suínos de 2017(10).

Tabela 1. Níveis nutricionais e níveis de inclusão de três tipos de farelo de algodão (30, 39 e 43%) e do farelo de soja 45% de proteína bruta.

Nutrientes	Uni.	Farelo de Algodão*	Farelo de Algodão**	Farelo de Algodão***	Farelo de Soja****
EM aves	Kcal/kg	1622	1951	2000	2258
EM suínos	Kcal/kg	1996	2432	2877	3179
Proteína Bruta	%	28,1	37,8	42,9	45,4
Fibra Bruta	%	23,7	15,3	12,6	4,86
Matéria Mineral	%	5,09	6,21	5,85	5,66

Extrato etéreo	%	1,28	2,65	3,26	1,95
Cálcio	%	0,24	0,30	0,23	0,34
Fosforo Total	%	0,85	1,03	1,07	0,55
Sódio	%	0,04	0,09	0,03	0,02
Lisina	%	1,27	1,57	1,73	2,8
Metionina	%	0,46	0,58	0,54	0,61
Met + Cis	%	0,96	1,22	1,34	1,28
Treonina	%	0,94	1,26	1,37	1,78
Triptofano	%	0,51	0,51	0,52	0,64
Inclusão Aves	%	5	8	8	35
Inclusão Suínos	%	8	10	10	30

*Farelo de Algodão 30%(10)

** Farelo de Algodão 39%(10)

*** Farelo de Algodão 43%(10)

**** Farelo de Soja 45%(11)

Como se pode ver na Tabela 1, há uma grande variedade na qualidade dos farelos de algodão, fator que influencia diretamente em uma maior utilização desse ingrediente. No âmbito da comparação direta com o farelo de soja, os níveis de fibra bruta do farelo de algodão chegam a ser quase seis vezes maiores nas variedades com menor porcentagem de proteína bruta, fator que evidencia a necessidade de se conhecer qual a qualidade do farelo que se está trabalhando.

Esta variação está ligada ao processamento que ocorre durante a extração do óleo de algodão, que determina as proporções entre semente, casca, óleo e linter que vão estar presente no produto final⁵. Esse alto teor de fibra presente no farelo de algodão é um dos limitantes em seu uso em dietas para aves e suínos. Teores elevados de fibra dietética, os polissacarídeos não amiláceos, por mais que podendo ser fermentados no intestino grosso, produzindo ácidos graxos de cadeia curta, que serão absorvidos pelo animal, esses níveis altos diminuem a digestibilidade de energia e proteína, pioram a conversão alimentar, afetando diretamente o desempenho dos animais, principalmente frangos de corte e poedeiras, que tem menor absorção dos produtos dos cecos, devido ao maior transito intestinal^(3,12).

Alimentos como o farelo de algodão, que possuem alto nível de fibra, aumentam o peristaltismo, fator que resulta em um maior transito intestinal e menor contato da ingesta com as enzimas digestivas e microbiota intestinal⁽³⁾. Uma estratégia para diminuir os efeitos maléficos do alto nível de polissacarídeos não amiláceos é a utilização de enzimas exógenas como aditivos nas rações, sendo uma boa alternativa para se aumentar os níveis de utilização do farelo de algodão em dietas de não ruminantes sem prejudicar o desempenho dos animais⁽⁶⁾.

Além de carboidrases como as xilanases, β -glucanases e glucanases, outra enzima é ainda mais importante de se utilizar ao trabalhar com farelo de algodão, que é a fitase. A fitase é uma enzima responsável pela degradação do fitato, substância presente no farelo de algodão, que forma uma estrutura que causa a indisponibilidade alguns minerais, principalmente o fosforo. O uso da fitase para quebra do fitato e disponibilização de fosforo é amplamente difundida, e traz inúmeros benefícios a digestibilidade dos nutrientes, além de ter efeitos positivos sobre a microbiota intestinal^(6,13).

GOSSIPOL

O gossipol é um aldeído polifenólico, substância tóxica presente no farelo de algodão que é produzido nas glândulas de secreção interna do algodoeiro, como ferramenta de proteção contra pragas. O gossipol livre, é uma substância que inibe a atividade de diversas enzimas, compromete a atividade hepática, taxa respiratória, capacidade de transporte de oxigênio pelos eritrócitos, problemas cardíacos e pode levar os animais a morte(3).

Com o tratamento térmico e químico feito durante a extração do óleo do caroço do algodão, o gossipol não é totalmente inativado(14). Posteriormente ao processo de extração do óleo, o gossipol fica presente de duas formas no farelo de algodão, a forma inativada, que complexa com outros nutrientes, como a lisina, formando substâncias indigestíveis(4).

Além da lisina, o gossipol também complexa com alguns minerais, principalmente o ferro, formando complexos estáveis com cátions de ferro, indisponibilizando esse mineral(12). Esses complexos fazem com que esses nutrientes sejam indisponibilizados, porém inativam o gossipol como substância tóxica para os animais, por outro lado, os tratamentos utilizados na extração do óleo de algodão, que formam o farelo, não inativam todo gossipol, mantendo parte dessa toxina livre e ativa no farelo, fator esse que reduz de a capacidade de se trabalhar com o farelo de algodão(14).

Os níveis de gossipol livre no farelo de algodão variam de 200 a 5300 mg.kg-1 e pode afetar diretamente a ação de zimógenos e enzimas como pepsinogênio, pepsina e tripsina, que são fundamentais na digestão de proteínas no trato gastrointestinal de aves e suínos. Devido a esses problemas que afetam diretamente a produtividade e saúde dos animais, o gossipol é classificado como um fator antinutricional quando em poucas quantidades, e uma toxina se muito presente, e costuma-se trabalhar com farelos de algodão de baixo teor de gossipol livre. Como por exemplo no trabalho de Paiano et al.(15) que testou uma variedade de farelo de algodão com 340 mg.kg-1 de gossipol livre, e não foi verificada diferenças entre os tratamentos que utilizaram 15 % de farelo de algodão na dieta total, o que proporcionou somente 51 mg.kg-1 de gossipol livre na dieta.

Um processo que pode ser utilizado para reduzir os teores de gossipol livre no farelo de algodão é a fermentação. A fermentação do farelo de algodão é um processo feito previamente a utilização na dieta, que consiste na inoculação de cepas bacterianas benéficas como *Candida tropicalis* (*C. tropicalis*) e *Saccharomyces cerevisiae* (*S. cerevisiae*), que são misturadas ao farelo de algodão junto a água e essa mistura é alocada em compartimentos fechados para fermentação durante 48h a 30°C, e posteriormente ocorre uma secagem do farelo, para a sua posterior utilização nas dietas(16). Esse processo pode reduzir até quase 74% dos níveis de gossipol livre no farelo de algodão e melhorar a biodisponibilidade de alguns nutrientes(17).

Por ser um subproduto altamente disponível para utilização, o farelo de algodão vem sendo utilizado e pesquisado há bastante tempo. Em dietas de aves e suínos as tabelas brasileiras de exigências nutricionais e composição de alimentos sugerem uma inclusão máxima de 8 e 10% para aves e suínos respectivamente, sendo que suínos possuem maior inclusão por terem um sistema digestivo melhor adaptado a alimento fibrosos por ter um intestino grosso mais eficiente que os das aves.

A seguir será demonstrado alguns resultados de trabalhos com frangos de corte, galinhas de postura e suínos, em que os autores trabalharam com farelo de algodão. Serão

demonstrados os efeitos no desempenho dos animais, metabolismo e níveis de inclusão que foram utilizados nos trabalhos, afim de trazer mais dados sobre a utilização desse alimento em dietas de aves e suínos.

USO DO FARELO DE ALGODÃO EM DIETAS DE AVES

Pesquisas avaliando os efeitos da inclusão de farelo de algodão são constantemente realizados, e recentemente, com o uso mais difundido de enzimas como aditivos em dietas para frangos de corte, houve a possibilidade de um aumento dos níveis de inclusão de farelo de algodão nas dietas para frangos de corte. Devido ao elevado conteúdo fibroso do encontrado no farelo de algodão, que dependendo da fonte pode chegar a 25%, sendo majoritariamente constituído de celulose, hemicelulose, arabinose, xilose, ramnose, manose e fucose tendo respectivamente 6,7 %, 2,1 %, 4,40 %, 1,93 %, 0,74 %, 0,61 % e 0,07% (valores em base de 100% da matéria seca)(5).

Abdallh et al.(5), avaliaram a utilização de uma combinação de enzimas contendo de β -glucanase e xilanase, com 4 níveis de inclusão de farelo de algodão, contendo 45,4 % de proteína bruta e 11,2 % de fibra bruta, e foi encontrado resultados positivos para o uso do complexo enzimático dos 0 aos 10 dias para ganho de peso e consumo de ração, sendo os melhores resultados de inclusão para 5% de inclusão. Além disso, houve uma melhora na conversão alimentar com o uso de enzimas de 1 a 35 dias e até 24 dias o uso de altos níveis (6% na fase pré-inicial e 12% na inicial) de farelo de algodão também melhoraram a conversão alimentar.

Além dos resultados de desempenho, Abdallh et al.(5) avaliaram os efeitos da utilização do blend de enzimas e da inclusão de farelo de algodão na energia metabolizável, utilizada, retida e eficiência da utilização da energia metabolizável. Os resultados encontrados nessas análises demonstraram a importância do uso de enzimas quando se trabalha com farelo de algodão, em todos os parâmetros a utilização de enzima aumentou o aproveitamento da energia da dieta, já em relação aos níveis de farelo de algodão, o aumento dos níveis de farelo de algodão diminuiu a energia metabolizável, consumo e retenção de energia. Por outro lado, o aumento da inclusão de farelo de algodão aumentou a eficiência da utilização da energia, lipídios e proteína retida.

No trabalho de Miranda et al.(6), também com a utilização de enzimas (fitase e xilanase) e dois níveis de inclusão de farelo de algodão (10 e 20%), e os resultados encontrados vêm em concordância com os já citados, e que o uso de enzimas melhorou significativamente o consumo de ração, ganho de peso e peso corporal dos frangos de corte de 1 a 42 dias e o peso de coxa, coração e fígado. Já em relação a inclusão de farelo de algodão, a inclusão diminuiu o desempenho (consumo de ração, ganho de peso e peso corporal) de 1 a 7 dias, independente do uso de enzimas, mas houve uma recuperação do desempenho conforme o crescimento das aves, em que de 1 a 42 dias foi visto um maior desempenho das aves que foram submetidas aos tratamentos de 20% de inclusão de farelo de algodão.

Ambos os trabalhos apontam para que haja melhor desempenho em frangos de corte alimentados com farelo de algodão, havendo a suplementação de enzimas, sendo que a inclusão de farelo de algodão nas fases iniciais de criação devem ser menores que 10%, mesmo com o uso de enzimas. Além dos altos níveis de fibra bruta, o outro fator

mais importante ao se levar em consideração ao se trabalhar com farelo de algodão é o gossipol.

Segundo Niu et al.(18), esse composto toxico presente no farelo de algodão é um dos maiores limitantes para a utilização desse farelo em dietas animais, ao lado dos altos níveis fibra bruta e dos baixos níveis de lisina. A fermentação microbiana é considerada um dos métodos mais efetivos para reduzir o teor de gossipol no farelo de algodão, logo, submetendo o farelo de algodão a um processo fermentativo, além de reduzir os níveis de gossipol, traz metabólicos bacterianos positivos da fermentação, como enzimas, vitaminas, oligossacarídeos, aminoácidos e outros compostos liberados formados durante o processo fermentativo(19).

Outros resultados interessantes da fermentação do farelo de algodão para a alimentação de frangos de corte foi a redução da expressão de genes lipogênicos, o que pode diminuir a deposição lipídica na carcaça dos frangos de corte(17). O processo fermentativo do farelo de algodão gera um custo a mais no processamento da fonte, mas traz benefícios interessantes ao alimento, sendo em principal a redução do gossipol, que diminui até cinco vezes de (150mg/kg para 36,41mg/kg), e maiores níveis de proteína bruta em comparação com o farelo de algodão, aumento de pontos percentuais²¹. Já no trabalho de Nie et al.(17), a redução do gossipol livre chegou a 73,96% no farelo de algodão fermentado (utilizando *Saccharomyces cerevisiae*) em relação ao não fermentado.

Já os efeitos diretos verificados em frangos de corte por autores como Niu et al.(19) do uso do farelo de algodão fermentado, é a ausência dos efeitos negativos encontrados no uso do farelo de algodão em frangos de corte na fase inicial e uma possível redução na conversão alimentar. Os benefícios da fermentação (metabólicos liberados pelos microrganismos), beneficiam a digestão da dieta e possibilita a melhora da conversão alimentar a partir de 6% de inclusão de farelo de algodão fermentado nas fases de 15 a 21 e de 36 a 42 dias.

Além desse benefício há autores como Nie et al.(17), Niu et al.(18) e Niu et al.(19) citam a redução da deposição de gordura abdominal, subcutânea e aumentam a variabilidade microbiana e os metabólicos microbianos presentes no intestino de frangos de corte alimentados com o farelo de algodão fermentado, fatores esses que podem levar a melhorias significativas no desempenho e carcaça de frangos de corte. Além dessa maior variabilidade microbiana intestinal, a utilização de farelo de algodão fermentado em frangos de corte proporcionou um aumento de população de microrganismos benéficos como as populações de lactobacilos, além de promover uma maior homogeneidade das populações bacterianas(20).

Em trabalhos de substituição do farelo de soja por farelo de algodão, como o de Batonon-Alavo et al.(21), verificaram a substituição de 40% do farelo de soja por farelo de algodão, não utilizando enzimas carboidrases, piora significativamente a conversão alimentar de frangos de corte, e reduz a digestibilidade ileal de proteína e energia já a 20% de substituição. Resultado semelhante foi encontrado por Zhang e Adeola(22), em que a partir de 20% de inclusão de farelo de algodão, sem uso de enzimas, provocou uma piora da conversão alimentar e ganho de peso de 21 a 28 dias.

Em geral os resultados vistos nos trabalhos demonstram a importância da utilização do farelo de algodão em dietas de frangos de corte em conjunto com enzimas carboidrases específicas, levando em consideração o perfil e quantidade da fibra presente na fonte de farelo de algodão utilizada. Além disso, vale levar em consideração a

possibilidade de submeter o farelo de algodão a processos fermentativos, em virtude da redução dos níveis de gossípol livre e melhor disponibilização dos nutrientes.

Levando em consideração esses fatores, utilizando os aminoácidos sintéticos para não haver déficit de aminoácidos na dieta e trabalhando-se com níveis reduzidos de farelo de algodão nas fases iniciais, a utilização do farelo de algodão em frangos de corte pode ser realizada sem prejuízos no desempenho das aves.

USO DO FARELO DE ALGODÃO EM DIETAS DE SUÍNOS

As pesquisas com o uso de farelo de algodão em suínos seguem os mesmos padrões das pesquisas do uso de farelo de algodão em aves, ou seja, há trabalhos com digestibilidade, níveis de inclusão, uso de enzimas, entre outros. Como citado na Tabela 1, de composição nutricional e níveis de inclusão de farelo de algodão para aves e suínos conforme as Tabelas Brasileiras de Exigências Nutricionais de Aves e Suínos(10), os níveis de inclusão para suínos são superiores aos níveis de inclusão para aves.

Processos fermentativos diminuem os níveis de gossípol livre, e podem auxiliar na maior inclusão de farelo de algodão em dietas de suínos, assim como ocorre em frangos de corte(23). Em trabalhos com diferentes fontes e formas de farelo de algodão, como o de Ma et al.(23), que trabalhos com três fontes de farelo de algodão (46, 50 e 55 de PB) e o farelo de algodão fermentado para suínos em fase de crescimento, ao contrário dos resultados encontrados para frangos de corte, as fontes de farelo de algodão não fermentadas de 50 e 55% de PB obtiveram menores valores de gossípol livre e maior energia metabolizável que o farelo de algodão fermentado, e nesse experimento, a fermentação não foi capaz de reduzir os níveis de gossípol livre do farelo de algodão. Mas em comparação a digestibilidade da proteína bruta e aminoácidos, o processo de fermentação foi conseguiu melhorar a digestibilidade desses nutrientes, e ficou significativamente superior ao farelo de algodão não fermentado.

Já os níveis de inclusão de farelo de algodão para suínos em fase de crescimento e terminação, Paiano et al.(15) trabalharam com níveis de inclusão de 0 a 15% na dieta. Os resultados encontrados mostraram um desempenho igual dos suínos que consumiram 0 e 15% de farelo de algodão, ou seja, avaliando o desempenho na fase de crescimento pode-se fazer uma inclusão de 15% de farelo de algodão na dieta. Mas na fase de terminação, uma inclusão de 15% de farelo de algodão na ração resultou em um maior consumo diário de ração e uma maior conversão alimentar, resultado esse que foi justificado pela maior inclusão de lipídios para corrigir o menor nível de energia presente no farelo de algodão, que substituiu cerca de 70% do farelo de soja nessa fase.

Em seu trabalho, Paiano et al.(15) não verificaram diferenças na qualidade de carcaça, e recomendaram uma inclusão de farelo de algodão de 15% na fase de crescimento e 10% na fase de terminação. Moreira et al.(24) trabalhando com níveis de inclusão, 0, 8 e 12%, de farelo de algodão para leitões e não encontrou diferenças entre os tratamentos para o desempenho dos leitões de 15 a 30kg e para o hemograma dos leitões, o que demonstra ainda mais a maior a capacidade de adaptação dos suínos, mesmo em fase inicial de criação, para aproveitar o farelo de algodão.

No trabalho de Mello et al.(4) níveis de inclusão de farelo de algodão de 0, 10 e 20%, em dietas de suínos em fase de crescimento e terminação, conseguiu resultados semelhantes aos encontrados por Paiano et al.(15). Em que não houve diferenças

significativas entre os tratamentos em relação ao desempenho dos suínos em fase de crescimento e terminação, e além desse resultado, houve uma diminuição da presença de fósforo e nitrogênio nos dejetos de suínos na fase de crescimento e um aumento da matéria seca dos dejetos na fase de terminação, o que sugere um melhor aproveitamento desses nutrientes presentes na dieta na fase de crescimento. Em relação ao aumento na matéria seca dos dejetos, Mello et al.(4) relatam que o maior nível de fibra presente na dieta com 20% de farelo de algodão em relação a dieta controle sem inclusão do farelo de algodão.

Um fator muito importante que vale enfatizar nesse melhor aproveitamento dos nutrientes do farelo de algodão para suínos é em relação a digestibilidade do fósforo. O fósforo é um mineral essencial na formação da estrutura óssea e participa de inúmeros processos metabólicos além de ser o terceiro nutriente mais oneroso nas dietas de aves e suínos(25). E em suínos mesmo com a presença do gossípol que complexa com diversos minerais, não se tem diferença entre coeficiente de digestibilidade do farelo de algodão e o farelo de soja, que fica entre 30 e 40 % nas fases de crescimento e terminação(25).

Já falando a respeito de fêmeas suínas em fase de crescimento e terminação, em um trabalho de Nascimento et al.(4) foi visto uma redução significativa do desempenho dos animais com a inclusão de 30% de farelo de algodão na fase de terminação, que influenciou no período total. Além disso, foi verificada uma redução na espessura de toucinho e na área de olho de lombo nas dietas com 30% de inclusão de farelo de algodão.

Acerca do uso de enzimas em dietas de suínos com uso de farelo de algodão, os resultados encontrados não são positivos como os encontrados em trabalhos para frangos de corte. Lorena-Rezende et al.(26) e Kong et al.(27), avaliaram os efeitos do uso de complexos enzimáticos na digestibilidade da dieta e do farelo de algodão respectivamente, e verificaram que não houve melhora na digestibilidade nem das dietas nem no farelo de algodão.

No trabalho de Lorena-Rezende et al.(26), foi utilizado um nível de inclusão de 30%, que como visto em trabalhos como o de Nascimento et al.(3), já traria problemas no desempenho dos animais. Neste trabalho, a inclusão das enzimas digestivas protease e fitase não foram capazes de promover uma melhora da digestibilidade dos nutrientes, os autores associam esse fato ao alto nível de fibra presente no farelo de algodão, que aumenta o trânsito intestinal e dificulta a ação das enzimas no conteúdo da dieta. Já Kong et al.(27) avaliou a digestibilidade *in vitro* do farelo de algodão utilizando as enzimas xilanase, protease e fitase, e também não afetou a digestibilidade ileal da matéria seca do farelo de algodão.

Com base na literatura citada, pode-se verificar uma melhor aceitação de dietas com farelo de algodão em níveis de inclusão de até 20%. Deve-se salientar que a inclusão de altos níveis de farelo de algodão, a necessidade de suplementar aminoácidos sintéticos, como por exemplo a lisina e treonina, que são inferiores aos níveis presentes no farelo de soja, fator esse que pode afetar o uso do farelo de algodão, visto que a maior suplementação desses aminoácidos sintéticos, que possuem alto custo, afeta diretamente o preço da dieta(4,15,24).

CONCLUSÕES

O farelo de algodão é uma fonte alternativa ao farelo de soja muito prática na nutrição de aves e suínos. Ao se trabalhar com farelo de algodão devemos levar em consideração alguns fatores, como inicialmente a caracterização da fonte, principalmente

os níveis de proteína bruta, fibra bruta e gossipol. Há muita heterogeneidade nas fontes, sendo encontradas fontes de 30 a 45 % de PB no Brasil, e em países como a China fontes de até 55% de proteína bruta.

Para se trabalhar com o farelo de algodão em frangos de corte, levar em consideração a utilização de níveis abaixo de 6% nas fases iniciais, e 10% nas demais fases. Utilizar enzimas exógenas, principalmente carboidrases e fitase traz resultados positivos para frangos de corte, e o uso do farelo de algodão fermentado possibilita o aumento dos níveis de inclusão para frangos de corte, pois disponibiliza mais os nutrientes e reduz os níveis de gossipol livre.

Já ao utilizar o farelo de algodão em dietas de suínos, podemos ressaltar os maiores níveis que se pode trabalhar, chegando a 20% sem afetar o desempenho, deve-se levar em consideração o custo da maior inclusão de aminoácidos sintéticos ao se trabalhar com níveis mais elevados de farelo de algodão. Além disso vê-se uma maior necessidade de estudos em relação ao uso de enzimas exógenas e do farelo de algodão fermentado na alimentação de suínos para subsidiar melhores conclusões a respeito dos efeitos dessas ferramentas.

REFERÊNCIAS

1. Associação Brasileira de Proteína Animal. Relatório Anual ABPA 2021. Associação Brasileira de Proteína Animal; p. 75. (Relatório Anual ABPA). Report No.: 9.
2. EMBRAPA Aves e Suínos. Central de Inteligência Aves e Suínos [Internet]. <https://www.embrapa.br/suinos-e-aves/cias>: EMBRAPA Aves e Suínos; [citado 25 de janeiro de 2022]. Disponível em: <https://www.embrapa.br/suinos-e-aves/cias>
3. Nascimento CLMM do, Júnior WMD, Rabello CBV, Ludke M do CMM, Nascimento GR, Palhares LO. Desempenho e características de carcaças de fêmeas suínas alimentadas com farelo de algodão. Arq Ciênc Veterinárias E Zool UNIPAR [Internet]. 15 de outubro de 2020 [citado 7 de junho de 2022];23(1cont). Disponível em: <https://revistas.unipar.br/index.php/veterinaria/article/view/7194>
4. Mello G, Laurentiz AC, Filardi RS, Bergamaschine AF, Okuda HT, Lima MM, et al. Farelo de algodão em rações para suínos nas fases de crescimento e terminação. Arch Zootec. março de 2012;61:55–62.
5. Abdalh ME, Ahiwe EU, Musigwa S, Chang'a EP, Al-Qahtani M, Cadogan DJ, et al. Energy and protein utilisation by broiler chickens fed diets containing cottonseed meal and supplemented with a composite enzyme product. Br Poult Sci. 3 de julho de 2020;61(4):424–32.
6. Miranda LMB de, Goulart C de C, Leite SCB, Batista ASM, Lima RC. Cottonseed meal in broiler diets with or without enzyme supplements. Rev Ciênc AGRONÔMICA [Internet]. 2017 [citado 7 de junho de 2022];48(4). Disponível em: <http://www.gnresearch.org/doi/10.5935/1806-6690.20170080>
7. Alves AF, Zervoudakis JT, Hatamoto-Zervoudakis LK, Cabral L da S, Leonel F de P, Paula NF de. Substituição do farelo de soja por farelo de algodão de alta energia em dietas para vacas leiteiras em produção: consumo, digestibilidade dos nutrientes, balanço de nitrogênio e produção leiteira. Rev Bras Zootec. março de 2010;39(3):532–40.
8. Silva SM, Maia LFO. Estudo da extração de óleo do caroço de algodão por solvente alternativo. :8.

9. Products – National Cottonseed Products Association [Internet]. [citado 15 de junho de 2022]. Disponível em: <https://www.cottonseed.com/products/>
10. Rostagno HS, Albino LFT, Hannas MI, Donzele JL, Sakomura NK, Perazzo FG, et al. Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais. Universidade Fed Viçosa - Dep Zootec. 2017;(4^a):488.
11. Ma X, Hu J, Shang Q, Liu H, Piao X. Chemical composition, energy content and amino acid digestibility in cottonseed meals fed to growing pigs. *J Appl Anim Res.* 1^o de janeiro de 2019;47(1):280–8.
12. Ferreira DNM, Dutra Júnior WM, Palhares LO, Coelho AHSC, Lourenço-Silva MI, Melo RLC. Desempenho e características de carcaça de suínos em crescimento alimentados com torta de algodão e complexo enzimático. *Arq Bras Med Veterinária E Zootec.* outubro de 2019;71(5):1616–22.
13. Borda-Molina D, Zuber T, Siegert W, Camarinha-Silva A, Feuerstein D, Rodehutschord M. Effects of protease and phytase supplements on small intestinal microbiota and amino acid digestibility in broiler chickens. *Poult Sci.* julho de 2019;98(7):2906–18.
14. Jazi V, Boldaji F, Dastar B, Hashemi SR, Ashayerizadeh A. Effects of fermented cottonseed meal on the growth performance, gastrointestinal microflora population and small intestinal morphology in broiler chickens. *Br Poult Sci.* 4 de julho de 2017;58(4):402–8.
15. Paiano D, Moreira I, Carvalho PL de O, Furlan AC, Silva MAA, Kutschenko M, et al. Farelo de algodão na alimentação de suínos (30 - 90 kg). *Rev Bras Saúde E Produção Anim.* setembro de 2014;15(3):790–800.
16. Zhang W ju, Xu Z rong, Sun J yi, Yang X. Effect of selected fungi on the reduction of gossypol levels and nutritional value during solid substrate fermentation of cottonseed meal. *J Zhejiang Univ Sci B.* setembro de 2006;7(9):690–5.
17. Nie C, Zhang W, Ge W, Liu Y, Wang Y, Liu J. Effect of Cottonseed Meal Fermented with Yeast on the Lipid-related Gene Expression in Broiler Chickens. *Rev Bras Ciênc Avícola.* dezembro de 2015;17(spe):57–64.
18. Niu J, Zhang J, Wei L, Ma X, Zhang W, Nie C. Cottonseed meal fermented by *Candida tropicalis* reduces the fat deposition in white-feather broilers through cecum bacteria-host metabolic cross-talk. *Appl Microbiol Biotechnol.* maio de 2020;104(10):4345–57.
19. Niu JL, Wei LQ, Luo YQ, Yang WT, Lu QC, Zheng XX, et al. Fermented cottonseed meal improves production performance and reduces fat deposition in broiler chickens. *Anim Biosci.* 1^o de abril de 2021;34(4):680–91.
20. Sun H, Tang JW, Fang CL, Yao XH, Wu YF, Wang X, et al. Molecular analysis of intestinal bacterial microbiota of broiler chickens fed diets containing fermented cottonseed meal. *Poult Sci.* fevereiro de 2013;92(2):392–401.
21. Batonon-Alavo DI, Bastianelli D, Lescoat P, Weber GM, Umar Faruk M. Simultaneous inclusion of sorghum and cottonseed meal or millet in broiler diets: effects on performance and nutrient digestibility. *Animal.* 2016;10(7):1118–28.
22. Zhang F, Adeola O. Energy values of canola meal, cottonseed meal, bakery meal, and peanut flour meal for broiler chickens determined using the regression method. *Poult Sci.* fevereiro de 2017;96(2):397–404.

23. Ma DL, Ma XK, Liu L, Zhang S. Chemical composition, energy, and amino acid digestibility in 7 cottonseed co-products fed to growing pigs. *J Anim Sci.* 14 de abril de 2018;96(4):1338–49.
24. Moreira I, Sartori IM, Paiano D, Martins RM, Oliveira GC de. Utilização do farelo de algodão, com ou sem a adição de ferro, na alimentação de leitões na fase inicial (15-30 kg). *Rev Bras Zootec.* junho de 2006;35(3 suppl):1077–84.
25. Bünzen S, Rostagno HS, Lopes DC, Hashimoto FAM, Gomes PC, Apolônio LR. Digestibilidade do fósforo de alimentos de origem vegetal determinada em suínos em crescimento e terminação. *Rev Bras Zootec.* julho de 2008;37(7):1236–42.
26. Lorena-Rezende IMB de, Dutra Junior WM, Rezende FM, Palhares LO, Ludke M do CMM, Rabello CBV. Digestibility of the cottonseed meal with or without addition of protease and phytase enzymes in swine diet. *Acta Sci Anim Sci.* 11 de maio de 2012;34(3):259–65.
27. Kong C, Park CS, Kim BG. Effects of an enzyme complex on in vitro dry matter digestibility of feed ingredients for pigs. *SpringerPlus.* dezembro de 2015;4(1):261.

DOI: <https://doi.org/10.53934/9786585062039-33>

CAPÍTULO 33

FARINHA DE INSETO COMO ALIMENTO NUTRACÊUTICO PARA ANIMAIS: REVISÃO DE LITERATURA

Diana Carla Fernandes Oliveira *; Letícia Tavares Martins ; Anderson Henrique Venâncio ; Renan Rosa Paulino ; Matheus Ribeiro Galuppo ; Ana Carolina Moraes Lima  Rilke Tadeu Fonseca de Freitas 

**Autor correspondente (Corresponding author) – Email:
diana_zootecnista@yahoo.com.br*

Resumo: A nutrição é um dos pilares para o desenvolvimento da cadeia produtiva de suínos, aves e peixes, isso, devido seu impacto no desempenho e na saúde animal. A procura por alimentos alternativos que ofereçam qualidade nutracêutica é crescente nos dias atuais, principalmente pelos custos elevados e ingredientes limitados que afetam a produção comercial. Nesse cenário, o uso de farinha de insetos promove pesquisas pelo mundo todo a fim de elucidar suas potencialidades, embora já seja conhecido que a farinha de insetos é rica em proteínas, lipídios e fonte de minerais e vitaminas, é importante conhecer seus efeitos no organismo, por exemplo, o papel que a quitina exerce na digestibilidade e imunidade. A quantidade e qualidade dos nutrientes presentes na farinha de insetos é dependente da espécie utilizada e o seu processamento. As espécies mais utilizadas são a Black soldier fly (BSF) e *Tenebrio molitor*, além da mosca doméstica, tenébrio gigantes, grilos e gafanhotos. No Brasil, ainda não existe nenhuma legislação que orienta e normatize a produção e comercialização de insetos para o consumo. Com isso, objetivou-se com essa revisão, abordar o uso da farinha de insetos na dieta de suínos, aves e peixes, visando melhorias na produtividade dessas culturas de maneira sustentável e lucrativa.

Palavras-chave: alimento funcional; peptídios bioativos; proteínas de inseto; saúde intestinal;

Abstract: Nutrition is one of the pillars for the development of the swine, poultry and fish production chain, due to its impact on animal performance and health. The demand for alternative foods that offer nutraceutical quality is growing nowadays, mainly due to the high costs and limited ingredients that affect commercial production. In this scenario, the use of insect flour promotes research around the world in order to elucidate its potential, although it is already known that insect meal is rich in proteins, lipids and a source of minerals and vitamins, it is important to know its effects on the body for example, the role that chitin plays in digestibility and immunity. The quantity and quality of nutrients present in insect meal depends on the species used and its processing. The most used species are the black soldier fly (BSF) and *Tenebrio molitor*, in addition to the housefly, giant mealworms, crickets and locusts. In Brazil, there is still no legislation that

guides and regulates the production and commercialization of insects for consumption. Thus, the objective of this review was to address the use of insect meal in the diet of swine, poultry and fish, aiming at improvements in the productivity of these crops in a sustainable and profitable way.

Key Word: functional food; bioactive peptides; insect proteins; gut health

INTRODUÇÃO

O aumento do interesse nos insetos como fonte alternativa de proteína deve-se, provavelmente, ao aumento do custo e à disponibilidade limitada de farinha de peixe, que é o ingrediente proteico ideal para alimentação de animais. Sua inclusão, na dieta, justifica-se pelo fato de que esses artrópodes possuem um excelente valor nutritivo, sendo uma fonte rica em proteínas, lipídios, minerais, vitaminas e fibras (1,2).

O uso de insetos tanto como ingrediente funcional e/ou aditivo recentemente ganhou muita notoriedade e sinaliza positivamente para as vantagens dos insetos e como esse grupo animal representa uma solução real e possível à indústria animal (3). As farinhas de tenébrio (*Tenebrio molitor*) e de black soldier fly (BSF) têm mostrado reais benefícios de sua inclusão nas dietas.

Pesquisas nos últimos anos têm evidenciado as propriedades nutracêuticas dos insetos, especialmente via peptídeos antimicrobianos (AMPs), e seu potencial uso como bactericida e modulador da resposta imune (4,5,6). Apesar das inúmeras vantagens, o progresso no estudo dos insetos e suas propriedades nutracêuticas tem sido lento em espécies aquícolas.

Considerando o potencial deste ingrediente em rações, estudos também destacam a produção de peptídeos antimicrobianos pelos insetos, que pode agregar efeitos benéficos e sobre o desempenho e a saúde das aves. Os peptídeos antimicrobianos são proteínas (menor que 100 unidades de aminoácidos) que compõem o sistema imune dos insetos e são muito efetivos contra bactérias, fungos, parasitas e até mesmo vírus (4,6,7). Isto tem gerado muito interesse por parte da indústria farmacêutica animal pela possibilidade em obter um substituto ao uso de antimicrobianos como aditivos melhoradores de desempenho (8,9).

Diversos estudos mostram os efeitos positivos da inclusão de farinha de inseto como alimento funcional em aves de corte, poedeiras e suínos. Esta revisão tem como objetivo abordar a tecnologia da informação digital, bem como integrar essas tecnologias à aquíicultura visando melhorar a produtividade, sustentabilidade e lucratividade.

INSETOS E SUAS POTENCIALIDADES NA ALIMENTAÇÃO ANIMAL

Os insetos são uma classe de animais dentro do grupo de artrópodes que possuem exoesqueleto. Por possuírem sangue (hemolinfa) frio (poecilotérmicos), são eficientes na conversão de ração em proteína.

O *Tenebrio molitor* L. - TN é um besouro conhecido popularmente no Brasil como “bicho da farinha” (10), da ordem *Coleoptera* e família *Tenebrionidae* (11). É um inseto onívoro geralmente alimentados com farinha ou farelo de trigo (12). O ciclo de vida completo dos tenébrios varia entre 280 e 630 dias (13) (Figura 8), mas pode sofrer variação influenciada pela dieta e temperatura. Em climas mais quentes o ciclo é mais curto (14,15), variando entre de 70 a 84 dias com dieta de aveia e soja (16).



Figura 8. Ciclo biológico do *Tenebrio molitor*.
 Fonte: Google (2020)

A *Black Soldier Fly* – BSF, se alimenta principalmente de substratos orgânicos, como fezes de animais, restos de abatedouros e lixo doméstico. Também se alimenta de frutas e vegetais. Seu desenvolvimento ocorre em ambientes mais quentes, com temperatura entre 29 e 31°C e seu ciclo de vida é rápido, em torno de 40 dias. É uma mosca resistente que consegue se adaptar a condições adversas, como a falta de alimento e água. Na fase larval (Figura 9), possui maior valor proteico que pode sofrer alterações conforme sua dieta, porém, o melhor estágio para o seu consumo é o de pré-pupa, onde possui menor concentração de quitina (17,18). A quitina é um polímero de glucosamina e N-acetilglucosamina considerado um componente não nutricional, pois não pode ser digerido, principalmente por peixes e aves (17,18,19). A dificuldade na sua digestão está relacionada a forte ligação de proteínas nas fibras de quitina. Porém, a quitina também possui papel importante na imunidade dos animais (20,21).



Figura 9 – Larvas da mosca Black soldier fly – BSF
Fonte FAO (2022)

FARINHA DE INSETO

O hábito de ingerir insetos é conhecido como entomofagia. É praticado aproximadamente 2 bilhões de anos pelo homem e animais. Com relação aos animais, vários aspectos podem influenciar no consumo de insetos como fonte proteica, entre elas pode-se destacar, o baixo consumo de água, maior fecundidade, melhor taxa de conversão alimentar, composição de alto valor nutricional e baixo custo de produção. (22).

A entomofagia vem se destacando, pelo fato dos insetos serem fontes de energia, proteína de alto valor biológico e de 236 nutrientes, dentre eles, aminoácidos essenciais e não essenciais; ácidos graxos monoinsaturados - MUFA e poliinsaturados - PUFA; minerais como o cobre, ferro, magnésio, manganês, fósforo, selênio e zinco; bem como as vitaminas riboflavina, ácido pantotênico, biotina e, em alguns casos, ácido fólico e vitamina C (23).

Para os animais a aceitação de proteínas de origem entomológica, seja misturada na ração ou *in natura*, é um hábito natural. A maior dificuldade desse consumo é a produção industrial limitada, que faz o custo ser elevado e ainda insuficiente para atender a demanda, além da baixa divulgação dos benefícios nutricionais que uma dieta com insetos possui (24). Nos sistemas de produção animal, as pesquisas com alimentos alternativos às fontes de proteína na dieta dos animais, têm se intensificado (25,26,27,28,29,30,31,32). Vários pesquisadores têm desenvolvido estudos para avaliar a inclusão de insetos na composição de dietas de animais de produção (33,34,35,36,37).

O acréscimo da farinha de insetos na composição de rações para alimentação animal tem sido estudado por diversos pesquisadores e alguns desses destacam a presença de peptídeos antimicrobianos, que podem trazer benefícios sobre o desempenho e a saúde das aves. Peptídeos antimicrobianos são proteínas que estão presentes no sistema imune dos insetos e são efetivos contra bactérias, fungos, parasitas e até mesmo vírus (7). A indústria farmacêutica animal, trabalha na possibilidade de substituir os antimicrobianos utilizados atualmente, como aditivos melhoradores de desempenho, pela farinha de inseto (38).

As farinhas de insetos produzidas com as fases larvais e pupas, possuem mais lipídios, podendo ser maior que 18%. Os teores de proteína bruta podem variar entre 42 a 75%. Os insetos são deficientes em metionina e lisina, exceto as larvas do bicho seda. Também possuem deficiência em cálcio e fósforo, sendo importante a suplementação, principalmente quando for destinada as aves de postura. (17,39). Embora o uso de farinhas de insetos seja promissor, são necessárias pesquisas que abrangem a criação, processamento e armazenamento dos insetos; segurança dos produtos; e padronização dos valores e níveis de inclusão na dieta. (40).

As principais espécies incluídas na farinha de insetos são a mosca *Black Soldier Fly* (BSF), larvas de besouros *Tenebrio molitor* (TM), mosca doméstica (*Musca domestica*), *Tenebrio gigante* (TG), gafanhotos e grilos, barata cinérea e pupas de bicho-da-seda. (17).

No Brasil ainda não existe legislação específica que normatize a reprodução, criação e comercialização de insetos, o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento fornece o SIFE com base na legislação existente referente a produção e alimentação animal, LEI N° 6.198, de 26 de dezembro de 1974. "Dispõe sobre a Inspeção e a Fiscalização Obrigatórias dos Produtos à Alimentação Animal, e dá outras providências" (41).

SUÍNOS

A produção de suínos vem crescendo ao longo dos anos, mas os custos são cada vez mais elevados, principalmente pela baixa oferta de farinha de peixes, um componente proteico comum na dieta suína. Chia et al. (42), ofereceram farinha de insetos de BSF para leitões pré desmamados e observaram que não houve diferença no desenvolvimento zootécnico, como o crescimento, peso corporal e ganho médio diário. Os mesmos autores, avaliaram parâmetros hematológicos e observaram um estímulo do sistema imune e humoral, indicando que a adição da farinha de insetos pode contribuir na proteção desses animais contra o *Mycobacterium spp.*, *Listeria*, *Brucella spp.*, *Pasteurella*, *Salmonella spp.*, vírus e fungos.

Em suínos na fase de crescimento, alguns estudos têm sido realizados a fim de identificar os efeitos dietéticos das larvas de tenébrio na resposta metabólica (43), resposta antioxidante (44) e resposta da microbiota (45). Nekrasov et al. (46) relataram que a suplementação de 0,8% de larvas de BSF não afetou o desempenho de crescimento dos suínos em crescimento com maior concentração de proteína e leucócitos no sangue em comparação com a dieta controle.

Biasato et al. (47), avaliando a microbiota intestinal de leitões desmamados e alimentados com a dieta contendo farinha de larvas BSF (10%), observaram efeito positivo na microbiota cecal com bactérias produtoras de ácidos graxos de cadeia curta quando comparados com a dieta controle. Além disso, até 10% de farinha de larvas de BSF na dieta, afetou positivamente a maturidade do intestino pela composição da mucina do intestino delgado sem quaisquer efeitos adversos no escore histológico no intestino dos leitões.

Resultados benéficos da inclusão de farinha de inseto também foram observadas por Kar et al. (45). Os autores relataram que dietas contendo larvas de BSF induziram um microbioma do intestino delgado mais enriquecido de suínos em crescimento em comparação com a dieta com farelo de soja. Além disso, a farinha de larvas de BSF da

dieta não causou uma resposta inflamatória sistêmica, como citocinas e quimiocinas pró e anti-inflamatórias. Segundo os autores, a inclusão de BSF na dieta favorece o desenvolvimento do microbioma intestinal que pode influenciar positivamente a saúde intestinal.

Os aminoácidos e conteúdo de energia presente no farelo de inseto de BSF, são ideais para a substituição do farelo de soja na dieta nos suínos. (40). Mas a deficiência nutricional de metionina, cistina e treonina deve ser avaliado e equilibrado nas dietas. (48).

AVES

Na natureza, muitas aves possuem o hábito de se alimentar de insetos e larvas. Galinhas criadas em áreas externas, frequentemente ingerem insetos, independente da sua fase de vida. Esse comportamento mostra que aves são adaptadas a ingerir insetos e sua inclusão na dieta não deve afetar o consumo. (21). Embora as aves aceitem bem esse alimento, níveis acima de 10% de substituição diminuem o consumo, sendo relacionado a coloração mais escura e assim se tornando menos atraente às aves e pelo desequilíbrio de metionina na dieta. (14,48).

Jósefiak et al. (49) observaram redução nas contagens de *Bacteroides-Prevotella* e subgrupos de *Clostridium leptum* adicionando 0,2% de farinha de tenébrio e BSF, respectivamente, em rações para frangos de corte até os 35 dias de idade. Benzertiha et al. (50) utilizando farinha de tenébrio (0,2 e 0,3% de inclusão) com salinomicina (coccidiostático) na ração de frangos, observaram que a utilização desses níveis resultou em aumento no ganho de peso das aves e no consumo de ração sem alterar a conversão alimentar. Efeitos benéficos da inclusão da farinha de inseto na alimentação de frangos de corte também foram observadas por Benzertiha et al. (51), ao realizarem um ensaio comparando o uso de farinha de tenébrio (0,2 e 0,3% de inclusão) com salinomicina (coccidiostático) e verificaram um aumento de atividade de α e β -glucosidase e α -galactosidase e uma diminuição da contagem cecal de *Prevotella* quando comparada ao controle positivo e negativo.

Chu et al., (52) verificaram o efeito da inclusão dietética de farinha desengordurada de larvas de mosca soldado negra (BSFM), (0, 3, 6 e 9%) integral sobre o desempenho de crescimento, capacidade antioxidante do plasma, digestibilidade de nutrientes e saúde intestinal de galinhas poedeiras durante 1-42 dias de idade. Os níveis de inclusão de BSFM aumentaram a digestibilidade da proteína bruta e do extrato etéreo de forma quadrática, bem como a concentração de imunoglobulina A, secretora (sIgA) na mucosa do íleo. Segundo os autores, os resultados encorajadores da melhoria do desempenho de crescimento, digestibilidade de nutrientes, capacidade antioxidante e parâmetros de saúde intestinal sugeriram que a inclusão de BSFM parcialmente integral pode ser ingredientes proteicos adequados para dietas de galinhas poedeiras no período inicial.

PEIXES

Atualmente a alimentação de peixes é composta principalmente por farinha de peixes. Também são utilizadas fontes vegetais, como farelo de soja e glúten de milho (53), porém, devido ao alto custo de produção e disponibilidade de ingredientes limitada, considerando principalmente a farinha de peixes, torna-se necessário buscar meios alternativos para a alimentação desses animais. Nesse sentido, a farinha de insetos ganha maior visibilidade por pesquisadores, que buscam mostrar os benefícios associados ao seu consumo e produção (22,39).

A utilização de farinha de insetos na alimentação de peixes, apresenta como vantagens a sua qualidade nutricional, rica em proteínas e lipídios; o menor uso da terra, quando comparado com outras culturas que exigem grandes áreas para a produção, como a soja; e utilização de resíduos como fonte nutricional aos insetos, por exemplo, a BSF se alimenta de resíduos e não necessita de produção alimentar em grande escala para sua manutenção. Assim, a farinha de inseto, se mostra como um alimento alternativo sustentável (17,39), além disso, apresenta grande palatabilidade e boa digestibilidade. (18)

As exigências nutricionais de peixes, inclui proteínas de alta qualidade e apesar de fontes vegetais oferecer benefícios nutritivos, apresenta características desfavoráveis, incluindo a baixa palatabilidade e desequilíbrio entre aminoácidos essenciais e não essenciais. (17).

Apesar da farinha de insetos se apresentar como uma promissora fonte de proteína aos peixes, seu uso deve ser cauteloso e estudos devem ser delineados afim de conhecer melhor as características dessa fonte proteica. Vários estudos avaliaram seu potencial e existem divergências entre autores (12), isso se deve principalmente pela grande variedade de peixes analisados e pelas características dos insetos utilizados, já que a dieta, fase de vida e metodologias aplicadas, podem alterar o valor nutritivo final da farinha de inseto (17).

Fabian et al (54), relatam bom desempenho em alevinos de pirapitinga (*Piaractus brachypomus*) quando houve substituição de 10% da ração comercial por farinha de insetos de *Tenebrio molitor*, porém, quando utilizada em concentração maior (30%), apresentou menor desempenho e taxa de sobrevivência reduzida. Em contra partida, Tubin e Emerenciano (12) observaram que o uso de larvas de *T. molitor* para alimentar alevinos de tilápia do nilo (*Oreochromis niloticus*), não deve ser superior a 15% na substituição da dieta, devido ao depósito de gordura em vísceras e pelo menor desempenho zootécnico comparado a concentrações maiores. Esses efeitos negativos, foram relacionados a maior concentração de quitina, que conseqüentemente, diminuiu o apetite, o ganho de peso e aumentou a inatividade dos peixes. O melhor estágio larval a ser utilizado para o preparo da farinha de insetos, é a pré-pupa, onde a concentração de quitina é menor (55). Quanto maior os níveis de quitina, menor é a digestibilidade do alimento, logo, a farinha de insetos não deve ser substituída em 100% na alimentação dos peixes. (56)

Muin et al. (57), ao utilizar larvas de BSF (*Black soldier fly*) para alevinos de tilápia (*O. niloticus*), verificaram que a espécie tolera até 50% da substituição da farinha de insetos na sua dieta, sem causar efeitos colaterais e ainda perceberam maior incremento proteico na musculatura de peixes que tiveram 25% de substituição da ração, em

comparação aos animais alimentados somente com ração comercial, onde o incremento proteico na musculatura foi reduzido.

CONCLUSÕES

O uso de farinha de insetos para alimentação de animais de produção, se mostra como um agente promissor, que futuramente pode estar presente na formulação de diversas dietas. Pesquisas vem mostrando seus benefícios aos animais e sua condição sustentável, visto que são necessários a produção alimentícia em escala sem agredir o meio ambiente, reduzindo efeitos ecológicos negativos.

Dados já obtidos em pesquisas de diferentes localidades mostram divergências na quantidade ideal a ser substituída, mas pode-se inferir que a substituição não deve ser total, principalmente pela presença da quitina na farinha de insetos, por isso, faz-se necessário novos estudos, afim de padronizar valores ideais que promovam um bom aproveitamento pelos animais e com segurança, sem afetar seu desenvolvimento zootécnico e sanitário.

Por fim, apesar do uso dos insetos serem estudados a anos, a sua inclusão na dieta deve ganhar mais força nos próximos anos e pode incrementar a base proteica alimentar de suínos, aves e peixes, contribuindo com a produção dessas culturas.

AGRADECIMENTOS

FAPEMIG, CNPq, CAPES

REFERÊNCIAS

1. Lucas A. J. S., DA Rocha M., Saad C. D. M., Prentice C. Efeitos das diferentes condições de processo na avaliação da hidrólise enzimática de barata cinérea (*Nauphoeta cinerea*). Brazilian Journal of Development. 2020; 6: 48885-48898.
2. Oliveira L. M., Lucas A. J. S., Cadaval C. L., Salas-Mellado M. M. Bread enriched with flour from cinereous cockroach (*Nauphoeta cinerea*). Innovative Food Science & Emerging Technologies. 2017; 44:30-35.
3. Jósefiak D., Engberg R. M. Insects as poultry feed. 20th European Symposium on Poultry Nutrition. Prague, Czech Republic. 2015; 24: 27.
4. Yi H. Y., Chowdhury M., Huang Y. D., Yu X. Q. Insect antimicrobial peptides and their applications. Applied microbiology and biotechnology. 2014; 98: 5807-5822.
5. Rahnamaeian M., CytryNnska M., Zdybicka-Barabas, Dobszlaff K., Wiesner J., Twyman R., et al. Insect antimicrobial peptides show potentiating functional interactions against Gram-negative bacteria. Proceedings of the Royal Society Biological Sciences. 2015; 282: 20150293.

6. Mylonakis E., Podsiadlowki L., Muhammed M., Vilcinskas A., Diversity, evolution and medical applications of insect antimicrobial peptides. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*. 2016; 371: 20150290.
7. Jenssen H., Hamill P., Hancock R. Peptide antimicrobial agents. *Clinical Microbiology Reviews*. 2006; 19: 491-511.
8. Ratcliffe N., Azambuja P., Mello C. B. Recent advances in developing insect natural products as potential modern day medicines. *Evidence-based complementary and alternative medicine*. 2014; 2014.
9. Van Huis A., Edible insects contributing to food security? *Agriculture e Food Security*. 2015. v.4, n.1, p.1-9.
10. Vilella L. M. Produção de insetos para uso na alimentação animal. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Faculdade de Agronomia. 2018.
11. Gallo D., Nakano O., Silveira Neto, et al. *Entomologia agrícola*. Piracicaba. FEALQ. 2002: 902.
12. Tubin J. S. B., Emerenciano, M. G. C. Farinha de tenébrio (*Tenebrio molitor*) em dietas para alevinos de tilápia do nilo em sistema de recirculação de água. Dissertação de mestrado. Chapecó. Universidade do Estado de Santa Catarina – UDESC. 2017.
13. Organization- I. C. International Cocoa Organization-ICCO. Production - Latest figures from the Quarterly Bulletin of Cocoa Statistics. 2018.
14. Makkar HPS, Tran G, Henze V, Ankers P. State-of-the-art on use of insects as animal feed. *Animal Feed Science and Technology*. 2014; 197:1-33.
15. Tran G., Gnaeding C., Mélin C. Mealworm (*Tenebrio molitor*). *Feedipedia*, a Programme by INRA, CIRAD, AFZ and FA). 2019.
16. Sánchez-Muros M. J., Barroso F.G., Manzano-Agugliaro F. Insect meal as renewable source of food for animal feeding: a review. *J. Clean. Prod.* 2014; 65: 16–27.
17. Arantes Vânia M., Kamimura Regis, Marchini Cristiane F. P., Agregação de valor á nutrição a partir do uso de farinhas de insetos: aves e suínos. *Inovações na Nutrição Animal: desafios da produção de qualidade*. 2021.
18. Babilon Júlio C. S., Ferrari Jeferson L., Potencialidade do uso de insetos para alimentação na aquicultura. 2022.
19. Barroso F. G., de Haro C., Sánchez-Muros M. J., Venegas E., Martínez-Sánchez A., Pères-Bañón C. The potential of various insect species for use as food for fish. *Aquaculture*, 2014; 422: 193-201.

20. Nogales-Mérida S., Gobbi P., Józefiak D., Mazurkiewicz J., Dudek K., Rawski M., et al. Insect meals in fish nutrition.. *Reviews in Aquaculture*. 2018; 11: 1080-11032.
21. Bovera F., Loporte R., Marono S., Piccolo G., Iancosini V., et al. Use of *Tenebrio molitor* larvae meal as protein source in broiler diet: effect on growth performance, nutrient digestibility, and carcass and meat traits. *Journal Animal Sciences*. 2015; 94: 639-647.
22. Bisconsin-Júnior A., Januário L. A., Netto F. M, Mariutti L. R. B., Composição de insetos comestíveis. 36 Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia de Alimentos CBCTA. 2018.
23. Rumpold B. A., Schüter O. K. Potential and challenges of insect as a innovative source for food and feed production. *Innovative Food Science e Emerging Technologies*. 2013; 17: 1-11.
24. Veldkamp T.; Duinkerken G.; Huis V. A., et al. Insects as a sustainable feed ingredient in pig and poultry diets. A feasibility study. Wageningen UR Livestock Research.. Report 638. 2012.
25. Pezzato L. F., Miranda E. C., Barros M. M., et al. Digestibilidade aparente da matéria seca e da proteína bruta e a energia digestível de alguns alimentos alternativos pela tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). *Acta Scientiarum Animal Sciences*, 2004; 26: 329-337.
26. Braga C. V. P., Fuentes M. F. F., Freitas E. R., et al. Efeito da inclusão do farelo de coco em rações para poedeiras comerciais. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 2005; 34: 76-80.
27. Cavalcante, R. R., Figueiredo A. V., Carvalho M. A. M., Lopes J. B., Almeida M. M. Digestibilidade aparente de nutrientes de rações balanceadas com alimentos alternativos para cutias (*Dasyprocta prymnolapha*) em crescimento. 2005; 6: 163-171.
28. Siebra J. E. C., Ludke M. C. M. M., Luke J. V., Bertol, T. M., Moreira D. J. W. Desempenho bioeconômico de suínos em crescimento e terminação alimentados com rações contendo farelo de coco. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 2008; 62: 172-177.
29. Tavernari F. C., Morata R. L., Ribeiro J., Albino L. F. T., Dutra-Júnior W. M., Rosatagno H. S. Nutritional and energetic evolution of sunflower meal in broiler diets. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec*. 2010; 62.
30. Freitas E. R., Lima R. C., Silva R. B., et al. Substituição do farelo de soja pelo farelo de coco em rações contendo farelo de castanha de caju para frangos de corte. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 2011; 40: 1006-1013.

31. Mello G., Laurentiz A. C., Filardi R. S., Bergamaschine A. F., Farelo de algodão em rações para suínos nas fases de crescimento e terminação. *Archivos de Zootecnia*. 2012; 61: 55-62.
32. Freitas E. R., Lima R. C., Silva R. B., et al. Substituição do farelo de soja por levedura de cana de açúcar em rações para frangos de corte. *Revista Ciência Agronômica*. 2013; 44: 174-183.
33. Lira A. A. Avaliação da farinha de tenébrio (*Tenebrio molitor*) na alimentação de juvenis de tambaqui (*Colossoma macropomun*). Dissertação (Mestrado em Aquicultura) - Universidade Nilton Lins e Instituto de Pesquisas da Amazônia, Manaus, 2015.
34. Fontes T. V. Coeficiente de digestibilidade de farinha de insetos na alimentação de alevinos de tilápia do nilo (*Oreochromis niloticus*). Dissertação (Mestrado em Ciências Veterinárias) - Universidade Federal de Lavras. 2018.
35. VILELLA, L. M. Produção de insetos para uso na alimentação animal. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Faculdade de Agronomia. Curso de Zootecnia: Bacharelado, 2018.
36. Nascimento F. M. A. Farinha de inseto (*Tenebrio molitor*) na alimentação de frangos de corte, preferência alimentar, energia metabolizável e digestibilidade de aminoácidos. Dissertação de mestrado USP – Escola Superior de Aquicultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 2020: 72.
37. Reis T., Dias A. C. C., Farinha de insetos na alimentação de não ruminantes, uma alternativa alimentar. *Veterinária e Zootecnia*. 2020: 27.
38. Van Huis A., Van I. J., Klunder H., Mertenés E., Halloran A., Muir G., et al.; Edible insects: future prospects for food and feed security. Food and agriculture organization of the United Nations. 2013.
39. FAO. Is the time ripe for using insect meal in aquafeeds? 2022
40. DiGiacomo K., Leury B. J., Review: Insect meal: a future source of protein feed for pigs? *Animal*. 2019; 13: 3022-3030
41. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento fornece o SIFE com base na legislação existente referente a produção e alimentação animal, LEI Nº 6.198, de 26 de dezembro de 1974. “Dispõe sobre a Inspeção e a Fiscalização Obrigatórias dos Produtos à Alimentação Animal, e dá outras providências”.
42. Chia S. Y., Tanga C. M., Osuga I. M., Alaru A. O., Mwangi D. M., Githinji M., et al; Effect of dietary replacement of fishmeal by insect meal on growth performance, blood profiles and economics of growing pigs in Kenya. *Animals*, 2019; 9.

43. Meyer S., Gessner D. K., Braune M. S., Friedhoff T., Most E., Höring M., et al. Comprehensive evaluation of the metabolic effects off insect meal from *Tenebrio molitor L.* in growing pigs by transcriptomics, metabolics and lipidomics. *Journal of Animal Science and Biotechnology.* 2020; 11:1-19.
44. Ringseis, R., Peter, L., Gessner, D. K., Meyer, S., Most, E., e Eder, K. Effect of *Tenebrio molitor* larvae meal on the antioxidant status and stress response pathways in tissues of growing pigs. *Archives of Animal nutrition.* 2021; 75:237-250.
45. Kar S. K., Schokker D., Harms A. C., Krujit, L., Smitis M. A., Jasman A. J. M. Kar, S. K., Local intestinal microbiota response and systemic effects of feeding black soldier fly larvae to replace soybean meal in growing pigs. *Scientific reports.* 2021; 11:1-16.
46. Nekrasov R.V., Golovin A.V., Makhaev E.A., Anikin A.S., Pervov N.G. Strekozov N.I., et al., *Nutrient Requirements of Dairy Cattle and Pigs.* L.K. Ernst Federal Research Center for Animal Husbandry: Moscow, Russia, 2018.
47. Biasato I, Ferrocino I, Colombino E, et al. Effects of dietary *Hermetia illucens* meal inclusion on cecal microbiota and small intestinal mucin dynamics and infiltration with immune cells of weaned piglets. *Journal of Animal Science and Biotechnology,* 2020; 11:1-11.
48. Veldkamp T., Bosch G. Insects: a protein-rich feed ingredient in pig and poultry diets. *Animal Frontiers,* 2015; 5: 45-50.
49. Józefiak A., Kierończyk B., Rawski M., Mazurkiewicz J., Benzertiha A., Gobbi P., et al. Full-fat insect meals as feed additive—the effect on broiler chicken growth performance and gastrointestinal tract microbiota. *J. Animal Fees Sci.* 2018; 27: 131-139.
50. Benzertiha A., Kierończyk B., Rawski M., Mikołajczak Z., Urbański A., Nogowski L., et al., *Insect Fat in Animal Nutrition—A Review.* *Ann. Anim. Sci.* 2020; 20: 1217–1240.
51. Benzertiha A., Kierończyk B., Rawski M., Kołodziejcki P.A., Bryszak M., Józefiak, D. Insect oil as an alternative to palm oil and poultry fat in broiler chicken nutrition. *Animals* 2019; 9: 116.
52. Chu, X., Li, M., Wang, G., Wang, K., Shang, R., Wang, Z., & Li, L. Evaluation of the low inclusion of full-fatted *Hermetia illucens* larvae meal for layer chickens: Growth performance, nutrient digestibility, and gut health. *Frontiers in Veterinary Science.* 2020; 7:585843, 2020.
53. Vasconcelos G. T. *Uso de insetos na nutrição de peixes.* Dissertação de mestrado. Universidade Estadual Paulista. Jaboticabal. 2019.

54. Fabian Flávia T. C., Fabian E. C., Costa D. V., Silva A. C., Cardoso S. P. Uso de farinha de inseto como alimento alternativo na dieta de alevinos de pirapitinga (*Piaractus brachypomus*). Revista Panorâmica online, 2021; 2.
55. Arantes V. M., Kamimura R., Marchini C. F. P. Agregação de valor á nutrição a partir do uso de farinha de insetos: aves e suínos. 2021.
56. Ferreira Pedro Fontalva. Substituição de farinha de peixe por farinha de larva de mosca soldado negra (*Hermetia illucens*) em dietas de tilápia do nilo: desempenho zootecnico e digestibilidade *in vitro*. Dissertação de mestrado. Faculdade de zootecnia e engenharia de alimentos. Universidade de São Paulo. 2021.
57. Muin H., Taufek N. M., Kamarudin M. S., Razak S. A. Growth performance, feed utilization and body composition of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758) fed with different levels of black soldier fly, *Hermetia illucens* (Linnaeus, 1758) maggot meal diet. Iranian Journal of Fisheries Sciences. 2017; 16: 567-577.

DOI: <https://doi.org/10.53934/9786585062039-34>

CAPÍTULO 34

SUPLEMENTAÇÃO PROTEICA NA RECRIA DE BOVINOS EM PASTEJO NA ESTAÇÃO SECA

Tiago Gonçalves Cuissi ; Jossanya Benilsy dos Santos Silva Castro *; Caroline Chaves Moraes ; Cristiano Rezende Garcia ; Luiz Guilherme Santos de Oliveira ; Carla Heloisa Avelino Cabral ; Carlos Eduardo Avelino Cabral 

* Jossanya Benilsy dos Santos Silva Castro – benilsyjossanya@gmail.com

Resumo: Na estação seca ocorre limitação no crescimento e teor de compostos nitrogenados do pasto. Uma das causas é a sazonalidade de produção forrageira, assim, estratégias nutricionais nessa época visam minimizar as perdas de desempenho. O consumo de suplemento proteico de até 2 g/kg peso corporal possibilita o aproveitamento da forragem disponível, no entanto o desempenho sofre variação de acordo com a massa de forragem presente no sistema produtivo. O principal entrave está na digestibilidade e consumo da forragem de baixa qualidade, devido às limitações microbianas de nitrogênio amoniacal ruminal (NAR), que pode ser potencializada com níveis próximos de 10 mg NAR/dl. Na prática deve-se elevar a concentração de proteína bruta a 8% para não limitar a microbiota e a níveis próximo a 10% visando o uso eficiente da fibra detergente neutro do pasto. A suplementação proteica é imprescindível no período seco do ano para bovinos recriados a pasto. O desempenho dos animais com fornecimento de no máximo 2g de suplemento proteico para cada /kg de PC depende da massa de forragem disponível.

Palavras-chave: Compostos Nitrogenados; Consumo; Desempenho; Efeito Aditivo.

Abstract: In the dry season, there is a limitation in the growth and content of nitrogen compounds in the pasture. One of the causes is the seasonality of forage production, so nutritional strategies at this time aim to minimize performance losses. The consumption of a protein supplement of up to 2 g/kg body weight allows the use of available forage, however the performance varies according to the forage mass present in the production system. The main obstacle is the digestibility and consumption of low-quality forage, due to microbial limitations of ruminal ammoniacal nitrogen (RAN), which can be potentiated with levels close to 10 mg RAN/dl. In practice, the crude protein concentration should be raised to 8% so as not to limit the microbiota, and to levels close to 10%, aiming at the efficient use of neutral detergent fiber from the pasture. Protein supplementation is essential in the dry period of the year for cattle reared on pasture. The performance of animals supplied with a maximum of 2g of protein supplement per kg of BW depends on the available forage mass.

Key Word: Nitrogenated Compounds; Consumption; Performance; Additive Effect.

INTRODUÇÃO

O Brasil é um dos maiores *players* do agronegócio mundial, considerado o maior produtor comercial de bovinos, em 2021 exportou mais de 2 milhões de toneladas de carne bovina (1), essa produção é baseada principalmente em pastagens. Prática menos onerosa (2), entretanto, o sistema de produção à pasto ao longo do ano é bastante afetado pelas oscilações na quantidade e qualidade da forragem em função da sazonalidade de produção (3).

Quando a quantidade não é um fator limitante, a qualidade das plantas influenciam diretamente o desempenho dos animais e a lucratividade da pecuária nacional. No período da seca, forrageiras apresentam baixo valor nutricional (4), geralmente com concentrações de proteína bruta abaixo da exigência mínima (7%) para a microbiota ruminal, prejudicando o desempenho dos animais (5). Segundo Paulino et. al. (6), nessa época deve-se manejar o pasto priorizando a produção de folha em detrimento a produção de colmo, pois a senescência é inevitável. A suplementação catalítica de substratos microbianos essenciais limitantes é uma alternativa eficaz diante deste cenário (7).

Outros benefícios da suplementação incluem aumento do ganho de peso individual e ganho por área (8). Na bovinocultura de corte, na fase de recria, o ciclo tende a ser mais demorado, devido ao baixo ganho de peso (9), principalmente, pela falta de ajuste na taxa de lotação e de oferta contínua de nutrientes. Nesse contexto, a otimização da nutrição de bovinos a pasto no período seco do ano deve ser fundamentada no planejamento nutricional do animal visando ganhos crescentes (6).

Na estação seca deve-se levar em consideração a deficiência de compostos nitrogenados da forragem, assim como o déficit de matéria seca. Portanto a suplementação proteica permite explorar o efeito interativo-aditivo, elevando o consumo total de energia, ocasionando melhora no desempenho e otimizando o uso do pasto (10). Com isso, o objetivo é revisar o efeito dos níveis de suplementação proteica no consumo e desempenho de animais de recria no período seco.

SAZONALIDADE DA PRODUÇÃO FORRAGEIRA

A bovinocultura fornece sustento econômico para cerca de 37% da população mundial, devido a capacidade dos ruminantes em converter alimentos altamente fibrosos em tecido muscular. Essa produção baseada em pastagem ocupa 40% dos biomas do mundo e responde por 69% da produtividade agrícola global (11). Desta forma, a composição nutricional e a disponibilidade de forragem ao longo do ano são importantes no sistema, uma vez que esses fatores determinam o desempenho produtivo.

A pecuária nacional convive com a estacionalidade da produção forrageira definidas pela estação seca e chuvosa, portanto, para praticar pecuária intensiva é preciso adotar estratégias com o objetivo de reduzir o desequilíbrio produtivo no período seco (12). Principalmente no cerrado brasileiro aonde ocorre disparidade na produção forrageira no decorrer do ano, em que no período das águas a oferta e/ou produção do pasto é abundante e com alta qualidade, em contrapartida na seca a produção é baixa e em alguns casos não há acúmulo nenhum, e a qualidade é significativamente menor (13).

Segundo Cruz et. al. (14) a produção forrageira está ligada diretamente à fertilidade do solo, disponibilidade de água e condições meteorológicas que afetam os

processos de fotossíntese, respiração e divisão celular, interferindo na produção de matéria seca. Ressalta-se que no bioma mencionado os gêneros *Urochloa* e *Panicum* predominam devido sua adaptação das condições edafoclimáticas (15).

As espécies do gênero *Urochloa* são mais tolerantes aos solos ácidos e a presença de alumínio, em contrapartida o gênero *Panicum* são mais exigentes em fertilidade e não toleram solos ácidos (16). Destaca-se que a escolha da gramínea pode determinar o sucesso da atividade. Na seca o custo da produção se acentua devido o déficit forrageiro, pois a falta de chuvas é um limitante de produção da planta. Como alternativa, há possibilidade de conservar forragem produzida durante o período de alta precipitação para o período seco (17) (18).

SUPLEMENTAÇÃO PROTEICA NA FASE DE RECRIA

Percebe-se que na estação seca ocorre um decréscimo na produção de forragem, o conhecimento desse cenário é imprescindível para a pecuária brasileira que tem como base o pasto para alimentação de bovinos. Portanto, a disponibilidade de forragem deve ser levada em consideração para formulação do suplemento, tendo em vista que a qualidade já estará comprometida na estação seca.

Ao analisar estudos com diferentes níveis de suplemento na dieta de bovinos, (19) observou que o desempenho animal foi superior quando se utilizou maiores quantidades de suplementos e que o melhor efeito da suplementação foi obtido com maior disponibilidade de forragem. Além disso, estudos já mostram que a maneira como a forragem é oferecida ao animal influencia na seletividade natural da disponibilidade de folha, colmo e material senescente (20).

Sob a perspectiva do comportamento animal a regulação do consumo ocorre de acordo com fatores psicogênicos, fisiológicos, ambientais e dietéticos (21). Sabendo disso, o primeiro passo para fornecer uma nutrição correta para os bovinos é conhecer sua exigência nutricional, que é definida por (22), como a quantidade diária de um nutriente que um animal deve consumir para atingir determinada meta de produção, podendo ser esse nutriente água, proteína, energia, minerais e vitaminas.

A elaboração do concentrado para suplementar os déficits nutricionais para o desempenho desejado depende das características já mencionadas, quantidade e qualidade da forragem e a exigência nutricional dos animais, associada às metas de produção. Nesta época do ano prioriza-se os efeitos interativos positivos entre o pasto, o animal e a dieta suplementar, feito por meio do manejo correto do pasto e balanceamento ideal do recurso suplementar adicionado a dieta (23) (24) (25).

No período seco do ano (junho a outubro) as forrageias tropicais apresentam baixa qualidade e são caracterizadas pelo decréscimo de compostos nitrogenados e incremento da lignificação na fração fibrosa, o que acarreta depressão do consumo e redução da digestibilidade (6). Contudo, é preciso tomar decisões estratégicas de suplementação para atingir o desempenho esperado na fase de maior desenvolvimento muscular, favorecendo a recria e eliminando possíveis ganhos compensatórios na fase posterior. Uma alternativa é o uso de proteína verdadeira (PV) e nitrogênio não proteico (NNP) como base para a formulação de suplementos múltiplos (26). Com isso, torna-se importante a compreensão dos processos interativos existentes entre a forragem e a suplementação no período da seca.

Neste contexto, serão destacadas três interações. A primeira mantém o nível de consumo de energia digestível, devido ao aumento do consumo de suplemento, porém há decréscimo na ingestão de pasto (efeito substitutivo); a segunda aumenta o consumo de energia digestível, através do consumo do suplemento, sem diminuir o consumo de pasto (efeito combinado); e a última atua no aumento do consumo de energia digestível da dieta total com decréscimo no consumo de pasto (efeito combinado) (27). Portanto, o enfoque será direcionado para o efeito aditivo com níveis de suplementação proteica na ordem de 1g/kg PC a 2g/kg PC com intuito de melhorar a utilização da forragem disponível no período seco do ano (28).

Uma decisão estratégica foi demonstrada no trabalho realizado por (29), que suplementaram bovinos consumindo forragem de baixa qualidade (5,16% PB) com compostos nitrogenados (ureia, sulfato de amônia e albumina) e/ou carboidratos não-fibrosos (amido). Esses autores identificaram que a suplementação com compostos nitrogenados aumentou o consumo de forragem, em contraste, a suplementação isolada de compostos energéticos diminuiu. Além disso, certificaram-se que embora o suplemento proteico fosse isento de energia, incrementou em 56,6% o nível de nutrientes digestíveis totais (NDT) da dieta, em contrapartida, o suplemento com fonte de amido não contribuiu nos níveis de NDT confirmando seu efeito negativo (**Figura 1**).

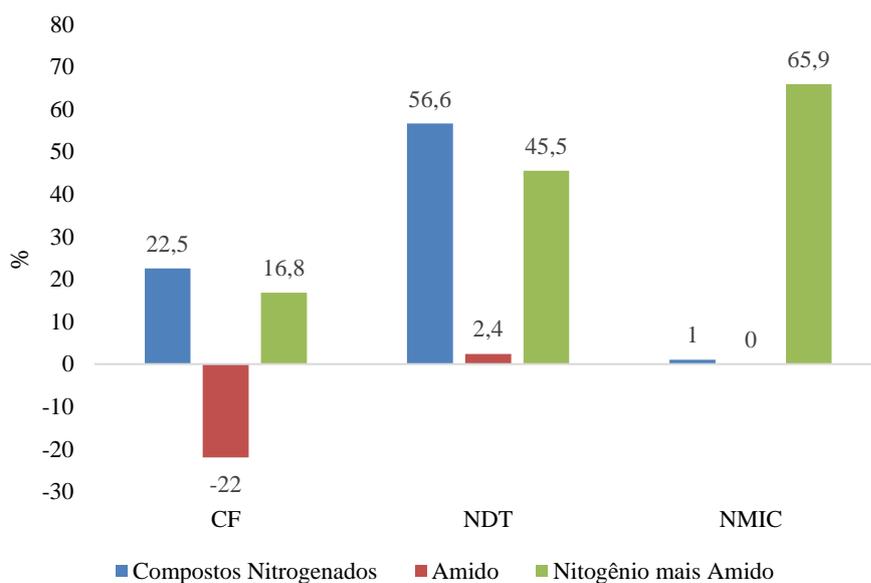


Figura 1: Variação percentual no consumo de matéria seca de forragem (CF), nível de nutrientes digestíveis totais na dieta (NDT) e produção ruminal de compostos nitrogenados microbiano (NMIC) em relação ao tratamento controle (sem suplementação) em bovinos alimentados com forragem tropical de baixa qualidade e suplementados com compostos nitrogenados e/ou amido. Adaptado por Detmann et al. (2014).

A utilização da suplementação proteica deve ser avaliada de forma criteriosa, pois em suplementos múltiplos que utilizam fontes de NNP podem acarretar redução do consumo (30) (31). A concentração de fontes de NNP é um determinante no consumo e desempenho dos animais, além disso, a relação NNP e PV devem ser levados em consideração. Ao avaliarem *in vitro* a relação ótima entre NNP e PV (caseína) em forragem de baixo valor nutricional (32), identificaram uma relação de 2/3 NNP e 1/3 de

PV para a otimizar a degradação da fibra em detergente neutro (FDN) de forragem de baixa qualidade, assim recomendando essa proporção para o uso na formulação de suplementos para o padrão de forragem utilizada. Embora o maior incremento de ureia como fonte de NNP confira maior taxa de degradação da fibra basal parece existir um ponto de equilíbrio, no qual a inclusão supracitada otimiza o uso da fibra da forragem (6). Desta forma, a primeira fase nutricional de animais mantidos em pastos de baixa qualidade envolve a identificação das restrições no pasto e então o suprimento estratégico via suplementos com compostos nitrogenados de forma a elevar o nível proteico da dieta.

No ponto de vista da microbiota ruminal, os microrganismos fibrolíticos necessitam de no mínimo de 8mg de nitrogênio amoniacal ruminal (NAR) /dL de fluido ruminal para sua completa síntese. Assim, a adição de recursos suplementares com fontes proteicas propicia plena capacidade de degradação da fibra. Além disso, para ocorrer a maximização da taxa de passagem no ambiente ruminal e o aumento no consumo de fibra de baixa qualidade deve-se implementar 15 mg NAR/dL de fluido ruminal (28). Em termos práticos o mínimo de 7 a 8% de PB da dieta total é sugerido para não limitar o rumem e para a potencialização recomenda-se elevar o teor de PB da dieta basal a valores próximos de 10%, com base na MS (33).

DESEMPENHO ANIMAL NA FASE DE RECRIA

O consumo e digestibilidade da forragem pelos animais em pastejo são afetados pelos baixos teores de proteína bruta (<7%). O uso da suplementação em pastejo potencializa o desempenho, pela interação de uma gama de fatores relacionados a forragem:suplemento:animal, as quais são caracterizadas individualmente a cada experimento (34).

É possível trabalhar diferentes níveis de inclusão para saber qual é a melhor opção em determinada situação. Níveis crescentes de suplementação para novilhos mestiços a pasto foram testados por (35) durante o período seco, o consumo de matéria seca da forragem diminuiu linearmente, enquanto o consumo de carboidratos não fibrosos aumentou. Esses autores também avaliaram o desempenho dos animais sob esse sistema de suplementação, encontraram que o ganho médio diário (GMD) aumentou linearmente com o aumento do nível de suplementação. Outros autores observaram que o efeito substitutivo no consumo de matéria seca da forragem foi mínimo até o nível de suplementação de 0,3 % do peso corporal (PC) (36).

Ao avaliar os níveis de inclusão de suplemento proteico no período seco para bovinos na fase de recria (37), observaram que os animais consumindo a quantidade de 1 g/kg PC por dia ganharam 0,050 kg. A baixa proporção de folhas e as características qualitativas das pastagens durante a seca, provavelmente, foram insuficientes para garantir o desempenho adequado dos animais, limitando a atividade dos microrganismos ruminais e comprometendo a taxa de degradação da fibra, conseqüentemente reduzindo a ingestão de forragem (**Tabela 1**).

Tabela 1. Desempenho produtivo de bovinos recebendo suplemento proteico na fase de recria no período seco.

% PB do suplemento	Consumo de suplemento (% PC)	Ganho adicional (g/dia)	Fonte
56	0,100	50	Sampaio et al., (2017)
48	0,125	100	Goes et al., (2010)
50	0,100	157	Roth et al., (2017)
83	0,250	190	Baroni et al., (2010)
40	0,200	369	Leão et al., (2005)
43	0,100	600	Moretti (2015)

Em que: PB - proteína bruta, PC - peso corporal.

Em outro experimento com animais de recria utilizando suplementação proteica na estação seca, (38) encontraram resposta máxima para o consumo de forragem quando o nível de fornecimento de suplemento foi 0,125% do peso vivo (**Tabela 1**). Isso indica que uso de suplementação proteica, para complementar a necessidade de proteína da dieta otimizou o recurso nutricional basal. Nesse estudo, o incremento de 18,5% no consumo de forragem para a suplementação proteica de 0,125% do peso vivo em relação à suplementação controle, pode ter ocorrido, devido ao melhor balanceamento dos nutrientes da dieta decorrente do fornecimento de suplemento, o que proporcionou aumento na digestibilidade da fibra. Neste caso, houve efeito associativo aditivo com estímulo, o que é desejável na suplementação de animais em recria em pasto (38). Corroborando com (39) que avaliando o desempenho na estação seca, constatou um GMD de 0,157 kg de PC para os animais que receberam suplementação proteica (**Tabela 1**).

Durante o período experimental na época seca quando ocorre índices pluviométricos mais elevados favorece o desenvolvimento e acúmulo de forragem, resultando em desempenho superior à média observada na literatura de 0,200 kg com a inserção de suplemento proteico (7) (33) (6). Moretti (7) encontrou GMD de 0,6 kg nos animais que receberam suplementação proteica 1g/kg na seca, superior ao esperado para essa época do ano, que pode ser explicado pela precipitação no período experimental (total de 326,5 mm). Dados semelhantes são encontrados por (40), com GMD de 0,369 kg no período seco com precipitação de 368,1mm no começo do período experimental (**Tabela 1**). Concluindo que o uso do suplemento proteico na estação seca proporcionou um aumento nutricional na fase subsequente em contraste a suplementação mineral, com um aumento na taxa de ganho. Neste caso, o crescimento e/ou ganho de peso corporal foi determinado na medida em que a dieta foi capaz de atender às necessidades nutricionais do animal (7) (40).

CONCLUSÕES

A suplementação proteica é imprescindível no período seco do ano para bovinos recriados a pasto. O desempenho dos animais com fornecimento de no máximo 2g de suplemento proteico para cada kg de peso corporal depende da massa forrageira disponível.

REFERÊNCIAS

1. ABIEC - Associação Brasileira das Indústrias Exportadoras de Carne. 2022. Disponível em: <http://abiec.com.br/exportacoes/>
2. Bustamante M M, Nobre C A, Smeraldi R, Aguiar A P, Barioni LG, Ferreira L G, Longo K, May P, Pinto A, Ometto J P. Estimating greenhouse gas emissions from cattle raising in Brazil. *Climatic Change*. 2012; 115:559-577.
3. Hoffman P C, Esser N M, Shaver R D, Coblenz W K, Scott M P, Bodnar A L, Schmidt R J, Charley R C. Influence of ensiling time and inoculation on alteration of the starch-protein matrix in high-moisture corn. *Journal of Dairy Science*. 2011; 94:2465-2474.
4. Gonçalves P H. Avaliação do processamento do milho e da lasalocida na terminação de bovinos Nelore em sistema de alta suplementação na seca [dissertação]. Jaboticabal: Universidade Estadual Paulista; 2018.
5. Cordeiro D A G, De Matos I J R, Pazdiora R D, Pazdiora B R C N, De Faria M H, Andreino A L S, Da Silva A B. Suplementação múltipla e inclusão de casca de maracujá no suplemento, durante a recria de novilhas no período de seca, no estado de Rondônia, Brasil. *Research, Society and Development*. 2022; 11:e30211931670-e30211931670.
6. Paulino M F, Detmann E, Valente E E L, Barros L V. Nutrição de bovinos em pastejo. *Simpósio sobre manejo estratégico da pastagem*. Viçosa; 2008.
7. Moretti M H. Estratégias alimentares para a recria e terminação de tourinhos nelore [tese]. Jaboticabal: Universidade Estadual Paulista; 2015.
8. Bicalho F L, Barbosa F A, Graça D S, Cabral Filho S L S, Leão J M & Lobo C F. Desempenho e análise econômica de novilhos Nelore submetidos a diferentes estratégias de suplementação alimentar nas fases de recria e engorda. *Arquivos Brasileiros Medicina Veterinária e Zootecnia*. 2014; 66:1112-1120.
9. Evangelista M S, Azevedo M M R, Sarturi C, Araújo J A S, Neves K A L, Minervinon A H H, Costa J S C. Suplementação com sal mineral proteinado para bovinos de corte, na fase de recria, no período seco, na região do baixo amazonas paraense. *Revista Agroecossistemas*. 2021; 12:175-193.
10. Fernandes R M, Almeida C M, Carvalho B C, Neto J A A, Mota V A C, Resende FD, Siqueira GR. Effect of supplementation of beef cattle with different protein

- levels and degradation rates during transition from the dry to rainy season. *Tropical animal health and production*. 2016; 48:101.
11. Bardgett R D, Bullock J M, Lavorel S, Manning P, Schaffner U, Ostle N, Shi H. Combatting global grassland degradation. *Nature Reviews Earth & Environment*. 2021; 2:720-735.
 12. Cidrini I A. Uso de extratos de taninos em suplementos com diferentes níveis de inclusão de ureia na recria de bovinos nelore no período da seca [dissertação]. Jaboticabal: Universidade Estadual Paulista; 2019.
 13. Fernandes G A, Assis J R, Mousquer C J, Olini L M G, Silva J F, Moralis R L, Silva E B, Balau C G, Costa F M, Carvalho F P. Influência da época do ano no valor nutricional da forragem consumida por bovinos de corte criados em pastagens. *Zootecnia: pesquisa e práticas contemporâneas*. 2022; 1.
 14. Cruz N T, Pires A J V, Fries D D, Jardim R R, Sousa B M L, Dias D L S, Sacramento M R S V. Fatores que afetam as características morfogênicas e estruturais de plantas forrageiras. *Research, Society and Development*. 2021; 10:e5410716180-e5410716180.
 15. Castellano G R, Santos L A, Menegário A A. Carbon Soil Storage and Technologies to Increase Soil Carbon Stocks in the South American Savanna. *Sustainability*. 2022,14:5571.
 16. Almeida E M, Montagner D B, Fernandes P B, Araújo A R, Macedo M, Gurgel A C, Ferreira K D C. Produção de biomassa de forrageiras do gênero *Brachiaria* sp. em solo arenoso do Mato Grosso do Sul. *Anais do III Simpósio Brasileiro de Solos Arenosos*. 2019.
 17. Baggio R, Overbeck G E, Durigan G, Pillar V D. To graze or not to graze: A core question for conservation and sustainable use of grassy ecosystems in Brazil. *Perspectives in Ecology and Conservation*; 2021; 19:256-266.
 18. Souza J P, Townsend C R, Araújo S R C, Oliveira G. Características morfogênicas, estruturais e agronômicas de gramíneas tropicais: uma revisão. *Pesquisa, Sociedade e Desenvolvimento*. 2020; 9:42986588.
 19. Martini A P M. Desempenho e comportamento de novilhas em tifton 85 com diferentes níveis de suplementação [tese]. Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria; 2018.

20. Stobbs T H. The effect of plant structure on the intake of tropical pastures. II. Differences in sward structure, nutritive value, and bite size of animals grazing *Setaria anceps* and *Chloris gayana* at various stages of growth. *Australian Journal of Agricultural Research*. 1973; 24:821-829.
21. Azevêdo J A G, Valadares Filho S D C, Costa e Silva L F, Santos A D, Souza L L, Rotta P P. Regulação e predição de consumo de matéria seca. Valadares Filho S de C. *Exigências Nutricionais de Zebuínos Puros e Cruzados-BR CORTE*. 2016; 15-43.
22. Albertini T Z, Medeiros S R, Gomes R D C, Feltrin G. Exigências nutricionais, ingestão e crescimento de bovinos de corte. *Embrapa Gado de Corte-Capítulo em livro científico*. 2015; 8.
23. Reis I A. Uso de ureia pós-ruminal na suplementação de bovinos Nelore durante a recria no período seco [dissertação]. Jaboticabal: Universidade Estadual Paulista; 2022.
24. Tessari F A, Marques, R P S, Carvalhal M V L. Suplementação proteica e nitrogenada vs. reprodução de fêmeas bovinas em pastejo: Revisão. *Pubvet*. 2022; 16:195.
25. Teixeira R M A, Martins J M, Silva N G, Silva E A, Fernandes L O, Oliveira A S, Faria D J G. Suplementação proteica de vacas leiteiras mantidas em pastagem de Tifton 85 durante o período de seca. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*. 2019; 71:1027-1036.
26. Resende F D, Oliveira I M, Nascimento C F, Figueira D N, Siqueira G R. Intensificação dos sistemas de produção de bovinos de corte a pasto: da desmama ao abate. *Simpósio de Produção de Gado de Corte*. Viçosa; 2016.
27. Fernandes R M, Mota V A C, Silva N C. As 7@ da recria começam na estação seca. *Entendendo o conceito Boi 777*. 1 ed. Jaboticabal, 2018.
28. Detmann E, Paulino M F, Mantovani H C, Valadares Filho S C, Sampaio C B, Souza M A, Lazzarini I, Detmann K S. Parameterization of ruminal fibre degradation in low-quality tropical forage using Michaelis–Menten kinetics. *Livestock Science*. 2009; 126:136-146.
29. Souza M A, Detmann E, Paulino M F, Sampaio C B, Lazzarini Í, Valadares Filho, S. C. Intake, digestibility, and rumen dynamics of neutral detergent fibre in cattle fed low-quality tropical forage and supplemented with nitrogen and/or starch. *Tropical Animal Health and Production*. 2010; 42:1299-1310.

30. Paulino M F. Efeitos de diferentes níveis de uréia sobre o desenvolvimento de novilhas zebus. Escola de Veterinária da UFMG. 1982.
31. Moraes E H B K D U, Paulino M F U, Moraes K A K D U, Valadares Filho S D C U, Zervoudakis J T U, Detmann E U. Ureia em suplementos proteico-energéticos para bovinos de corte durante o período da seca: características nutricionais e ruminais. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 2009; 38:770-777.
32. Detmann E, Queiroz A C, Zorzi K, Mantovani H C, Bayão G F V, Gomes M P C. Degradação *in vitro* da fibra em detergente neutro de forragem tropical de baixa qualidade em função da suplementação com proteína verdadeira e/ou nitrogênio não-proteico. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 2011; 40:1272-1279.
33. Detmann E, Paulino M F, Valadares Filho S C, Huhtanen P. Nutritional aspects applied to grazing cattle in the tropics: a review based on Brazilian results. *Ciências Agrárias*. 2014; 35:2829- 2854.
34. Paulino M F, Zervoudakis J T, Moraes E H B K, Detmann E, Valadares Filho S D C. Bovinocultura de ciclo curto em pastagens. *Simpósio de Produção de Gado de Corte*. 2002; 3:153-196.
35. Neves D S B, Silva R R, Da Silva, F F, Santos L V, Abreu Filho G, De Souza S O, Santos M, Rocha W J, Da Silva A P, Lisboa M D M, Pereira M M S, Carvalho V M. Increasing levels of supplementation for crossbred steers on pasture during the dry period of the year. *Tropical animal health and production*. 2018; 50:1411-1416.
36. Silva F F D, Sá J F D, Schio A R, Ítavo, L C V, Silva R R, Mateus R G. Suplementação a pasto: disponibilidade e qualidade x níveis de suplementação x desempenho. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 2009; 38: 371-389.
37. Sampaio R L, De Resende F D, Reis R A, De Oliveira, I M, Custódio L, Fernandes, R. M, Siqueira G R. The nutritional interrelationship between the growing and finishing phases in crossbred cattle raised in a tropical system. *Tropical Animal Health and Production*. 2017; 49:1015-1024.
38. Goes R H T B, Mancio B, Lana R D P, Cecon P R, Alves D D, Freitas T B, Brabes K C D S. Suplementação proteica e energética para novilhos em recria, durante o período da seca. *Rev. Bras. Saúde Prod. Animal*. 2010; 11:1081-1094.
39. Roth M T P, Resende F D, Oliveira I M, Fernandes R M, Custódio L, Siqueira G R. Does supplementation during previous phase influence performance during the

growing and finishing phase in Nellore cattle. *Livestock Science*. 2017; 204:122-128.

40. Leão M M, Andrade I F D, Baião A A F, Baião E A M, Baião L A M, Pérez J R O, Freitas R T F D. Níveis de suplementação de novilhos mestiços mantidos a pasto. *Ciência e Agrotecnologia*. 2005; 29:1069-1074.

DOI: <https://doi.org/10.53934/9786585062039-35>

CAPÍTULO 35

PROBIÓTICOS NA ALIMENTAÇÃO DE FRANGOS DE CORTE E POEDEIRAS: REVISÃO DE LITERATURA

Lorrayne Moraes de Paulo *¹; Alison Batista Vieira Silva Gouveia ¹; Allan Gabriel Ferreira Dias ¹; João Marcos Monteiro Batista ¹; Natiele Ferraz de Oliveira ¹; Cibele Silva Minafra ²; José Henrique Stringhini ¹

*Autor correspondente (Corresponding author) – Email: lorraynemoraesrv@gmail.com

¹Departamento de Zootecnia, Escola de Veterinária e Zootecnia, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, Goiás.

²Departamento de Zootecnia, Instituto Federal Goiano Campus Rio Verde, Rio Verde, Goiás.

Resumo: Produzir alimentos que atendam um mercado consumidor cada vez mais exigente com qualidade e a preocupação de órgãos públicos quanto a saúde humana, levam pesquisadores e produtores a buscar alternativas que sejam viáveis do ponto de vista prático e econômico e são desafios da avicultura industrial. As aves são criadas em sistemas intensivos, uma ave contaminada com algum patógeno pode rapidamente contaminar todo lote, neste sentido os antibióticos são utilizados em doses subterapêuticas para proteger o sistema imune das aves, são também considerados promotores de crescimento. Devido ao risco de contaminação cruzada e do desenvolvimento de cepas bacterianas resistentes esta utilização está ficando desuso. Os probióticos são microrganismos vivos que auxiliam na melhora da saúde intestinal das aves e resposta do sistema imune e vem sendo utilizados como uma alternativa aos antibióticos, alguns apenas melhoram a saúde intestinal, outros funcionam como antimicrobianos, mas não oferecem risco de criar bactérias resistentes a antibióticos e por isso vem sendo cada vez mais estudados e utilizados na alimentação de frangos de corte e poedeiras. Portanto, objetivou-se com esta revisão de literatura apresentar estudos com a utilização de probióticos na alimentação de frangos de corte e poedeiras .

Palavras-chave: antibióticos; antimicrobianos; saúde intestinal.

Abstract: Producing food that meets an increasingly demanding consumer market with quality and the concern of public bodies regarding human health, lead researchers and producers to seek alternatives that are viable from a practical and economic point of view and are challenges of industrial poultry. Birds are raised in intensive systems, a bird contaminated with some pathogen can quickly contaminate the whole flock, in this sense antibiotics are used in subtherapeutic doses to protect the immune system of birds, they

are also considered growth promoters. Due to the risk of cross-contamination and the development of resistant bacterial strains, this use is falling into disuse. Probiotics are live microorganisms that help improve the intestinal health of birds and the immune system response and have been used as an alternative to antibiotics, some only improve intestinal health, others work as antimicrobials, but do not pose a risk of creating resistant bacteria to antibiotics and therefore has been increasingly studied and used in the feeding of broilers and layers. Therefore, the objective of this literature review was to present studies with the use of probiotics in the feeding of broilers and layers.

Key Word: antibiotics; antimicrobials; gut health.

INTRODUÇÃO

Agentes antimicrobianos tem sido comumente utilizado em doses subterapêuticas como promotores de crescimento e para proteger a saúde das aves que são mantidas em sistemas intensivos de produção^(1,2,3,4). O uso de antibióticos como aditivo alimentar usado rotineiramente foi proibido em alguns países devido à preocupação pública sobre possíveis efeitos residuais dos antibióticos utilizados inadequadamente que podem desencadear o desenvolvimento de bactérias resistentes a medicamentos⁽⁵⁾.

Por causa das restrições impostas por vários mercados consumidores de carne e ovos ao uso de antibióticos como melhoradores de desempenho, a exigência dos consumidores por produtos livres de resíduos e a preocupação relacionada à possibilidade do desenvolvimento de resistência bacteriana cruzada entre humanos e animais têm levado produtores e pesquisadores a buscar alternativas aos usuais antibióticos promotores de crescimento, entre eles se destacam os probióticos⁽⁶⁾.

Probióticos são suplementos alimentares microbianos que beneficiam o hospedeiro, melhorando o equilíbrio microbiano intestinal e a barreira da mucosa intestinal contra agentes deletérios⁽⁷⁾. Na alimentação de aves os probióticos já são utilizados em substituição aos antibióticos, com propósito de reduzir a utilização dos antibióticos garantindo que a produção avícola possa se manter em alta escala, assegurando a geração dos produtos para atender a alta demanda tanto de carne quanto de ovos^(8,9).

O ecossistema microbiano intestinal das aves possui um papel importantíssimo na digestão das rações disponibilizadas para estes animais, pois o desequilíbrio na composição da microbiota intestinal desses animais pode acarretar transtornos no desempenho e na capacidade de aproveitamento dos nutrientes presentes na ração influenciando no desempenho produtivo em frangos de corte e galinhas poedeiras⁽¹⁰⁾.

Objetivou-se com esta revisão apresentar como os probióticos vem sendo aplicados na alimentação de aves para substituir a utilização de antibióticos como promotores de crescimento.

PROBIÓTICOS

De acordo com a instrução normativa 13/2004 os probióticos são considerados aditivos zootécnicos melhoradores de desempenho, pois contém substâncias que influem positivamente no desempenho das aves⁽¹¹⁾. Essas substâncias são microrganismos vivos adicionados na ração que se estabelecem no intestino dos animais e promovem benefícios ao hospedeiro, equilibrando a microbiota intestinal, melhorando a saúde intestinal, refletindo assim em um bom desempenho⁽¹²⁾.

Segundo Huyghebaert et al.⁽¹³⁾ os probióticos podem ser definidos como espécies colonizadoras, como as bactérias o *Lactobacillus* e *Enterococcus spp.* ou não colonizadoras, de trânsito intestinal livre, como as bactérias do gênero *Bacillus spp.* e algumas espécies de leveduras como a *Saccharomyces cerevisiae*.

Dentre os aspectos funcionais dos probióticos incluem-se tolerância à acidez gástrica, resistência a atividade de hidrólise dos sais biliares, atividade antioxidante, produção de compostos antimicrobianos, capacidade de reduzir patógenos aderidos na superfície intestinal, habilidade de modulação da resposta imune e adesão no tecido intestinal⁽¹⁴⁾.

Dentre os aspectos tecnológicos dos probióticos é importante destacar a capacidade das espécies probióticas em suportar as condições de produção industrial das rações sobrevivendo até serem disponibilizadas aos animais, outro ponto que merece destaque e a habilidade das culturas em manter suas funções no trato gastrointestinal e coexistir com a microbiota intestinal natural⁽¹⁵⁾.

MODO DE AÇÃO DOS PROBIÓTICOS

Nos vertebrados, existem mais células microbianas no trato gastrointestinal do que células totais no corpo. Os microrganismos mais comumente observados são bactérias e leveduras, sendo estas populações de microrganismos as mais encontradas no trato gastrointestinal de aves⁽¹⁶⁾.

De acordo com Plaza-Diaz et al.⁽¹⁷⁾, os mecanismos de ação dos probióticos envolvem colonização e normalização de comunidades microbianas intestinais, exclusão competitiva de patógenos e produção de bacteriocinas, modulação das atividades enzimáticas relacionadas à metabolização de vários carcinógenos e outras substâncias tóxicas, produção de ácidos graxos voláteis, desempenham um papel na manutenção da homeostase energética e regulação da funcionalidade em tecidos periféricos.

Os probióticos podem auxiliar na inibição da colonização de possíveis patógenos no trato digestivo por antibiose ou competição por nutrientes e espaço, promovendo alterações no metabolismo microbiano ou pela estimulação da imunidade do hospedeiro⁽¹⁸⁾. Os probióticos também estimulam o apetite e melhoram a nutrição pela

produção de vitaminas, desintoxicação de compostos na dieta e pela decomposição de compostos indigestíveis em compostos mais simples. Há evidências de que os probióticos são eficazes na inibição de uma ampla gama de patógenos, mas a razão para as inibições geralmente não é declarada^(18,19).

A adição de probióticos induz maior desempenho de crescimento, melhor conversão alimentar, melhora a resposta imune das aves, além de promover a saúde intestinal contribuindo para melhorar a eficiência alimentar durante o período de crescimento⁽²⁰⁾. Estas respostas ocorrem devido a maturação da microbiota intestinal promovida pelos probióticos⁽²¹⁾. Estes mesmos autores relatam que a maturação da microbiota intestinal é significativamente reduzida pela utilização de antibióticos.

Estudos recentes apontam que os probióticos funcionam como moduladores da microbiota intestinal, protegem a mucosa intestinal promovendo sua integridade e impermeabilidade aumentando a imunidade do intestino contra doenças inflamatórias⁽²²⁾. O mecanismo de ação podendo variar de acordo a famílias de cepas selecionadas. Por serem complexos estes mecanismos ainda podem incluir alterações locais e sistêmicas, e efeitos correspondentes na microbiota intestinal, integridade da barreira intestinal, imunidade, estado de oxidação e eficiência alimentar⁽²³⁾.

UTILIZAÇÃO DE PROBIÓTICOS EM DIETAS PARA AVES

Estudos com o emprego de probióticos na nutrição de aves, apresentam resultados variados de seus efeitos ao longo dos anos^(24,25,26). Acredita-se que geralmente o efeito promotor de crescimento dos probióticos se deva ao equilíbrio da microbiota intestinal e à sua contribuição para funções vantajosas no intestino das aves, como a melhoria da histomorfologia intestinal, barreira epitelial e absorção de nutrientes e aumento da abundância de bactérias produtoras de ácidos graxos de cadeia curta⁽²⁷⁾. Leandro et al.⁽²⁸⁾ relataram que a inoculação de probióticos no ovo evita a colonização do papo e do ceco de pintos desafiados após a eclosão com *Salmonella Enteritidis*, o que auxiliou na melhoria do peso vivo aos 21 dias de idade.

Mas os efeitos benéficos dos probióticos não são observados somente sobre o trato gastrointestinal, pois a utilização de probióticos na alimentação de frangos de corte auxilia melhorando as características da carne e de sua qualidade microbiológica, podendo ser usados para melhorar parâmetros como cor, sabor, odor, suculência e aceitação geral da avaliação sensorial da carne de frango⁽²⁹⁾. Também foi demonstrado em estudo realizado por Sobczak et al.⁽³⁰⁾ a administração de probióticos na ração tem efeito mais vantajoso no ganho de peso médio das carcaças e no peso do músculo do peito.

Na alimentação de frangos de corte segundo Ramos et al.⁽⁸⁾ o uso de probiótico, prebióticos, ou a associação de probiótico, prebióticos, em rações para frango de corte no período de 1 a 21 dias de idade, em condições de baixo desafio sanitário, não interferência

no desempenho e características histomorfométricas dos segmentos do intestino delgado. E de acordo com Silva et al.⁽³¹⁾ os probióticos podem substituir os antibióticos comumente utilizados na avicultura como a avilamicina nas rações de frangos de corte e que o uso de probióticos melhorou o rendimento de cortes das aves ao abate.

Estudos realizados com a utilização de cepas *Bacillus* na alimentação de frangos de corte, mostraram que a inclusão do probiótico à base de *Bacillus cereus* e *Bacillus subtilis* em rações contendo ingredientes de origem vegetal ou animal não influenciam no desempenho de frangos de corte nas fases de 1 a 7 e de 1 a 40 dias de idade⁽³²⁾.

Luegas et al.⁽¹⁰⁾ concluíram que adição de probiótico a base de *Bacillus subtilis* nas dietas de frangos de corte em condições de desafio sanitário melhora os coeficientes de digestibilidade da matéria seca de 13,02 a 14,35%, assim como melhora o coeficiente de digestibilidade da proteína bruta entre 3,18 e 3,83 % independente dos níveis de energia.

Dalólio et al.⁽³³⁾ observaram alguns aditivos incluindo probióticos de microrganismos contendo *Bacillus subtilis*, *Bifidobacterium bifidum*, *Enterococcus faecium* e concluíram que eles podem ser utilizados como uma alternativa aos antimicrobianos convencionais sem prejudicar o desempenho, rendimento de carcaça e cortes, qualidade da carne de frangos de corte.

Assim como os *Bacillus* outros microrganismos podem ser utilizados como probióticos na alimentação de aves. Segundo Nagarajan et al.⁽³⁴⁾, os *Lactobacillus plantarum* são capazes de inibir eficientemente os principais patógenos bacterianos zoonóticos sendo um potencial candidato a probiótico para uso na industrial avícola.

Na alimentação de frangos de corte no período inicial os probióticos que incorpora gênero *Lactobacillus* auxiliam na estimulação do sistema imunológico das células T intestinal⁽³⁵⁾, melhoraram o equilíbrio intestinal das diversas espécies da microflora intestinal⁽³⁶⁾, podendo ser útil como um aditivo para proteger os pintos de doenças sem diminuir o desempenho do crescimento nesta fase

O gênero *Lactobacillus* está presente na microbiota intestinal normal de humanos e animais⁽³⁷⁾. Esse grupo de bactérias é importante para manter a estabilidade do trato gastrointestinal, prevenir infecções intestinais e geralmente apoiar a saúde intestinal⁽³⁸⁾. Várias espécies de *Lactobacillus* têm geralmente considerado status seguro e algumas podem interagir com células epiteliais intestinais confirmando as propriedades probióticas que sugerem seu possível uso na área médica, em grande parte pela indústria de alimentos e na alimentação animal^(39,40).

Utilizando probióticos a base de *Lactobacillus reuteri*, *Lactobacillus johnsonii* na alimentação de frangos de corte Schocken-Iturrino et al.⁽⁴¹⁾, concluíram que o uso desses probióticos beneficiaram o desempenho zootécnico destas aves quando desafiadas, ou não, com *Clostridium perfringens*. Em pintos desafiados com *Salmonella Enteritidis*, o

probiótico composto por cepas liofilizadas de *Lactobacillus casei*, *Lactobacillus plantarum* e *Enterococcus faecium*, adicionado na ração proporcionou redução cecal da salmonela⁽²⁸⁾.

Segundo Pourakbari et al.⁽⁴²⁾ a suplementação com probióticos composto de *Lactobacillus plantarum*, *Lactobacillus bulgaricus*, *Lactobacillus acidophilus*, *Lactobacillus rhamnosus*, *Bifidobacterium bifidum*, *Streptococcus thermophilus*, *Enterococcus faecium*, *Aspergillus oryzae* e *Candida pintolopesii* nos níveis recomendados ou mais altos pelo fabricante na alimentação de frangos de corte foi eficaz na melhoria do ganho de peso e o consumo de ração, contudo obteve poucos efeitos nas características da carcaça. Os mesmos autores relatam que o efeito benéfico deste probiótico não foi somente sobre o desempenho, pois houve aumento do teor de glicose no sangue e albumina indicando melhor digestão e absorção de nutrientes nos tratamentos suplementados. Os triglicerídeos sanguíneos e o colesterol total, LDL e VLDL foram linearmente diminuídos pela suplementação com probióticos.

Utilizando a suplementação do probiótico oriundo de microrganismo do gênero *Pediococcus acidilactici* para frangos de corte Alkhalif et al.⁽⁴³⁾ observaram melhoria no desempenho e redução no colesterol sérico em frangos de corte.

Várias pesquisas têm demonstrado que probióticos administrados na alimentação de poedeiras durante os ciclos de produção podem melhorar as características de desempenho e a qualidade de ovos produzidos. Esta melhoria no desempenho produtivo destas aves quando alimentadas com dietas contendo probióticos, deve-se a aumento da imunidade intestinal. Este aumento na imunidade já foi observado em estudo realizados por Higgins et al.⁽¹⁸⁾ que relataram que a imunidade intestinal foi aumentada em galinhas alimentadas com dietas suplementadas com levedura e cultura probiótica à base de *Lactobacillus*.

Na alimentação de galinhas o uso de probióticos pode levar à produção de ovos com baixo colesterol e baixo teor de ácidos graxos saturados, tornando-se benéfico para a saúde dos consumidores⁽⁴⁴⁾. Inatomi⁽⁴⁵⁾ sugere que a adição de probióticos seja vantajosa para galinhas poedeiras, pois encontrou resultados satisfatórios utilizando microrganismos do gênero *B. mesentericus TO-A*, *C. butyricum TO-A* e *S. faecalis T-110*, onde houve uma melhor conversão alimentar, aumento no desempenho de postura, na qualidade da casca do ovo (espessura da casca do ovo e força da casca do ovo), na imunidade mucosa intestinal (concentração de IgA no jejuno e íleo) e atividade antioxidante (potencial antioxidante biológico).

Em um estudo realizado por Zhang et al.⁽⁴⁶⁾ a ação probiótica melhorou a produção, a qualidade dos ovos e diminuiu a emissão de amônia nas excretas. O uso de probiótico pode ser mais eficaz nas dietas de alta energia e alta densidade de nutrientes do que nas dietas de baixa energia e baixa densidade de nutrientes em galinhas poedeiras.

Shalaei et al.⁽⁴⁷⁾ concluíram que os probióticos propiciaram o aprimoramento da altura das vilosidades, redução da profundidade das criptas e alta relação vilo/cripta que foram paralelos ao aumento da capacidade digestiva e de absorção do intestino delgado. Além do pH e do perfil microbiológico do intestino, as alterações histológicas do intestino delgado podem influenciar o desempenho das aves.

A utilização de probióticos composto por *Lactobacillus acidophilus*, *Streptococcus faecium* e *Bifidobacterium bifidum* não apresentou efeito benéfico sobre os parâmetros de desempenho e a qualidade dos ovos de galinhas poedeiras semipesadas no segundo ciclo de postura⁽⁴⁸⁾.

CONCLUSÕES

Os probióticos são constituídos por microrganismos que são adicionados na ração como o intuito de melhorar a saúde intestinal das aves, pois promove melhor integridade da mucosa intestinal, melhorando a absorção de nutrientes e ainda estimula o sistema imune das aves refletindo assim em bom desempenho zootécnico. Como exposto neste estudo os probióticos podem ser utilizados como uma alternativa a antibióticos usados como promotores de crescimento, atendendo as exigências de mercado quanto a restrições a estes antimicrobianos.

REFERÊNCIAS

1. Gheisari A, Shahrivand S, Landy N. Effect of ethanolic extract of propolis as an alternative to antibiotics as a growth promoter on broiler performance, serum biochemistry and immune responses. *Vet. World.* 2017; 10(2):249-254. <https://doi.org/10.14202/vetworld.2017.249-254>
2. Nazeer N, Uribe-Diaz S, Rodriguez-Lecompte JC, Ahmed M. Antimicrobial peptides as an alternative to relieve antimicrobial growth promoters in poultry. *Br. Poult. Sci.* 2021; 62(5):672-685. <https://doi.org/10.1080/00071668.2021.1919993>
3. Rahman MRT, Fliss I, Biron E. Insights in the development and uses of alternatives to antibiotic growth promoters in poultry and swine production. *Antibiotics.* 2022; 11(6):1-29. <https://doi.org/10.3390/antibiotics11060766>
4. Kairmi SH, Taha-Abdelaziz K, Yitbarek A, Sargolzaei M, Spahany H, Astill J, Shojadoost B, Alizadeh M, Kulkarni RR, Parkinson J, Sharif S. Effects of therapeutic levels of dietary antibiotics on the cecal microbiome composition of broiler chickens. *Poult. Sci.* 2022; 101(6):1-17. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2022.101864>
5. Samad A. Antibiotics resistance in poultry and its solution. *J. Res. Community Serv.* 2022; 3(10):1-22. <https://doi.org/10.36418/dev.v3i10.206>

6. Mehdi Y, Létourneau-Montminy MP, Gaucher ML, Chorfi Y, Suresh G, Rouissi T, Brar SK, Côté C, Ramirez AA, Godbout S. Use of antibiotics in broiler production: Global impacts and alternatives. *Anim. Nutr.* 2018; 4(2):170-178. <https://doi.org/10.1016/j.aninu.2018.03.002>
7. Abdel-Hafeez HM, Saleh ESE, Tawfeek SS, Youssef IMI, Abdel-Daim ASA. Effects of probiotic, prebiotic, and synbiotic with and without feed restriction on performance, hematological indices and carcass characteristics of broiler chickens. *Asian-Australas. J. Anim. Sci.* 2017; 30(5):672-682. <https://doi.org/10.5713/ajas.16.0535>
8. Ramos LSN, Lopes JB, Silva SMMS, Silva FES, Ribeiro, MN. Desempenho e histomorfometria intestinal de frangos de corte de 1 a 21 dias de idade recebendo melhoradores de crescimento. *R. Bras. Zootec.* 2011; 40(8):1738-1744. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982011000800017>
9. Sheoran N, Maan S, Kumar A, Batra K, Chaudhary D, Sihag S, Kumar V, Maan NS. Probiotic and prebiotic supplementation improving the production performance and immune characteristics of laying hens. *Indian J. Anim. Res.* 2018; 52(10):1433-1439. <https://doi.org/10.18805/ijar.B-3394>
10. Luegas JAP, Albino LFT, Tavernari FC, Barros VRSM, Pessoa GBS, Rostagno HS. Efeito da adição de probióticos na dieta sobre digestibilidade ileal da matéria seca e da proteína de frangos de corte. *Arch. Zootec.* 2015; 64:1-5. <https://doi.org/10.21071/az.v64i247.410>
11. Brasil. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº13 de 30/11/2004. Aprova o Regulamento Técnico Sobre Aditivos Para Produtos Destinados à Alimentação Animal. Publicado no Diário Oficial de União, Brasília, 01 de dezembro de 2004. Seção1, p. 10.
12. Brito JM, Ferreira AHC, Santana Junior HÁ, Oliveira APA, Santos CHL, Oliveira LTS. Desempenho zootécnico de juvenis de tilápias do nilo (*Oreochromis niloticus*) alimentados com cepas probióticas e submetidos a desafio sanitário. *Ciênc. Anim. Bras.* 2019; 20:1-9. <https://doi.org/10.1590/1809-6891v20e-37348>
13. Huyghebaert G, Ducatelle R, Immerseel FV. An update on alternatives to antimicrobial growth promoters for broilers. *Vet. J.* 2011; 187(2):182-188. <https://doi.org/10.1016/j.tvjl.2010.03.003>
14. Liu DM, Huang YY, Liang MH. Analysis of the probiotic characteristics and adaptability of *Lactiplantibacillus plantarum* DMDL 9010 to gastrointestinal environment by complete genome sequencing and corresponding phenotypes. *LWT-Food Sci. Technol.* 2022; 158:113129. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2022.113129>

15. Amerah AM, Quiles A, Medel P, Sánchez J, Lehtinen MJ, Gracia MI. Effect of pelleting temperature and probiotic supplementation on growth performance and immune function of broilers fed maize/soy-based diets. *Anim. Feed Sci. Technol.* 2013; 180(1-4):55-63. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2013.01.002>
16. Gusils C, González SN, Oliver G. Some probiotic properties of chicken lactobacilli. *Can. J. Microbiol.* 1999; 45(12):981-987. <https://doi.org/10.1139/w99-102>
17. Plaza-Diaz J, Ruiz-Ojeda FJ, Gil-Campos M, Gil A. Mechanisms of action of probiotics. *Adv. Nutr.* 2019; 10(1):49-66. <https://doi.org/10.1093/advances/nmy063>
18. Higgins SE, Higgins JP, Wolfenden AD, Henderson SN, Torres-Rodriguez A, Tellez G, Hargis B. Evaluation of a *Lactobacillus*-based probiotic culture for the reduction of *Salmonella* enteritidis in neonatal broiler chicks. *Poult. Sci.* 2008; 87(1):27-31. <https://doi.org/10.3382/ps.2007-00210>
19. Khochamit N, Siripornadulsil S, Sukon P, Siripornadulsil W. *Bacillus subtilis* and lactic acid bacteria improve the growth performance and blood parameters and reduce *Salmonella* infection in broilers. *Vet. World.* 2020; 13(12):2663-2672. <https://doi.org/10.14202/vetworld.2020.2663-2672>
20. Alaqil AA, Abbas AO, El-Beltagi HS, Abd El-Atty HK, Mehaisen GMK, Moustafa ES. Dietary supplementation of probiotic *Lactobacillus acidophilus* modulates cholesterol levels, immune response, and productive performance of laying hens. *Animals.* 2020; 10:1-12. <https://doi.org/10.3390/ani10091588>
21. Gao P, Ma C, Sun Z, Wang L, Huang S, Su X, Xu J, Zhang H. Feed-additive probiotics accelerate yet antibiotics delay intestinal microbiota maturation in broiler chicken. *Microbiome.* 2017; 5(91):1-14. <https://doi.org/10.1186/s40168-017-0315-1>
22. Khan S, Moore RJ, Stanley D, Chousalkar KK. The gut microbiota of laying hens and its manipulation with prebiotics and probiotics to enhance gut health and food safety. *Appl. Environ. Microbiol.* 2020; 86(13): e00600-20. <https://doi.org/10.1128/AEM.00600-20>
23. Shini S, Bryden WL. Probiotics and gut health: linking gut homeostasis and poultry productivity. *Anim. Prod. Sci.* 2022; 62:1090-1112. <https://doi.org/10.1071/AN20701>
24. Fesseha H, Demlie T, Mathewos M, Eshetu E. Effect of *Lactobacillus* species probiotics on growth performance of dual-purpose chicken. *Vet. Med.* 2021; 12:75-83. <https://doi.org/10.2147/VMRR.S300881>
25. Al-Khalaifa H, Al-Nasser A, Al-Surayee T, Al-Kandari S, Al-Enzi N, Al-Sharrah T, Ragheb G, Al-Qalaf S, Mohammed A. Effect of dietary probiotics and prebiotics on

- the performance of broiler chickens. *Poult. Sci.* 2019; 98(10):4465-4479. <https://doi.org/10.3382/ps/pez282>
26. Mikulski D, Jankowski J, Mikulska M, Demey V. Effects of dietary probiotic (*Pediococcus acidilactici*) supplementation on productive performance, egg quality, and body composition in laying hens fed diets varying in energy density. *Poult. Sci.* 2020; 99(4):2275-2285. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2019.11.046>
 27. Wang B, Gong L, Zhou Y, Tang L, Zeng Z, Wang Q, Zou P, Yu D, Li W. Probiotic *Paenibacillus polymyxa* 10 and *Lactobacillus plantarum* 16 enhance growth performance of broilers by improving the intestinal health. *Anim. Nutr.* 2021; 7(3):829-840. <https://doi.org/10.1016/j.aninu.2021.03.008>
 28. Leandro NSM, Oliveira ASC, Gonzales E, Café MB, Stringhini JH, Andrade MA. Probiótico na ração ou inoculado em ovos embrionados. 1- desempenho de pintos de corte desafiados com *Salmonella Enteritidis*. *R. Bras. Zootec.* 2010; 39(7):1509-1516. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982010000700017>
 29. Kumar R, Ali N, Siddique RA, Singh R, Rajkumar, Sahu DS, Roy D, Fahim A. The effect of different level of mushroom (*Agaricus bisporus*) and probiotics (*Saccharomyces cerevisiae*) on sensory evaluation of broiler meat. *J. Entomol. Zool. Stud.* 2019; 7(4):347-349.
 30. Sobczak J, Stangierski J, Marek P, Kijowski J. Effect of probiotic administration on productivity and quality of broiler chicken meat. *Anim. Nutr. Feed Technol.* 2018; 18:79-88. <https://doi.org/10.5958/0974-181X.2018.00007.0>
 31. Silva GV, Machado NJB, Freitas LW, Lima MF, Luchese RH. Performance and carcass yield of female broilers fed with diets containing probiotics and symbiotics as an alternative to growth enhancers. *Acta Sci. Anim. Sci.* 2018; 40:e39916. <https://doi.org/10.4025/actascianimsci.v40i1.39916>
 32. Appelt MD, Nunes RV, Pozza PC, Silva WTM, Venturi I, Nunes CGV. Níveis de probiótico em rações de origem animal e vegetal para frangos de corte. *R. Bras. Zootec.* 2010; 39(4):765-771. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982010000400010>
 33. Dalólio FS, Moreira J, Nunes PB, Vaz DP, Ferreira HJ, Pires AV, Cruz PJR. Aditivos alternativos ao uso de antimicrobianos na alimentação de frangos de corte. *Rev. Bras. Agrop. Sust.* 2015; 5(1):86-94. <https://doi.org/10.21206/rbas.v5i1.281>
 34. Nagarajan V, Peng M, Tabashsum Z, Salaheen S, Padilla J, Biswas D. Antimicrobial effect and probiotic potential of phage resistant lactobacillus plantarum and its interactions with zoonotic bacterial pathogens. *Foods.* 2019; 8 (6):1-13. <https://doi.org/10.3390/foods8060194>

35. Bai SP, Wu AM, Ding XM, Lei Y, Bai J, Zhang KY, Chio JS. Effects of probiotic-supplemented diets on growth performance and intestinal immune characteristics of broiler chickens. *Poult. Sci.* 2013; 92(3):663-670. <https://doi.org/10.3382/ps.2012-02813>
36. Gao J, Zhang HJ, Yu SH, Wu SG, Yoon I, Quigley J, Gao YP, Qi GH. Effects of yeast culture in broiler diets on performance and immunomodulatory functions. *Poult. Sci.* 2008; 87(7):1377-1384. <https://doi.org/10.3382/ps.2007-00418>
37. Lahtinen T, Malinen E, Koort JM, Mertaniemi-Hannus U, Hankimo T, Karikoski N, Pakkanen S, Laine H, Sillanpaa H, Soderholm H, Palva A. Probiotic properties of *Lactobacillus* isolates originating from porcine intestine and feces. *Anaerobe.* 2010; 16(3):93-300. <https://doi.org/10.1016/j.anaerobe.2009.08.002>
38. Gu RX, Yang ZQ, Li ZH, Chen SL, Luo ZL. Probiotic properties of lactic acid bacteria isolated from stool samples of longevous people in regions of Hotan, Xinjiang and Bama, Guangxi, China. *Anaerobe.* 2008; 14(6):313-317. <https://doi.org/10.1016/j.anaerobe.2008.06.001>
39. Georgieva R, Yocheva L, Tserovska L, Zhelezova G, Stefanova N, Atanasova A, Danguleva A, Ivanova G, Karapetkov N, Rumyan N, Karaivanova E. Antimicrobial activity and antibiotic susceptibility of *Lactobacillus* and *Bifidobacterium* spp. intended for use as starter and probiotic cultures. *Biotechnol. Biotechnol. Equip.* 2015; 29(1):84-91. <https://doi.org/10.1080/13102818.2014.987450>
40. Prabhurajeshwar C, Chandrakanth RK. Probiotic potential of *Lactobacilli* with antagonistic activity against pathogenic strains: An in vitro validation for the production of inhibitory substances. *Biomed. J.* 2017; 40(5):270-283. <https://doi.org/10.1016/j.bj.2017.06.008>
41. Schocken-Iturrino RP, Urbano T, Trovó KVP, Tremiliosi Neto G, Medeiros AA, Ishi M, Paulillo AC, Carneiro APM. Uso de probióticos para frangos de corte: avaliação do desempenho zootécnico em aves desafiadas com *Clostridium perfringens*. *Ars Veterinária.* 2004; 20:249-255.
42. Pourakbari M, Seidavi A, Asadpour L, Martínez A. Probiotic level effects on growth performance, carcass traits, blood parameters, cecal microbiota, and immune response of broilers. *An. Acad. Bras. Cienc.* 2016; 88(2):1011-1021. <https://doi.org/10.1590/0001-3765201620150071>
43. Alkhalf A, Alhaj M, Al-homidan I. Influence of probiotic supplementation on blood parameters and growth performance in broiler chickens. *Saudi J. Biol. Sci.* 2010; 17(3):219-225. <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2010.04.005>

44. Tang SGH, Siew CC, Kalavathy R, Saad WZ, Yong ST, Wong HK, Ho YW. Chemical compositions of egg yolks and egg quality of laying hens fed prebiotic, probiotic, and synbiotic diets. *J. Food Sci.* 2015; 80(8):1686-1695. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.12947>
45. Inatomi T. Laying performance, immunity and digestive health of layer chickens fed diets containing a combination of three probiotics. *Science Postprint.* 2016; 1(2): e00058. <https://doi.org/10.14340/spp.2016.03A0001>
46. Zhang ZF, Kim IH. Effects of probiotic supplementation in different energy and nutrient density diets on performance, egg quality, excreta microflora, excreta noxious gas emission, and serum cholesterol concentrations in laying hens. *J. Anim. Sci.* 2013; 91(10):4781-4787. <https://doi.org/10.2527/jas.2013-6484>
47. Shalaei M, Hosseini SM. Effect of different supplements on eggshell quality, some characteristics of gastrointestinal tract and performance of laying hens. *Vet. Res. Forum.* 2014; 5:277-286. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4299993/>
48. Nunes RV, Scherer C, Silva WTM, Appelt MD, Pozza PC, Vieites FM. Avaliação de probiótico na alimentação de poedeiras comerciais no segundo ciclo de postura. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.* 2013; 65(1):248-254. <https://doi.org/10.1590/S0102-09352013000100035>

CAPÍTULO 36

FARINHA DE SEMENTE DE ABÓBORA NA ALIMENTAÇÃO DE GALINHAS EM FASE DE POSTURA

Édina de Fátima Aguiar¹ *; Talitha Kássia Alves dos Santos Dessimoni² 
Joashlenny Alves de Oliveira³ ; Amauri Felipe Evangelista⁴ 
Gonçalves Lacerda² ; Valéria Quintana Cavicchioli⁵ ; André Gomes Faria² 

¹ Docente do Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal. Universidade José do Rosário Vellano – UNIFENAS, Brasil; * E-mail: edinaaguiar0405@gmail.com.

² Discente do Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal. Universidade José do Rosário Vellano – UNIFENAS, Brasil;

³ Pós-Graduação em Zootecnia. Universidade Federal de Viçosa – UFV, Brasil.

⁴ Pós-Graduação em Zootecnia. Universidade Federal do Paraná – UFPR, Brasil.

⁵ Docente do Curso de Medicina Veterinária. Universidade Federal de Goiás – UFG, Brasil.

Resumo: A avicultura de postura é uma importante atividade agropecuária no Brasil visto que o ovo de galinha é um alimento rico em proteínas de alto valor biológico e baixo custo. As indústrias de alimentos que processam a abóbora para a produção de doces, compotas e alimentos pré-preparados descartam cascas, fiapos e sementes. Estudos científicos relatam que 3,32% do peso de uma abóbora correspondem às suas sementes, representando um considerável desperdício. A farinha de semente da abóbora (FSA) apresenta 36% são ácidos graxos (AG) essenciais, em especial o w3, teor proteico de 30% e de fibras gira em torno de 22 a 32% além de baixos teores de fatores antinutricionais. Portanto, o objetivo deste estudo foi avaliar os efeitos do uso da FSA na dieta de galinhas em fase de postura sobre o desempenho produtivo das aves e a qualidade dos ovos. Foram utilizadas 160 aves poedeiras da linhagem Hisex Brown vermelha, com 33 semanas de idade, em delineamento inteiramente casualizado, com quatro tratamentos e cinco repetições. Os tratamentos corresponderam a uma ração controle e mais três rações contendo níveis crescentes de inclusão (20, 40 e 60g de FSA/kg de ração). A FSA foi incorporada nas rações em substituição ao óleo de soja e farelo de soja. Concluiu-se que a ração com acréscimos de FSA não alterou a qualidade dos ovos, havendo valor significativo para presença de ácido graxo docosahexaenóico (DHA) em especial no acréscimo de 40 g/kg ração onde apresentou maior produção de ovos.

Palavras-chave: alimento alternativo; *Cucurbita maxima*; *Cucurbita mochatata*; aves de postura; produção de ovos

Abstract: Poultry farming is an important agricultural activity in Brazil since the hen's egg is a food rich in proteins of high biological value and low cost. Food industries that process pumpkin for the production of jams, jams and pre-prepared foods discard husks, lint and seeds. Scientific studies report that 3.32% of the weight of a pumpkin correspond to its seeds, representing a considerable waste. Pumpkin seed flour (PSF) has 36% essential fatty acids (FA), especially w3, protein content of 30% and fiber content is around 22 to 32%, in addition to low levels of anti-nutritional factors. Therefore, the objective of this study was to evaluate the effects of the use of PSF in the diet of laying hens on the productive performance of the birds and the quality of the eggs. 160 laying hens of the red Hisex Brown lineage, with 33 weeks of age, were used in a completely randomized design, with four treatments and five replications. The treatments corresponded to a control diet and three diets containing increasing levels of inclusion (20, 40 and 60g of PSF /kg of diet). PSF was incorporated into the diets to replace soybean oil and soybean meal. It was concluded that the diet with additions of PSF did not change the quality of the eggs, with a significant value for the presence of docosahexaenoic acid (DHA) fatty acid, especially in the addition of 40 g/kg ration, which showed higher egg production.

Key word: alternative food; *Cucurbita maxima*; *Cucurbita mochata*; egg production; laying hen's

INTRODUÇÃO

A avicultura de postura é uma importante atividade agropecuária no Brasil, pois o ovo de galinha é um alimento rico em proteínas de alto valor biológico e de baixo custo quando comparado com outras fontes proteicas de origem animal. Segundo os últimos dados publicados pela Associação Brasileira de Proteína Animal [1], cada brasileiro consome em média 192 ovos/ano. Porém, espera-se que tal índice se eleve nos próximos anos em função de pesquisas recentes que desmistificam a atuação do ovo como um “vilão da alimentação” e devido ao maior conhecimento da população sobre as propriedades nutricionais do ovo [2]. Portanto, dada a importância do ovo no cenário agropecuário brasileiro, há uma constante demanda por pesquisas que buscam melhorar sua qualidade a partir de melhorias promovidas na alimentação das galinhas.

Em se tratando de investimentos na produção, aproximadamente 70% de todo o custo é referente à alimentação do plantel [3]. Sendo assim, a utilização de subprodutos da indústria de alimentos tem se mostrado uma importante estratégia para diminuir o custo com a alimentação das aves e para reduzir o impacto ambiental que pode ser gerado pelo inadequado descarte desses subprodutos na natureza. As abóboras *Cucurbita maxima* e *mochata*, popularmente conhecidas como moranga e abóbora de pescoço pertencem à família *Cucurbitaceae*, sendo a espécie cultivada no Brasil desde longa data [4]. Atualmente há grande desperdício de sementes desses frutos pelas indústrias produtoras de doces de abóbora. Tais sementes apresentam elevado potencial para serem utilizadas na nutrição de galinhas poedeiras, devido seu alto teor nutritivo e baixo índice de compostos de ação antinutricional [5] [6] [7]. Todavia, o conhecimento que se tem até o

presente momento sobre o uso da farinha da semente de abóbora na dieta de galinhas é escasso [8] [9].

Sendo assim, um experimento foi conduzido para se avaliar os efeitos do uso da farinha de sementes de abóbora (FSA) na dieta de galinhas em fase de postura sobre o desempenho produtivo das aves e a qualidade dos ovos.

MATERIAL E MÉTODOS

Procedimentos experimentais: As sementes de abóbora *Cucurbita maxima* e *Cucurbita mochata* foram fornecidas por uma indústria localizada em Poços de Caldas, Minas Gerais. As sementes foram retiradas dos frutos e transportadas em caixas térmicas até o Laboratório de Análise de Alimentos da UNIFENAS (*Campus* em Alfenas) onde foram pré-secas em estufa de circulação de ar a 40°C durante 24 H (horas) [7]. Posteriormente, as sementes foram moídas para a produção da Farinha de Semente de Abóbora (FSA).

A FSA teve sua caracterização química nutricional e antinutricional determinada, em triplicata de acordo com os métodos de análise da Association of Official Analytical Chemistry [10]: **(i)** para composição centesimal da FSA, o teor de umidade foi determinado pelo aquecimento em estufa a 105°C até massa constante; **(ii)** o método de Kjeldahl foi usado para dosar a proteína bruta (PB) na FSA, sendo o fator de correção 5,4 [11] aplicado aos dados para converter o nitrogênio total da amostra em nitrogênio proteico; **(iii)** o teor de fibra alimentar (FA) total e o nível de extrato etéreo (EE) foi quantificado por método/processo gravimétrico-enzimático, enquanto que a análise de cinzas consistiu na incineração da FSA a 550°C, determinando-se a porcentagem do resíduo.

Os polifenóis foram extraídos da FSA em condensador de refluxo com metanol a 50%, por três vezes consecutivas, usando chapa aquecedora a 80°C. Os extratos obtidos foram reunidos, evaporados até o volume de 25 mL e submetidos à dosagem colorimétrica ($\lambda = 760$ nm) com o uso do reagente de Folin-Denis (composto por tungstato de sódio, ácido fosfomolibdico e ácido fosfórico). O ácido tânico foi usado como padrão [12]. A extração dos glicosídeos cianogênicos da FSA foi feita sob agitação horizontal por 15 min (minutos), em temperatura ambiente, utilizando-se solução de ácido clorídrico 0,1 mol.L⁻¹. O extrato obtido teve o pH ajustado para 6,0 e foi centrifugado a 2000 × g/15 min [13] *apud* [14]. Ao sobrenadante recolhido foi acrescentada a enzima linamarase obtida de folhas de mandioca conforme metodologia em literatura [14]. Em seguida, a mistura foi encubada a 30°C por 1 H e, após esse período, a solução de ácido pícrico saturado/carbonato de sódio foi adicionada. Após repouso de 10 min, adicionou-se água à mistura e os tubos foram submetidos ao banho-maria em ebulição por 12 min, sendo o teor de cianeto medido colorimetricamente em $\lambda = 530$ nm. O cianeto de potássio foi usado como padrão [15].

As saponinas da FSA foram obtidas por extração com etanol 99%, sob agitação horizontal por 1 H, em temperatura ambiente. O extrato obtido foi centrifugado a 10000 × g/10 min e o sobrenadante foi recolhido. O nível de saponina foi determinado colorimetricamente ($\lambda = 430$ nm) pela reação com o anisaldeído, em meio ácido, usando

digitonina como padrão [16]. A FSA foi suspensa em solução de hidróxido de sódio $0,01 \text{ mol.L}^{-1}$ e agitada horizontalmente por 1 H, em temperatura ambiente. Após centrifugação ($3000 \times \text{g}/10 \text{ min}$), uma alíquota do sobrenadante foi usada para o ensaio enzimático empregando-se a enzima tripsina e o substrato BApNA (benzoilDL-arginina-p-nitroanilida) para verificação da existência de inibidor da ação da tripsina sobre o BapNA na amostra pesquisada. A atividade do inibidor de tripsina foi expressa em Unidades de Tripsina Inibida (UTI) [17].

O experimento de campo foi conduzido com galinhas da linhagem Hisex Brown vermelha em fase de postura (33 semanas de idade), na Fazenda Capão Redondo, município de São Tiago, Minas Gerais. O delineamento foi inteiramente casualizado, consistindo de quatro tratamentos avaliados em cinco repetições (gaiolas; unidade experimental) de três galinhas cada, totalizando o uso de 160 aves. Os tratamentos corresponderam a uma ração controle, sem a inclusão da FSA, formulada para atender as exigências nutricionais das galinhas poedeiras, mais três rações contendo níveis crescentes de inclusão da FSA (20, 40 e 60 g de FSA/kg de ração). A FSA foi incorporada nas rações em substituição ao óleo de soja e farelo de soja. As aves foram alojadas em gaiolas de arame galvanizado (com dimensões de 45 x 45 x 30 cm) alocadas em um galpão de alvenaria, convencional para postura. Cada gaiola acomodou três aves, totalizando 40 gaiolas, sendo cada gaiola como uma unidade experimental. As aves receberam ração e água *ad libitum* em comedouros tipo calha e bebedouros tipo nipple. O fotoperíodo adotado foi de 16 horas (natural + artificial).

O período experimental teve duração de 36 dias, sendo avaliados o consumo de ração e a produção média diária de ovos. Além disso, na 36ª e 39ª semana de idade das galinhas, os ovos coletados foram destinados para a determinação do perfil de ácidos graxos (AG) na gema. A extração dos lipídios foi realizada segundo o método de Folch [18], sendo que 0,5 g de gema crua foi transferida para balão volumétrico de 100 mL, sendo seu volume completado com solução 2:1 de clorofórmio e metanol. A mistura foi agitada manualmente por dois min e, em seguida, filtrada em funil de separação. Foi adicionado ao funil 20 mL de kcl 0,72% para a primeira separação de fases. Foi adicionado mais 17,5 mL de KCl 0,72% e a mistura agitada manualmente. Após a segunda separação das fases, o extrato clorofórmico foi filtrado com sulfato de sódio anidro (Na_2SO_4) para um balão de fundo redondo de 200 mL. Secou-se o extrato clorofórmico em rota-evaporador a 25°C e, em seguida, foi determinada a quantidade de lipídeos totais. A metilação e saponificação dos lipídeos foram realizadas utilizando-se o método de Hartman e Lago [19]. Amostras de 1 mL da solução lipídica do extrato clorofórmico foram transferidas para tubos de tampa esmerilhada, seguida de evaporação do clorofórmio com auxílio de corrente de nitrogênio.

A saponificação resultou da adição de 2 mL de solução metanólica de hidróxido de sódio a 0,5 N e aquecimento em banho-maria a 100°C por cinco minutos. Para esterificação dos AG foi adicionado ao extrato lipídico 6 mL do reagente de esterificação (60 mL de metanol + 2 g de cloreto de amônio + 3 mL de ácido sulfúrico), com aquecimento dos tubos em água fervente por três minutos. Após o resfriamento, foi adicionado ao extrato 5 mL de água fria, seguida de agitação manual. A fase superior foi

transferida para um tubo de ensaio e adicionado 5 mL de solução saturada de carbonato de sódio (NaHCO_3). Em seguida, foram aplicadas três porções consecutivas de 1 mL de hexano, para que assim fossem extraídos os ésteres metílicos do composto. Uma alíquota de 1 $\frac{1}{4}$ L do extrato esterificado foi injetada no cromatógrafo à gás, modelo Intecrom G8000 - São Paulo/Brasil, equipado com detector de ionização em chama (FID), injetor split e coluna CP-SIL 88. A identificação dos AG foi realizada através da comparação dos tempos de retenção dos ésteres metílicos das amostras padrões de AG autênticos (Sigma / EUA). A quantificação dos AG foi realizada por área dos picos observados.

Os ovos destinados à análise do perfil de ácido graxo foram também avaliados em relação à unidade de Haugh; percentual de gema, albúmen e casca; pH da gema e do albúmen. Para a determinação de unidades Haugh, os ovos foram quebrados sobre uma superfície plana de vidro e, com auxílio de um micrômetro, realizou-se a medida da altura do albúmen. A unidade Haugh foi calculada segundo a equação a seguir:

$$UH = 100 \times \log (H - 1,7 \times P^{0,37} + 7,57)$$

em que:

UH: unidades Haugh;

H: altura do albúmen denso (em milímetro); e

P = massa do ovo (em gramas).

Após a quebra dos ovos, realizou-se a separação do albúmen e da gema, sendo esta pesada em balança semi-analítica de precisão de 0,01 g. As cascas dos ovos foram lavadas e secas a 15°C por 24 H, e em seguida, estas foram pesadas em balança semi-analítica de precisão de 0,01 g. O peso do albúmen foi obtido por diferença entre os pesos do ovo, da casca e da gema. Os percentuais de gema, casca e albúmen foram obtidos em relação ao peso do ovo íntegro. Já o pH da gema e do albúmen foram mensurados diretamente utilizando-se um pHmetro.

Análise estatística: Os resultados obtidos foram analisados de acordo com o delineamento inteiramente casualizado com quatro níveis de inclusão da FSA. A significância para a análise de variância foi de 5% e quando significativo, os tratamentos foram comparados por meio da análise de regressão polinomial [20]. Estes dados foram avaliados de acordo com o modelo estatístico a seguir:

$$Y_{ij} = \mu + t_i + e_{ij}$$

em que:

Y_{ij} : observação de cada tratamento *i* na repetição *j* de unidade experimental;

μ : média geral;

t_i : efeito do tratamento *i*, sendo *i* = 1 a 4;

e_{ij} : erro associado a cada unidade experimental, assumindo $e \sim N(\mu, \sigma^2)$ e estes são i.d.d¹.

¹ i.d.d: independentes e identicamente distribuídos

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Caracterização nutricional e antinutricional da FSA: O teor de umidade determinado nas sementes de abóbora foi de $57,16 \pm 0,08$ g/100 g. Já na FSA, com base na matéria seca, determinou-se os níveis de $27,02 \pm 0,12$ g/100 g de PB, $21,16 \pm 0,17$ g/100 g de FA, $34,28 \pm 0,26$ g/100 g de EE, $3,12 \pm 0,02$ g/100g de cinzas. Esses valores são semelhantes aos níveis médios encontrados na FSA de *Cucurbita maxima*: teor de umidade de 56,54; 29,54 de PB; 22,40 de FA; 36,41 de EE e 3,48 de cinzas [5]. A composição da FSA demonstra seu potencial na alimentação animal como fonte de fibras, proteína e gordura.

Os compostos antinutricionais consistem em metabólitos secundários das plantas e têm como função natural a proteção contra os predadores. Os polifenóis podem ser benéficos ou maléficos aos seres vivos, dependendo da quantidade ingerida e do processo de obtenção. Compostos fenólicos como o tanino, afetam diretamente o consumo e digestibilidade do alimento, acarretando em baixa ingestão de forragem e perda de peso, causando uma diminuição da produtividade animal [21]. As amostras de FSA analisadas no presente trabalho, apresentaram $0,18 \pm 0,01$ g/100 g de polifenóis, valor semelhante aos 0,103 g/100 g encontrado na literatura [7]. Certos compostos fenólicos são antioxidantes hidrofílicos formando uma forte defesa contra os radicais livres por atuarem em diferentes compartimentos das células, protegendo-as de várias patologias, podendo ter efeitos benéficos quando presentes na dieta [22].

As amostras de FSA avaliadas no presente estudo apresentaram $4,12 \pm 0,09$ mg/100 g de cianeto quando previamente submetidas a aquecimento em estufa por 24 H a 40°C. Sementes submetidas ao calor entre 5 e 15 min têm seus teores de antinutrientes diminuídos de 6,42 mg/100g na semente crua, para 4,32; 3,36 e 3,76 mg/100 g quando submetidos ao calor por 5, 10 e 15 min, respectivamente [6]. O cianeto inibe a citocromo oxidase, o que resulta no bloqueio da cadeia de transporte de elétrons durante o processo de respiração celular [23]. A dose letal (DL50) de cianeto para aves domésticas varia de 9,4 a 21 mg/kg, assim, uma poedeira de 2 kg teria que ingerir 465,3 g da FSA do presente estudo para atingir a DL50 [24].

Os achados de $0,37 \pm 0,09$ g/100 g de saponinas condizem com os resultados em literatura [5] que apresentou entre 0,24 e 0,35 g/100 g com as variações de temperatura aplicadas. A intoxicação por saponinas varia de acordo com o organismo animal e avaliando a intoxicação em galinhas, concluiu que 0,44 g de saponina/litro de líquido ingerido causaria a morte das aves confirmando assim que a quantidade de saponinas presente em 100 g de FSA de 0,03 g não causa malefício à espécie [25]. As amostras de FSA analisadas apresentaram $4,32 \pm 0,15$ UTI/mg, resultado esse semelhante ao encontrado em literatura de 4,21 UTI/mg [6]. Inibidores enzimáticos nas sementes atuam como agentes regulatórios de proteases endógenas. Já na alimentação dos seres vivos, esses inibidores agem no processo de digestão de proteínas, uma vez que a tripsina realiza a quebra da cadeia polipeptídica no encontro da lisina e arginina, o inibidor de tripsina causa sua inativação podendo apresentar efeitos maléficos devido à falta de absorção de aminoácidos ou benéficos, no caso dos humanos, como controle da saciedade [26] [27] [28].

Em relação ao perfil de AG da FSA (*Cucurbita maxima* e *Cucurbita mochata*) determinou-se em relação ao EE total: 0,11% ± 0,01 de ácido mirístico, 9,56% ± 0,11 de ácido palmítico, 7,3% ± 0,06 de ácido esteárico, 26,02% ± 0,13 de ácido oleico, 43,87 ± 0,09 de ácido linoleico, 0,35% ± 0,04 de ácido araquidônico, 0,23% ± 0,08 e ácido eicosapentaenoico e 3,52% ± 0,15 de ácido docosaenoico. Foram encontrado em literatura a análise do perfil de AG na FSA de *Cucurbita maxima* L. [29]. Com resultados diferentes como: ácido caproico (C 6:0) 8,99; ácido mirístico (C 14:0) 0,13; cis-10-pentadecanoico (C 15:1 Δ10) 10,98; palmitoleico (C 16:1 Δ9) 0,09; cis-10-heptadecanoico (C 17:1 Δ10) 7,79; esteárico (C 18:0) 28,75; oleico (C 18:1Δ9) 42,3; linoleico (C 18:2 Δ9,12) 0,42; araquidônico (C 20:0) 0,43 e linolênico (C 18:3 Δ9,12,15) 0,09, podendo-se concluir que a origem e cultivo das sementes podem interferir nos resultados. Observa-se ainda a importância das gorduras (animal e vegetal) como ingrediente de rações, pois estas, além de fornecerem energia, melhoram a absorção das vitaminas, diminuem a pulverulência e aumentam a sua palatabilidade, melhorando a eficiência de utilização da energia consumida, por causa do menor incremento calórico do metabolismo dos lipídeos [30].

Parâmetros de desempenho produtivo: O consumo de ração e a produção média diária de ovos das galinhas alimentadas com níveis crescentes de inclusão de FSA na ração consta na Tabela 1.

Tabela 1 - O desempenho produtivo de galinhas alimentadas, no período de 33 a 39 semanas de idade, com ração contendo níveis crescentes de inclusão de farinha de semente de abóbora (FSA)

PARÂMETRO AVALIADO	INCLUSÃO DE FSA NA RAÇÃO (g/kg)				P-valor
	0	20	40	60	
Consumo de ração ¹	105	105	105	105	0,994
Produção de ovos ²	57 ^b	54 ^b	62 ^a	54 ^b	0,032

¹Expresso em g de ração/ave/dia; ²Expresso em unidade (ovo)/unidade experimental (gaiola), no período de 36 dias avaliados, compreendidos entre 33 a 39 semanas de idade da ave.

Verificou-se que o consumo de ração nos quatro tratamentos manteve-se constante enquanto que a produção de ovos apresentou valor significativo (P<0,05) com melhor resultado de produção na adição de 40g/kg de FSA. Atualmente a recomendação da ingestão de ração é de 115 g/ave/dia com idade entre 26 e 90 semanas, semelhante ao obtido nessa pesquisa [31]. Verificou-se que a adição de 60 g/kg de FSA melhora a qualidade lipídica do ovo e leva a diminuição da quantidade dos ingredientes que oneram o valor da ração como o milho com queda de 5,14%, farelo de soja de 11% e óleo de soja de 26,03%.

Perfil de ácidos graxos na gema do ovo: O perfil dos ácidos graxos determinado na gema de ovos provenientes de galinhas alimentadas com níveis crescentes de inclusão de FSA na ração consta na Tabela 2.

Tabela 2 - Principais ácidos graxos da gema do ovo de poedeiras comerciais, alimentadas com ração contendo níveis crescentes de inclusão de farinha de semente de abóbora (FSA)

OVOS PROVENIENTES DE GALINHAS COM A INCLUSÃO DE FSA NA RAÇÃO (g/kg)										
PARÂMETROS AVALIADOS	36 SEMANAS DE IDADE				P-valor	39 SEMANAS DE IDADE				P-valor
	0	20	40	60		0	20	40	60	
Ácido graxo ¹										
Mirístico ²	850	849	852	850	0,875	832	852	852	849	0,892
Palmítico ³	6020	6000	6015	6005	0,923	6025	6015	6003	6017	0,854
Estearico ⁴	1450	1462	1458	1461	0,785	1370	1382	1377	1372	0,799
Oleico ⁵	4957	4958	4962	4967	0,897	4900	4917	4922	4933	0,801
Linoleico ⁶	8600	8598	8603	8607	0,928	8590	8577	8580	8572	0,880
Araquidônico ⁷	390	382	392	387	0,789	410	422	412	405	0,981
Eicosapentaenoico ⁸	0,00	0,01	0,05	0,05	0,632	0,00	0,08	0,10	0,12	0,072
Docosahexanoico ⁹	47	52	53	50	0,532	47	59	80	105	0,025

¹: mg/100 g de gema; ²: C14:0; ³: C16:0; ⁴: C18:0; ⁵: C18:1; ⁶: C18:2; ⁷: C20:4; ⁸: C20:5; ⁹: C22:6

O perfil de ácidos graxos das gemas dos ovos avaliados, não apresentaram diferença entre os tratamentos ($P > 0,05$). O resultado do ácido eicosapentaenoico (EPA) da 39ª semana (0,072) apesar de ocupar esse grupo, se comparado à 36ª semana (0,632) indica vantajosa diferença estatística, visto que se as aves forem submetidas a mais tempo de ingestão da FSA provavelmente obtêm-se resultado benéfico para melhora do perfil de EPA no ovo. Valores de até 8,5% embora não sejam significantes ao nível de 5% é um valor bastante indicativo, portanto valioso e informativo [32]. O ácido docosahexaenóico (DHA) expressa boa significância ($P < 0,05$), ou seja, este é conclusivo para a pesquisa, onde o acréscimo de FSA em até 60 g/kg acarretou seu aumento na gema; e se considerar o tempo de pesquisa conforme no caso de EPA, certamente obtêm-se melhores resultados. A obtenção desse resultado durante os 36 dias de experimento sugere duas vantagens (Figura 1): (i) aumento de postura/ave de 62 unidades adicionando-se 40 g/kg/ração, porém, com resultados de EPA e DHA insatisfatórios; e (ii) obtêm-se ligeiramente menor quantidade de produção com ovos melhorados quanto ao perfil lipídico e assim atendendo a demanda de mercado.

Tais resultados comprovam que a FSA pode ser utilizada como um ingrediente alternativo na alimentação de galinhas poedeiras. O enriquecimento dos ovos com AG poliinsaturados pode ser obtido pelo enriquecimento das rações de poedeiras como fontes desse óleo como peixe de água salgada e sementes oleaginosas, pois promovem a incorporação de n-3 na gema [33].

Sendo assim, a FSA pode ser classificada como oleaginosa devido aos seus 36,41% de teor lipídico [5] sendo essa porcentagem dividida entre 61,60% de poliinsaturados e 37,34% de saturados [7].

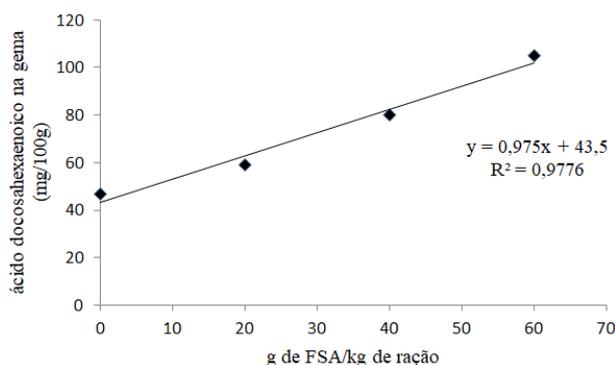


Figura 1 - Teor de ácido docosahexaenóico na gema de galinhas comerciais alimentadas, durante 36 dias, com níveis crescentes de inclusão de farinha de semente de abóbora (FSA).

Com a adição crescente da FSA na ração verificou-se bioquimicamente que houve vantajosa produção do DHA, uma vez que na reação química normal o precursor alfa-linolênico gera 0,5% de DHA e 5% de EPA devido aos dois compostos competirem pelas mesmas enzimas de conversão (dessaturase e elongase), considerando que o ácido docosahexaenóico (DHA C:22,6) é o resultado da adição de dois carbonos do ácido eicosapentaenóico (EPA C 20:5) percebe-se que havendo maior produção de EPA, essa mesma foi convertida em DHA em quantidades maiores [34].

O ácido docosahexaenóico possui papel importante na estrutura de todas as membranas celulares juntamente com o EPA e araquidônico como fluidez, adesão de moléculas, sinalização celular etc. sendo assim, em casos de inflamação, os receptores presentes na membrana enviam mensagens desencadeando uma cascata de reação inflamatória com produção de eicosanóides (prostaglandinas e leucotrienos), citocinas e células T inibindo o aspecto inflamatório. Especificamente o DHA é responsável por gerar enzimas proteínicas anti-inflamatórias e ativação da apoptose celular. Tem importante função na formação, desenvolvimento e funcionamento do cérebro e da retina, sendo predominante na maioria das membranas celulares desses órgãos. No sistema nervoso central, especificamente na parte cinzenta encontram-se os corpos celulares dos neurônios, sendo nesse local a atuação do DHA que, por ser altamente insaturado, influencia as propriedades físicas das membranas cerebrais, características dos seus receptores, interações celulares e atividade enzimática sendo que em casos de sua deficiência, no envelhecimento do indivíduo há um aumento do estresse oxidativo, reduzindo os níveis do DHA e do AA (alfa-araquidônico) no cérebro resultando em aumento na proporção de colesterol causando doenças de Alzheimer, Parkinson e esclerose lateral amiotrófica enquanto que na retina encontra-se ligado aos fosfolípidos que estão associados à rodopsina, uma proteína que interage no processo de absorção da luz [35].

Parâmetros indicadores da qualidade de ovos: Os critérios de qualidades de ovos produzidos com a inclusão de FSA na ração estão demonstrados na Tabela 3.

Tabela 3 - Parâmetros indicadores da qualidade de ovos produzidos por galinhas alimentadas, no período de 33 a 39 semanas de idade, com ração contendo níveis crescentes de inclusão de farinha de semente de abóbora (FSA)

OVOS PROVENIENTES DE GALINHAS COM A INCLUSÃO DE FSA NA RAÇÃO (g/kg)										
PARÂMETROS AVALIADOS	36 SEMANAS DE IDADE				<i>P</i> -valor	39 SEMANAS DE IDADE				<i>P</i> -valor
	0	20	40	60		0	20	40	60	
Ácido graxo ¹										
Unidade Haugh	78,22	78,28	78,52	78,32	0,526	79,13	78,99	78,87	79,02	0,681
% de gema	26,87	26,82	26,85	26,92	0,777	25,32	25,74	25,02	25,07	0,851
% de albúmen	64,27	64,98	64,77	64,82	0,681	64,01	63,72	65,09	65,13	0,791
% de casca	8,86	8,20	8,38	8,26	0,298	10,67	10,54	9,89	9,8	0,348
pH da gema	6,53	6,38	6,42	6,51	0,658	6,48	6,52	6,53	6,5	0,751
pH da clara	8,50	8,39	8,42	8,51	0,842	8,48	8,42	8,50	8,51	0,632

¹: mg/100 g de gema

Os resultados referentes aos parâmetros indicadores da qualidade de ovos produzidos no período de 33 a 39 semanas de idade estão indicados na Tabela 3 sendo observado estatisticamente que não houve interação significativa ($P > 0,05$) entre os fatores estudados para o acréscimo de 0, 20, 40 e 60 g/kg de FSA constatando que o produto testado pode ser utilizado para melhora do perfil lipídico da gema sem alterar tamanho, pH e peso do ovo.

Considerando-se que os resultados em geral foram semelhantes e atingiram os padrões de linhagem das galinhas poedeiras Hisex Brown vermelhas [36], demonstra-se que a FSA é um suprimento adequado de energia, lipídeos, proteínas e aminoácidos para produção de ovos. Os dados apresentados fazem da farinha de semente de abóbora um ingrediente de alto valor nutricional e baixo custo podendo substituir ingredientes como o farelo e óleo de soja, os quais suprem o valor nutricional de alguns ingredientes e excedem outros como o DHA trazendo benefícios à ração e conseqüentemente aos ovos.

A substituição de 60 g/kg FSA na composição da ração de poedeiras diminui a quantidade de farelo de soja em 11%, óleo de soja em 26,03% e de milho de 5,14%, produtos estes que oneram o preço da nutrição de poedeiras. A literatura escassa sobre esse assunto torna difícil a comprovação de mais características da FSA sendo de grande importância mais pesquisas nessa área a fim de beneficiar o meio ambiente, diminuir gastos com a alimentação do plantel e produzir ovos enriquecidos com w3.

CONCLUSÕES

A farinha de semente de abóbora (FSA) pode ser utilizada como um ingrediente alternativo na alimentação de galinhas, no nível de inclusão de até 60 g/kg de ração, sem prejudicar a produção de ovos das aves. Considerando-se o período de 33 a 39 semanas de idade das galinhas, o aumento do nível de inclusão da farinha de semente de abóbora na ração aumenta o teor de ácido docosaenoico (DHA) na gema e conseqüentemente produz ovo enriquecido. A adição da FSA reduz ligeiramente a quantidade do milho, farelo de soja e óleo de soja acarretando em diminuição do preço final da ração.

REFERÊNCIAS

1. ABPA - Associação Brasileira de Proteína Animal. História da avicultura no Brasil [Internet]. 2018 [acesso em 2018 Mar 19]. Disponível em: <http://abpa-br.com.br/setores/avicultura/a-avicultura-brasileira>.
2. FEN - Fundación Española de la Nutrición [internet]. 2018 [acesso em 2018 Mar 22]. Disponível em: <http://www.fen.org.es/blog/el-mito-del-huevo-y-el-colesterol>.
3. AVICULTURA INDUSTRIAL. Dados do IBGE apontam que plantel de galinhas poedeiras aumenta 17% [Internet]. 2017 [acesso em 2017 Fev 20]. Disponível em: <https://www.aviculturaindustrial.com.br/imprensa/dados-do-ibge-apontam-que-plantel-de-galinhas-poedeiras-aumenta-17/20150918-115302-o368>.
4. EMBRAPA CLIMA TEMPERADO. A diversidade de abóboras no Brasil e sua relação histórica com a cultura [internet]. 2012 [acesso em 2017 Ago 30]. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/55401/1/15423.pdf>
5. Naves LDP, Corrêa AD, Abreu CMPD, Santos CDD. Nutrientes e propriedades funcionais em sementes de abóbora (*Cucurbita maxima*) submetidas a diferentes processamentos. Food Science and Technology. 2010a;30(1):185–190.
6. Naves LDP, Corrêa AD, Santos CDD, Abreu CMPD. Componentes antinutricionais e digestibilidade proteica em sementes de abóbora (*Cucurbita maxima*) submetidas a diferentes processamentos. Food Science and Technology. 2010b;30(1):180–184.
7. Silva JS, Simão AA, Marques TR, Leal RS, Corrêa AD. Chemical constituents of the pumpkin seeds flour. Journal of Biotechnology. 2014;5(2):148-156.
8. Aguilar YM, López JC, Pérez ÁAS, Yero OM, Navarro MIV, Hurtado CAB. Productividad y calidad del huevo de gallinas con niveles crecientes de harina de semilla de calabaza (*Cucurbita maxima*). Revista Mexicana de Ciencias Pecuárias. 2012;3(1):65–75.
9. Achilonu MC, Nwafor IC, Umesiobi DO, Sedibe MM. Biochemical proximates of pumpkin (*Cucurbitaeae spp.*) and their beneficial effects on the general well-being of poultry species. Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition. 2018;102(1):5–16.
10. AOAC - ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTRY. Official methods of analysis of the AOAC. 16 ed, Washington; 1995.

11. Pereira A, Santanna R, Gomes J, Moreira M, Casali V. Obtenção e caracterização físico-química de um isolado protéico de semente de moranga (*Cucurbita maxima*, *Duchesne*). Boletim da Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos. 1985;19(1):23–34.
12. Goldstein JL, Swain T. Changes in tannins in ripening fruits. *Phytochemistry*. 1963;2(4):371–383.
13. Ikediobi CO, Onyia GOC, Eluwah CE. A rapid and inexpensive enzymatic assay for total cyanide in cassava (*Manihot esculenta* Crantz) and cassava products. *Agricultural and Biological Chemistry*. 1980;44(12):2803–2809.
14. Corrêa AD, Santos CD, Natividade MAE, Abreu CD, Xisto ALRP, Carvalho VD. Farinha de folhas de mandioca I: efeito da secagem das folhas sobre a atividade da linamarase. *Ciência e Agrotecnologia*. 2002;26(2):368–374.
15. Wood T. The isolation, properties, and enzymic breakdown of linamarin from cassava. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 1996;17(2):85–90.
16. Baccou JC, Lambert F, Sauvaire Y. Spectrophotometric method for the determination of total steroidal saponin. *Analyst*, 1977;102(1215):458–465.
17. Kakade ML, Rackis JJ, McGhee JE, Puski G. Determination of trypsin inhibitor activity of soy product: a collaborative analysis of an improved procedure. *Cereal Chemistry*. 1974;51(3):376–382.
18. Folch J, Less M, Stanley S. A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. *Journal of Biological Chemistry*. 1957;226(1):497–509.
19. Hartman L, Lago RCA. Rapid preparation of fatty acid methyl esters from lipids. *Laboratory Practices*. 1973;22:475–476.
20. R CORE TEAM. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, [internet] 2017. [acesso em 2018 Jun 14]. Disponível em: <https://www.R-project.org>.
21. Cordão MA, Pereira Filho JM, Bakke AO, Bakke IA. Taninos e seus efeitos na alimentação animal: revisão bibliográfica. *Pubvet*. 2010;4(32):924–930.
22. Scalbert A, Johnson IT, Saltmarsh M. Polyphenols: antioxidants and beyond. *The American journal of clinical nutrition*. 2015;81(1):215–217.

23. Wogan GN, Marletta MA. Componentes perjudiciales o potencialmente perjudiciales de los alimentos. In: Química de los alimentos. 2 ed, Zaragoza: Acribia; 1993.
24. Stanley NW, Hill EF, Carpenter JW, Krynitsky AJ. Acute oral toxicity of sodium cyanide in birds. *Journal of wildlife diseases*. 1986;22(4):538–546.
25. Vivaldo IL. Determinación de dosis letal media (dl50) de extracto de lechuguilla (*agave lechuguilla*) en aves (*gallus domesticus*) de 21 días de edad. [tese]. Buenavista, Saltillo, México: Universidade Autônoma Agrária Antonio Narro; 2015.
26. Santos EA, Oliveira AS, Maria L, Rabêlo A, Uchôa AF, Morais AHA. Affinity chromatography as a key tool to purify protein protease inhibitors from plants. *Affinity chromatography*. IntechOpen. 2012;211–244.
27. Ribeiro JA, Serquiz AC, Silva PF, Barbosa PB, Sampaio TB, Araújo Junior RF, et al. Trypsin inhibitor from *Tamarindus indica* L. seeds reduces weight gain and food consumption and increases plasmatic cholecystokinin levels. *Clinics* 2016;70:136–143.
28. Serquiz AC, Sátiro DSP, Lima VCO, Rocha LRM, Oliveira CN, Sampaio TBM, et al. The effect of a high calorie diet containing a peanut candy on weight loss. *Internacional Food Research Journal*. 2016;23(1):248–256.
29. Silva JES, Moura AMA, Nogueira RA. Efeito dos ácidos graxos essenciais sobre lipidemia e vascularização da membrana vitelina de codornas japonesas. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*. 2012;64(6):1603–1612.
30. Nunes I J. *Nutrição Animal Básica*, FEP - MVZ Editora, Belo Horizonte, 2 ed., 1998. 388p.
31. EMBRAPA POEDEIRA. Guia de manejo das poedeiras coloniais de ovos castanhos [internet]. 2017 [acesso em 2019 Jan 17]. Disponível em: ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/179376/1/Manual-051-web.pdf.
32. Paes A.T. Itens essenciais em bioestatística. *Arquivos Brasileiros de Cardiologia*. 1998;71(4):579–580.
33. Van Elswyk ME. Comparison of n–3 fatty acid sources in laying hen rations for improvement of whole egg nutritional quality: a review. *British journal of Nutrition*. 1997;78(1):61–S69.

34. Gómez MEDB. Modulação da composição de ácidos graxos poli-insaturados ômega 3 de ovos e tecidos de galinhas poedeiras através da dieta. [tese]. Universidade de São Paulo; 2003.
35. Martin CA, Almeida VV, Ruiz MR; Visentainer JEL, Matshushita M, Sousa NE, et al. Omega-3 and Omega-6 polynsaturated fatty acids: importance and occurrence em foods. Revista de Nutrição. 2006;1(19):761-770.
36. NUTRIAVES. Pintos e frangas recriadas [internet]. 2019 [acesso em 2019 Jan 18]. Disponível em: <http://www.nutriavesdistribuidora.com.br/site/project/hisex-brown>.

CAPÍTULO 37

SILAGEM E CASCA DE SOJA NA DIETA DE VACAS LEITEIRAS NO PERÍODO DE RESTRIÇÃO HÍDRICA

Jéssica Coutinho Mezzomo da Silva¹ *; Rodrigo Schaurich Mativi Righi¹ 
Letícia Nunes Vieira² ; Yara Stefani da Silva² ; Isis Scatolin de Oliveira² 
Carlos Eduardo Avelino Cabral¹ ; Carla Heloisa Avelino Cabral¹ 

¹Programa de Pós-graduação em Zootecnia, Universidade Federal de Rondonópolis, Rondonópolis, MT, Brasil.

²Instituto de Ciências Agrárias e Tecnológicas, Universidade Federal de Rondonópolis, Rondonópolis, MT, Brasil.

*Autor correspondente (Corresponding author) – Email: jeh.couti1@gmail.com

Resumo: A principal limitação dos sistemas de produção de leite em pastagem é a variação da taxa de acúmulo de forragem devido o déficit hídrico no período seco. O uso de suplementos volumosos e os subprodutos agrícolas são opções que evitam oscilações na produção de leite. Dentre as opções existem a silagem de milho e sorgo e a casca de soja, um subproduto fibroso. Por isso, o objetivo desta revisão é analisar o potencial da suplementação com silagem e casca de soja e suas implicações sobre o consumo, digestibilidade e desempenho na produção e composição do leite de vacas em lactação criadas em pastagem no período de escassez hídrica. O milho é considerado a cultura padrão por apresentar uma silagem com bom valor nutritivo e boa digestibilidade, contudo, o sorgo tem se mostrando uma boa opção em substituição ao milho, devido sua maior tolerância ao déficit hídrico, menor custo com adubação, possibilidade de uso de rebrota ou segunda safra de silagem. Mesmo não sendo caracterizado como volumoso, a casca de soja, considerada uma fonte de fibra fermentável, mantém o teor de fibra adequado na dieta, o que garante concentrações de acetato ruminal e teor de gordura do leite. Não foram observadas diferenças na produção e composição do leite ao comparar as silagens de milho e de sorgo. O uso de suplementos volumosos pode ocasionar uma redução de 35 minutos no tempo de pastejo. A escolha do volumoso suplementar deve considerar as características de cada sistema de produção e sua viabilidade econômica.

Palavras-chave: produção de leite; silagem de milho; silagem de sorgo; volumoso suplementar

Abstract: The main limitation of milk production systems for milk production is due to the deficit of milk accumulation in the dry period. The use of roughage supplements and agricultural by-products are options that avoid fluctuations in milk production. Among the options are corn and sorghum silage and soybean hulls, a fibrous by-product. For this

reason, the objective of this review is to analyze the potential of soybean hull supplementation and its implications on consumption, digestibility and production performance and composition of milk raised on pasture during the period of water requirement. Corn is considered a standard crop because it presents a silage with good nutritional value and good digestibility, whey is expensive if it is an option to replace corn, due to its greater tolerance to water deficit, less duplication, possibility of using regrowth or second crop of silage. Even though it is not characterized as forage, soybean hulls, a source of fermentable fiber, maintain the adequate fiber content in the diet, which guarantees the fat content of ruminal acetate and the fat content of ruminal acetate. No differences were observed in milk production and composition when comparing corn and whey silages. The use of bulky supplements can lead to a 35-minute reduction in grazing time. The choice of supplementary volume must be considered as characteristics of each production system and its economic viability.

Key Word: milk production; corn silage; sorghum silage; supplementary roughage

INTRODUÇÃO

Em 2020, a produção de leite do Brasil ocupou a quinta posição mundial, antecipado pelos Estados Unidos, Índia, China e Rússia (1), com uma produção de 35,4 bilhões de litros, um aumento de cerca de 1,5% em relação ao ano anterior, conforme a Pesquisa da Pecuária Municipal - PPM 2020, realizada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2).

Na região Central do Brasil, a maior parte da produção de leite é proveniente de animais mantidos em pastagem. A principal limitação desse sistema é a variação da taxa de acúmulo de forragem ao longo do ano, devido o déficit hídrico no período seco. O desafio torna-se compatibilizar a forragem disponível com a demanda dos animais ao longo do ano.

O uso de suplementos volumosos são opções que evitam oscilações na produção de leite. Dentre as diversas opções, as forragens conservadas são as mais utilizadas, como a silagem de milho e de sorgo, por apresentarem bom valor nutritivo, qualidade constante durante o ano e menor custo, quando comparada com alimentos concentrados.

Além das forragens conservadas, também é possível o uso de subprodutos fibrosos, como a casca de soja, que pode ser considerada como um ingrediente volumoso-concentrado, pois tem a função fisiológica de fibra vegetal e a disponibilidade de energia semelhante a um grão de cereal, podendo ser utilizada em substituição à forragem ou mesmo a ingredientes concentrados tradicionais, como o milho.

Portanto, objetivou-se com esta revisão analisar o potencial da suplementação volumosa, utilizando a silagem de milho, silagem de sorgo e casca de soja e suas implicações sobre o consumo, digestibilidade e desempenho na produção e composição do leite de vacas em lactação criadas em pastagem no período de escassez hídrica.

SUPLEMENTAÇÃO VOLUMOSA E CASCA DE SOJA NA DIETA DE VACAS EM LACTAÇÃO EM PASTAGEM

Sistemas de produção de leite em pastagens enfrentam limitações ao longo do ano devido a sazonalidade da produção de forragem. Isso ocorre porque existem períodos de maior e menor produção de forragem, que normalmente estão relacionados a fatores que limitam o crescimento, como a precipitação, temperatura, fotoperíodo e radiação solar (3). Além disso, ao longo do ciclo de crescimento das plantas forrageiras, normalmente a qualidade diminui devido à redução na participação de folhas e aumento na proporção de colmos (4).

Em situações de baixa disponibilidade e qualidade nutricional do pasto, uma alternativa para manter ou mesmo aumentar a produção de vacas leiteiras é o uso de uma combinação equilibrada de um suplemento volumoso e concentrado.

A suplementação com alimento volumoso é uma alternativa em propriedades leiteiras quando a oferta de pasto não atende as exigências nutricionais dos animais, ou quando se tem um grande número de animais e pouca área disponível para o pastejo, visando à intensificação dos sistemas de produção de leite.

Para vacas de média a alta produção, a suplementação é usada durante todo o ano, pois mesmo a pastagem sendo de boa qualidade, não é possível obter toda a energia que necessitam para atingir seu potencial produtivo. Dessa maneira, o principal objetivo da suplementação de vacas leiteiras em pastejo é aumentar a ingestão de nutrientes através do aumento da ingestão total de matéria seca (MS) e elevar a produção de leite. Como evidenciado no trabalho de (5), obteve-se maior consumo de MS e de energia nas vacas suplementadas com silagem de milho quando comparadas às não suplementadas.

Em propriedades menos tecnificadas, é comum o uso da suplementação volumosa de vacas leiteiras em pastejo somente no período da seca, momento em que ocorre redução drástica no crescimento das forrageiras. No entanto, tem-se observado que a distribuição das chuvas é irregular na região Sudeste de Mato Grosso, ocasionando "veranicos" por períodos prolongados. Neste caso, têm-se todas as condições favoráveis para o crescimento dos capins tropicais, mas falta água para atividade fotossintética, o que torna importante o uso da suplementação volumosa não somente no período da seca.

Com a previsão do consumo de matéria seca necessário para se alcançar o desempenho esperado na produção de leite, pode-se determinar a quantidade e o valor nutritivo do volumoso suplementar a ser fornecido em associação com o pasto. No entanto, o uso do suplemento deve ser realizado com critério, uma vez que o máximo retorno econômico pode não ser atingido com o melhor desempenho do animal.

Assim, pode-se assumir que a digestibilidade, o consumo e o custo de produção do volumoso suplementar são de importância determinante para o desempenho animal, assim como para a análise integrada do sistema de produção planejado. Trabalhos conduzidos no Brasil, que avaliaram a qualidade de volumosos conservados utilizados em suplementação de animais em pastejo no período seco, mostraram que a qualidade

dos mesmos não atende ao requerido para equiparar-se ao desempenho observado no período das águas.

Portanto, quanto melhor for o volumoso suplementar fornecido, maior será a economia com a utilização de alimento concentrado, que é mais oneroso. Além disso, o planejamento alimentar, seja ele destinado à produção de reservas estratégicas, estocagem ou compra de alimentos, fornece base aos produtores para manter a produção de leite, em uma época na qual normalmente se obtém os melhores preços do leite no mercado, e obter equilíbrio na receita da propriedade, numa época em que a escassez de alimento se apresenta como principal razão da redução da produção de leite e do lucro do produtor.

Dentre as alternativas de volumosos, a utilização de forragens conservadas, principalmente na forma de silagem, é uma alternativa viável por garantir o fornecimento de forragem de alta qualidade durante o período de baixa oferta de alimento. Possibilita também propiciar um aumento na produção de leite individual e por hectare ou manter os níveis produtivos em épocas em que a oferta e a qualidade da forragem diminuem (6).

Inúmeras forrageiras podem ser utilizadas com esse propósito, entretanto o milho e o sorgo ocupam lugar de destaque. As silagens de milho (*Zea mays L.*) e sorgo (*Sorghum bicolor*) proporcionam desempenho satisfatório das vacas na produção de leite, aliado a grande produtividade de matéria seca, bom valor nutritivo e boa digestibilidade.

Além dos alimentos volumosos é possível também o uso de subprodutos fibrosos, como a casca de soja, que possui alta disponibilidade e que pode ser utilizada na dieta de vacas em lactação, visto que o Brasil tem uma produção expressiva de soja. Como a casca de soja é pouco aproveitada na alimentação de não ruminantes, torna-se um subproduto interessante para utilizar na alimentação de ruminantes, e normalmente tem preço inferior ao de concentrados energéticos ricos em amido.

O tipo de suplemento apresenta diferentes influências no consumo de matéria seca da forragem pastejada. As taxas de substituição são maiores quando se utiliza forragem conservada em comparação à suplementação com alimentos concentrados, devido a menor taxa de passagem e maior enchimento ruminal ocasionado pelo alimento volumoso (7).

Essa diminuição no consumo de pasto é denominada de taxa de substituição, calculada pela redução no consumo de matéria seca de pasto por kg de consumo de matéria seca ingerida do suplemento (8). O valor da taxa de substituição é influenciado por vários fatores, como o tipo de animal, a quantidade e qualidade da forragem ofertada, bem como o valor nutritivo do suplemento oferecido. Taxas de substituição mínimas podem ser encontradas quando o alimento suplementar possui menor valor nutritivo que a forrageira base, observando sobras do suplemento em relação à quantidade oferecida aos animais (5).

Pérez-Prieto e colaboradores (9) analisaram os efeitos do uso da suplementação com silagem de milho (0 e 8 kg de matéria seca de uma mistura 7:1 composta por silagem de milho e farelo de soja) sob o consumo de duas ofertas diárias de pasto (baixa oferta: 18 kg e alta oferta: 30 kg de matéria seca/animal, com a massa de forragem acima de 2,5 cm do solo), e observaram uma maior taxa de substituição (0,75) em maior oferta de pasto quando comparado com baixa oferta de pasto (0,51).

Segundo o modelo de (7), a taxa de substituição média do pasto por silagem de milho é de 0,8, sendo que de baixa para alta oferta de forragem, varia de 0,4 a 1,1, respectivamente. Em um trabalho de revisão de literatura, (10) também relata que as taxas de substituição do pasto pelo suplemento volumoso variam de 0,3 até 1,0 em baixa e alta oferta de forragem, respectivamente.

Diante disso, a estratégia de suplementação pode variar, permitindo desde a busca do aumento do consumo e utilização da forragem existente no pasto, até a substituição total da fonte de nutriente por um alimento volumoso suplementar disponível e economicamente viável.

FONTES ALIMENTARES PARA SUPLEMENTAÇÃO VOLUMOSA

Uma grande parte dos produtores recorrem a conservação de forragem com boa qualidade para alimentar os animais no período de maior escassez de alimentos. Isso ocorre, principalmente, devido a relação custo/benefício, pois das alternativas de suplementação, a utilização de forragem conservada na forma de silagem, é menos onerosa quando comparada aos concentrados.

Entre as forrageiras mais utilizadas para produção de silagem destacam-se o milho, o sorgo, a cana de açúcar e, por fim, os capins. Embora existam várias plantas forrageiras, anuais e perenes que servem para a produção de silagem, a cultura do milho é considerada uma referência, sendo o principal volumoso empregado nos sistemas mais intensivos de produção de leite, seguido pela cultura do sorgo (Tabela 1).

Tabela 1. Composição química da silagem de milho, silagem de sorgo e casca de soja.

Nutriente (% da MS)	Silagem Milho	Silagem Sorgo	Casca Soja
MS (%)	31,11	25,83	90,30
NDT (%)	63,20	61,20	74,80
PB (%)	7,24	6,45	12,73
EE (%)	2,84	2,53	2,20
FDNcp(%)	50,34	58,59	63,37
FDA (%)	30,26	31,27	49,15
CNF(%)	33,81	26,02	15,88
Lignina (%)	4,87	5,10	3,64

MS: matéria seca, NDT: nutriente digestível total, PB: proteína bruta, EE: extrato etéreo, FDNcp: fibra insolúvel em detergente neutro corrigida para cinzas e compostos nitrogenados, FDA: fibra insolúvel em detergente ácido e CNF: carboidrato não fibroso.

Fonte: (11). Acesso online: www.brcorte.com.br

O milho é considerado a cultura padrão para produção de silagem por apresentar um bom rendimento de matéria verde, excelente qualidade de fermentação e manutenção do valor nutritivo da massa ensilada, aliado ao baixo custo operacional de produção e uma boa aceitabilidade dos animais (12).

Quando o milho é cultivado em ótimas condições de clima e de fertilidade apresenta produtividades elevadas que podem ultrapassar 50 t/ha de massa verde (13). No

entanto, com o avanço nas pesquisas, pode-se encontrar híbridos com produtividades acima de 70 t/ha e bem mais adaptados as diferentes regiões do país.

Contudo, o sorgo também tem se mostrado uma boa opção em substituição ao milho, devido sua maior resistência, menor exigência em fertilidade do solo, exige menos umidade para completar seu ciclo produtivo em relação à cultura do milho, o que acarreta em maior tolerância ao déficit hídrico (14), devido ao seu denso sistema radicular. Além disso, a silagem de sorgo pode apresentar boa qualidade, assemelhar-se à do milho. Por isso, a silagem de sorgo destaca-se como um alimento alternativo ao milho, devido seu alto valor nutritivo que, de modo geral, equivale a 85% da silagem do milho.

No Brasil, as cultivares de sorgo granífero são geralmente recomendadas para produção de silagem de alta qualidade devido à maior proporção de grãos, enquanto as cultivares de sorgo forrageiro são recomendadas para alta produtividade de MS (14). O sorgo sacarino também é uma boa alternativa para produção de silagem, pois o rendimento de MS é semelhante ao do sorgo forrageiro, mas com maior teor de carboidratos (15), o que pode permitir a produção de silagens de alta qualidade.

Em seu trabalho, (16) substituíram totalmente a silagem de milho pela de sorgo e não observaram diferenças no consumo de matéria seca, produção de leite, concentrações de proteína, gordura, lactose e sólidos totais no leite e digestibilidade.

O estudo desenvolvido por (17), compararam a silagem de milho e sorgo e apesar do consumo de matéria seca ter sido maior para as vacas consumindo silagem de milho, não observaram diferenças na digestibilidade, produção de leite e utilização de nitrogênio, mesmo quando a relação volumoso:concentrado foi alta. A substituição total da silagem de milho por silagem de sorgo forrageiro proporcionou um aumento da gordura sem diferenças na proteína e lactose do leite (18).

Na pesquisa de (5), as dietas contendo silagem de milho, apresentaram o maior consumo de matéria seca, reflexo da maior digestibilidade. Com o aumento do consumo, houve também o aumento da produção, uma vez que há uma correlação positiva entre o consumo de nutrientes e a produção de leite.

Avaliando os diferentes tipos de sorgo, (19) observaram que a percentagem de gordura do leite das vacas alimentadas com silagem de sorgo sacarino foi superior em comparação àquelas alimentadas com silagem de sorgo granífero ou silagem de milho. Já para percentagem de proteína no leite, os maiores valores foram observados em vacas alimentadas com silagem de milho, valor intermediário para vacas alimentadas com silagem de sorgo sacarino e o menor valor para vacas alimentadas com o uso de silagem de sorgo granífero.

Assim, observa-se que a silagem de sorgo é uma boa alternativa à silagem de milho resultando em um desempenho satisfatório das vacas. A escolha da variedade a ser utilizada deve considerar características de cada sistema de produção e, principalmente, a viabilidade econômica de cada uma. A maior vantagem que pode se destacar da cultura do sorgo é que ela pode ser produzida na safrinha, pois possui maior tolerância ao déficit hídrico e isso implica em menos risco de quebra na produção.

Além das silagens, o uso de sub e coprodutos é comum na suplementação de vacas. Dentre as alternativas, do ponto de vista nutricional, a casca de soja é um

suplemento energético, chegando a 80% do valor energético do milho (grão), porém com um alto teor de fibra. Por ser uma fonte de fibra não forrageira, a composição da casca de soja apresenta potencial de utilização na nutrição animal, possuindo características nutricionais tanto do volumoso quanto do concentrado, contendo quantidades substanciais de fibra solúvel, proteína e energia, semelhante ao que ocorre a outros subprodutos agroindustriais, como a polpa cítrica e resíduo de cervejaria. Apesar do seu alto teor de fibra, esta é altamente digestível, expressando elevado potencial quando comparado ao milho.

Os resultados encontrados na literatura indicam que apesar do elevado teor de FDN apresentado pela casca de soja, este alimento possui baixo teor de FDN efetiva (186,5 g/kg FDN), que corresponde a cerca de 28% do FDN total (20) e está associado ao reduzido tamanho de partícula deste alimento (21; 22). Em virtude dos baixos teores de lignina e grande proporção de fibra digestível a casca de soja pode substituir volumosos de alta qualidade, quando a disponibilidade destes é escassa (23).

Devido ao padrão de fermentação ruminal, a casca de soja pode ser classificada como fibra fermentável, podendo ser utilizada como fonte de energia para manter ideal o teor de fibra na dieta, mantendo concentrações de acetato ruminal e teor de gordura do leite. Estes dados mostram que a casca de soja provoca um menor efeito negativo sobre a digestão da fibra, em relação aos alimentos ricos em amido, proporcionando um desempenho semelhante ao desses alimentos (24).

EFEITO DA SILAGEM E DA CASCA DE SOJA SOBRE A PRODUÇÃO E COMPOSIÇÃO DE LEITE

A resposta produtiva de vacas leiteiras à suplementação depende do potencial produtivo do animal, quantidade e valor nutritivo do suplemento e oferta e qualidade da forragem disponível.

O volumoso corresponde a uma fração significativa da dieta de vacas leiteiras e, desta forma, pode influenciar as características físico-químicas do leite e de seus derivados. Todavia, relatos da literatura (25; 26; 17) comprovam que a utilização de diferentes volumosos na dieta de vacas em lactação pode implicar em variações do consumo, da digestibilidade de nutrientes e da produção e composição do leite.

Ao avaliar o desempenho de vacas de leite de alta produção alimentadas com cana-de-açúcar in natura, silagem de cana-de-açúcar, silagem de milho e a mistura de cana-de-açúcar in natura + silagem de milho, observou-se que os animais alimentados com dietas contendo silagem de milho apresentaram menor consumo de matéria seca (21,3 kg/dia), produções de leite numericamente maiores (25,5 kg/dia), além de maior teor de gordura no leite (36,1 g/kg), o que justifica os maiores valores de eficiência obtidos com o uso da silagem de milho (27).

Os mesmos autores afirmaram que o maior teor de gordura no leite relatado para os animais que consumiram a silagem de milho pode ter ocorrido pelo fato da fibra da silagem de milho apresentar uma digestibilidade da FDN superior a 57 %, em comparação à fibra da cana-de-açúcar. Avaliando a produção de 21 híbridos comerciais de milho para

silagem (28) reportaram valores de digestibilidade da FDN que variaram entre 64,2 a 67,6 %.

Assim, a eficiência de suplementação para a silagem de milho pode variar de 0,4 a 0,8 kg de leite/kg de silagem de milho (7). No trabalho realizado por (29), vacas em pastejo não suplementadas que produziam 22,0 kg de leite/dia, ao consumirem em média 5 kg de silagem de milho passaram a produzir 24,4 kg de leite/dia, o que representa uma resposta leiteira de 0,5 kg de leite por kg de matéria seca de silagem consumida.

O estudo desenvolvido por (9), verificaram um aumento de 5,2 kg de leite para os animais em pastagem de azéveo que foram suplementados com silagem de milho e farelo de soja (7:1) em relação ao tratamento sem suplementação. Esta resposta foi mais pronunciada pelo fato de o pasto apresentar baixa qualidade no momento do experimento.

Diversos trabalhos compararam as silagens de milho e sorgo e não observaram diferenças na produção de leite e composição do leite (17; 30; 25).

Trabalhando com diferentes estádios vegetativos do sorgo (25), avaliaram a silagem de sorgo na fase de emborrachamento e no estádio de grão leitoso e suas implicações sobre o consumo, produção e teor de gordura do leite em vacas holandesas, em comparação à silagem de milho. O maior consumo médio de matéria seca da silagem e da dieta total foi obtido pela silagem de milho, seguido pela silagem de sorgo na fase de emborrachamento e a silagem de sorgo grão leitoso, apresentando os valores de consumo médio da silagem de 4,93, 4,20 e 3,69 kg de matéria seca/dia, respectivamente, e valores de consumo da dieta total de 12,66, 11,43 e 10,68 kg de matéria seca/dia, respectivamente. Não houve efeito significativo do estádio vegetativo do sorgo sobre o consumo de silagem. As vacas que receberam silagem de milho produziram mais leite (15,23 kg/dia) em relação as que consumiram silagem de sorgo no estádio de grão leitoso (12,55 kg/dia), todavia as que consumiram silagem de sorgo na fase de emborrachamento não foram verificadas diferenças dos demais (14,28 kg/dia). Quanto ao teor de gordura do leite, não houve diferença significativa entre as silagens analisadas, apresentando valores de 3,62, 3,55 e 3,43 % para silagem de sorgo no estádio de grão leitoso, silagem de milho e silagem de sorgo na fase de emborrachamento, respectivamente.

Geralmente a suplementação com alimentos volumosos não afeta a porcentagem de gordura do leite (5; 9; 31) devendo-se basicamente a manutenção de um pH ruminal elevado, possibilitando a melhor fermentação da fibra e maior produção molar de acetato. Conforme (32), os principais fatores da dieta que influenciam a produção de gordura são a relação volumoso: concentrado e a concentração e perfil dos ácidos graxos da dieta.

O fornecimento de altas proporções de concentrado e casca de soja como fonte de fibra para borregos da raça Santa Inês, mostrou que a inclusão de 10 a 20 % da casca de soja em rações com 100% de alimento concentrado aumenta a ingestão de matéria seca e a digestibilidade da matéria seca, matéria orgânica, fibra em detergente neutro e fibra em detergente ácido. Entretanto, promoveu um decréscimo na digestibilidade da proteína bruta e retenção de nitrogênio (33).

Em seu estudo (34), testaram a substituição parcial da silagem de milho por casca de soja para vacas em lactação consumindo 1) ração completa contendo 18% de FDN oriunda da silagem de milho e 2) outra ração completa similar, contendo somente 12% de

FDN oriunda da forragem em que a silagem de milho (16,5% da matéria seca) foi substituída por casca de soja. Observaram que a inclusão da casca de soja na ração completa de vacas em lactação como substituto da forragem, reduzindo o teor de FDN da forragem de 18 para 12% da MS, manteve a produção de leite e aumentou a produção de gordura do leite pelas vacas em lactação, mantendo o consumo de matéria seca.

EFEITO DA SUPLEMENTAÇÃO SOBRE O COMPORTAMENTO INGESTIVO

O uso de suplementos complementares ou ajustes na relação volumoso:concentrado são estratégias que visam um maior aporte nutricional aos animais de produção. Tais estratégias exercem influência sobre o consumo do alimento, o desempenho e a viabilidade econômica, assim como manifesta efeito sobre o comportamento ingestivo dos animais (35).

O comportamento dos ruminantes pode ser caracterizado pela sucessão de três atividades básicas: alimentação, ruminação e ócio, atividades essas que podem ser influenciadas por fatores como dieta, manejo, condições ambientais e atividade dos animais do mesmo grupo (36).

O tempo gasto pastejando parece ser o principal fator que afeta a ingestão diária e as preferências dos ruminantes na seleção de uma dieta em pastejo. Consequentemente, o tempo gasto no pastejo é de importância central para modelos de dietas ótimas, que assumem que os animais escolhem uma dieta ótima dentro de conjuntos de restrições, incluindo o tempo total de alimentação, a capacidade digestiva do animal e a taxa de ingestão (37).

Segundo (38) a natureza da dieta é responsável diretamente por influenciar o tempo despendido em ruminação, sendo que o tempo gasto provavelmente é proporcional ao teor de fibra da parede celular dos volumosos. O aumento da razão volumoso:concentrado aumenta determinados nutrientes da dieta, como a FDN, que promove o enchimento do retículo-rúmen, acarretando aumento do número de mastigações por dia, do tempo de ruminação, do tempo de mastigação por unidade de matéria seca e FDN consumida (39).

Quando o suplemento tem menor valor nutritivo que a pastagem, as vacas tendem a compensar a deficiência no consumo de nutrientes aumentando o tempo gasto em pastejo. A pesquisa realizada por (40), suplementou vacas com silagem de milho de menor valor nutritivo que a forragem base, e observou que as vacas suplementadas com silagem de milho utilizaram maior proporção do tempo em que permaneceram nos piquetes pastejando (75%) em comparação as vacas não suplementadas com acesso somente ao pasto (43%). No entanto, o tempo de pastejo foi maior para os animais não suplementados (556 min/dia) em comparação aos suplementados com silagem de milho (313 min/dia). Uma das causas desse menor tempo de pastejo para os animais suplementados é o efeito da taxa de substituição.

Diversos trabalhos e autores afirmam que um dos efeitos da suplementação é a redução no tempo de pastejo (8; 9). Estudos anteriores afirmam que para cada kg de

matéria seca de silagem consumido há uma diminuição de aproximadamente 35 minutos no tempo de pastejo (41).

A influência do consumo de fibra sobre as atividades comportamentais pode ser confirmada pelos resultados apresentados por (42), que avaliaram o comportamento ingestivo de vacas em lactação de alta produção, as quais receberam silagem de milho ou cana-de-açúcar como volumoso, e verificaram maior consumo de FDN (7,2kg/dia) no tratamento com silagem de milho em comparação a cana-de-açúcar (5,0kg/dia), consequentemente os animais do tratamento com silagem de milho apresentaram um maior tempo nas atividades de alimentação e ruminação, sendo registrados valores de 306,0 e 246,0min/dia para a atividade de alimentação e 546,0 e 438,0min/dia para a atividade de ruminação, respectivamente.

O comportamento ingestivo de vacas leiteiras alimentadas com silagem de milho ou silagem de milheto como fonte de volumoso na dieta não alteraram o tempo total de alimentação, ruminação e ócio (43).

Moraes (44) que avaliou o uso da casca de soja na ração ofertada para ovinos, observou efeito linear decrescente, indicando a redução para o tempo de ingestão, de ruminação e de mastigação, à medida que houve aumento na proporção de casca de soja. Esses resultados podem ser atribuídos à redução no tamanho de partículas da dieta com a inclusão da casca de soja.

Apesar da adição da casca de soja reduzir o tempo de mastigação, observou-se que é possível o aumento no consumo de FDN por unidade de mastigação. Isso foi confirmado por (45) e citado por (44), onde o aumento da substituição as silagens de milho e de alfafa por casca de soja, de 25 % para 42 %, reduziu a atividade de mastigação em 31 %, mas aumentou de 11 g para 16 g o consumo de FDN por minuto de mastigação, respectivamente.

EFEITO DA SUPLEMENTAÇÃO SOBRE A VIABILIDADE ECONÔMICA

No que diz respeito a pecuária de leite, é frequente os questionamentos sobre a lucratividade da atividade. No entanto, quando se analisa os dados dos anos anteriores sobre essa atividade, observa-se um aumento na produção de leite nos últimos dez anos devido ao aumento da produtividade das fazendas. Assim, à medida que a produção de leite aumenta, entende-se que os investimentos foram feitos para a atividade e assume-se que há retorno econômico.

Neiva (46) considerou a pecuária leiteira como um negócio e constatou a existência de um enorme potencial de agregação de valor econômico à produção. Independentemente da resposta de que “leite” é um bom negócio, ou não, o fato é que a situação atual do agronegócio brasileiro exige um produtor mais capacitado, com visão empresarial mais ampla, tomando decisões acertadas e ações efetivas. No entanto, é necessário aliar as tecnologias de produção às tecnologias de gestão. Segundo (47), a análise da atividade econômica é um forte auxílio à tomada de decisão no negócio agropecuário, necessário e indispensável ao gestor.

Do ponto de vista administrativo, (48) cita que o julgamento das operações é geralmente baseado na análise da demonstração do resultado (lucro/prejuízo); entretanto, para realizar o julgamento econômico, é necessário ajustar os dados financeiros disponíveis para que reflitam os valores e as condições econômicas atuais.

A nutrição é um fator muito importante para o desempenho animal, sendo necessária a suplementação de volumoso de boa qualidade e baixo custo no período seco para viabilizar economicamente a pecuária leiteira.

Conforme citado por (49), uma nutrição adequada é um dos vários fatores que respondem para uma exploração leiteira eficiente, pois permite que o animal expresse seu potencial genético produtivo. Porém, quanto mais produtivo, mais exigente é o animal em relação à nutrição. Segundo (38), vários fatores influenciam o valor bioeconômico da forragem, como: valor nutricional, capacidade agrícola e produtividade da região, clima, nível de produção dos animais, custos de produção e disponibilidade de recursos financeiros, disponibilidade e custo de dietas concentradas, capacidade de gerenciamento de riscos e conhecimento dos produtores.

Nussio e colaboradores (50), realizaram uma simulação de sistemas de produção com volumosos suplementares (silagens de milho e sorgo), em pastagens tropicais (exclusiva ou pasto diferido), com o objetivo de decompor o custo de produção dos volumosos suplementares. Para as silagens de culturas anuais, cerca de 50% dos custos acumulados foram representados por fertilizantes e custos associados com o processo mecanizado de ensilagem (colheita e transporte). Essa informação reitera a necessidade de profissionalização na compra desses insumos e serviços, quando se busca redução nos custos unitários desses volumosos.

A análise conjunta de variáveis relativas aos custos, alterações na taxa de lotação e de produção de leite de vacas em lactação tem sugerido que a tomada de decisão pela opção de volumoso suplementar mais apropriado não deve se basear exclusivamente no menor custo por litro de leite produzido, mas preferencialmente na maior receita líquida prevista por unidade de área explorada na propriedade. Esse conceito vem substituindo raciocínios tradicionais de “mínimo custo”.

Diante disso, surge uma questão envolvendo essas estratégias, que é determinar como a forragem suplementar deve ser introduzida no sistema, compatibilizando-a com a disponibilidade de área da propriedade, com demanda adequada por mão-de-obra e de forma operacionalmente viável (51).

CONCLUSÕES

O uso da suplementação volumosa para vacas leiteiras à pasto no período de déficit hídrico permite aos produtores manter ou até mesmo elevar a produção de leite em uma época com escassez de alimento e que proporciona os melhores preços do mercado.

O uso de forragens conservadas na forma de silagem e de subprodutos fibrosos são alternativas com bom valor nutritivo e boa digestibilidade, mas que devem ser ajustadas, em função das características da forragem e requerimento nutricional para a

produção de leite almejada. Ainda, o contexto econômico e comercial deve ser considerado no planejamento da atividade.

REFERÊNCIAS

1. US Department of Agriculture – USDA. 2021. **National Nutrient Database for Standard Reference** [internet]. [acesso em 9 mai. 2022]. Disponível em: <<https://usdabrazil.org.br/>>.
2. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE. 2017. Censo Agropecuário. [acesso em 9 mai. 2022]. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pesquisa/18/0?tipo=grafico&indicador=16559>>.
3. Sbrissia AF, Duchini PG, Echeverria JR, Miqueloto T, Bernardon A, Américo LF. Produção animal em pastagens cultivadas em regiões de clima temperado da América Latina. *Archivos Latino americanos de Producción Animal*.2017; v. 25: n. 1, p. 47–60.
4. Guzatti GC, Duchini PG, Sbrissia AF, Mezzalira JC, Almeida JGR, Carvalho PCF, Ribeiro-Filho HMN. Changes in the short-term intake rate of herbage by heifers grazing annual grasses throughout the growing season. *Japanese Society of Grassland Science*. 2017; p: 1–10.
5. Miguel MF, Ribeiro-Filho HMN, Andrade EA, Genro TCM, Delagarde R. Pasture intake and milk production of dairy cows grazing annual ryegrass with or without corn silage supplementation. *Animal Production Science*.2017; v. 54: p. 1810–1816.
6. Ramsbottom G, Horan B, Berry DP, Roche JR. Factors associated with the financial performance of spring-calving, pasture-based dairy farms. *Journal of Dairy Science*. 2015; v.98: p.3526-3540.
7. Delagarde, R.; Faverdin, P.; Baratte, C. et al. GrazeIn: a model of herbage intake and milk production for grazing dairy cows. 3. Simulations and external validation of the model. *Grass Forage Sci*. 2011; v.66: p.61-77.
8. Bargo F, Muller LD, Delahoy JE, Cassidy TW. Milk Response to Concentrate Supplementation of High Producing Dairy Cows Grazing at Two Pasture Allowances. *Journal of Dairy Science*. 2002; v: 85, n. 7, p. 1777–1792.
9. Pérez-Prieto LA, Peyraud JL, Delagarde R. Substitution rate and milk yield response to corn silage supplementation of late-lactation dairy cows grazing

- low-mass pastures at 2 daily allowances in autumn. *Journal of Dairy Science*. 2011; v. 94: n. 7, p. 3592–3604.
10. Phillips CJP. The use of conserved forage as a supplement for grazing dairy cows. *Grass and Forage Science*. 1988; v. 43: p. 215–230.
 11. Valadares Filho SC, Costa e Silva LF, Gionbelli MP, Rotta PP, Marcondes MI, Chizzotti ML, et al. Exigências Nutricionais de Zebuínos Puros e Cruzados BR-CORTE, 3ª Ed. – Viçosa: UFV, DZO. 2016; 327p. [acesso em 9 mai. 2022]. Disponível em < www.brcorte.com.br >
 12. Pasa C, Pasa MC. Zea mays L. e a produção de massa seca. *Biodiversidade*. 2015; v.14: n3, 2015 - pág. 36.
 13. Filho ASS, Serante SC, Castro WJR, Silva TBR, Negrão FM, Oliveira MA et al. Produtividade e características estruturais de cultivares de milho para produção de silagem. *Revista Brasileira de Higiene e Sanidade Animal*. 2022; v.16: n.1, p. 1 – 7.
 14. Neto AB, Reis RH, Cabral LD, Abreu JG, Sousa DD, Sousa,FG. Valor nutricional da silagem de sorgo de diferentes finalidades. *Ciência E Agrotecnologia*. 2017; v. 41: 288-299.
 15. Zhang SJ, Chaudhry AS, Osman A, Shi CQ, Edwards GR, Dewhurst RJ, Cheng L. Associative effects of ensiling mixtures of sweet sorghum and alfalfa on nutritive value, fermentation and methane characteristics. *Animal Feed Science and Technology*. 2015; 206:29-38.
 16. Khosravi M, Rouzbehan Y, Rezaei M, Rezaei J. A substituição total da silagem de milho por silagem de sorgo melhora o perfil de ácidos graxos do leite e a capacidade antioxidante de vacas leiteiras da raça Holandesa. *Journal of laticínios*. 2018; v. 101 12: 10953-10961.
 17. Santos SA, Valadares Filho SC, Detmann E, Valadares RFD, Ruas JRM, Amaral PM. Diferentes fontes de forragem para vacas leiteiras F1 Holandês×Gir. *Livestock Science*. 2011; v. 142: n. 1, p. 48-58.
 18. Cattani, M., N. Guzzo, R. Mantovani, and L. Bailoni. Effects of total replacement of corn silage with sorghum silage on milk yield, composition, and quality. *J. Anim. Sci. Biotechnol*. 2017; 8:15.

19. Nascimento WG, Prado IN, Jobim CC, Emile JC, Suralt F, Huyghe C. Valor alimentício das silagens de milho e de sorgo e sua influência no desempenho de vacas leiteiras. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 2008; v.37: n.5, p.896-904.
20. National Research Council - NRC. 2001. Nutrient requirements of dairy cattle. 7.rev.ed. Washington, D.C.: National Academy Press. 381p.
21. Gentil RS, Susin I, Pires AV, Ferreira EM, Mendes CQ, Almeida OC, Queiroz MAA. Metabolismo de nutrientes em ovinos alimentados com casca de soja em substituição ao feno de coast cross. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 2011; v. 40: p. 2835-2843.
22. Ferreira EM, Pires AV, Susin I, Mendes CQ, Queiroz MAA, Araujo RC, Gentil RS, Loerch SC. Apparent digestibility, nitrogen balance, and ruminal constituents in ram lambs fed high-concentrate diets containing soybean hulls. *Journal of Animal Science*. 2011; v. 89: p. 4127- 4133.
23. Garleb KA, Fahney GC, Lewis SM, Kerley MS, Montgomery L. Chemical composition and digestibility of fiber fractions of certain by-products feedstuffs fed to ruminants. *Journal of Animal Science*. 1988; v. 66: p. 2650-2660.
24. Cunningham KD, Cecava MJ, Johnson TR. Nutrient digestion, nitrogen and amino acid flows in lactating cows fed soybean hulls in place or forage or concentrate. *Journal of Dairy Science*. 1993; v. 76: p. 3523-3535.
25. Dias AMA, Batista AMV, Ferreira MA, Lira MA, Sampaio IBM. Efeito do estágio vegetativo do sorgo (*sorghum bicolor*, (L.) moench) sobre a composição química da silagem, consumo, produção e teor de gordura do leite para vacas em lactação, em comparação à silagem de milho (*Zea mays* (L.)). *Revista Brasileira de Zootecnia*. 2001; v.30: n.6, p.2086-2092.
26. Teixeira Junior FEP, Ruas JRM, Lopes MA, Costa MD, Pires DAA, Junior VRR. Efeito de diferentes volumosos alternativos na rentabilidade de sistemas de produção de leite com vacas F1 Holandês x Zebu. *Rev. Ceres, Viçosa*. 2016; v. 63: n.6: p. 807-815.
27. Queiroz COM, Nussio LG, Schmidt P, Ribeiro JL, Santos MC, Zopollatto M. Silagem de cana-de-açúcar comparada a fontes tradicionais de volumosos suplementares no desempenho de vacas de alta produção. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 2008: v.37, n.2, p.358-365.
28. Mittelman A, Sobrinho FS, Silva e Oliveira J, Fernandes SBV, Lajús CA, Miranda M, et al. Avaliação de híbridos comerciais de milho para utilização

- como silagem na Região Sul do Brasil Principais espécies forrageiras. *Ciência Rural*. 2005; v. 35: p. 684-690.
29. Stockdale CR. Levels of pasture substitution when concentrates are fed to grazing dairy cows in northern Victoria. *Australian Journal of Experimental Agriculture*. 2000; v.40: p.913–921.
 30. Nichols SW, Froetschel MA, Amos HE, LO E. Effects of fiber from tropical corn and forage shorgum silages on intake, digestion, and performance of lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*. 1998; v.81: n.9, p.2383-2393.
 31. Peyraud JL, Delaby L. Ideal concentrate feeds for grazing dairy cows - Responses to supplementation in interaction with grazing management and grass quality In: *Recent advances in animal nutrition - UNIVERSITY OF NOTTINGHAM FEED CONFERENCE*. Proceedings... Nottingham. 2001; v. 35: p. 203–220.
 32. Sutton, J.D. Altering milk composition by feeding. *J. Dairy Sci*. 1989; v.72: p.2801-2814.
 33. Santos JW, Cabral LS, Zervoudakis JT, Souza, AL, Abreu JG, Bauer MO. Casca de soja em dietas para ovinos. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 2008; v. 37: p. 2049-2055.
 34. Miron J, Yosef E, Maltz E, Halachmi I. Soybean hulls for replacing corn silage in total mixed rations of lactating cows. *J. Dairy Sci*. 2002; v 85: pág 1 - 69.
 35. Burger PJ, Pereira JC, Silva JFC. Consumo e digestibilidade aparente total e parcial em bezerros Holandeses alimentados com dietas contendo diferentes níveis de concentrado. *Rev. Bras. Zootec*. 2000; v.29: p.206-214.
 36. Fischer V, Deswysen AG, Despres L. Comportamento ingestivo de Ovinos recebendo dieta à base de feno durante um período de seis meses. *Rev. Bras. Zootec*. 1997; v.5: p.1032-1038.
 37. Rutter SM, Orr RJ, Yarrow NH, Campeão RA. Preferência alimentar de vacas leiteiras pastando azevém e trevo branco. *Journal of Dairy Science*. 2004; vol: 87, Ed: 5, Page: 1317-1324.
 38. Costa LT, Silva FF, Veloso CM, Pires AJV, Rocha Neto AL, Mendes FBL, Rodrigues ESO, Silva VL. Análise econômica da adição de níveis crescentes de concentrado em dietas para vacas leiteiras mestiças alimentadas com cana-de-açúcar. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 2011; 11:1155-1162.

39. Missio RL, Brondani IL, Alves Filho DC, Silveira MF, Freitas LS, Restle J. Comportamento ingestivo de tourinhos terminados em confinamento, alimentados com diferentes níveis de concentrado na dieta. *Revista Brasileira de Zootecnia*.2010; v.39: n.7, p.1571-1578.
40. Mendes D. Efeito da suplementação com silagem de milho ou ração parcialmente misturada para vacas leiteiras em pasto perene de inverno. 62 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal) Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal, Universidade do Estado de Santa Catarina. Lages. 2016.
41. Phillips CJ.C, Leaver JD. Supplementary feeding of forage to grazing dairy cows. 2. Offering grass silage in early and late season. *Grass Forage Sci*. 1985; v.40: p.193-199.
42. Oliveira AS, Campos JMS, Valadares Filho SC. Substituição do milho pela casca de café ou de soja em dietas para vacas leiteiras: comportamento ingestivo, concentração de nitrogênio ureico no plasma e no leite, balanço de compostos nitrogenados e produção de proteína microbiana. *Rev. Bras. Zootec*. 2007; v.36: p.205-215.
43. Rêgo AC. Silagem de milheto e de milho na dieta de vacas leiteiras. 2012. xvi, 95 f. Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias. [acesso em 9 mai. 2022]. Disponível em: < <http://hdl.handle.net/11449/104890> >.
44. Moraes JB. Substituição de feno de “coastcross” (*Cynodon spp*) por casca de soja na alimentação de borregas (os) confinadas (os). 2003. 77 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal e Pastagens) – Escola superior de agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba. 2007.
45. Weidner, S.J.; Grant, R.J. Soyhulls as a replacement for forage fiber in diets for lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*.1994; v.77: p.513-521.
46. Neiva E. Competência Gerencial na Produção Leiteira. In: I Congresso Internacional de Produção de Leite, Belo Horizonte. Anais..., Escola de Veterinária. 2000; p.59-66.
47. Guimarães JMP. Administração financeira II. Lavras, UFLA/ FAEPE. 1997; 75p.
48. Helfert EA. Técnicas de análise financeira. 9ª ed. Porto Alegre, Bookman. 2000; 411p.

49. Schiffler EA, Mâncio AB, Gomes ST & Queiroz AC. Efeito da escala de produção nos resultados de produção de leite B no estado de São Paulo. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 1999; 28:425- 431.
50. Nussio LG, Campos FP, Manzano RP. Volumosos suplementares na produção de bovinos de corte em pastagens. In: Mattos et al. (Ed.). *A produção animal na visão dos brasileiros*. Piracicaba: Fealq. 2001; p.253-275.
51. Alves, JB, Silva, FC, Seno, MCZ, Isepon OJ.; Bergama schini AF. Suplementação de bezerros durante a estação seca, pós desmame. In: *Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia*. 2000; Anais... v. 37. Viçosa.

DOI: <https://doi.org/10.53934/9786585062039-38>

CAPÍTULO 38

FITASE NA NUTRIÇÃO DE AVES DE CORTE E POSTURA: REVISÃO DE LITERATURA

Alison Batista Vieira Silva Gouveia ^{*1}; Lorryne Moraes de Paulo ¹; Allan Gabriel Ferreira Dias ¹; João Marcos Monteiro Batista ¹; Júlio César Lopes Brasileiro ¹; Cibele Silva Minafra ²; José Henrique Stringhini ¹

*Autor correspondente (Corresponding author) – Email: alisonmestre28@gmail.com

¹Departamento de Zootecnia, Escola de Veterinária e Zootecnia, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, Goiás.

²Departamento de Zootecnia, Instituto Federal Goiano Campus Rio Verde, Rio Verde, Goiás.

Resumo: O fósforo (P) é armazenado principalmente na forma de fitatos nas sementes das plantas, estando pouco disponível para animais monogástrico, como as aves. Como o fitato é uma molécula polianiónica, possui a capacidade de quelar cátions com carga positiva, especialmente cálcio, ferro e zinco comprometendo também a utilização de outros nutrientes da dieta, incluindo proteínas, amido e lipídios. Devido a eficiência reduzida de utilização de nutrientes pelas aves há necessidade de utilização níveis mais altos de suplementação e aumento da descarga dos nutrientes não digeridos no meio ambiente. A enzima fitase tem como objetivo catalisar a hidrólise gradual do fitato. Como a fitase da mucosa endógena nos animais monogástricos parece incapaz de hidrolisar quantidades suficientes de P e outros nutrientes ligados ao fitato, a suplementação de fitase exógena nas dietas é um método utilizado para aumentar a absorção de minerais e nutrientes. A atividade da fitase varia muito, resultando em diferentes hidrólises de fitato gastrointestinal das aves. Outro ponto de interesse para a avicultura moderna e a utilização da superdose de fitase, na alimentação de frangos de corte como de poedeiras e seus diferentes resultados diante as diferentes espécies. O foco principal desta revisão de literatura e evidenciar o papel do fitato na nutrição de aves, e como a utilização de fitase pode melhorar a utilização de P, e como a utilização da superdosagem de fitase pode apresentar diferentes resultados na mesma espécie, mostrando-se uma alternativa viável a ser utilizada na nutrição de aves.

Palavras-chave: ácido fítico; fósforo; minerais; superdose

Abstract: Phosphorus (P) is stored mainly in the form of phytates in plant seeds, being little available for monogastric animals, such as birds. As phytate is a polyanionic molecule, it can chelate positively charged cations, especially calcium, iron and zinc, also

compromising the utilization of other nutrients in the diet, including proteins, starch and lipids. Due to the reduced efficiency of nutrient utilization by birds, higher levels of supplementation and increased discharge of undigested nutrients into the environment are required. The enzyme phytase aims to catalyze the gradual hydrolysis of phytate. As endogenous mucosal phytase in monogastric animals appears unable to hydrolyze enough P and other phytate-bound nutrients, exogenous phytase supplementation in diets is a method used to increase mineral and nutrient absorption. Phytase activity varies widely, resulting in different hydrolysis of bird gastrointestinal phytate. Another point of interest for modern poultry farming is the use of phytase overdose in the feeding of broilers and layers and its different results for different species. The focus of this literature review is to highlight the role of phytate in poultry nutrition, and how the use of phytase can improve P utilization, and how the use of phytase overdose can present different results in the same species, showing a viable alternative to be used in poultry nutrition.

Key Word: phytic acid; phosphorus; minerals; superdosing.

INTRODUÇÃO

As rações utilizadas na alimentação de aves de corte e postura são constituídas basicamente por milho e farelo de soja, representando aproximadamente cerca de 60 e 40% dos componentes das dietas, contribuindo com a maior parte do custo da produção^(1,2,3). Sendo estes ingredientes as principais fontes de energia, proteínas e minerais, especialmente minerais de fósforo, porém a disponibilidade de fósforo presentes em cereais e leguminosas utilizadas na alimentação de aves, é limitada pela presença do ácido fítico que liga os elementos P e a outros elementos, tornando-os indisponíveis a absorção e utilização destes nutrientes no funcionamento normal do metabolismo animal⁽⁴⁾.

Os minerais como o fósforo e o cálcio e como os demais nutrientes presentes na ração quando ligados ao ácido fítico não pode ser digerido e absorvido pelas aves. Pois estes animais não conseguem sintetizar a enzima fitase no trato gastrointestinal, e devido a indisponibilidade desta enzima no trato das aves os nutrientes que estão complexados ao fitato serão excretados no ambiente, acarretando perdas econômicas expressivas ao produtor como também aumento da poluição da cama no interior dos galpões⁽⁵⁾.

Devido a estes fatores, os nutricionistas vêm utilizando enzimas exógenas para melhorar a digestibilidade dos nutrientes⁽⁶⁾. Dentre as enzimas exógenas produzidas industrialmente, destaca-se a fitase em virtude da magnitude de sua utilização nas rações de aves de corte e postura e da consistência relativamente alta de sua bioeficácia, além da legislação de alguns países associada à poluição ambiental⁽⁷⁾, gerada pelo excesso de minerais no solo.

As fitases são enzimas comumente usadas na alimentação de frangos de corte e poedeira, com o objetivo principal a liberação do fósforo inorgânico, ligado à molécula

de ácido fítico, conseqüentemente, promovendo a redução de fontes de fósforo inorgânico nas dietas, influenciando no custo desta dieta^(8,9,10).

As vantagens de se utilizar a fitase na alimentação de animais monogástricos não está somente na liberação de fosforo. A fitase exógena reduz o efeito antinutricional do fitato melhorando a digestibilidade do cálcio, magnésio, manganês, cobre, assim como dos aminoácidos e energia⁽¹¹⁾.

Segundo Walk et al.⁽¹²⁾ atualmente outras formas de aplicações da enzima fitase foram desenvolvidas, como o uso de altas taxas de inclusão desta enzima para reduzir os efeitos antinutricionais do fitato, em vez de focar simplesmente na liberação de fósforo. Esta forma de utilização da fitase é chamada de superdosagem.

A superdosagem de fitase pode auxiliar na melhoria dos coeficientes de digestibilidade da matéria mineral e da proteína, está melhoria na digestibilidade pode estar relacionado à degradação do fitato e ao aumento da disponibilidade de mioinositol⁽¹³⁾. Portanto, a utilização da enzima fitase, tanto em níveis recomendados pelas fabricantes quanto a utilização da superdosagem é de grande interesse para a sustentabilidade da cadeia produtiva avícola, pois esta enzima pode contribuir para maximizar a digestão dos componentes naturais das rações e redução das excreções para o ambiente⁽³⁾.

Objetiva-se com esta revisão evidenciar os efeitos negativos do fitato sobre a digestibilidade do fosforo e outros nutrientes, assim como a utilização da enzima fitase na alimentação de aves de corte e postura com o intuito de reduzir estes efeitos negativos, e mostrar os efeitos da superdosagem de fitase sobre o desempenho animal.

FITATO

O ácido fítico ou fitato é sintetizado a partir de mioinositol através de uma série de etapas de fosforilação; assim, consiste em um anel de inositol com seis ligações éster de fosfato. O fitato (hexafosfato de mioinositol, IP6) ocorre naturalmente nas plantas e serve como forma de armazenamento de fósforo (P). O principal local de armazenamento do fitato nas plantas são as sementes, que são amplamente utilizadas em dietas para aves⁽¹⁴⁾.

Os fitatos representam classe complexa de componentes naturais presentes principalmente em cereais e leguminosas e que afetam as suas propriedades funcionais e nutricionais. A maior parte dos grãos de leguminosas contém de 0,5 a 5,0% de fitato, ou ácido fítico, pois podem armazenar o fósforo na forma de fitato. Os fitatos são sais do ácido fítico (mioinositol do ácido hexafosfórico – C₆H₁₈O₂₄P₆)⁽¹⁵⁾.

O fitato pode atuar como um fator antinutricional, capaz de reduzir a biodisponibilidade dos nutrientes⁽¹⁶⁾. A molécula do ácido fítico possui seis carbonos ligados a seis grupos fosfatos que podem conter em pH neutro um ou dois oxigênios negativamente carregados, capaz de interagir eletrostaticamente com cátions di e tri

valentes, formando complexos estáveis. Estes oxigênios que são responsáveis por quelatar os cátions como Cu^{2+} , Zn^{2+} , Co^{2+} , Mn^{2+} , Fe^{3+} e Ca^{2+} ⁽¹⁷⁾.

Podendo, se apresentar como um obstáculo nutricional para animais monogástricos, pois é uma fonte de P praticamente indisponível⁽¹⁴⁾, e sem adição adicional de fontes inorgânicas de P, a maioria das dietas para aves não conteria níveis adequados de P digerível para atender aos requisitos nutricionais de cada fase de criação e produção. Além disso, a excreção de fitato não absorvido no meio ambiente causa poluição ambiental, especificamente a eutrofização de rios, lagos e bacias hidrográficas⁽¹⁶⁾.

Presente na alimentação das aves o fitato pode influenciar de diferentes modos, de acordo com Catalan et al.⁽¹⁸⁾ na alimentação de frangos de corte o fitato pode afetar tanto no consumo de ração das aves como também na biometria dos órgãos como o peso relativo de moela, fígado, coração e ceco. Gouveia et al.⁽¹⁹⁾ relatam que os efeitos do fitato pode influenciar na biometria do fêmur de frangos de corte, diminuindo o peso deste osso e seu índice de seedor o que reflete diretamente na resistência óssea, influenciando no desempenho das aves.

FITASE

Animais de monogástricos, como as aves, suínos, peixes e bezerros pré-iluminantes, não possuem fitases em seu trato gastrointestinal e não podem digerir fitato-fósforo⁽²⁰⁾. Portanto, tem-se a necessidade de realizar o uso de fitase exógena na dietas, está prática tem sido eficiente em hidrolisar o fitato e disponibilizar fósforo, cálcio e outros minerais, além de melhorar a eficiência de utilização de proteínas, aminoácidos e energia das dietas, influenciando diretamente sobre o desempenho das aves⁽²¹⁾.

As fitases (mioinositol (1,2,3,4,5,6) hexaquisfosfato fosfohidrolase) são fosfatases que possuem a capacidade de liberar, pelo menos um grupo fosfato por meio da hidrólise do fitato, diminuindo a concentração de inositol fosfato e potenciais minerais quelatados⁽²²⁾. Liberando fósforo e cálcio, bem como, minerais e aminoácidos que não seriam disponibilizados para absorção, com isso melhorar a disponibilidade destes nutrientes e promove maior aproveitamento da energia, melhorar a atividade das enzimas endógenas⁽²³⁾.

Existem duas classes primárias de fitases de acordo com a posição do grupo fosfato no anel do mioinositol, a primeira é a 3-fitase que hidrolisa o grupo fosfato da posição 3. A segunda é a 6 fitase, que atua primeiro na posição do carbono 6⁽²⁴⁾. As fitases podem ser obtidas através de processos biotecnológicos, tendo como fontes as fitases de origem animal e vegetal. No entanto, as fitases de origem microbiana representam a forma mais promissora de produção destas enzimas, as quais têm sido utilizadas de forma rotineira nas rações de animais monogástricos⁽²⁵⁾.

Contudo, apesar da capacidade de produzir esta enzima tendo como fonte as bactérias e leveduras, são os fungos os mais utilizados para a produção de fitase, esta preferência a estes microrganismos e devido às suas fitases apresentarem maior estabilidade térmica, maior estabilidade em faixas mais amplas de pH, elevada

especificidade catalítica e maior resistência à proteólise, quando comparadas com as fitases de plantas⁽²⁰⁾.

Diversos fatores podem influenciar a eficiência da fitase, incluindo fatores relacionados à dieta, fatores relacionados a animais, como os seguintes: A composição da dieta, devido à variação na composição, nível e localização do fitato, bem como à contribuição da fitase intrínseca em algumas oleaginosas e cereais, a taxa de hidrólise do fitato pela fitase microbiana pode diferir em grande parte desses ingredientes vegetais⁽²⁶⁾.

Outro fator que pode influenciar e o conteúdo mineral da dieta, devido a capacidade da fitase de melhorar a disponibilidade de nutrientes alimentares nas aves depende do conteúdo mineral das dietas, especificamente Ca e P, que podem influenciar a eficácia da fitase em hidrolisar o fitato no trato digestivo⁽²⁷⁾. Condições endógenas como faixa de pH do trato gastrointestinal e outras enzimas, podem influenciar na eficiência da fitases comerciais, pois difere em uma faixa de pH de 2,5 a 4,5 (in vivo). As fitase produzidas por *E. coli* são mais ativas na faixa de pH 2,5-4,5 do que as fitases de fungos. Além disso, a curva de atividade da fitase em diferentes valores de pH também pode diferir para várias fitases de *E. coli*, devido à expressão bacteriana e à tecnologia de produção⁽²⁸⁾.

As fitases produzidas por *Aspergillus niger* e *Saccharomyces cerevisiae* exibem maiores atividades absolutas in vitro em valores de pH em cerca de 5,0 a uma temperatura 41°C, que correspondem às condições fisiológicas ideais para a criação de frangos de corte, o que teoricamente permitiria uma maior taxa de hidrólise do fitato contido nos alimentos para animais⁽¹⁶⁾.

A eficiência da enzima fitase pode ser influenciada pelas diferentes espécies de aves, onde o principal local de atividade da fitase microbiana suplementar está primeiro na cultura e depois na parte superior do trato digestivo⁽²⁶⁾. O local primário do trato digestivo das aves responsável pela degradação do fitato é a moela sendo está degradação e realizada por fitases bacterianas. A liberação de P realizado pela fitase em frangos de corte é claramente menor do que nas galinhas poedeiras⁽²⁹⁾.

A utilização de fitase na alimentação tanto de aves de corte ou postura pode afetar o desempenho, a retenção e a disponibilidade de nutrientes, reduzindo a variabilidade de energia dos alimentos, neutralizando os efeitos antinutricionais do fitato e aumentando assim a precisão da formulação da ração⁽³⁰⁾.

FITASE NA ALIMENTAÇÃO DE FRANGOS DE CORTE

O desenvolvimento do sistema esquelético de frangos de corte atuais não acompanhou rápido ganho de peso destas aves, como resultado dessa incompatibilidade, os ossos, articulações e tendões são submetidos a sobrecarga devido ao acelerado ganho de peso, predispondo as aves a sofrer de deformidades e fragilidade óssea.

Portanto, os níveis nutricionais dos nutrientes, especialmente dos minerais cálcio e fósforo nas rações de frangos de corte devem ser um ponto, a ser observado na hora da formulação da dieta destas aves. Segundo Radović et al.⁽⁸⁾ e Kriseldi et al.⁽³¹⁾ o fósforo (P) é o terceiro componente mais caro da alimentação de aves e o macromineral essencial

necessário para mediar as principais vias metabólicas do corpo e desempenha inúmeras funções como desenvolvimento ósseo, mineralização esquelética, regulação de enzimas-chave no metabolismo, vários processos genômicos e fisiológicos.

Devido à importância deste mineral para a criação de frangos de corte a utilização de fitase se tornou-se uma prática comum na produção industrial de frangos de corte. Lalpanmawia et al.⁽³²⁾ a adição de fitase às dietas de frangos de corte aumentou a cinza da tíbia em uma proporção proporcional à liberação de P, inferindo que o nível de cinza da tíbia era um indicador muito sensível do status P no organismo destas aves que possuem rápido crescimento.

Em pesquisa realizada recentemente Ribeiro et al.⁽³³⁾ verificou que a remoção do fosfato nas fases de crescimento e final tem impactos negativos sobre o desempenho e na conformação óssea, sendo assim esta prática não parece ser benéfica como forma de reduzir o uso de fósforo inorgânico. Contudo Parra-Martín et al.⁽³⁴⁾ relatam que é possível diminuir a exigência de fosforo disponível em frangos de corte quando a dieta contenha 10 % a menos da exigência de fosforo disponível atendendo às necessidades de mineralização óssea do animal, quando se faz a utilização fitase ao nível de 500 FTU/kg de ração como estratégia para diminuir a quantidade de fosforo inorgânico adicionado às dietas.

A dieta com níveis reduzidos de aminoácidos e energia e adição de fitase reduziu o pH da moela e do proventrículo. A redução de Ca e P na dieta aumentou os pesos relativos do fígado e do coração, bem como os níveis sanguíneos de albumina. Os ossos de frangos de corte alimentados com dietas suplementadas com fitase apresentaram maior teor de cinzas. Os resultados do presente estudo sugerem que as necessidades nutricionais de frangos de corte precisam ser reavaliadas quando a dieta é suplementada com fitase⁽³⁰⁾.

FITASE NA ALIMENTAÇÃO DE POEDEIRAS

De acordo com a prática atual, as dietas de poedeiras comerciais são formuladas com base nas recomendações de tabelas de exigências nutricionais de cada linhagem, portanto, reduzir a densidade de nutrientes como o fosforo presentes na ração e utilizar a suplementação com fitase reduz o custo total da dieta, o que deve contribuir para a lucratividade da produção de ovos⁽³⁵⁾.

Para as galinhas poedeiras, os minerais cálcio (Ca) e fósforo (P) são essenciais e sua disponibilidade é mais crucial durante todo o período de postura⁽³⁶⁾. O cálcio constitui aproximadamente 1,5% do peso corporal das galinhas e 40% do peso da casca dos ovos⁽³⁷⁾. É armazenado principalmente na forma de fosfato de cálcio no esqueleto das aves⁽³⁸⁾ e na forma de carbonato de cálcio em casca de ovo^(37;39).

Por outro lado, o fosforo quando em excesso, é prejudicial à qualidade da casca do ovo⁽⁴⁰⁾ porque forma de fosfato de cálcio e insolúvel no intestino, o que torna o Ca inutilizável⁽³⁶⁾. O fósforo é necessário em pequenas quantidades para a formação de casca de ovo⁽⁴¹⁾, possuindo grande importância e influencia o processo de formação de ovos⁽⁴²⁾, porque os metabolismos de Ca e P estão inter-relacionados⁽⁴³⁾.

Durante a formação da casca de ovo, o P também é usado na diminuição da acidose sanguínea, eliminando o excesso de íons hidrogênio por meio da excreção e, portanto, contribuindo para a manutenção dos níveis de bicarbonato⁽⁴⁴⁾.

Portanto, a utilização de fitase na alimentação de poedeira visa encontrar efeito benéfico da suplementação de fitase na disponibilidade de energia, aminoácidos consumo de ração, produção de ovos, peso de ovos, qualidade de casca de ovo e principalmente na utilização de fósforo e dos outros minerais que compõem as dietas destas aves⁽⁴⁵⁾.

Segundo Vargas-Rodriguez et al.⁽⁴⁶⁾ e Englmaierová et al.⁽⁴⁷⁾ os níveis comuns de fitase utilizados nas dietas para galinhas poedeiras variam de 300 a 350 FTU, o que melhora a digestibilidade do P e reduzem significativamente a excreção de mineral.

A adição de Ca aumenta a digestibilidade e reduz a excreção de cálcio e N^(46,48). Esses autores apontaram o papel da fitase na melhoria do tempo de retenção relativo de Ca, e consequência da liberação de Ca dos complexos de fitato. Segundo Kubiś et al.⁽⁴⁹⁾ pode-se especular que a idade da poedeira influencia diretamente na absorção tanto de fosforo e cálcio devido à maior capacidade do trato digestivo.

A utilização de fitase ao nível de 300 FTU/kg auxilia na digestibilidade pré-cecal de fósforo e cálcio em poedeiras no pico de produção, quando alimentadas com níveis sub ótimos de fósforo⁽⁵⁰⁾. Nusairat et al.⁽⁵¹⁾ verificaram que a utilização deste mesmo nível de fitase na alimentação de galinhas reprodutoras e suficientes para realizar a liberação de cálcio e fosforo e energia metabolizável, o que influenciou no aumento da produção de ovos sem afetar a fertilidade dos mesmos, assim como no peso dos ovos.

Utilizando o nível de 350 FTU/kg de fitase Englmaierová et al.⁽⁴⁷⁾ verificaram que a enzima obteve efeito benéfico sobre a qualidade da casca dos ovos quando as galinhas foram alimentadas com uma dieta com 1,8 g/kg de fosfato, assim como houve melhoria na digestibilidade dos minerais e causando alteração na microflora do trato digestivo, estes resultados foram comparáveis à qualidade da casca dos ovos de galinhas que receberam dieta com apenas 2,1 g/kg de fosfato.

Segundo Dersjant-Li et al.⁽³⁵⁾ a utilizando do nível de 600 FTU/kg de fitase na alimentação de poedeiras utilizando a matriz completa da enzima resultou em melhor custo-benefício.

Usando este mesmo nível de fitase em uma dieta de milho e farelo de soja, contendo 0,12% ou 0,46% fosforo disponível, Kamberi et al.⁽⁵²⁾ concluíram que a suplementação de fitase foi benéfica para o desempenho de galinhas no primeiro ciclo de postura em termos de conteúdo e excreção de Ca, Mg, Zn e Cu. O efeito foi mais pronunciado quanto ao conteúdo e excreção de Cu, principalmente quando a fitase foi adicionada à dieta com 0,12% fósforo disponível, com redução observada para todos os minerais, auxiliando de maneira benéfica o meio ambiente.

SUPERDOSAGEM DE FITASE

A superdosagem de fitase é um conceito recente em nutrição, baseado no uso de altas doses da enzima com efeito como promotor de crescimento⁽⁵³⁾. Pois a liberação suplementar de fósforo e a destruição rápida e completa do ácido fítico e a síntese de

mioinositol são mecanismos propostos para os resultados positivos encontrados no crescimento e desenvolvimento de frangos de corte⁽⁵⁴⁾.

A inclusão de doses elevadas de fitase na alimentação de frangos de corte melhora a produção de carne, reduz a conversão alimentar e melhora o ganho de peso corporal devido à restauração do equilíbrio entre minerais, redução das perdas endógenas causadas pelo fitato e fornecimento de inositol⁽⁵⁵⁾.

No entanto, benefícios adicionais foram demonstrados com a fitase em níveis mais altos, resultando no termo “superdosagem”. A superdosagem da fitase é realizada na alimentação de aves em níveis de 1.000 FTU/kg a 1.500 FTU/kg ou em níveis ainda mais elevados, na tentativa de obter efeitos extra fosfóricos, o que atraiu muita atenção⁽¹²⁾. Pois é possível que uma grande parte do benefício da superdosagem da fitase seja obtida através da produção de mioinositol (MYO), que é posteriormente absorvido e utilizado em várias funções biológicas do animal⁽⁵⁶⁾.

Segundo Babatunde et al.⁽⁵⁷⁾ o maior impacto da superdosagem de fitase na alimentação de frangos de corte pode ser observada entre o segundo e o decimo quarto dia de vida, pois nesta idade a ave tem uma maior eficácia na utilização de minerais. Assim, a alimentação destas aves nesta idade pode ser um valioso modo de testar a eficácia da fitase, pois a curta duração da alimentação evita os efeitos confusos da homeostase e do metabolismo do frango de corte, especialmente durante a rápida fase de crescimento e desenvolvimento destas aves.

Em estudo realizado por Teixeira et al.⁽⁵⁸⁾ foi concluído que o uso de dietas suplementadas com 1.500 FTU/kg de fitase permite reduzir o nível de fósforo disponível até 0,30% sem prejudicar o desempenho de frangos de corte de 22 a 42 dias de idade.

No entanto, níveis ainda mais altos têm sido utilizados na alimentação tanto de frangos de corte como também na alimentação de poedeiras, apresentando resultados diversificados, que podem ser atribuídos tanto a origem da fitase quanto a empresas fabricantes.

A utilização da superdose de fitase não apresenta nenhum efeito negativo sobre o desempenho de crescimento, utilização de nutrientes, mineralização óssea e índices plasmáticos de frangos de corte alimentados com dietas contendo o nível de 2.000 FTU/kg⁽⁵⁷⁾. Resultados semelhantes foram observados por Taheri & Taherkhani,⁽⁵⁹⁾ e Adeola,⁽⁶⁰⁾ que verificaram que aves alimentadas com dieta suplementada com fitase a 2.000 FTU/kg tiveram respostas maiores ou semelhantes às aves alimentadas com dietas controle.

Utilizando níveis ainda mais altos Ribeiro et al.⁽³³⁾, concluíram que a adição do nível de 4.000 FTU/kg na alimentação de frangos de corte aos 21 dias superou os efeitos causados às aves pela remoção total de fosfato monocálcico. Fornecendo melhorias nos índices de ganho de peso, conversão alimentar e qualidade óssea semelhantes aos de animais alimentados com níveis minerais ideais⁽³³⁾. Carvalho Filho et al.⁽⁶¹⁾ concluíram que a suplementação de fitase ao nível de até 4.000 FTU/kg, em dietas com 80% dos níveis recomendados de fósforo disponível para frangos de corte de um a 41 dias aumenta o rendimento de peito.

Nível ainda mais alto foi utilizado por Meneghetti et al.⁽⁷⁾, estes autores concluíram

que concluíram que a suplementação de fitase na alimentação de frangos de corte ao nível de 4.500 FTU/kg de ração, pode ser utilizada entre 1 e 35 dias de idade, sem causar prejuízos sobre o desempenho, a digestibilidade dos nutrientes e o aproveitamento da energia, para frangos de corte, sendo possível aumentar a retenção do cálcio e fósforo devido aos altos níveis de fitase utilizados na ração.

Assim como na alimentação de frangos de corte a superdosagem de fitase tem sido utilizada na alimentação de poedeiras, contudo, os resultados encontrados em diversos estudos nesta espécie e mais variável do que em aves de corte. Esta variação dos resultados pode ser explicada devido aos teores de cálcio em geral quatro vezes maior do que os teores utilizados na alimentação de frangos de corte.

Skřivan et al.⁽⁶²⁾ concluíram que em dietas com concentrações de 35 g/kg de cálcio, uma superdose alimentar de fitase de 1500 FTU/kg é um fator que pode reduzir o desempenho de galinhas poedeiras.

Utilizando o nível de superdosagem de 20.000 FTU/kg de fitase nas dietas de poedeiras Kim et al.⁽⁶³⁾ observou a presença de efeito positivo na taxa de produção de ovos, porém, não houve efeito benéfico na qualidade dos ovos em galinhas poedeiras.

De acordo com Taylor et al.⁽⁴⁸⁾ a fitase melhora a produção de ovos a digestibilidade do P em níveis de superdosagem, aumentou a degradação do fitato em galinhas poedeiras alimentadas com dietas à base de trigo/cevada. O uso de enzimas exógenas como a fitase nas dietas para aves de corte e postura auxilia na utilização de alimentos alternativos que auxiliam na redução dos custos de produção.

CONCLUSÕES

A adição de fitase na alimentação de aves de corte e postura permite a disponibilização de uma grande quantidade de nutrientes presentes nas rações e que estão complexados juntamente ao fitato, o que permite a redução da adição desses nutrientes nas dietas, reduzindo assim os custos de produção e a poluição ambiental, devido a menor excreção de nutrientes na cama. A superdosagem de fitase apresenta resultados diversos quando utilizados na alimentação de frangos de corte ou de poedeiras, devido as diferenças de seu metabolismo.

REFERÊNCIAS

1. Ribeiro JS, Fassani EJ, Makiyama L, Clemente AHS. Suplementação de enzimas amilase, fitase e protease para codornas japonesas em postura. *B. Indústr. Anim.* 2015; 72(3):163-169. <https://doi.org/10.17523/bia.v72n2p163>
2. Miranda LMB, Goulart CC, Leite SCB, Batista ASM, Lima RC. Farelo de algodão em dietas com ou sem suplementação de enzimas para frango de corte. *Rev. Ciênc. Agron.* 2017; 48(4):690-699. <https://doi.org/10.5935/1806-6690.20170080>

3. Abreu MT, Fassani EJ, Silveira MMBM, Viveiros MP. Complexo enzimático à base de xilanase, β -glucanase e fitase em rações para poedeiras comerciais leves em pico de produção. *B. Indústr. Anim.* 2018;75:17-24. <https://doi.org/10.17523/bia.v75n1p17>
4. El-Hack MEA, Alagawany M, Arif M, Emam M, Saeed M, Arain MA, Siyal FA, Patra A, Elnesr SS, Khan RU. The uses of microbial phytase as a feed additive in poultry nutrition. *Ann. Anim. Sci.* 2018; 18(3):639-658. <https://doi.10.2478/aoas-2018-0009>
5. Nuningtyas YF, Huda AN, Marjuki, Ulfah S. Effect of phytase and citric acid supplementation in the feed quality of laying hen. *Asian J. Agric.* 2022; 6(2):55-60. <https://doi.org/10.13057/asianjagric/g060201>
6. Magnago JGP, Haese D, Kill JL, Sobreiro RP, et al. Níveis de fitase sobre o desempenho, parâmetros ósseos e bioquímicos de suínos alimentados com ração de origem vegetal sem inclusão de fosfato bicálcico. *Ciência Rural.* 2015; 1:1234-1240. <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20140853>
7. Meneghetti, C, Bertechini AG, Rodrigues PB, Fassani EJ, Brito JAG, Reis MP, Garcia Jr AAP. Altos níveis de fitase em rações para frangos de corte. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.* 2011; 63(3):624-632. <https://doi.org/10.1590/S0102-09352011000300014>
8. Radović V, Bogosavljević-Bošković S, Dosković V. Phytase in diet for fattening chickens, influence on bone's quality. *Biotechnol. Anim. Husb.* 2007; 23:303-309. <https://doi.org/10.2298/BAH0702303R>
9. Rama Rao SV, Raju MVLN, Panda AK, Murthi OK. Effect of supplementing microbial phytase in diets containing graded concentrations of calcium on performance, shell quality and bone mineral parameters in WL layers. *Anim. Feed Sci. Tech.* 2014; 193:102-110. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2014.04.010>
10. Wu D, Wu SB, Choct M, Swick R. A. Comparison of 3 phytases on energy utilization of a nutritionally marginal wheat soybean meal broiler diet. *Poult. Sci.* 2015; 94:2670-2676. <https://doi.org/10.3382/ps/pev222>
11. Walters HG, Coelho M, Coufal CD, Lee JT. Effects of increasing phytase inclusion levels on broiler performance, nutrient digestibility, and bone mineralization in low-phosphorus diets. *J. Appl. Poult. Res.* 2019; 28(4):1210-1225. <https://doi.org/10.3382/japr/pfz087>
12. Walk CL, Bedford MR, Santos TT, Paiva D, Bradley JR, Wlodecki H, Honaker C, McElroy AP. Extra-phosphoric effects of superdoses of a novel microbial phytase. *Poult. Sci.* 2013; 92:719-725. <https://doi.org/10.3382/ps.2012-02727>

13. Fernandes JIM, Horn D, Ronconi EJ, Buzim R, Lima FK, Pazdiora DA. Effects of phytase superdosing on digestibility and bone integrity of broilers. *J. Appl. Poult. Res.* 2019; 28:390-398. <https://doi.org/10.3382/japr/pfz001>
14. Tamim NM, Angel R, Christman M. Influence of dietary calcium and phytase on phytate phosphorus hydrolysis in broiler chickens. *Poult. Sci.* 2004; 83(8):1358-1367. <https://doi.org/10.1093/ps/83.8.1358>
15. Abdulwaliyu I, Arekemase SO, Adudu JÁ, et al. Investigation of the medicinal significance of phytic acid as an indispensable anti-nutrient in diseases. *Clin. Nutr. Exp.* 2019; 28:42-61. <https://doi.org/10.1016/j.yclnex.2019.10.002>
16. Naves LP, Corrêa AD, Berterchini AG, Gomide EM, Santos CD. Effect of pH and temperature on the activity of phytase products used in broiler nutrition. *Rev. Bras. Cienc. Avic.* 2012; 14(3):159-232. <https://doi.org/10.1590/S1516-635X2012000300004>
17. Faria OLV, Koetz PR, Santos MS, Nunes WA. Remoção de fósforo de efluentes da parboilização de arroz por absorção biológica estimulada em reator em batelada sequencial (RBS). *Ciênc. Tecnol. Aliment.* 2006;26:309-317. <https://doi.org/10.1590/S0101-20612006000200013>
18. Catalan, AAS, Krabbe EL, Avila, VS, Lopes, LS, Nunes, AP; Morés, MAZ, Roll, VFB, Xavier, EG. Phytate-phosphorus and phytase contents on the relative weight of organs, intestinal morphometry and performance of broilers. *Cienc. Rural.* 2016; 46(10):1858-1864. <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20150892>
19. Gouveia ABVS, Mesquita SA, Paulo LM, et al. Perfil físico do fêmur de frangos de corte alimentados com níveis crescentes de quirera de soja. *Rev. Agr. Acad.* 2019; 2:217-225. <https://doi.org/10.32406/v2n42019/217-225/agrariacad>
20. Kim T, Mullaney EJ, Porres JM, Roneker KR, Crowe S, Rice S, Ko T, Ullah AHJ, Daly CB, Welch R, Lei XG. Shifting the pH profile of *Aspergillus niger* PhyA phytase to match the stomach pH enhances its effectiveness as an animal feed additive. *Appl. Environ. Microbiol.* 2006; 72:4397-4403. <https://doi.org/10.1128/AEM.02612-05>
21. Nascimento RA, Pelissari PH, Moraes URT, et al. Nutritional cost reduction and increase profitability in commercial broiler production using phytase superdosing. *R. Bras. Zootec.* 2021; 50:e20200031. <https://doi.org/10.37496/rbz5020200031>
22. Boyce A, Walsh G. Comparison of selected physicochemical characteristics of commercial phytases relevant to their application in phosphate pollution abatement. *J. Environ. Sci. Heal. A.* 2006; 41:789-798. <https://doi.org/10.1080/10934520600614397>

23. Bernardes RD, Oliveira CH, Calderano AA, et al. Effect of phytase and protease combination on performance, metabolizable energy, and amino acid digestibility of broilers fed nutrient-restricted diets. *R. Bras. Zootec.* 2022; 51:e20210211. <https://doi.org/10.37496/rbz5120210211>
24. Shanmugam G. Characteristics of phytase enzyme and its role in animal nutrition. *Int. J. Curr. Microbiol. App. Sci.* 2018; 7(3):1006-1013. <https://doi.org/10.20546/ijcmas.2018.703.120>
25. Cunha MC, Monteiro PS, Mendes FQ. Caracterização bioquímica de fitases produzidas por fungos isolados na região do Alto Paranaíba em Minas Gerais. *Rev. Acad. Ciênc. Anim.* 2015; 13:59-67.
26. Akter MM, Graham H, Iji PA. Influence of different levels of calcium, nonphytate phosphorus and phytase on apparent metabolizable energy, nutrient utilization, plasma mineral concentration and digestive enzyme activities of broiler chickens. *J. Appl. Anim. Res.* 2018; 46(1):278-286. <https://doi.org/10.1080/09712119.2017.1295972>
27. Sandberg AS, Larsen T, Sandstrom B. High dietary Ca levels decrease colonic phytate degradation in pig. *J. Nutr.* 1993; 123:559-566. <https://doi.org/10.1093/jn/123.3.559>
28. Morales GA, Moyano FJ, Marquez L. In vitro assessment of the effects of phytate and phytase on nitrogen and phosphorus bioaccessibility within fish digestive tract. *Anim. Feed Sci. Technol.* 2011; 170:209-221. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2011.08.011>
29. Truong HH, Moss AF, Liu SY, Selle PH. Pre-and post-pellet whole grain inclusions enhance feed conversion efficiency, energy utilization and gut integrity in broiler chickens offered wheat-based diets. *Anim. Feed Sci. Technol.* 2017; 224:115-123. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2016.12.001>
30. Sousa JPL, Albino LFT, Vaz RGMV, Rodrigues KF, Silva GF, Renno LN, Barros VRSM, Kaneko IN. The effect of dietary phytase on broiler performance and digestive, bone, and blood biochemistry characteristics. *Rev. Bras. Cienc. Avic.* 2015; 17(1):69-76. <https://doi.org/10.1590/1516-635x170169-76>
31. Kriseldi R, Johnson JA, Walk CL, Bedford MR, Dozier III WA. Influence of exogenous phytase supplementation on phytate degradation, plasma inositol, alkaline phosphatase, and glucose concentrations of broilers at 28 days of age. *Poult. Sci.* 2021; 100(1):224-234. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2020.10.004>
32. Lalpanmawia H, Elangovan AV, Sridhar M, Shet D, Ajith S, Pal DT. Efficacy of phytase on growth performance, nutrient utilization and bone mineralization in broiler

- chicken. *Anim. Feed Sci. Technol.* 2014; 192:81-89. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2014.03.004>
33. Ribeiro TP, Dal Pont GC, Dahlke F, Rocha C; Sorbara JOB, Maiorka A. Available phosphorus and calcium reduction in the finisher phase and phytase utilization on broilers. *J. Appl. Poult. Res.* 2019; 28:263-270. <https://doi.org/10.3382/japr/pfy066>
34. Parra-Martín JA, Albino LFT, Rostagno HS, Hannas MI, Zamora-Jeréz E. Redução da exigência de fósforo disponível em dietas com adição de fitase para frangos de corte machos de oito aos 21 dias de idade. *Spei Domus.* 2015; 11:9-16. <https://doi.org/10.16925/sp.v11i22.1152>
35. Dersjant-Li Y, Millán C, Casabuena O, Quiles A, Romero LF, Gracia MI. Supplementation of *Buttiauxella* sp. 6-phytase to commercial laying hen diets with reduced nutrient density on productive performance and egg quality. *J. Appl. Anim. Res.* 2018; 6:1-8. <https://doi.org/10.1017/jan.2018.4>
36. Neijat M, House JD, Guenter W, Kebreab E. Calcium and phosphorus dynamics in commercial laying hens housed in conventional or enriched cage systems. *Poult. Sci.* 2011; 90:2383-2396. <https://doi.org/10.3382/ps.2011-01401>
37. Bölükbasi SC, Çelebi S, Utlü N. The effects of calcium and vitamin d3 in diet on plasma calcium and phosphorus, eggshell calcium and phosphorus levels of laying hens in late laying production period. *International Journal of Poultry Science.* 2005; 4(8):600-603. <https://doi.org/10.3923/ijps.2005.600.603>
38. Whitehead CC, Fleming RH. Osteoporosis in cage layers. *Poult. Sci.* 2000; 79:1033-1041. <https://doi.org/10.1093/ps/79.7.1033>
39. Bar A. Calcium transport in strongly calcifying laying birds: Mechanisms and regulation. *Comp. Biochem. Physiol. Part A.* 2009; 152:447-469. <https://doi.org/10.1016/j.cbpa.2008.11.020>
40. Jadhao SB, Sinha RP. Effect of dietary calcium and phosphorus concentrations on retention of these nutrients by caged layers. *Br. Poult. Sci.* 1998; 39:544-548. <https://doi.org/10.1080/00071669888746>
41. Taylor TG. Dietary phosphorus and eggshell thickness in domestic fowl. *Br. Poult. Sci.* 1965; 6:79-87 <https://doi.org/10.1080/00071666508415556>
42. Ahmad HA, Balander RJ. Physiological response of layers to alternative feeding regimen of calcium source and phosphorus level. *Int. J. Poult. Sci.* 2004; 3:100-111. <https://doi.org/10.3923/ijps.2004.100.111>

43. Kebreab E, France J, Kwakkel RP, Leeson S, Kuhl HD, Dijkstra J. Development and evaluation of a dynamic model of calcium and phosphorus flows in layers. *Poult. Sci.* 2009; 88:680-689. <https://doi.org/10.3382/ps.2008-00157>
44. Pelicia K, Garcia EA, Faltarone ABG, Silva AP, Berto DA, A. B. Molino AB, Vercese F. Calcium and available phosphorus levels for laying hens in second production cycle. *Rev. Bras. Cienc. Avic.* 2009; 11(1):39-49. <https://doi.org/10.1590/S1516-635X2009000100007>
45. Sharifi MR, Shams Shargh M, Hassani S, Senobar H, Jenabi S. The effects of dietary nonphytate phosphorus levels and phytase on laying performance and egg quality parameters of Japanese quails (*Coturnix coturnix Japonica*). *Arch.Geflügelk.* 2012; 76:13-19.
46. Vargas-Rodriguez LM, Herrera JG, Morales EJ, Arcos-Garcia JL, Lopez-Pozos R, Ruelas G. Effect of citric acid, phytase and calcium in diets of laying hens on productive performance, digestibility and mineral excretion. *Int. J. Poult. Sci.* 2015; 14:222-228. <https://doi.org/10.3923/ijps.2015.222.228>
47. Englmaierová M, Skřivan M, Skřivanová E, Bubancová I, Čermák L, Vlčková J. Effects of a low-phosphorus diet and exogenous phytase on performance, egg quality, and bacterial colonisation and digestibility of minerals in the digestive tract of laying hens. *Czech J. Anim. Sci.* 2015; 60:542-549. <https://doi.org/10.17221/8596-CJAS>
48. Taylor AE, Bedford MR, Pace SC, Miller, HM. The effects of phytase and xylanase supplementation on performance and egg quality in laying hens. *Br. Poult. Sci.* 2018; 59:554-561. <https://doi.org/10.1080/00071668.2018.1483575>
49. Kubiś M, Lewko L, Kaczmarek SA, Nowaczewski S, Hejdysz M, Rutkowski A. The effect of enzyme and protein source on laying hen's performance, eggshell and bone traits. *Emir. J. Food Agr.* 2019; 31:353-360. <https://doi.org/10.9755/ejfa.2019.v31.i5.1953>
50. Musilova A, Lichovnikova M, Kupcikova L, Anderle V. Effect of suboptimal levels of non-phytate phosphorus and exogenous phytase on precaecal digestibility of phosphorus and calcium in laying hens. *Czech J. Anim. Sci.* 2017; 62:473-481. <https://doi.org/10.17221/16/2017-CJAS>
51. Nusairat B, Qudsieh R, Brake J. Use of phytase to enhance nutritional value of broiler breeder diets. *Int. J. Poult. Sci.* 2018; 17:211-220. <https://doi.org/10.3923/ijps.2018.211.220>

52. Kamberi MA, Muji S, Kryeziu A, Kastrati R, Mestani N. The excretion of Ca, Mg, Zn and Cu via excreta of laying hens fed low phosphorus diets and phytase. *Agron. Res.* 2018; 16:443-453. <https://doi.org/10.15159/AR.18.041>
53. Manangi MK & Coon CN. Phytate phosphorus hydrolysis in broilers in response to dietary phytase, calcium, and phosphorus concentrations. *Poult Sci.* 2008; 87:1577-1586. <https://doi.org/10.3382/ps.2007-00336>
54. Silversides FG, Scott TA, Bedford MR. The effect of phytase enzyme and level on nutrient extraction by broilers. *Poult. Sci.* 2004; 83:985-989. <https://doi.org/10.1093/ps/83.6.985>
55. Karadas F, Pirgozliev V, Pappas AC, Acamovic T, Bedford MR. Effects of different dietary phytase activities on the concentration of antioxidants in the liver of growing broilers. *J. Anim. Physiol. Anim. Nutr.* 2009; 94:519-526. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0396.2009.00938.x>
56. Lee SA, Bedford MR. Inositol e an effective growth promotor. *Worlds Poult Sci J.* 2016; 72:743-760. <https://doi.org/10.1017/S0043933916000660>
57. Babatunde OO, Cowieson AJ, Wilson JW, Adeola O. Influence of age and duration of feeding low-phosphorus diet on phytase efficacy in broiler chickens during the starter phase. *Poult. Sci.* 2019; 0:1-10. <https://doi.org/10.3382/ps/pez390>
58. Teixeira ENM, Silva JHV, Goulart CC, Jordao Filho J, Ribeiro MLG. Suplementação da fitase em rações com diferentes níveis de fósforo disponível para frangos de corte. *Rev. Ciênc. Agron.* 2013; 44 (2):390-397. <https://doi.org/10.1590/S1806-66902013000200023>
59. Taheri HR, & Taherkhani S. Effect of phytase superdoses and citric acid on growth performance, plasma phosphorus and tibia ash in broilers fed canola meal-based diets severely limited in available phosphorus. *Poult. Sci. J.* 2015; 3:27-36. <https://doi.org/10.22069/PSJ.2015.2325>
60. Adeola O. Phytase in starter and grower diets of white pekin ducks. *Poult. Sci.* 2018; 97:592-598. <https://doi.org/10.3382/ps/pex352>
61. Carvalho Filho DU, Figueirêdo AV, Lopes JB, Almendra SNO, Costa SEM, Gomes PEB, Merval RR. Dietas com fitase para frangos de corte alojados em ambientes com diferentes sistemas de climatização. *Rev. Bras. Saúde Prod. Anim.* 2015; 15 (4):80-187.

62. Skřivan M, Englmaierová M, Skřivanová V. Negative effect of phytase superdosing in laying hens. *Czech J. Anim. Sci.* 2018; 63:182-187. <https://doi.org/10.17221/113/2017-CJAS>

63. Kim JH, Pitargue FM, Jung H, Han GP, Choi HS, Kil DY. Effect of superdosing phytase on productive performance and egg quality in laying hens. *Asian-Australas. J. Anim. Sci.* 2017; 30:994-998. <https://doi.org/10.5713/ajas.17.0149>

DOI: <https://doi.org/10.53934/9786585062039-39>

CAPÍTULO 39

BIOQUÍMICA CLÍNICA DE ENZIMAS DO SANGUE, FÍGADO, PÂNCREAS E ESTRESSE OXIDATIVO DE FRANGO DE CORTE: REVISÃO DE LITERATURA

Alison Batista Vieira Silva Gouveia *¹; Lorrayne Moraes de Paulo ¹; Allan Gabriel Ferreira Dias ¹; João Marcos Monteiro Batista ¹; Júlia Marixara Sousa da Silva ¹; Fabricio Eumar de Sousa ²; Cibele Silva Minafra ²

**Autor correspondente (Corresponding author) – Email: alisonmestre28@gmail.com*

¹Departamento de Zootecnia, Escola de Veterinária e Zootecnia, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, Goiás.

²³Departamento de Agronomia, Centro Universitário de Mineiros, Mineiros, Goiás.

³Departamento de Zootecnia, Instituto Federal Goiano Campus Rio Verde, Rio Verde, Goiás.

Resumo: A criação de frangos de corte é uma atividade que cresce constantemente, devido aos avanços que estas aves sofreram em sua nutrição, genética e manejo, para continuar tendo índices zootécnicos desejáveis e reduzir o custo de produção, porém com todos estes avanços há necessidade de conhecer quais são os possíveis distúrbios que estas aves serão acometidas devido a sua grande capacidade produtiva. Esta revisão literária tem como objetivo contribuir com informações a respeito da utilização da bioquímica clínica de enzimas sanguínea, hepática e pancreática, como uma ferramenta importantíssima para avaliar o estado fisiológico de aves, incluindo aquelas expostas a diferentes efeitos ambientais relacionados à nutrição e oferta de alimento ou intoxicação e poluentes, como tem sido apontado em diversos estudos.

Palavras-chave: alanina aminotransferase; amilase; análises bioquímicas; avicultura; lipase.

Abstract: The raising of broiler chickens is a constantly growing activity, due to the advances that these birds have undergone in their nutrition, genetics and management, to continue having desirable zootechnical indexes and to reduce the cost of production, but with all these advances there is a need to know What are the possible disturbances that these birds are being affected due to their great productive capacity. This literature review aims to contribute information about the use of clinical biochemistry of blood, liver and pancreatic enzymes as a very important tool to evaluate the physiological state of birds, including those exposed to different environmental effects related to nutrition and food supply or intoxication and pollutants, as has been pointed out in several studies.

Key Word: alanine aminotransferase; amylase; biochemical analyzes; poultry farming; lipase.

INTRODUÇÃO

A avicultura de corte no Brasil vem crescendo fortemente em decorrência dos avanços tecnológicos que levaram a redução da conversão alimentar, mortalidade e idade de abate. Esses avanços estão relacionados ao melhoramento genético, sanidade, ambiência e nutrição animal⁽¹⁾.

Devido a estes avanços as aves de corte tendem a serem ainda mais produtivas, mas este aumento na produção destes animais pode acarretar distúrbios em órgãos que são de extrema importância para o metabolismo e para a saúde destes animais. Estes distúrbios podem ser mensurados através da avaliação das enzimas produzidas no próprio órgão, pois a quantificação dos teores enzimáticos são recursos bioquímicos utilizados para verificar o bom funcionamento do órgão, permitindo uma estimativa precisa da saúde e do estado nutricional das aves, além de esclarecer os efeitos dos aditivos no organismo^(2,3).

A quantificação dos parâmetros bioquímicos dos exames realizados no soro ou no plasma sanguíneo apresentam resultados que constituem excelente subsídio para o diagnóstico clínico, sendo esses exames reunidos em baterias de provas referidas como avaliadoras da função hepática e pancreática⁽⁴⁾, tendo como principal função a determinação da atividade enzimática, refletindo o que está ocorrendo em seu organismo naquele determinado período. Determinar os valores enzimáticos no sangue e nos órgãos é uma ferramenta importante para auxiliar no diagnóstico de doenças metabólicas⁽⁵⁾.

Portanto, objetivou-se com este trabalho contribuir com informações a respeito da utilização da bioquímica clínica de enzimas sanguínea, hepática, pancreática e de estresse oxidativo como uma ferramenta importante para avaliar o estado fisiológico de aves, incluindo aquelas expostas a diferentes efeitos ambientais relacionados à nutrição e oferta de alimentos alternativos ou intoxicação, como tem sido apontada em diversos estudos.

AVICULTURA E A NUTRIÇÃO ANIMAL

A avicultura é uma atividade de grande importância para a economia brasileira, pois em 2021, o Brasil se consolidou como o terceiro maior produtor de carne de frango com aproximadamente 14,324 milhões de toneladas sendo o primeiro exportador desta carne com 4,610 milhões de toneladas exportadas⁽⁶⁾.

Este grande avanço de produção é devido a grande aceitação da carne destes animais pela população, que busca uma fonte de proteína de maior qualidade e mais econômica, sendo considerada como uma carne mais saudável do que a carne vermelha, por possuir um menor teor de gordura⁽⁷⁾.

Esta colocação de destaque como um dos grandes produtores e como maior exportador deve-se também a melhorias genéticas que estes animais tiveram, bem como a melhoria em sua alimentação, investimentos em tecnologias de automatização do sistema produtivo, controle das condições sanitárias de criação, aperfeiçoamento de profissionais quanto ao manejo das aves, além do sistema de produção integrado. Com estes avanços na avicultura, os frangos de corte se tornaram animais totalmente especializados para a produção de carne^(1,8).

A seleção genética das aves destinadas à produção de carne é resultado da avaliação dos parâmetros de desempenho, como peso vivo, conversão alimentar e características de carcaça. Mas com todos os avanços genéticos que estas aves receberam para melhorar o seu desempenho, elas se tornaram ainda mais exigentes nutricionalmente, com isso a alimentação destes frangos de crescimento acelerado deve proporcionar todas as condições necessárias para que possam expressar todo o seu potencial genético⁽⁹⁾.

A nutrição animal é definida pelo conjunto de processos em que um organismo vivo digere ou assimila os nutrientes contidos nos alimentos, usando-os para seu crescimento, reposição ou reparação dos tecidos corporais e para elaboração de produtos^(10,11).

Para que a avicultura continue crescendo, buscas por tecnologias para melhorar a nutrição das aves vem sendo realizadas através de pesquisas, estudam diversos fatores que podem influenciar no desempenho dos frangos, pois sua dieta deverá proporcionar a melhor alternativa para que tenha nenhuma influência positiva sobre o seu crescimento, formação óssea e sua capacidade de resposta imunológica⁽¹²⁾. Uma dessas tecnologias é a bioquímica clínica que tem como principal objetivo a determinação de parâmetro bioquímico e sua utilização no diagnóstico, tratamento, monitorização ou prevenção de doenças⁽¹³⁾.

BIOQUÍMICA CLÍNICA

O estudo da bioquímica clínica e da hematologia torna-se uma ferramenta fundamental na avicultura, uma vez que, clinicamente, a determinação do estado de saúde animal é baseada no exame físico, valores hematológicos e bioquímicos. Dentre os indicadores bioquímicos, as dosagens das enzimas no sangue, no pâncreas “Amilase e Lipase”, e no fígado “Alanina aminotransferase (ALT), Aspartato aminotransferase (AST), Gama glutamiltransferase (GGT), podem ser utilizadas para a realização do diagnóstico clínico⁽¹⁴⁾.

A utilização de enzimas endógenas possui grande importância para o diagnóstico clínico de várias doenças. Pois a quantificação da atividade destas enzimas pode ser realizada no plasma sanguíneo, eritrócitos ou até mesmo em tecidos como fígado, pâncreas e rins, estas enzimas podem ser medidas, pois são sintetizadas intracelularmente⁽¹⁵⁾.

Podendo ser destacado três casos, as enzimas plasma-específicas, que estarão ativas no plasma sanguíneo e são utilizadas pelo organismo para a realização da coagulação sanguínea e fibrinólise. As enzimas secretadas são aquelas que serão liberadas na sua forma inativa, e atuaram extracelularmente quando ativa, sendo exemplos mais encontrados as proteases ou hidrolases produzidas no sistema digestório, ou lipase e amilase produzida no pâncreas⁽¹⁶⁾.

As enzimas celulares são aquelas encontradas em baixas concentrações no sangue, porém a elevação destes níveis pode ser provocada por lesões em alguns tecidos, com este aumento nos níveis enzimáticos no sangue é possível inferir a localização e a natureza da lesão provocada em um determinado órgão, como fígado, pâncreas e miocárdio⁽¹⁷⁾.

Estas enzimas são teciduais e quando liberadas no plasma sanguíneo podem ter variação de horas ou até mesmo semanas, principalmente quando são utilizadas para a realização de diagnóstico clínico de alguma enfermidade⁽¹⁸⁾.

Porém em condições normais não há alteração na atividade enzimática, o que mostra o equilíbrio que estas enzimas possuem mesmo depois de liberadas na corrente sanguínea, mas quando há alteração nas condições normais de saúde do animal, há modificações nos níveis de enzimas que serão liberados, elevando a atividade enzimática, podendo ser um indicativo de uma possível lesão em um determinado órgão, o qual poderá interferir nas condições normais do animal⁽¹⁹⁾. As análises bioquímicas realizadas no soro ou no plasma sanguíneo de aves podem ser utilizadas juntamente com os resultados dos exames realizados no fígado e no pâncreas como uma forma de prevenir ou diagnosticar possíveis doenças⁽⁴⁾.

ANÁLISES BIOQUÍMICAS SÉRICAS

O sangue é composto principalmente por água, eletrólitos como maior destaque para o cálcio dissociado (Ca^{2+}) e o fosfato (PO_4^{2-}), proteínas, glicose, enzimas e hormônios. O sangue exerce diversas funções no organismo dos animais, como o transporte de nutrientes que foram absorvidos para os tecidos, transporta o material excretado das células até os órgãos, oxigenação dos tecidos e transporte do dióxido de carbono dos tecidos para os pulmões, auxilia na regulação da temperatura corporal e regula a concentração de água e de íons, além de defender o corpo contra microrganismos indesejados⁽²⁰⁾.

Os constituintes do sangue têm relação direta com a dieta em que estes animais são submetidos e influenciarão na composição do plasma e como consequência pode interferir diretamente no desempenho das aves⁽²¹⁾.

A realização de análises bioquímicas séricas tem como principal intuito o monitoramento das condições de saúde em que estas aves se encontram, pois, as avaliações dos constituintes bioquímicos podem ser uma forma de verificar diversos

fatores, como a qualidade das dietas, estresse por clima ou por manejo. Podem variar também com a idade, sexo e com o tipo de linhagem utilizada⁽²²⁾.

De uma maneira geral a bioquímica sérica, para aves, sugere-se a determinação de parâmetros de função renal como o ácido úrico; de indicadores do metabolismo proteico como as proteínas totais, ureia e albumina; indicadores do metabolismo energético como o colesterol e a glicose plasmática; indicador de glicemia e de estresse, como a frutossamina; minerais como cálcio e fósforo; e indicadores de lesão hepática como a AST e GGT e de lesão muscular⁽²³⁾.

ANÁLISES BIOQUÍMICAS HEPÁTICAS

O fígado é um órgão que possui grande importância para o perfeito funcionamento do metabolismo, pois sua fisiologia é de extrema importância para a compreensão de distúrbios que possam acometer este órgão⁽²⁴⁾.

Este órgão é responsável pela liberação da bile, a qual tem como funções a regulação do metabolismo de carboidratos, proteínas e lipídios, no armazenamento de substâncias e na degradação e excreção de hormônios, assim como a transformação e excreção de drogas, a homeostasia e o auxílio à resposta imune, além de funções vasculares, de armazenamento e filtração do sangue⁽²⁵⁾.

No fígado podem ocorrer várias alterações, que são indicativos de distúrbios circulatórios, tóxicos, infecciosos e neoplásicos. A etiologia de várias lesões hepáticas não é específicas, portanto, conhecer tais distúrbios pode ser uma alternativa para realizar a prevenção de enfermidades sistêmicas⁽²⁶⁾. A fisiologia do fígado está relacionada às enzimas transaminases produzida no próprio órgão, estas enzimas são sintetizadas intracelularmente, e estão diretamente associadas ao metabolismo aminoácido⁽²⁷⁾.

Em aves a verificação das funções hepáticas pode ser realizada quantificando as enzimas presentes no fígado, pois estas enzimas podem ser utilizadas para verificar se há possíveis lesões hepatocelulares. As enzimas quantificadas no fígado são: AST - aspartato aminotransferase, ALT - alanina aminotransferase, GLDH - glutamato desidrogenase, LD - lactato desidrogenase e o SD - sorbitol desidrogenase. O aumento na produção destas enzimas fígado e consequente à colestase ou indução por drogas: GGT - gama glutamiltransferease, AP - fosfatase alcalina⁽²⁸⁾. Ainda podem ser realizadas a mensuração de metabólitos como o colesterol, ácidos biliares e bilirrubinas, assim como a glicose e as proteínas⁽²⁹⁾.

As transaminases (AST) ou aminotransferase (ALT) são enzimas que catalisam a transferência de um grupo de um aminoácido para um cetoácido⁽³⁰⁾. Para a detecção de possíveis distúrbios hepatocelulares a enzima AST deve ser realizada juntamente com a ALT, pois sozinha ela é inespecífica, mas juntas estas enzimas são quantificadas no fígado

de frangos de corte, com o intuito de realização a detecção de possíveis lesões hepáticas⁽³¹⁾.

Na avicultura ainda são escassos os estudos sobre a sensibilidade e a especificidade das enzimas de função hepática, portanto a determinação destes valores bioquímicos de referência pode auxiliar na avaliação do estado fisiológico das aves e ao mesmo tempo detectar possíveis distúrbios que possam acometer as aves durante seu período de criação⁽³²⁾.

ANÁLISES BIOQUÍMICAS PANCREÁTICAS

O pâncreas das aves é uma glândula de extrema importância para o processo digestivo e metabólico das aves, se encontra inserido nas alças duodenais e pode ser dividido em lóbulos dorsal, ventral e esplênico. O pâncreas possui dupla função, endócrina e exócrina, sendo que a função endócrina é responsável pela produção de insulina, glucagon e somatostatina que são secretados pelas células das ilhotas localizadas nesta região do pâncreas. A função exócrina é formada por glândulas túbulo acinares e ductos intralobulares que são responsáveis pela produção do suco pancreático o qual é composto por água, sais, mucinas e enzimas de ação digestiva⁽³³⁾.

Algumas enzimas agem sobre os carboidratos, como a amílase; outras sobre as gorduras, como a lipase; e outras ainda sobre as proteínas, como a tripsina e algumas enzimas proteolíticas, que ficam armazenadas na forma de precursores dentro de grânulos cosinifílicos (grânulos de zimogênios), que estão localizados nas células glandulares e só serão liberadas através de estímulos enviados ao sistema nervoso autônomo, estímulo provocado pela presença de carboidratos, lipídios ou proteínas que chegam ao duodeno⁽³⁴⁾.

A produção de enzimas no pâncreas tende a aumentar de acordo com o avanço da idade da ave, pois a secreção das enzimas pancreáticas (amílase, lipase e tripsina), é baixa nos primeiros dias de vida, tendo aumento significativo na sua secreção até os 21 dias de vida⁽³⁵⁾. O crescimento do pâncreas está diretamente ligado ao aumento das enzimas digestivas, sendo que a concentração de lipase pancreática foi influenciada de acordo com a dieta em que as aves foram submetidas, portanto, a digestibilidade de gordura varia de acordo com a atividade da lipase e com a idade das aves⁽³⁶⁾.

Falhas na alimentação das aves decorridas de jejum prolongado ou até mesmo uma deficiência de vitaminas na ração, podem ocasionar a redução de células acinares, degeneração de algumas células do pâncreas⁽³⁷⁾. Determinados alimentos podem interferir na saúde do pâncreas, as leguminosas quando são fornecidas cruas podem possuir inibidores de proteases, estes inibidores podem acarretar o pâncreas, o aumento da secreção enzimática, hipertrofia e hiperplasia, estas alterações são atribuídas à presença de inibidores de tripsina na alimentação à base de leguminosas cruas⁽³⁸⁾.

ENZIMAS UTILIZADAS NO DIAGNÓSTICO CLÍNICO

ASPARTATO AMINOTRANSFERASE (AST)

A AST pode ser encontrada no miocárdio, fígado, músculo esquelético, com pequenas quantidades nos rins, pâncreas, baço, cérebro, pulmões e eritrócitos. É uma enzima citoplasmática e mitocondrial presente nestes tecidos, com maior destaque para fígado, sendo, portanto, bastante usada no diagnóstico de lesões que acometem estes órgãos⁽³⁹⁾.

Domingues et al.⁽¹³⁾, verificaram que os níveis de AST pode ser diminuído com a utilização de sementes de *Piper cubeba* como aditivo fitogênico em dietas de baixa digestibilidade, comprovando assim a saúde hepática destes frangos. Já Gonçalves et al.⁽⁴⁰⁾, concluíram que a inclusão de 33-45mg kg⁻¹ de bacitracina de zinco + 51-67mg kg⁻¹ de salinomicina associado ao farelo de pimenta rosa na dieta de frangos de corte resultou em elevação de AST e redução de ALT aos 21 dias de idade.

A redução da ALT e a elevação da AST podem ser um indicativo de uma possível lesão no fígado, pois em lesões graves, os valores de ALT podem declinar mais rapidamente por terem sido primeiramente lançados na corrente sanguínea, permanecendo, portanto, os valores de AST por mais tempo elevados, o que acaba elevando esta relação AST/ALT⁽⁴¹⁾.

ALANINA AMINOTRANSFERASE (ALT)

Alanina aminotransferase também conhecida como transaminase glutâmica pirúvica (TGP, GPT ou ALT) está presente em tecidos com metabolismo ativo de aminoácidos e pode ser encontrada no fígado, rins e músculos esquelético e cardíaco⁽⁴²⁾.

A atividade desta enzima possui valor limitado para a determinação de distúrbios hepatocelulares em aves, pois a ALT pode ser encontrada também no citosol do hepatócito como também nas células musculares e em outros tecidos, o que não caracteriza uma lesão no fígado. Seus níveis variam de acordo com cada espécie animal, mais na maioria das espécies de aves a média é de 19 a 50 UI/L^(25,42).

Wang et al.⁽⁴³⁾, avaliando dietas com proteínas de origem animal (farinha de peixe) para frangos, tiveram efeito nocivos na saúde do fígado com níveis elevados de ALT. Isso nos mostra a importância de se conhecer o valor biológico dos ingredientes utilizados e como isso afeta a saúde do animal.

Santos et al.⁽²⁷⁾ avaliando um produto homeopático em dietas vegetais, obtiveram níveis de ALT elevados em todas as idades avaliadas, porém mesmo com esta elevação durante os períodos avaliados, não é possível afirmar que a possível alteração hepática tenha sido causada pela inclusão dos fatores homeopáticos presentes em sua dieta.

GLUTAMATO DESIDROGENASE (GLDH)

A glutamato desidrogenase (GLDH) está presente nas mitocôndrias dos hepatócitos e é considerada como o marcador mais específico de distúrbios hepatocelulares nas aves, sendo considerada uma enzima indicativa de necroses hepática extensa, pois quanto maior a sua atividade plasmática, maior o dano hepático⁽⁴⁴⁾.

Durante a formação de processos inflamatórios, como a hepatite ou cirrose, esta enzima, quando comparada com a ALT, terá um pequeno aumento em sua atividade plasmática, isso ocorre devido a sua localização mitocondrial. Podendo ser observado grande aumento na atividade desta enzima quando o animal é acometido por doenças hepáticas causadas por agentes hepatóxicos⁽⁴⁵⁾.

LACTATO DESIDROGENASE (LD)

A lactato desidrogenase (LD ou LDH) catalisa a oxidação reversível do lactato para piruvato com o cofator NAD⁺. Existem no mínimo 5 isoenzimas, estando compostas por tetrâmeros, cujos protômeros são de 2 tipos (H e M) com pesos moleculares aproximados de 35 kD. A concentração de LDH nos eritrócitos é 150 vezes maior do que no plasma. Portanto, uma hemólise leve é detectada por aumento nos níveis desta enzima no soro⁽⁴⁶⁾.

A análise eletroforética das isoenzimas revela danos tissulares específicos. Existem cinco isoenzimas conhecidas de LDH, que não são comumente analisadas nos laboratórios veterinários. Isoladamente a enzima não é específica para nenhum órgão. Os métodos para a determinação da atividade da LDH utilizam reações em uma ou outra direção, do piruvato para lactato ou vice-versa. Esta enzima atua na glicólise, e nas aves, é especialmente ativa nos eritrócitos⁽⁴⁷⁾.

Portanto hemólise da amostra causará grandes elevações na atividade da LDH plasmática, podendo acarretar falso resultados na realização do diagnóstico de possíveis lesões, outras variações em seus resultados podem ocorrer por causas fisiológicas ocorridas sobre estas aves ou por causas estacionais ou gêneros⁽⁴⁸⁾.

A atividade desta enzima não é específica para distúrbio hepatocelular nas aves, no entanto o aumento de sua concentração no plasma pode estar relacionado a distúrbios hepatocelulares ou musculares. Em relação às outras enzimas como a AST e a ALT, sua atividade aumenta e diminuem mais rapidamente quando o fígado foi submetido a danos severos. Poedeiras adultas possuem maior atividade desta enzima em seu fígado, em sua musculatura esquelética, no miocárdio e em seu pulmão⁽⁴⁹⁾.

SORBITOL DESIDROGENASE (SD)

O sorbitol desidrogenase (SD) ou (SDH), e encontrado principalmente no fígado, e juntamente com GLDH são enzimas que possuem uma especificidade muito grande na

detecção de distúrbio hepático em aves, mas assim como na GLDH estudos referentes a quantificação desta enzima são poucos, por isso sua aplicação no diagnóstico clínico é pouco o que diminui ainda mais a obtenção de valores de referência para cada espécie⁽⁵⁰⁾. A SD catalisa a oxidação reversível de sorbitol para frutose, tendo como cofator o NAD⁺. Seu peso molecular é de 95 kD e aparece exclusivamente no citosol dos hepatócitos. Seu incremento no plasma revela dano hepático⁽⁴⁴⁾.

CREATINA QUINASE (CK)

Existem vários métodos para quantificar a atividade da CK, que podem ser tanto colorimétricos, fluorimétricos ou reações acopladas de enzimas. Esta enzima pode ser localizada nos tecidos musculares, cardíacos e no cérebro. No músculo a CK catalisa a conversão de ATP e creatina, para creatina fosforilada, que serve como fosfato de alta energia para a sua utilização na atividade muscular⁽⁵¹⁾.

A creatina quinase (CK) é uma enzima específica utilizada para avaliar a função muscular das aves, seus teores normais variam de 100 a 500 UI/L. O seu aumento na concentração plasmática poderá indicar distúrbios musculares, intoxicação por chumbo, clamidiose, septicemias e miopatias por deficiência de vitamina E e selênio⁽⁵²⁾.

A determinação da enzima CK é realizada para auxiliar na interpretação dos valores obtidos da atividade da enzima AST, com o objetivo de diferenciar os danos hepatocelulares dos danos musculares⁽⁴⁵⁾. Mas a interpretação destes resultados não é simples, pois pode ocorrer caso no qual o animal apresentara danos musculares que poderão ocorrer juntamente a danos hepatocelulares, quando isso ocorre o diagnóstico de lesões hepáticas pode ser comprometido, mascarando o real problema.

Além disso, a AST plasmática tem uma vida mais longa do que a CK; após sofrer uma única injúria muscular, os níveis de CK voltarão à normalidade mais rapidamente do que os de AST, podendo, em função do momento de colheita da amostra, acontecer diagnóstico errôneo de problema hepático⁽⁴⁸⁾.

Micotoxinas e neurotóxicas podem causar elevação das atividades séricas destas enzimas musculares, creatina quinase (CK), AST e lactato desidrogenase (LD) e sua alteração podem ser ocasionadas por tremores musculares e convulsões que irão provocar uma atividade muscular intensa⁽⁵³⁾.

GAMA GLUTAMIL TRANSFERASE (GGT)

A GGT ou gama glutamil transferase, também conhecida como gama-glutamil transpeptidase é uma enzima de indução sintetizada por quase todos os tecidos do corpo, sendo encontrada em maior concentração no pâncreas e nos rins. No fígado indica o nível de colestases e proliferação de ductos biliares. Lesões hepáticas agudas acarretam o aumento da atividade sérica devido à liberação de fragmentos de membrana contendo

GGT. Para se determinar valores de referência para cada espécie, deve se levar em consideração diversos pontos como nutrição, estado fisiológico e resposta individual dos animais⁽¹⁴⁾.

A utilização de sementes de *Piper cubeba* em dietas de baixa digestibilidade reduz os níveis de GGT, promovendo conseqüentemente a melhora das condições para o sistema hepático⁽¹³⁾. Maciel et al.⁽⁵⁴⁾, concluíram que a adição de 5 ppm de aflatoxinas e 0,5% de clinoptilolita, na dieta de frangos de corte, diminui os níveis séricos da creatinina e do colesterol e eleva o nível sérico da gama glutamil-transferase, pois a elevação do nível da GGT é indicação da ocorrência de colestase.

FOSFATASE ALCALINA (AP)

As aves apresentam atividade da AP em diversos tecidos, nos pulmões, músculo esquelético, testículos, ossos, rins, músculo cardíaco e no fígado. Perus têm maior atividade nos testículos e os patos apresentam maior atividade no duodeno e rins⁽⁵⁵⁾.

A função da AP está relacionada com o aporte de energia para o intercâmbio de íons através das membranas celulares e está associado com o metabolismo do cálcio e fósforo, e acredita-se que funciona como um ponto chave de regulação do crescimento das aves, participando das atividades condrogênicas e osteoblásticas e apresentando altos níveis de atividade nos osteoblastos⁽⁵⁶⁾.

No fígado, as quantidades detectadas em algumas espécies de aves foram muito baixas, mas existem autores que citaram como causa da elevação da ALP as doenças hepáticas⁽⁵⁷⁾. No entanto, a fosfatase alcalina está localizada na membrana celular que une a borda sinusoidal das células parênquimas aos canalículos biliares. Nos ossos a atividade da fosfatase alcalina está confinada aos osteoblastos onde ocorre a formação óssea⁽⁵⁸⁾. Assim, a elevação da sua atividade parece ser específica da ação osteoblástica aumentada e mudanças ósseas relacionadas com os processos de crescimento, trauma, reparação, osteomielite, neoplasia, hiperparatireoidismo nutricional secundário.

AMILASE

Amilases são enzimas que hidrolisam o amido presente nos alimentos, podem ser classificadas em várias formas, dependendo de como atuam sobre as moléculas de amido. Quanto à natureza das ligações hidrolisadas, as amilases podem ser reunidas em cinco classes: α -amilases, β -amilases, isoamilases, glicoamilases, ciclodextrina-glicanotransferase⁽⁵⁹⁾.

A α -amilase é uma enzima que quebra as ligações α (1,4) dos polissacarídeos com três ou mais unidades de D-glicose. O ataque ocorre em vários pontos da cadeia e os primeiros produtos de hidrólise são oligossacarídeos de 5 a 7 unidades de glicose⁽⁶⁰⁾. As amilases ocorrem amplamente em animais, plantas e microrganismos. Entretanto, pela

maior facilidade e menor tempo de produção, as amilases microbianas têm a preferência do mercado de enzimas⁽⁶¹⁾.

As enzimas de β -amilase hidrolisam as ligações glicosídicas α -1,4 de polissacarídeos a partir da extremidade não redutora sobre a penúltima ligação óxido, separando duas unidades de glicose na forma de β -maltose, por uma inversão. As amiloglicosidases são enzimas extracelulares que rompem as ligações α -1,4 e α -1,6 do amido a partir da extremidade não redutora até glicose⁽⁶²⁾.

A quantificação da amilase no presente no pâncreas é uma forma de acompanhar a produção da enzima e avaliar se não há nenhum distúrbio ocorrido no pâncreas⁽¹⁴⁾. A amilase não é uma enzima específica das aves, podendo ser quantificada em outras espécies animais⁽⁴⁸⁾. A amilase sérica é secretada, fundamentalmente, pelas glândulas salivares (forma S) e células acinares do pâncreas (forma P). É secretada no trato intestinal por meio do ducto pancreático. As glândulas salivares secretam a amilase que inicia a hidrólise do amido presente nos alimentos na boca e esôfago. Esta ação é desativada pelo conteúdo ácido do estômago.

No intestino, a ação da amilase pancreática é favorecida pelo meio alcalino presente no duodeno. A atividade amilásica é também encontrada no sêmen, testículos, ovários, tubos de Fallopio, músculo estriado, pulmões e tecido adiposo. A amilase tem massa molecular entre 40.000 e 50.000 daltons sendo, facilmente, filtrada pelo glomérulo renal⁽⁶³⁾.

Minafra et al.⁽⁶⁴⁾, encontrou atividade da α -amilase no soro aos 7 dias de idade (583,41 U/dL) e aos 21 dias (589,11 U/dL), avaliando três diferentes dietas. Concluiu e que a diferentes dietas não interferiu na atividade da amilase, sugerindo que essa atividade não é influenciada pela dieta e sim por distúrbio nesse órgão.

LIPASE

A lipase é uma enzima digestiva produzida pelas células acinares do pâncreas, tem como principal função hidrolisar cadeias longas de triglicerídeos no intestino delgado. A realização de análises bioquímicas para quantificar os níveis de lipase é mais sensível que as de amilase quando se trata da detecção de pancreatite. Altamente específica que catalisa a hidrólise dos ésteres de glicerol de ácidos graxos de cadeia longa (triglicerídeos) em presença de sais biliares e um cofator chamado colipase. Está enzima também poderá ser encontrado na mucosa intestinal, leucócitos, células do tecido adiposo, língua e leite⁽¹⁴⁾.

A atividade desta enzima, como a atividade da amilase não está diretamente ligada à gravidade da lesão em que o pâncreas está sendo submetido, portanto a atividade desta enzima no sangue é utilizada para avaliar o pâncreas em menor tempo possível⁽⁶⁵⁾. A atividade de lipase e amilase aumentam rapidamente durante os primeiros 14 dias de idade

e parece estabilizar depois dos 21 dias, o que, coincide com a maior taxa de crescimento do pâncreas⁽³⁵⁾, sendo que a diminuição da atividade das enzimas nestes órgão diminui de acordo com o avançar da idade das aves⁽⁶⁶⁾.

A utilização de fontes lipídicas em diferentes níveis de inclusão em dietas para frangos de corte melhora o coeficiente de digestibilidade do extrato etéreo das rações e atividade de lipase pancreática aos 21 dias de idade, quando se utiliza o nível de 4%. Além disso, observa-se uma correlação positiva entre coeficiente de digestibilidade do extrato etéreo e atividade de lipase na fase inicial⁽⁶⁷⁾. Santos et al.⁽²²⁾, verificaram que há diferenças entre as linhagens Isa Label e Cobb quanto a atividade da lipase pancreáticas nas diferentes idades de avaliação.

CONCLUSÕES

A realização da bioquímica clínica do sangue, fígado e pâncreas é um método que pode ser utilizado para quantificar os níveis enzimáticos, destes órgãos, podendo ser uma forma de descobrir possíveis lesões, geradas pelas condições em que estas aves são submetidas. Lesões que podem interferir no desempenho das aves, acarretando prejuízos à saúde do animal e prejuízos ao produtor.

REFERÊNCIAS

1. Schmidt NS, Silva CL. Pesquisa e desenvolvimento na cadeia produtiva de frangos de corte no Brasil. *Rev. Econ. Sociol. Rural.* 2018;56(3):467-482. <https://doi.org/10.1590/1234-56781806-94790560307>
2. Minafra CS, Moraes GHK, Rodrigues ACP, Silva FÁ, Stringhini JH, Rezende CSM. Perfil bioquímico e nutricional do ácido glutâmico e da vitamina K no soro e no fígado de frangos de corte de 1 a 21 dias de idade. *R. Bras. Zootec.* 2008; 37(11):1973-1977. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982008001100011>
3. Cruz CEB, Freitas ER, Braz NM, Salles RPR, Silva ING. Blood parameters and enzymatic and oxidative activity in the liver of chickens fed with calcium anacardate. *Rev. Ciênc. Agron.* 2018; 49(2):343-352. <https://doi.org/10.5935/1806-6690.20180039>
4. Elarabany N. A comparative study of some haematological and biochemical parameters between two species from the Anatidae family within migration season. *J. Basic Appl. Zool.* 2018; 79(31):1-9. <https://doi.org/10.1186/s41936-018-0044-4>
5. Agida CA, Amaduruonye W, Nsa EE, Nathaniel J. Serum biochemistry, haematological profile and organ proportion of broiler starter chicks fed graded levels of palm oil mill effluent (POME). *J. Anim. Sci. Vet. Med.* 2020; 5(6):202-211. <https://doi.org/10.31248/JASVM2020.235>

6. ABPA. Associação Brasileira de Proteína Animal, Relatório Anual 2022. Disponível em: <https://abpa-br.org/wp-content/uploads/2022/05/Relatorio-Anual-ABPA-2022-1.pdf>
7. Lima AM, Melo WO, Albuquerque GDP, Nascimento JB, Candido EP. Mercado consumidor de carne de frango e derivados em Capanema, Pará. Braz. J. of Develop. 2020; 6(5):26810-26824. <https://doi.org/10.34117/bjdv6n5-220>
8. Rodrigues WOP, Garcia RG, Naas IA, Rosa CO, Caldarelli CE. Evolução da avicultura de corte no Brasil. Enciclopédia Biosfera, 2014; 10:1666-1684.
9. Tavárez MA, Santos FSL. Impact of genetics and breeding on broiler production performance: a look into the past, present, and future of the industry. Anim. Front. 2016; 6(4):37-41. <https://doi.org/10.2527/af.2016-0042>
10. Arai T. The development of animal nutrition and metabolism and the challenges of our time. Front. Vet. Sci. 2014; 1:1-3. <https://doi.org/10.3389/fvets.2014.00023>
11. Cardoso GL, Watanabe M, Gianezini MA. Definição estratégica para uma empresa de pequeno porte no ramo agrícola. Pubvet. 2015; 9(2):52-64.
12. Opalinski M, Maiorka A, Cunha F, Rocha C, Borges SA. 2010. Adição de complexo enzimático e da granulometria da soja integral desativada melhora desempenho de frangos de corte. Cienc. Rural. 2010; 40(3):628-632. <https://doi.org/10.1590/S0103-84782010005000017>
13. Domingues RM, Laurentiz AC, Melo APF, Mello ES, Filardi RS, Sobrane Filho ST, Silva MLA, Laurentiz RS. 2016. Parâmetros sanguíneos de frangos de corte alimentados com dietas suplementadas com sementes secas de *Piper cubeba* como aditivo fitogênico. Pesq. Vet. Bras. 2016; 36(11):1139-1144. <https://doi.org/10.1590/S0100-736X2016001100014>
14. Viana DC, Silva KB, Santos AC, Oliveira AS. Perfil bioquímico em serpentes – revisão de literatura. Revista Ciências Exatas e da Terra e Ciências Agrárias. 2014; 9(1):56-61.
15. Fernandes MS, Iano FG, Rocia V, Yanai MM, Leite AL, Furlani TA, Buzalaf MAR, Oliveira RC. Alkaline phosphatase activity in plasma and liver of rats submitted to chronic exposure to fluoride. Braz. Arch. Biol. Technol. 2011; 54(6):1187-1192. <https://doi.org/10.1590/S1516-89132011000600014>
16. Gurung, N., Ray, S., Bose, S., & Rai, V. (2013). A Broader view: microbial enzymes and their relevance in industries, medicine, and beyond. Biomed Res. Int. 2013; 2013:1-18. <https://doi.org/10.1155/2013/329121>
17. Contreras-Zentella ML, Hernández-Muñoz R. Is Liver Enzyme Release Really Associated with Cell Necrosis Induced by Oxidant Stress? Oxid. Med. Cell. Longev. 2016; 2016:1-12. <http://dx.doi.org/10.1155/2016/3529149>
18. Lawrence YA, Steiner JM. Laboratory Evaluation of the Liver. Vet. Clin. North Am. Small Anim. Pract. 2017; 47(3):539-553. <https://doi.org/10.1016/j.cvsm.2016.11.005>

19. Dorokhov YL, Shindyapina AV, Sheshukova EV, Komarova, TV. Metabolic methanol: molecular pathways and physiological roles. *Physiol. Rev.* 2015; 95(2):603-644. <https://doi.org/10.1152/physrev.00034.2014>
20. Vieites FM, Fraga AL, Moraes GHK, Vargas Junior JG, Nalon RP, Correa GSS, Nunes RV. Cálcio, fósforo e proteína total no sangue de frangos de corte em função de níveis de balanço eletrolítico da ração. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.* 2011; 63(4):887-894. <https://doi.org/10.1590/S0102-09352011000400014>
21. Delles RM, Xiong YL, True AD, Ao T, Dawson, KA. Dietary antioxidant supplementation enhances lipid and protein oxidative stability of chicken broiler meat through promotion of antioxidant enzyme activity. *Poult Sci.* 2014; 93(6):1561-1570. <https://doi.org/10.3382/ps.2013-03682>
22. Santos FR, Stringhini JH, Freitas NF, Minafra CS, Oliveira PR, Duarte EF, Guimaraes GS. Aspectos morfológicos e morfométricos do aparelho digestório, perfil bioquímico sérico e atividade de enzimas pancreáticas de frangos de crescimento lento e rápido. *Rev. Bras. Ciênc Agr.*, 2015; 10(2):322-327. <https://doi.org/10.5039/agraria.v10i2a4370>
23. Varga I, Bilandzic N, Mitak M, Cvetnić L, Varenina I, Božica SK, Cvetnić, Ž. Biochemical and chemical parameters changes in the blood of chickens following treatments with maduramycin, monensin and diclazuril. *Slov. Vet. Res.* 2017; 54(2):71-81. <https://www.slovetres.si/index.php/SVR/article/view/241/76>
24. Trefts E, Gannon M, Wasserman DH. The liver. *Curr. Biol.* 2017; 27(21):1147–1151. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2017.09.019>
25. Leiskau, C., Baumann, U. (2017). Structure, Function, and Repair of the Liver. *Diseases of the Liver and Biliary System in Children*, Fourth Edition. Chapter 1. <https://doi.org/10.1002/9781119046936.ch1>
26. Cepeda MB, Cepeda PB, Baêta BA, Gaudêncio FN, Cordeiro MD, Matos PCM, Brito MF, Fonseca AH. Alterações bioquímicas, anatômicas e histopatológicas em fígado de *Gallus gallus Linnaeus*, 1758 experimentalmente infectados por *Borrelia anserina* Sakharoff, 1891. *Pesq. Vet. Bras.* 2016; 36(8):687-693. <https://doi.org/10.1590/S0100-736X2016000800002>
27. Santos FR, Santana RO, Carvalho EA, Costa NA, Minafra CS, Oliveira PR. 2014. Desempenho e perfil sérico bioquímico de frangos de corte alimentados com rações contendo produtos homeopáticos. *Rev. Bras. Saúde Prod. Anim.* 2014; 15(2):394-405.
28. Liu CP, Fu J, Xu FP, Wang, XS, Li, S. The role of heat shock proteins in oxidative stress damage induced by Se deficiency in chicken livers. *Biometals*, 2015; 28(1):163-173. <https://doi.org/10.1007/s10534-014-9812-x>
29. Dawson PA, Karpen SJ. Intestinal transport and metabolism of bile acids. *J. Lipid. Res.* 2015; 56(6):1085-1099. <https://doi.org/10.1194/jlr.R054114>
30. Brundiek, H., & Höhne, M. Transaminases – A biosynthetic route for chiral amines. In: *Applied biocatalysis: From fundamental science to industrial applications: from*

- fundamental science to industrial applications. 2016. Chapter 10. <https://doi.org/10.1002/9783527677122.ch10>
31. Escrivá, L., Font, G., Manyes, L. In vivo toxicity studies of fusarium mycotoxins in the last decade: A review. *Food Chem. Toxicol.* 2015; 78:185-206. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2015.02.005>
 32. Barbosa TS, Mori CK, Polonio LB, Ponsano EHG, Ciarlini PC. Perfil bioquímico sérico de galinhas poedeiras na região de Araçatuba-SP. *Semina: Cienc. Agrar.* 2011; 32(4):1583-1588. <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2011v32n4p1583>
 33. Rorsman P, Ashcroft FM. Pancreatic β -cell electrical activity and insulin secretion: Of mice and men. *Physiol. Rev.* 2018; 98(1):117-214. <https://doi.org/10.1152/physrev.00008.2017>
 34. Morgado HS, Cysneiros CSS, Sousa CM, Stringhini JH, Ulhoa CJ, Silva AS, Fabino Neto R, Freitas PVDX, Oliveira HP, Batista LHC. Addition of amylase from *aspergillus awamori* to the diet of broiler chickens. *Rev. Bras. Cienc. Avic.* 2016; 18(4):725-732. <https://doi.org/10.1590/1516-635x1804725-732>
 35. Sakomoto MI, Faria DE, Nakagi VS, Negrão JA, Araujo RB, Souza KMR, Previero, TC. Utilização da glutamina, associada ao ácido glutâmico, sobre o desenvolvimento e a atividade enzimática em frangos de corte. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.* 2011; 63(4):962-972. <https://doi.org/10.1590/S0102-09352011000400023>
 36. Yuan L, Wang M, Zhang X, Wang Z. (2017). Effects of protease and non-starch polysaccharide enzyme on performance, digestive function, activity and gene expression of endogenous enzyme of broilers. *PloS One.* 2017; 12(3):e0173941. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0173941>
 37. Schmidt EMS, Locatelli-Dittrich R, Santin E, Paulillo AC. Patologia clínica em aves de produção – uma ferramenta para monitorar a sanidade avícola – revisão. *Arch. Vet. Sci.* 2007; 12(3):9-20. <http://dx.doi.org/10.5380/avs.v12i3.10906>
 38. Leite PRSC, Leandro NSM, Stringhini JH, Souza ESE, Cafe MB, Carvalho FB, Andrade MA. 2012. Microbiota intestinal e desempenho de frangos alimentados com rações elaboradas com sorgo ou milho e complexo enzimático. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.* 2012; 64(6):1673-1681. <https://doi.org/10.1590/S0102-09352012000600037>
 39. Kumar V, Abbas AK, Aster JC. Robbins basic pathology e-book. Elsevier Health Sciences. 2017.
 40. Gonçalves FG, Zanini SF, Gonçalves EPM, Colnago GL. Efeito da pimenta rosa associada a diversas dosagens de antibióticos em frangos de corte. *Cienc. Rural.* 2012; 42(8):1503-1509. <https://doi.org/10.1590/S0103-84782012005000055>
 41. Badrick T, & Turner P. Review and recommendations for the component tests in the liver function test profile. *Indian J. Clin. Biochem.* 2016; 31(1):21-29. <https://doi.org/10.1007/s12291-015-0493-1>
 42. Mucida KSM, Freitas ER, Miranda CB, Lima JSC. Torta de mamona não destoxicada na indução da muda forçada em poedeiras comerciais. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.* 2014; 66(4):1216-1224. <https://doi.org/10.1590/1678-6364>

43. Wang H, Ni X, Qing X, Zeng D, Luo M, Liu L, Jing B. Live probiotic *Lactobacillus johnsonii* BS15 promotes growth performance and lowers fat deposition by improving lipid metabolism, intestinal development, and gut microflora in broilers. *Front. Microbiol.* 2017; 8:1073. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2017.01073>
44. Lumeij JT. 1997. Avian Clinical Biochemistry. In: Kaneko JJ, Harvey JW, Bruss ML. *Clinical Biochemistry of Domestic Animals*. 5th edition. San Diego, Academic Press, p. 932. 1997. <https://doi.org/10.1016/B978-012396305-5/50031-2>
45. Chapman SE, Hostutler RA. A laboratory diagnostic approach to hepatobiliary disease in small animals. *Vet. Clin. North Am. Small Anim. Pract.* 2013; 43(6):1209-1225. <https://doi.org/10.1016/j.cvsm.2013.07.005>
46. Swiderek K, Martí S, Moliner, V. Protein conformational landscapes and catalysis. influence of active site conformations in the reaction by L-lactate dehydrogenase. *ACS Catal.* 2015; 5(4):1172–1185. <https://doi.org/10.1021/cs501704f>
47. Paventi G, Pizzuto R, Passarella, S. The occurrence of l-lactate dehydrogenase in the inner mitochondrial compartment of pig liver. *Biochem. Biophys. Res. Commun.* 2017; 489(2):255-261. <https://doi.org/10.1016/j.bbrc.2017.05.154>
48. Capitelli R. & Crosta L. Overview of psittacine blood analysis and comparative retrospective study of clinical diagnosis, hematology and blood chemistry in selected psittacine species. *Vet. Clin. North Am. Exot. Anim. Pract.* 2013; 16(1):71-120. <https://doi.org/10.1016/j.cvex.2012.10.002>
49. Akbarian A, Golian A, Kermanshahi H, De Smet S, Michiels, J. Antioxidant enzyme activities, plasma hormone levels and serum metabolites of finishing broiler chickens reared under high ambient temperature and fed lemon and orange peel extracts and *Curcuma xanthorrhiza* essential oil. *J. Anim. Physiol. Anim. Nutr.* 2015; 99(1):150-162. <https://doi.org/10.1111/jpn.12188>
50. Williams SM, Holthaus L, Barron HW. et al. Improved clinicopathologic assessments of acute liver damage due to trauma in indian ring-necked parakeets (*Psittacula krameri manillensis*). *J. Avian Med. Surg.* 2012; 26(2):67-75. <https://doi.org/10.1647/2011-016.1>
51. Matarneh SK, Inghaterra EM, Scheffler TL, Gerrard DE (2017). The Conversion of Muscle to Meat. In: Lawrie's Meat Science (Eight Edition). 2017; 159-185). <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100694-8.00005-4>
52. Thrall MA, Baker DC, Campbell TW. *Veterinary hematology and clinical chemistry*. Williams and Wilkins, Philadelphia. 2004; 486–490.
53. Agina OA. Hematology and clinical biochemistry findings associated equine disease-a review. *Not. Sci. Biol.* 2017; 9(1):1-21. <https://doi.org/10.15835/nsb919939>
54. Maciel RM, Lopes STA, Santurio JM, Martins DB, Rosa AP, Emanuelli MP. Função hepática e renal de frangos de corte alimentados com dietas com aflatoxinas e clinoptilolita natural. *Pesq. Agropec. Bras.* 2007; 42(9):1221-1225.
55. McComb RB, Bowers Jr GN, Posen S. (2013). Fosfatase alcalina. Springer Science & Business Media. 2013. <https://doi.org/10.1007/978-1-4613-2970-1>

56. Rajman M, Juráni M, Lamosova D, Macajova M, Sedlackova M, Kostal L, Jezova D, Vyboh, P. 2006. The effects of feed restriction on plasma biochemistry in growing meat type chickens (*Gallus gallus*). *Comp. Biochem. Physiol. Part. A Mol. Integr. Physiol.* 2006; 145(3):363-371. <https://doi.org/10.1016/j.cbpa.2006.07.004>
57. Rozenboim I, Mahato J, Cohen NA, Tirosh O. Low protein and high-energy diet: a possible natural cause of fatty liver hemorrhagic syndrome in caged White Leghorn laying hens. *Poult. Sci.* 2016; 95(3):612-621. <https://doi.org/10.3382/ps/pev367>
58. Ikeda K, Takeshita, S. Factors and mechanisms involved in the coupling from bone resorption to formation: how osteoclasts talk to osteoblasts. *J. Bone Metab.* 2014; 21(3):163-167. <https://doi.org/10.11005/jbm.2014.21.3.163>
59. Wisniewski AC, Almeida MAL, Palma MB, Tavares LBB. 2010. Produção de enzimas amilolíticas por *Macrocybe titans* em resíduo do processamento de cerveja. *R. Bras. Bioci.* 2010; 8(3):285-293.
60. Freitas LS, Martins ES, Ferreira OE. Produção e caracterização parcial de α -amilase de *Syncephalastrum racemosum*. *R. Bras. Bioci.* 2014; 12(4):226-232.
61. Celestino JR, Duarte AC, Silva CMM, Sena HH, Ferreira MPSBC, Mallmann NH, Lima NPC, Tavares CC, Souza JVB. 2014. *Aspergillus* 6V4, a strain isolated from manipueira, produces high amylases levels by using wheat bran as a substrate. *Enzyme Res.* 2014; 2014:725651. <http://dx.doi.org/10.1155/2014/725651>
62. Santana RSM, Gonçalves ZS, Ferreira RC, Bonomo MF. Produção de amiloglucosidase utilizando como substrato a palma forrageira. *Revista Caatinga.* 2012; 25(1):188-193.
63. Dusse LMS, Rios DRA, Sousa LPN, Moraes RMMS, Domingueti CP, Gomes KB. Biomarcadores da função renal: do que dispomos atualmente? *Rev. Bras. Anal. Clin* 2017; 49(1):41-51. <http://dx.doi.org/10.21877/2448-3877.201600427>
64. Minafra CS, Marques SFF, Stringhini JH, Ulhoa CJ, Rezende CSM, Santos JS, Moraes GHK. Perfil bioquímico do soro de frangos de corte alimentados com dieta suplementada com alfa-amilase de *Cryptococcus flavus* e *Aspergillus niger* HM2003. *R. Bras. Zootec.* 2010; 39(12):2691-2696. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982010001200020>
65. Lima DJS, Bastos RKG, Seixas LS, Luz MA, Branco ER, Souza NF, Moraes CCG, Meneses AMC. 2012. Variação sazonal dos valores de bioquímica sérica de jiboias amazônicas (*Boa constrictor constrictor*) mantidas em cativeiro. *Biotemas.* 2012; 25(4):165-173. <https://doi.org/10.5007/2175-7925.2012v25n4p165>
66. Duarte CR, Vicentini-Paulino ML, Pinheiro DF (2014). Digestive Enzymatic Responses of Chickens Feed-restricted and Refed as Affected by Age. *The J. of Poult. Sci.* 2014; 51(3):289-296. <https://doi.org/10.2141/jpsa.0130104>
67. Polycarpo GV, Cruz VC, Alexandre NC, Fascina VB, Souza IMG, Cravo JCM, Albuquerque R, Sartori JR, Pezzato AC. 2014. Effect of lipid sources and inclusion levels in diets for broiler chickens. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.* 2014; 66(2):519-528. <https://doi.org/10.1590/1678-41626629>

CAPÍTULO 40

INFECÇÃO HELMÍNTICA POR *Strongylus vulgaris* EM EQUINOS E MEIOS DE DIAGNÓSTICOS

Mateus Oliveira Mena *; Tábata Alves do Carmo ; Giordani Mascoli de Favare ; Isabela de Almeida Cipriano ; Gabriel Jabismar Guelpa ; Ricardo Velludo Gomes de Soutello 

*E-mail: mateus.mena@unesp.br

Resumo: O crescimento da economia da criação de cavalos é um importante motor de empregos, os cavalos têm sido usados como meio de transporte, laser, fonte de proteína e tração em ambientes urbanos e rurais desde o início. Dentre as espécies mais comuns de parasitas que acometem os equinos, destacam-se duas subfamílias de nematóides intestinais, os grandes estrôngilos (*Strongylinae*) e os pequenos estrôngilos (*Cyathostominae*). Os pequenos estrôngilos são os mais abundantes, e os grandes estrôngilos causam maiores danos à saúde animal, sendo seu diagnóstico muitas vezes difícil devido ao longo período pré-patente, o único método de diagnóstico para detectar *S. vulgaris* é realizando culturas de larvas e identificação microscópica subsequente de L3 usando critérios morfológicos. Medidas inovadoras de controle parasitário precisam ser instituídas para que a resistência anti-helmíntica seja desacelerada e as drogas que ainda possuem eficácia sejam preservadas por um período prolongado. Estratégias sustentáveis de controle devem ser aplicadas de maneira racional e métodos de diagnósticos precoce de grandes estrôngilos precisam ser investigados.

Palavras-chave: equídeos; helmintos; estrôngilos.

Abstract: The growth of the horse breeding economy is an important engine of jobs, horses have been used as a means of transport, laser, protein source and traction in urban and rural environments since the beginning. Among the most common species of parasites that affect horses, there are two subfamilies of intestinal nematodes, the large strongyles (*Strongylinae*) and the small strongyles (*Cyathostominae*). Small strongyles are the most abundant, and large strongyles cause greater damage to animal health, and their diagnosis is often difficult due to the long prepatent period, the only diagnostic method to detect *S. vulgaris* is using larval cultures and microscopy. posterior L3 using the morphologicals. Measures that are instituted resistance are still maintained to be necessary for anthelm resistance. Rational Control Strategies Large and Early Diagnostic Methods Large and early should be investigated.

Key Word: equines; helminths; strongyls.

INTRODUÇÃO

O rebanho de equinos no Brasil é de aproximadamente 6 milhões de animais, sendo o estado de São Paulo com 348.124 número de cabeças, o que permite o país ocupar a 3ª posição no ranking dos países com maiores rebanhos equinos no mundo, atrás somente dos Estados Unidos e México(1).

O uso do cavalo nas práticas esportivas é o segmento mais lucrativo da equideocultura nacional, com a participação estimada de 50 mil cavalos atletas (2). Além da prática esportiva, os cavalos são utilizados em atividades de trabalho que ajudam no desenvolvimento da agropecuária nacional (3). Desta forma, a prevenção e o diagnóstico precoce das patologias que mais comumente acometem esta espécie são de extrema importância para manutenção da higidez dos animais (4; 5).

Grande parte da criação equina no Brasil ainda é realizada sob regime extensivo, no qual os animais são mantidos durante todo o tempo no pasto, o que favorece as constantes infecções por parasitos presentes na pastagem (6).

A fauna de nematoides dos equinos é vasta e abrange diversas famílias/gêneros. Isso se deve à natureza herbívora dos cavalos, o que os torna muito susceptíveis, mas também pelas formas de manejo dos equídeos que favorecem a contaminação e a transmissão dos parasitos, fatos esses que geram grandes casos de infecções parasitárias, principalmente nas primeiras semanas de vida. (7). Os helmintos que acometem equinos, têm conflito negativo no desenvolvimento desses animais e podem causar desde um pequeno desconforto abdominal até episódios fulminantes de cólicas e morte (8).

As helmintoses intestinais acometem a saúde dos equinos ao redor do mundo. Tornando-se um obstáculo para os proprietários e médicos veterinários que trabalham nesta área (8; 11; 7).

As espécies mais comuns de parasitas que acometem os equinos, destacam-se duas subfamílias de nematoides intestinais, os grandes estrôngilos (*Strongylinae*) e os pequenos estrôngilos (*Cyathostominae*). Estes helmintos causam danos sérios ao intestino, devido a fixação na parede intestinal para ingestão de sangue dos capilares ou se alimentando da própria parede. Os animais podem apresentar sintomatologia como emagrecimento, anorexia, cólicas e diarreias (40).

Os grandes estrôngilos causam maiores danos à saúde animal, sendo estes responsáveis por causar trombose mesentérica, ocasionando cólicas severas e seu diagnóstico muitas vezes é difícil devido ao longo período pré-patente que pode variar de 6 a 7 meses. Os pequenos estrôngilos são os mais abundantes parasitos encontrados nas fezes dessa espécie, sendo responsáveis por perda de peso e até cólica (32; 20).

A infecção por *S. vulgaris* pode apresentar um período de infecção subclínica, devido ao longo período pré-patente, com sinais não característicos apenas da cólica verminótica, como: desconforto abdominal, letargia e/ou decúbito, anorexia, diminuição

de ganho de peso e anemia (8; 25; 11; 17). Estratégias sustentáveis de controle devem ser aplicadas de maneira racional e métodos de diagnósticos precoce de grandes estrôngilos devem ser investigados (16).

Strongylus vulgaris e ciclo evolutivo

Dentre os nematoides que parasitam os equinos o *Strongylus vulgaris* é considerado um dos mais prevalente e patogênico em todo o mundo (9). A evolução parasitária do *S. vulgaris* é causada por suas larvas durante a migração intra-arterial, onde causam hemorragia na mucosa do íleo, ceco e cólon, edema submucoso e dilatação de pequenas artérias, veias e capilares (7). Na submucosa, ocorre a transformação de L3 para L4, quando estas larvas penetram em arteríolas e migram pelo sistema arterial até alcançar as artérias cecais e o ramo cólico da artéria íleo-cólica, promovendo o depósito de fibrina na camada íntima arterial e a formação de lesões nodulares que comprometem a circulação sanguínea do órgão e ocasionam isquemia local ou generalizada das alças intestinais, caracterizando a cólica por artrite verminótica (35;36;37).

Aproximadamente duas a três semanas após a infecção parasitaria, pode ocorrer infarto do íleo, ceco e cólon, combinado com trombose e espessamento da artéria mesentérica e seus ramos, levando a sinais clínicos de cólica isquêmica, que pode ser fatal em cavalos afetados. (27; 34; 13; 28; 29).

Patogenia

Estes helmintos causam danos sérios ao intestino, devido a fixação na parede intestinal para ingestão de sangue dos capilares ou se alimentando da própria parede. Os animais podem apresentar sintomatologia como emagrecimento, anorexia, cólicas e diarreias (40).

Os grandes estrôngilos causam maiores danos à saúde animal, sendo estes responsáveis por causar trombose mesentérica, ocasionando cólicas severas e seu diagnóstico muitas vezes é difícil devido ao período pré-patente. Os pequenos estrôngilos são os mais abundantes parasitos encontrados nas fezes dessa espécie, sendo responsáveis por perda de peso e até cólica (32; 20).

A infecção por *S. vulgaris* pode apresentar sinais não característicos apenas da cólica verminótica, como: desconforto abdominal, letargia e/ou decúbito, anorexia, diminuição de ganho de peso e anemia (8;25; 11; 17).

Diagnóstico

Atualmente, o único método de diagnóstico para detectar *S. vulgaris* é realizando culturas de larvas e identificação microscópica subsequente de L3 usando critérios morfológicos (39; 11).

Para o diagnóstico da infecção por *S. vulgaris* em cavalos, o exame coproparasitológico tem sido usado como o método preferido. No entanto pode levar a

falsos negativos para esse helminto devido à presença de larvas imaturas (37; 25).

Embora a L3 de *S. vulgaris* sejam identificáveis no microscópio, este método é limitado pelo fato de que as amostras precisam ser cultivadas por vários dias e essa leitura de amostras não pode ser automatizado. Além disso, as larvas de *S. vulgaris* são frequentemente encontradas em menor número na maioria das amostras fecais e elas podem ser facilmente confundidas entre centenas de larvas de ciatostomíneos frequentemente presentes. Portanto, técnicas de ensaio de PCR em tempo real capaz de detectar e quantificar o DNA de *S. Vulgaris* são importantes (28).

Medidas inovadoras de controle parasitário precisam ser instituídas para que a resistência anti-helmíntica seja desacelerada e as drogas que ainda possuem eficácia sejam preservadas por um período prolongado. Estratégias sustentáveis de controle devem ser aplicadas de maneira racional e métodos de diagnósticos precoce de grandes strôngilos devem ser investigados (16).

Epidemiologia do parasitismo nos equinos

Os helmintos do gênero *Strongylus*, foram considerados altamente patogênicos, sendo considerados os “Matadores de Cavalos”, devido a sua alta incidência em casos de cólicas (33).Entretanto, um fenômeno interessante foi constatado no mundo dos parasitos no início dos anos 1990: após os ciatostomíneos tornarem-se os estrongilídeos preponderantes nos equídeos, sendo considerados também como importante causa de cólicas nesses animais, relegando para segundo plano os do gênero *Strongylus* (34; 35).

Segundo Dipietro, Klei e French, (36); Love e Duncan (37); Madeira de Carvalho (17) este fenômeno deveu-se aos seguintes fatores: Elevada capacidade de adaptação dos ciatostomíneos às drogas e estratégias de tratamentos anti-helmínticos, comprovada na sua resistência aos benzimidazóis, maior sensibilidade dos nematóides do gênero *Strongylus* à maioria do compostos anti-helmínticos (em particular às lactonas macrocíclicas), grande habilidade de prevalência em todos os equídeos nas mais diversas regiões geográficas, grande número de gêneros e espécies, diversidade na sua biologia e patogenia.

CONCLUSÕES

Com o que foi exposto nessa revisão pode-se concluir que as infecções por estrôngilos em equinos tem sua importância na sanidade equina, assim o controle da parasitose é fundamental, pois resulta em um melhor desempenho dos animais, especialmente quando estão com elevada carga animal por área.

AGRADECIMENTOS

A equipe do EEPPA (Equipe de Extensão e Pesquisa em Parasitologia Animal) da UNESP FCAT –DRACENA.

REFERÊNCIAS

- 1 Anualpec. Anuário da Pecuária Brasileira. São Paulo: FNP Consultoria/Agros Comunicação. Anual, 2021. 220 p.
- 2 ANUALPEC. Anuário da Pecuária Brasileira. São Paulo: FNP Consultoria, 2012. Anual. 309-3015 p.
- 3 ROSA, M.H.F. Caracterização das propriedades de Mangalarga Marchador no sul de Minas Gerais, quanto a prevalência e resistência das helmintoses. Dissertação de Mestrado- Universidade Federal de Lavras-MG, 2014.
- 4 LI M, Pinkel D. Clinical cytogenetics and molecular cytogenetics. Journal of Zhejiang University Science B. 2006; 7(2):162-163. doi:10.1631/jzus.2006. B0162.
- 5 FINGER, M.A. et al. Avaliação clínica e citológica de cavalos de tração acometidos por doenças respiratórias das vias aéreas inferiores no Paraná. Archives of Veterinary Science, v.18, p.20-26, 2013.
- 6 BRAGA, F. R. Biological control of horse cyathostomin (Nematoda: Cyathostominae) using the nematophagous fungus *Duddingtonia flagrans* in tropical southeastern Brazil. Veterinary Parasitology, v. 164, p. 335-340, 2009.
- 7 ALMEIDA, T.L.; MELLO, J.M. Arterite verminótica em equinos: revisão. PUBVET, Londrina, v.4, p.789, 2010.
- 8 ANDRADE, R. L. F. S.; SOBRAL, J. C.; SILVA, K. M. G. Avaliação clínica, hematológica e parasitária em equinos de tração na cidade de Aracajú, Sergipe. Acta Veterinária Brasileira, v. 3, n. 3, p. 138-142, 2009.
- 9 ANDERSEN, U.V. et al. Recent advances in diagnosing pathogenic equine gastrointestinal helminths: The challenge of prepatent detection. Veterinary Parasitology, v.192, p.1-9, 2013.

- 10 BALIC, A.; CINNINGHAM, C. P.; MEEUSEN, E. N. Eosinophil interactions with *Haemonchus contortus* larvae in the ovine gastrointestinal tract. *Parasite Immunology*, v. 28, p. 107-115. 2006.
- 11 BEVILAQUA, C.M.L., RODRIGUES, M.L., CONCORDET, D. Identification of infective larvae of some common nematode strongylids of horses. *Rev. Med. Vet.* 12, p. 989–995, 1993.
- 12 BOTELHO, G. G.; CASSIANO, A. L. V.; BOTELHO, C. F. M.; Análise hematológica, bioquímico–sérica e coproparasitológica de equinos criados em Seropédica, RJ. *Revista Brasileira de Medicina Veterinária*, v. 34, n. 1, p. 69-72, 2012.
- 13 BORJI, H.; MOOSAVI, Z.; AHMADI, F. Cranial mesenteric arterial obstruction due to *Strongylus vulgaris* larvae in a donkey (*Equus asinus*). *Iranian Journal of Parasitology*, v.9, p.441-444, 2014.
- 14 BUSTIN, S. A.; NOLAN, T. Pitfalls of quantitative real-time reverse-transcription polymerase chain reaction. *Journal of Biomolecular Techniques*, v. 15, p. 155–166, 2004.
- 15 BRICARELLO, P. A.; ZAROS, L. G.; COUTINHO, L. L.; ROCHA, R. A.; SILVA, M. B.; KOOYMAN, F. N. J.; DE VRIES, E.; YATSUDA, A. P.; AMARANTE, A. F. T. Immunological responses and cytokine gene expression analysis to *Cooperia punctata* infections in resistant and susceptible nelore cattle. *Veterinary Parasitology*, v. 155, p. 95-103, 2008.
- 16 CANEVER, R.J.; BRAGA, P.R.C.; BOECKHC, A.; GRYCAJUCCA, M.; BIER, D.; MOLENTO, M.B. Lack of *Cyathostomum* sp. reduction after anthelmintic treatment in horses in Brazil. *Veterinary parasitology*, v. 194, p. 9-39, 2013.
- 17 CARVALHO, R.S. et al. Mean corpuscular volume (mcv) and Red Blood Cell Distribution Width (RDW) in Quarter Horses used for barrel racing. *Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science*, v.17, p.411-417, 2016.
- 18 FABIANI, J.V.; LYONS, E.T.; NIELSEN, M.K. Dynamics of *Parascaris* and *Strongylus* spp. parasites in untreated juvenile horses. *Veterinary Parasitology*, v.230, p.62-66, 2016.
- 19 FERRARO, C. C.; KLOSS, A. B.; SOUZA, D. F.; IVAN DECONTO, I.; BIONDO, A. W.; MOLENTO, M. B. Prevalência parasitológica de cavalos de carroceiros em Curitiba, Paraná. *Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária, Jaboticabal*, v. 17, n. 1, p. 175-177, 2008.

- 20 FORGATY, U. M. G.; KELLY, J. C. Outbreak of larva cystostomiasis on a thoroughbred stud farm. *Irish Veterinary Journal*, v. 46, p. 133-136, 1993.
- 21 KAPLAN, R.M.; KLEI, T.K.; LYONS, E.T. Prevalence of anthelmintic resistant cyathostomes on horse farms. *Journal America Veterinary. Med. Assoc.* v. 225, p. 903-910, 2004.
- 22 KLEI, T.K.; CHAPMAN, M.R. Immunity in equine cyathostome infections. *Veterinary Parasitology*, v.85, p.123-136, 1999.
- 23 MAPA - Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. Estudo do Complexo do Agronegócio Cavalos no Brasil. Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil. Brasília: CNA; p.1-56, 2016.
- 24 MOLENTO, M. B. et al. Naturally infected beef heifers with gastrointestinal parasites: epidemiology and selective treatment. *Archives of Veterinary Science, Curitiba*, v. 10, n. 1, p. 45-50, Mar. 2005.
- 25 MORALES, B. et al. Prevalence of gastrointestinal parasites in thoroughbred horses (*Equus caballus*) during the period of 2011 in the racetrack “Larinconada”, Caracas, Venezuela. *Revista Ibero-Latinoamericana de Parasitología*, v.71, p.115-119, 2012.
- 26 MOLENTO, MB. Resistência parasitária em helmintos de eqüídeos e propostas de manejo. *Ciência Rural*. 35, n.6, p.1469-1477, 2005.
- 27 NIELSEN, M.K., PETERSON, D.S., MONRAD, J., THAMSBORG, S.T., OLSEN, S.N., KAPLAN, R.M. Detection and semi-quantification of *Strongylus vulgaris* DNA in equine faeces by real-time PCR. *Int. J. Parasitol.* 38, 2008, p.443-453.
- 28 NIELSEN, M.K. et al. *Strongylus vulgaris* associated with usage of selective therapy on Danish horse farms-Is it reemerging? *Veterinary Parasitology*, v.182, p.260-266, 2012.
- 29 NIELSEN, M.K. et al. Nonstrangulating intestinal infarction associated with *Strongylus vulgaris* in referred Danish equine cases. *Equine Veterinary Journal*, v.48, p.376-379, 2015.
- 30 NIELSEN, M.K. et al. Nonstrangulating intestinal infarction associated with *Strongylus vulgaris* in referred Danish equine cases. *Equine Veterinary Journal*, v.48, p.376-379, 2016.
- 31 NOLAN, T.; HANDS, R. E.; BUSTIN, S. A. Quantification of mRNA using real-time RT-PCR. *Nature Protocols*, v. 1 (3), p.1559 – 1582, 2006.

- 32 PEREIRA V.S.; MELLO M.J. Papel da predisposição do hospedeiro na produção da habronemose Cutânea (ESPONJA) DOS Equídeos. Arquivos do Instituto Biológico de São Paulo. v.18, p.363-379, 1989.
- 33 PFAFFL, M. Relative quantification. Disponível em: <<http://www.genequantification.de/pfaffl-rel-quant-book-ch3.pdf>>. Acesso em 07 de novembro de 2021.
- 34 PILO, C. et al. *Strongylus vulgaris* (Loss, 1900) in horses in Italy: Is it still a problem? *Veterinary Parasitology*, v.184, p.161-167, 2012.
- 35 REICHMANN, P.; LISBOA, J. A. N.; BALARIN, M. R. S.; PEREIRA, A. B.L.. Valores hematológicos em equinos naturalmente infectados por estrongilídeos. *Semina: Ciências Agrárias*, Londrina, v. 22, n.2, p. 179-181, 2001.
- 36 REICHMANN, P. et al. Hematologic parameters in horses naturally infected with strongyles. *Semina: Ciências Agrárias*, Londrina, v.22, p.179-181, 2001.
- 37 REINEMEYER, C.R.; NIELSEN, M.K. Handbook of equine parasite control. 1 ed. Iowa, EUA: Wiley-Blackwell, 2013, p.24-25.
- 38 REICHMANN, P.; LISBOA, J.A.N.; BALARIN, M.R.S.; PEREIRA, A.B.L. Valores hematológicos em equinos naturalmente infectados por estrongilídeos. *Semana de Ciência Agrárias*, Londrina, v. 22, n.2, p. 179-181, jul./dez. 2001.
- 39 RUSSELL, A.F. The development of helminthiasis in Thoroughbred foals. *Comp. Pathol. Therap.* 58, p. 107–127, 1948.
- 40 SAMBROOK, J. E.; RUSSEL, D. W. Molecular cloning: a laboratory manual. 3a ed. New York: Cold Spring Harbor Laboratory Press, 2002. 2.700 p.
- 41 TAYLOR, M.A.; COOP, R.L.; WALL, R.L. *Parasitologia Veterinária*. 3ed. Rio de Janeiro: Editora Guanabara Koogan, p. 768, 2007.
- 42 TIZARD, I. R. *Imunologia veterinária*, 5ª ed., São Paulo: Elsevier, 587 p., 2008.
- 43 ZAROS, L. G.; NEVES, M. R. M.; BENVENUTI, C. L.; NAVARRO, A. M. C.; SIDER, L. H.; COUTINHO, L. L.; VIEIRA L. S. Response of resistant and susceptible Brazilian Somalis crossbreed sheep naturally by *Haemonchus contortus*. *Parasitology Research*, v. 1, p. 1432-1955, 2014.

DOI: <https://doi.org/10.53934/9786585062039-41>

CAPÍTULO 41

INFLUÊNCIA DO TRATAMENTO ANTI-HELMÍNTICO EM BOVINOS CRIADOS SOB SISTEMA DE CONFINAMENTO

Mateus Oliveira Mena *; Tábata Alves do Carmo ; Isabela de Almeida Cipriano ; Giordani Mascoli de Favare ; Gabriel Jabismar Guelpa ; Ricardo Velludo Gomes de Soutello 

* Email: mateus.mena@unesp.br

Resumo

A terminação de bovinos no Brasil, em sua maior parte, ainda é feita em pasto. Em 2015, das 41 milhões de cabeças abatidas, 84% foram terminadas em pastagens que diante do clima tropical brasileiro, é afetado por fatores negativos, como: baixa e alta disponibilidade e qualidade de pasto durante determinadas épocas do ano, manejo errôneo, ocorrência de parasitos, doenças e carências minerais. O confinamento vem se mostrando uma alternativa viável, rentável e cada vez mais utilizada frente à demanda do mercado, estratégia que concentra a produção em um menor espaço e tempo para a engorda dos animais, por meio de maior inclusão de energia na dieta oferecida. Nos últimos anos, o número de animais confinados no Brasil aumentou aproximadamente 63%, tal estratégia, demanda cuidados, pois com maior uso de tecnologia, maior o custo de produção, portanto, o planejamento, conhecimento e análise dos custos na determinação das operações são primordiais para obtenção de resultados positivos. Portanto, objetivou-se relatar que não há influência do tratamento anti-helmíntico no desempenho dos animais tratados e não tratados com anti-helmínticos em sistema de confinamento, devido à manipulação nutricional utilizada nestes sistemas. O fornecimento de dieta de alto concentrado, ou seja, com níveis de nutrientes disponíveis balanceados e ausência de desafio para reinfecção por helmintos, são suficientes para promover a eliminação da carga parasitária.

Palavras-chave: Bovinocultura; Helmintos; Nematoides; Suplementação;

Abstract

The finishing of cattle in Brazil, for the most part, is still done on pasture. In 2015, of the 41 heads slaughtered, 84% were ended up in pastures that, given the Brazilian tropical climate, is altered by millions of factors, such as: low and high availability and quality of

pasture during certain times of the year, erroneous management, occurrence of parasites, diseases and mineral deficiencies. Confinement on demand and increasing is a viable, profitable and increasingly used alternative for the inclusion of energy production of animals in the diet and for longer concentration time. In recent years, the number of animals confined in Brazil approximately 63%, such a strategy, demands care, because with greater use of technology, therefore, higher production cost, therefore, planning, knowledge and analysis of the costs in the operations of the operations are essential for the positive result. Therefore, there is no influence of anthelmintic treatment on the performance of animals treated and not treated with anthelmintics in the confinement system, due to the nutritional manipulation used in these systems. The provision of a high-concentration diet, that is, with balanced levels of available nutrients and no challenge for reinfection, is sufficient to help promote the elimination of the burden.

Key Word: Cattle Breeding; Helminths; Nematodes; Supplementation;

INTRODUÇÃO

A terminação de bovinos no Brasil, em sua maior parte, ainda é feita em pasto. Em 2015, das 41 milhões de cabeças abatidas, 84% foram terminadas em pastagens (1) que diante do clima tropical brasileiro, é afetado por fatores negativos, como: baixa e alta disponibilidade e qualidade de pasto durante determinadas épocas do ano, manejo errôneo, ocorrência de parasitos, doenças e carências minerais (2). A sazonalidade das chuvas, concentradas principalmente no verão e escassas no inverno, resulta no conhecido “boi sanfona”, que perde peso durante o período seco, período esse, o mais crítico do ano, em que o animal se alimenta de forragem de baixo valor nutritivo, com teor de fibra indigerível elevado e teores de proteína bruta inferiores ao nível crítico de 6 a 7% na matéria seca, limitando o consumo (3, 4). Em contrapartida, no período chuvoso, a situação se inverte, pois, com a maior oferta e qualidade de forragem permitem aos animais terem melhores desempenhos (5).

O confinamento vem se mostrando uma alternativa viável, rentável e cada vez mais utilizada frente à demanda do mercado, estratégia que concentra a produção em um menor espaço e tempo para a engorda dos animais, por meio de maior inclusão de energia na dieta oferecida. De acordo com o Anualpec (6), de 2008 a 2015 o número de animais confinados no Brasil aumentou aproximadamente 63%, tal estratégia, demanda cuidados, pois com maior uso de tecnologia, maior o custo de produção, portanto, o planejamento, conhecimento e análise dos custos na determinação das operações são primordiais para obtenção de resultados positivos.

Estudos referentes à nutrição, manejo, genética, instalações e sanidade com bovinos em pasto foram e são realizados com frequência, porém quando se fala de sanidade em bovinos confinados, especificamente no controle de helmintos gastrintestinais, há carência de pesquisas que correlacionem o desempenho dos animais confinados com a parasitose por helmintos. A morbidade é o pior resultado do

parasitismo, sendo um caráter crônico da infecção que tem como a consequência o baixo desempenho dos animais e o aumento na 10 idade ao abate (7 e 8).

Para evidenciar tais prejuízos causados por endoparasitas, vários estudos foram realizados, relatando que bovinos em pastejo, infectados por parasitos apresentaram desempenho de 30 a 70 kg/ano inferior aos animais sadios (9; 10; 11 e 12).

PANORAMA DA BOVINOCULTURA DE CORTE

A pecuária de corte no Brasil é há muito tempo um dos principais e mais importantes setores da economia. De acordo com o Anuário da pecuária brasileira o Brasil conta com aproximadamente 111.057.169 milhões de cabeças de bovinos de corte, sendo o 2º maior rebanho comercial e um dos maiores produtores de carne e subprodutos bovinos do mundo (13).

Segundo Dias-Filho (14), a forma mais eficiente e de menor custo para manter grandes extensões de terra é a criação de bovinos de corte em pastagem. Porém, ainda citando os trabalhos da Anualpec (6), devido à crescente demanda por produção de carne, os produtores passaram a adotar novas tecnologias para otimizar a produção. Uma delas consiste em intensificar a produção de bovinos de corte, uma vez que no Brasil, a produção é caracterizada pela criação extensiva em pastejo contínuo.

Conforme Bianchin (2), o sistema de criação em pasto pode gerar alguns fatores limitantes e acabar gerando uma diminuição da produtividade na pecuária de corte, como a alta e baixa disponibilidade e qualidade do pasto durante as estações do ano, parasitismo, manejo inadequado, nutrição desbalanceada e doenças. Por conta disto, estes fatores que influenciam negativamente no processo produtivo, devem ser identificados para a busca de melhores resultados.

CONFINAMENTO

A busca por alternativas de manejo nas diferentes categorias de bovinos de corte que permitam maior desfrute do rebanho, tem se destacado. Além de maior produção de carne, com o objetivo de aumentar o rendimento econômico do produtor e a produtividade e qualidade da carne. A utilização do confinamento é relacionada mais diretamente à produção de animais para abate na entressafra e à possibilidade de obter melhores preços. Conjuntamente, esse sistema proporciona efeitos secundários que beneficiam o sistema de produção como um todo, como liberação das pastagens para outras categorias, uso de forragem excedente de verão e outros (15).

Segundo Cardoso (16), os animais a serem confinados, além de sadios, devem possuir estrutura corporal adequada e potencial para ganho de peso. Esses animais são mais eficientes quando jovens, pois convertem melhor o alimento ingerido em massa muscular. O autor ressalta que o sexo influencia o ponto de abate, de modo que as fêmeas atingem o ponto mais cedo e mais leve que os machos, castrados ou não. No Brasil, a quase totalidade da carne consumida não apresenta qualidade determinada por padrões

técnicos definidos por especialistas. Portanto, todos os diferentes produtos cárneos originários de bois, vacas, novilhas, garrotes e outros são agrupados em único grupo usualmente denominado “carne de boi” ou “carne de vaca”. Nos últimos anos, têm surgido iniciativas de organizações públicas e privadas no sentido de valorizar os produtos cárneos comprovadamente mais qualificados, de acordo com o consumidor final.

Com isso, pode-se confirmar a citação de Filho (17), que observa que o aumento da competitividade com outros mercados, bem como outros tipos de carnes, tem requerido da atividade de pecuária de corte a oferta de produto de qualidade de maneira contínua durante o ano. Esta demanda juntamente com a necessidade de se aumentar a eficiência do setor têm sido os grandes influenciadores do processo de reestruturação em curso na cadeia produtiva da carne bovina. Como parte deste novo cenário, surge a necessidade de avaliar alternativas tecnológicas inovadoras que sejam compatíveis com as novas demandas. Nesse sentido, verifica-se que o processo de intensificação pelo qual vem passando a pecuária de corte brasileira tem resultado, entre outros, no aumento da prática de confinamento como alternativa de terminação de animais.

PERDAS CAUSADAS POR HELMINTOS GASTRINTESTINAIS

Grisi (18), observa que o controle ineficiente dos nematódeos gastrintestinais pode causar perdas de US\$6.248 milhões ao ano. Estima-se que animais infectados por parasitos, nas condições do Brasil central, apresentam desempenho de 30 a 70 kg/ano inferior ao dos animais livres de infecções (9; 10; 11; 12).

Segundo Soutello (12), os nematoides, principalmente os gastrintestinais, ocupam um papel de destaque dentre os helmintos e causam grandes perdas econômicas por conta da queda na produção animal. Stromberg (19) relata que os bovinos que são infectados por parasitas, apresentam retardo no crescimento, queda na produção de carne e leite e uma redução no desempenho reprodutivo, e causam prejuízos aos produtores.

De acordo com Helnzen (20), esses prejuízos são ocasionados devido ao menor ganho de peso e menor rendimento de carcaça, assim como a morbidade, mortalidade, custos com profilaxia ou tratamento e diminuição da produtividade, relacionados com estresse nutricional, ambiente, manejo e outros aspectos sanitários, como citado por Lima (21). O crescimento ósseo também pode ser comprometido por conta das verminoses, por meio da perda de minerais como o cálcio, fósforo e magnésio, nas fezes e urina (22).

Os ruminantes são parasitados por várias espécies de strongilídeos (ordem Strongylida) e apresentam infecções cruzadas que podem ocorrer quando os animais ficam em um mesmo pasto (23). Dentre as nematodioses, as infecções causadas pelas espécies de *Haemonchus*, por serem parasitos hematófagos, são consideradas as mais patogênicas, causando debilidade, sobretudo em animais jovens (24). Os parasitos causam infecções no abomaso, intestino e fígado, causando uma marcante redução no

consumo dos animais, que resulta em menor taxa de crescimento, devido à necessidade de energia para manutenção (25 e 26). De acordo com o estudo de Vilela (27), observa-se que além dos animais apresentarem sinais clínicos, os sinais subclínicos são mais comuns, prejudicando o desenvolvimento nas fases de cria e recria e diminuindo a resistência destes animais às infecções desencadeadas por outros agentes parasitários como bactérias e vírus.

O grau de infecção parasitária pode apresentar grande diferença de inapetência entre os indivíduos, em que a redução no consumo pode ser de 20% ou mais em animais 13 com infecções subclínicas e crônicas, podendo até apresentar anorexia severa em infecções agudas (28; 29). Soutello e colaboradores (20) observaram que na região do Brasil central mais da metade do gado de corte está localizado em criações extensivas e a taxa de mortalidade pode chegar a 2%, devido à verminose, principalmente quando esses animais não recebem uma suplementação protéica.

PRINCIPAIS HELMINTOS GASTRINTETINAIS DE BOVINOS

Segundo Behnke (31), conhecido como “vermes redondos” o filo Nematoda têm duas classificações: Adenophorea, helmintos predominantemente parasitos de animais aquáticos e plantas e Secernentea, nematódeos de animais vertebrados. Desta forma, nesta última classe estão classificados os trichostrongilídeos de importância para bovinos. As parasitoses são mistas e abrangem diversas famílias e gêneros, no caso dos bovinos, os mais representativos, pertencem a família Trichostrongylidae, com destaque para os gêneros *Haemonchus* spp., *Ostertagia* spp., *Trichostrongylus* spp., *Cooperia* spp. e família Strongylidae representada pelos gêneros *Chabertia* spp. e *Oesophagostomum* spp. (32). Craig (33) observa que os nematóides que parasitam os ruminantes e residem no trato gastrointestinal, possuem em sua maioria, uma evolução semelhante no meio ambiental, no entanto, são diferentes com relação aos efeitos causados sobre o hospedeiro.

Behnke (31) cita que para infectar um bovino, esses parasitos não precisam de hospedeiros intermediários, pois o ciclo de vida é direto. Esse ciclo é dividido em duas fases, a fase de vida livre e a fase de vida parasitária. A fase de vida livre dos nematódeos compreende desde o momento em que os ovos são liberados no ambiente junto com as fezes, eclodem e as larvas se desenvolvem passando pelas fases L1 e L2. Nessa fase, a alimentação do parasito é basicamente microrganismos e bactérias presentes no bolo fecal. BORBA (25) e GEORGE (34) relatam que os hospedeiros adquirem a infecção ingerindo a pastagem contaminada com larvas de terceiro estágio (L3), que após atingir a maturação, podem viver no lúmen do trato digestório, fixos à mucosa ou penetrados no epitélio. Apesar de algumas larvas infectantes poderem sobreviver por várias semanas sob condições ambientais favoráveis, o hospedeiro portador é quem geralmente perpetua a infecção através dos anos. Os indivíduos se diferem quanto ao grau da patogenia e são mais suscetíveis devido ao sexo, idade, fase do ciclo reprodutivo, 14 comportamento e genética. Porém, Souza (35) cita que a carga parasitária necessária para causar doença varia consideravelmente, devido às diferenças na patogenicidade das espécies

parasitárias. Taylor (36) também observaram que a patogenia da tricostrongilose está relacionada às alterações que acontecem no ambiente do abomaso. Em um grau elevado, o parasitismo pode ocasionar úlceras e elevar o pH do abomaso, podendo desencadear quadros de diarreia e anorexia.

Responsável por gastrite parasitária em ruminantes, o gênero *Ostertagia* spp. apresenta características de alta patogenicidade, observada até mesmo quando a carga parasitária é baixa, podendo representar prejuízos na produção (32).

O gênero *Cooperia* spp. aloja-se no intestino delgado dos ruminantes. Os sinais clínicos observados nos animais consistem, essencialmente, na diminuição ou perda de apetite, diminuição da taxa de ganho de peso e, em alguns casos pode gerar emagrecimento em nível elevado (37). O gênero *Trichostrongylus* spp. apresenta nematódeos que nos bovinos, é a espécie mais relevante, alojando-se no abomaso dos ruminantes. São nematódeos pequenos e que não passam de sete milímetros quando adultos. *Oesophagostomum* spp. são parasitos do intestino grosso de ruminantes e suínos. O período de chuva no fim de outono e início de inverno proporciona condições adequadas para o aparecimento de surtos de *Trichostrongylus axei* (38). Em questão de relevância, destaca-se o gênero *Haemonchus* spp. que se localiza no abomaso dos ruminantes, apresentando coloração avermelhada devido à ação espoliativa sobre o hospedeiro (39). Uma possível incapacidade do hospedeiro em repor as perdas de sangue geradas por este parasito, caracteriza a patogenia das infecções promovidas por esta espécie, acarretando uma anemia que avança rapidamente, podendo ocasionar a morte do animal (40).

PRINCIPAIS CLASSES DE ANTI-HELMÍNTICOS E MODO DE AÇÃO

Em três estudos em rebanhos de bovinos de leite no Brasil (41; 42; 43), observou-se que os anti-helmínticos mais utilizados por pecuaristas brasileiros são os pertencentes à classe das lactonas macrocíclicas, seguido dos imidazotiazóis e benzimidazóis.

As lactonas macrocíclicas surgiram no início da década de 1980 e produziram grande revolução no mercado mundial dos antiparasitários. Além de apresentarem maior poder residual que os piretroides, são também eficientes contra vermes e bernes, sendo por isso chamados de “endectocidas”. São derivados de produtos obtidos com a fermentação do fungo *Streptomyces avermitilis*, e existem quatro subgrupos no mercado (Ivermectina, Moxidectina, Doramectina e Abamectina (44). O exato mecanismo de ação das lactonas macrocíclicas ainda não está totalmente esclarecido. Isso ocorre devido a algumas características da droga, tais como, apresentar vários locais de ação, várias espécies alvo com sensibilidades diferentes a seu efeito e pouca solubilidade em soluções aquosas (45). A primeira hipótese formulada para explicar o modo de ação das lactonas macrocíclicas relata que elas atuam como agonistas do ácido gama amino butírico (GABA), aumentando a permeabilidade dos íons cloro (Cl⁻), resultando em paralisia muscular (46; 47).

O grupo de imidazotiazóis atua, sobretudo na coordenação neuromuscular dos parasitos, como agonista colinérgico nicotínico. Penetram no parasito através da cutícula e estimulam de modo reversível, estruturas do tipo ganglionar, inibindo a produção de succinato de hidrogenase, ligando-se aos receptores neurotransmissores acetilcolinérgicos, produzindo sua ativação, o que resulta no acúmulo de acetilcolina na fenda sináptica, ocorrendo deste modo uma despolarização excessiva da membrana pós-sináptica e, como conseqüência, hiperexcitabilidade e paralisia espástica dos parasitos (48). Os receptores colinérgicos para o levamisol em helmintos apresentam diferenças farmacológicas das ligações em receptores dos vertebrados, explicando a sua atividade específica (49).

Os benzimidazóis pertencem a um grupo central de benzimidazoles, a partir dos quais foram sintetizadas uma grande quantidade de moléculas classificadas quimicamente em quatro grupos: benzimidazóis tiazoles; benzimidazóis metilcarbamatos; próbenzimidazóis e benzimidazóis halogenados, entre esses os principais para bovinos são os benzimidazóis metilcarbamatos que tem como principal representante o albendazole e seu metabólito ativo sulfóxido de albendazole, também denominado de ricobendazole (50). O mecanismo que os benzimidazóis utilizam para exercer sua atividade anti-helmíntica é a ligação altamente específica com a subunidade β da tubulina, fazendo sua polimerização e impedindo que esta estrutura consiga realizar suas atividades celulares, resultando na morte do parasita. Provocam alterações nas ultraestruturas das células intestinais dos nematódeos e nas células tegumentares dos cestódeos (51).

FORMAS DE CONTROLE

Apesar da existência de resistência a maioria dos fármacos disponíveis no mercado, a forma mais utilizada para o controle das helmintoses em bovinos é por meio da administração de drogas anti-helmínticas. Devido a isso, faz-se necessário que as medidas aplicadas de controle e profilaxia sejam eficazes, minimizando a influência dos parasitas, mantendo as infecções em níveis aceitáveis, em que, dependerão da intensidade do sistema de produção (52; 53).

Antes do desenvolvimento das pesquisas com anti-helmínticos, o controle da verminose era feito por meio de medicamentos caseiros, quando na década de 40, Gordon recomendou o conceito da implantação de programas de tratamentos, com produtos específicos desenvolvidos, ou seja, anti-helmínticos verdadeiros, sendo que o melhor uso possível era considerar o custo-benefício do tratamento. Este conceito foi negligenciado recentemente, quando constatado que o uso de forma indiscriminada de produtos altamente efetivos não resultou em melhorias significativas (2)

Alternativas como a seleção de animais geneticamente mais resistentes tem sido estudadas na busca do controle efetivo aos parasitas gastrintestinais (54). Segundo Albers (55), a resistência dos animais aos parasitas gastrintestinais pode ser atribuída à habilidade que o animal desenvolve na tentativa de impedir o estabelecimento e/ou desenvolvimento

da infecção por helmintos. Sendo que a forma mais precisa de se avaliar a resposta do hospedeiro contra a infecção, é a quantificação da carga parasitária (56).

MANIPULAÇÃO NUTRICIONAL PARA CONTROLE DO PARASITISMO

Segundo Parkins e Holmes (29), animais bem nutridos resistem de forma mais eficiente aos efeitos dos parasitas. Sendo assim, o estado nutricional do hospedeiro pode controlar os efeitos negativos da infecção parasitária. Desta forma, espera-se que uma suplementação proteica possa compensar os efeitos dos parasitas, melhorando a resistência do hospedeiro em relação aos parasitas de acordo com a nutrição.

De acordo com Wallace (57) e Haile (58), a suplementação proteica para animais com infecção parasitária tem sido utilizada e tem mostrado bons resultados, já que o hospedeiro também apresenta uma maior habilidade de resistir à infecção. Bricarello (59), observou que ovinos da raça Santa Inês tratados com um suplemento contendo 129 gramas de proteína metabolizável/kg de matéria seca, apresentaram uma menor contagem de vermes. Veloso (60) também cita uma redução maior na contagem de 19 OPG dos ovinos tratados com alto nível de proteína, quando comparados com o grupo que recebeu baixa proteína.

Knox e Steel (61) e Veloso (60) citam que o uso de suplementos pode ajudar no aumento do aporte nutricional e com isso melhorar a capacidade dos animais em resistir à infecção. A suplementação proteica também pode auxiliar na redução do número de contagem de ovos de por grama de fezes (OPG) (62). Visto isso, são inúmeros os trabalhos encontrados na literatura realizados com outras espécies e categorias animais, faz necessário estudo visando o controle de nematódeos gastrintestinais por meio de anti-helmíntico e/ou suplementação proteicas em bezerros na fase de desmame.

O tratamento com anti-helmínticos é uma forma de resolver o problema de verminose no rebanho, porém, de maneira momentânea (63). O estudo realizado por Gomes (64) confirma que considerando os custos e o fato dos antihelmínticos poderem interferir com os mecanismos de imunidade natural dos bovinos, a utilização de anti-helmínticos, nem sempre é a forma mais adequada para resolver os problemas com parasitoses. O uso de outros meios para tentar sanar estes problemas com vermes gastrintestinais se faz necessário. Desta forma, a suplementação proteica auxilia como medida preventiva, para melhorar a imunidade do animal e ajudar no controle de helmintos.

CONCLUSÕES

Não há influência do tratamento anti-helmíntico no desempenho dos animais tratados e não tratados com anti-helmínticos em sistema de confinamento, devido à manipulação nutricional utilizada nestes sistemas. O fornecimento de dieta de alto concentrado, ou seja, com níveis de nutrientes disponíveis balanceados e ausência de

desafio para reinfecção por helmintos, são suficientes para promover a eliminação da carga parasitária.

AGRADECIMENTOS

Equipe de Extensão e Pesquisa em Parasitologia Animal (EPPA).

REFERÊNCIAS

1. ANUALPEC 2016: Anuário estatístico da pecuária de corte brasileira. São Paulo: FNP Consultoria e Comércio Ltda., 2016.
2. BIANCHIN, I. Controles estratégicos dos nematódeos gastrintestinais em bovinos de corte no Brasil. *A Hora Veterinária*, Porto Alegre, v. 7, n. 39, p. 49-53, 1987.
3. REIS, R.A.; RODRIGUES, L.R.A.; PEREIRA, J.R.A. Suplementação como estratégia para o manejo das pastagens. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DAS PASTAGENS, 13. 1997, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 1997. p. 123-150.
4. REIS, R.A.; MELO, G.M.P.; BERTIPAGLIA, L.M.A. et al. Otimização da utilização da forragem disponível através da suplementação estratégica. In: **VOLUMOSOS NA PRODUÇÃO DE RUMINANTES**, 2. 2005, Jaboticabal. **Anais**. Jaboticabal: FUNEP, 2005a. p.25-60.
5. REIS, R. A.; RUGGIERI, A. C.; CASAGRANDE, D. R.; PÁSCOA, A. G. Suplementação da dieta de bovinos de corte como estratégia do manejo das pastagens. *Revista Brasileira de Zootecnia* [online]. v. 38, pp. 147-159, 2009.
6. ANUALPEC 2015: Anuário estatístico da pecuária de corte brasileira. São Paulo: FNP Consultoria e Comércio Ltda., 2015.
7. PINHEIRO, A.C.; ALVES-BRANCO, F.P.J.; SAPPER, M.F.M. Impacto econômico das parasitoses nos países do Mercosul. In: SEMINÁRIO BRASILEIRO DE PARASITOLOGIA VETERINÁRIA, 11, Salvador. *Anais*. Salvador, Colégio Brasileiro de Parasitologia Veterinária, p.59-60, 1999.
8. NICOLAU, C. V. J., AMARANTE, A. F. T., ROCHA, G. P., GODOY, W. A. C. Relação entre desempenho e infecção por nematódeos gastrintestinais em bovinos Nelore em crescimento. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.54, 2001.

9. PINHEIRO, A. C. Custo benefício dos esquemas estratégicos de controle das helmintoses dos bovinos. In: SEMINÁRIO BRASILEIRO DE PARASITOLOGIA VETERINÁRIA, 3, 1985, Balneario Camburiú. Anais. Brasília: EMBRAPA/DDT, p. 153-7, 1985.
10. ZOCOLLER, M. C.; STARKE, W. A.; VALÉRIO FILHO, W. V. Ganho de peso em fêmeas da raça Guzerá tratadas com diferentes épocas de aplicação de antihelmínticos. In: SEMINÁRIO BRASILEIRO DE PARASITOLOGIA VETERINÁRIA, 9, Campo Grande. Anais. Campo Grande: CBPV, p. 124. 1995.
11. BIANCHIN, I. Epidemiologia dos nematódeos gastrintestinais em bovinos de corte nos cerrados e o controle estratégico no Brasil. In: CONTROLE DOS NEMATÓDEOS GASTROINTESTINAIS DE BOVINOS. Anais. Campo Grande: EMBRAPA-CNPGL, p. 113-156, 1996.
12. SOUTELLO, R.V.G.; GASPARELLI JÚNIOR, A.G.; MENEZES, C.F.; DOURADO, H. F.; LIMA, M.A.; BAIER, M.O. Ação e importância dos anti-helmínticos em relação a produção de ruminantes. Ciências Agrárias e da Saúde, v. I, n. 1, p. 55-59, 2001.
13. ANUALPEC. **Anuário da pecuária brasileira**. São Paulo: FNP Consultoria/Agros Comunicação, 2021. p. 218.
14. DIAS-FILHO, M. B. Degradação de pastagens: processos, causas e estratégias de recuperação. 4. ed. rev. atual. e ampl. Belém, PA, 2011. 215 p.
15. WEDEKIN, V.S.P.; BUENO, C.R.F.; AMARAL, A.M.P. Análise econômica do confinamento de bovinos. Informações econômicas, v.24, n.9, p.123-131, 1994.
16. CARDOSO, E.G. Engorda de bovinos em confinamento. Campo Grande: EMBRAPA CNPGC, 1996. 36p (Documentos, 64).
17. EUCLIDES FILHO, K.; FIGUEIREDO, G.R.; EUCLIDES, V.P.B. et al. Desempenho de diferentes grupos genéticos de bovinos de corte em confinamento. Revista Brasileira de Zootecnia, v.32, n.5, p.1114-1122, 2003.
18. GRISI, L.; LEITE, R.C.; MARTINS, J.R.S.; BARROS, A.T.M.; CANÇADO, P.H.D.; VILLELA, H.S. perdas econômicas potenciais devido ao parasitismo em bovinos no Brasil. Revista de Educação Continuada em Medicina Veterinária e Zootecnia, v. 11, n. 3, 2013.
19. STROMBERG, B. E.; GASBARRE, L. C.; WAITE, A.; BECHTOL, D. T.; BROWN, M. S.; ROBINSON, N. A.; OLSON, E. J.; NEWCOMB, H.. Cooperia

- punctata: effect on cattle productivity?. *Veterinary Parasitology*, v. 183, p. 284-291, 2012.
20. HELNZEN, E.L; PEIXOTO, E.C.T.M.; JARDIM, J.G.; GARCIA, R.C.; OLIVEIRA, N.T.E; ORSI, R.O. Extrato de própolis no controle de helmintoses em bezerros. *Acta Veterinaria Brasilica*, v.6, n.1, p.40-44 , 2012.
 21. LIMA, WS (2004). Os inimigos ocultos da Pecuária. *DBO – Saúde Animal*, 816.
 22. PEREIRA, ADEMIR B ; LEITE, ROMÁRIO C ; BIANCHIN, Ivo. Verminose dos bovinos. *Gestão Pecuária*, São Paulo, v. 31, p. 26-34, 2004.
 23. SEQUEIRA, T.C.G.O.; AMARANTE, A.F.T. *Parasitologia animal: Animais de produção*. 1 ed. Rio de Janeiro: Editora de Publicações Biométricas LTDA – EPUB, 2001. 158 p. *Helmintologia*, p. 75-114.
 24. BALIC, A.; BOWLES, V. M.; MEEUSEN, E. N. T. Mechanisms of immunity to *Haemonchus contortus* infection in sheep. *Parasite Immunology*, Oxford, v. 24, p. 39- 46, 2002.
 25. BORBA, M. F. S. Efeitos do parasitismo gastrointestinal sobre o metabolismo do hospedeiro. In: SILVA SOBRINHO, A. G. *Nutrição de ovinos*. Jaboticabal: FUNEP, 1996, p. 213-233.
 26. DYNES, R. A.; POPPI, D. P.; BARRELL, G. K.; SYKES, A. R. Elevation of feed intake in parasite-infected lambs by central administration of a cholecystokinin receptor antagonist. *British Journal of Nutrition*, v. 79, p. 47-54, 1998.
 27. VILELA, V.L.R.; FEITOSA, T. F.; LINHARES, E. F.; ATHAYDE, A. C.; MOLENTO, M. B.; AZEVEDO, S. S. FAMACHA method as an auxiliary strategy control of gastrointestinal helminthiasis of dairy goats under semiarid conditions of Brazil northeastern. *Veterinary Parasitology*, v. 190, p. 281-284, 2012.
 28. SYKES, A. R.; COOP, R. L. Effects of parasitism on host metabolism. In: *The management and disease control of sheep*. London: British Council and Commonwealth Agricultural Bureaux, 1979, p. 345-357.
 29. PARKINS, J. J.; HOLMES, P. H. Effects of gastrointestinal helminthparasites on ruminant nutrition. *Nutrition Research Reviews*, Cambridge, v.2, p. 227-246, 1989.

30. SOUTELLO, R.V.G.; CONDI, G.K.; PAES, F.; FONZAR, J.F. Influência do parasitismo e da suplementação proteica no desenvolvimento ponderal de novilhos mestiços Angus-Nelore e da raça Guzerá. *Ciências Agrárias e da Saúde*, v. II, n. 1, p. 21-27, 2002.
31. BEHNKE, J. M.; BARNARD, C. J.; WAKELIN, D. Understanding chronic nematode infections: evolutionary considerations, current hypotheses and the way forward. *Int. J. Parasitol.*, v. 22, n. 7, p. 861-907, 1992.
32. VIVEIROS, C. T. Parasitoses gastrintestinais em bovinos na ilha de S. Miguel, Açores – Inquéritos de exploração, resultados laboratoriais e métodos de controlo. 2009. 104 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Técnica de Lisboa - Faculdade de Medicina Veterinária. 2009.
33. CRAIG, T. M. *Gastrointestinal Protozoal infections in ruminants*. Missouri: Saunders Elsevier, 2008. p. 91-95.
34. GEORGE, J. R. Parasitismo dos ruminantes. In:_____. *Parasitologia veterinária*. 3.ed. Rio de Janeiro: Interamericana, 1982. cap. 17, p. 277.
35. SOUZA, M. F. Recuperação de larvas infectantes, carga parasitária e desempenho de cordeiros terminados em pastagens com distintos hábitos de crescimento. 2013. 107 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 2013.
36. TAYLOR, M. A.; COOP, R. L.; WALL, R. L. *Parasitologia veterinária*. 3.ed. Rio de Janeiro: Guanabara-Koogan, 2010.
37. DURO, L. S. Parasitismo gastrointestinal em animais da quinta pedagógica dos Olivais. Especial referência aos mamíferos ungulados. 2010. 135f. Dissertação (Mestrado Integrado em Medicina Veterinária) – Universidade Técnica de Lisboa, Faculdade de Medicina Veterinária, Lisboa. 2010.
38. PIMENTEL NETO, M. Epizootiologia da Haemoncose em bezerros de gado de leite no Estado do Rio de Janeiro. *Pesquisa Agropecuária Brasileira: série Veterinária*, Brasília, v.11, p.101-114, 1976.
39. MEANA MAÑES, A; ROJO VÁZQUEZ, F. A. Tricostrogilidosis y Otras Nematodosis. In Cordero del Campillo. *Parasitologia Veterinaria: Parasitosis del aparato digestivo*, Madrid, 2002. p. 237-253.
40. MOLENTO, M. B.; TASCA, C.; GALLO, A.; FERREIRA, M.; BONONI, R.; STECCA, E. Método Famacha como parâmetro clínico individual de infecção por

- Haemonchus contortus em pequenos ruminantes. *Ciência Rural*, v. 34, p. 1139–1145, 2004.
41. CHARLES, T.P., FURLONG, J. A survey of dairy cattle worm control practices in southeast Brazil. *Vet. Parasitol.* v. 65, p. 65–73, 1996.
 42. DELGADO, F.E.F., LIMA, W.D.S., CUNHA, A.P., BELLO, A.C.P.P., DOMINGUES, L.N., WANDERLEY, R.P.B., LEITE, P.V.B., LEITE, R.C. Verminoses dos Bovinos: Percepção de Pecuaristas em Minas Gerais, Brasil. *Rev. Bras. Parasitol. Veterinária.* v. 18, p. 29–33, 2009.
 43. PEREIRA, J.R. Práticas de controle e prevalência de helmintos gastrintestinais parasitos de bovinos leiteiros em Pindamonhangaba , São Paulo , Brasil. *Rev. Ciências Agroveterinárias.* v. 10, p. 16–22, 2011.
 44. FURLONG, J.; MARTINS, J.R.S. Resistência dos carrapatos aos carrapaticidas. Juiz de Fora: CNPGL-EMBRAPA, 2000. 25p. (Boletim Técnico 59).
 45. TURNER, M.J.; SCHAEFFER, J.M. Mode of action of ivermectin. In: CAMPBELL, W.C. (ed.) Ivermectin and abamectin, Springer Verlag, New York, p. 73-88, 1989.
 46. MELLIN, T.N.; BUSCH, R.D.; WANG, C.C. Postsynaptic inhibition of invertebrate neuromuscular transmission by avermectin B1a. *Neuropharmacology*, v. 22, p.89- 96, 1983.
 47. ALBERT, J.; LINGLE, D.H.; MARDER, E.; O'NEIL, M.B. A GABA-activated chloride conductance not blocked by picrotoxin on spiny lobster neuromuscular preparations, *British Journal of Pharmacology*, v. 87, p. 771-779, 1986.
 48. MARTIN, R. J. Neuromuscular transmission in nematodes parasites and antinematodal drug action. *Pharmacology and Therapeutics*, Oxford, v. 58, n. 1, p. 13–50, 1993.
 49. MORENO-GUZMÁN, M. J.; COLES, G. C.; JIMÉNEZ-GONZÁLEZ, A.; CRIADOFORNELIO, A.; ROS-MORENO, R. M.; RODRÍGUEZ-CAABEIRO, F. Levamisole binding sites in *Haemonchus contortus*. *International Journal for Parasitology*, Oxford, v. 28, n. 3, p. 413-418, 1998.
 50. LANUSSE, C.E., ALVAREZ, L.I., LIFSCHITZ, A.L. Princípios farmacológicos da terapia anti-helmíntica. In: CAVALCANTE, A.C.R., VIEIRA, L., CHAGAS, A.C.S., MOLENTO, M.B. Doenças Parasitárias de Caprinos e Ovinos Epidemiologia e Controle. Brasília, DF, 2009. cap. 22, p. 547–603.

51. KÖHLER, P. The biochemical basis of anthelmintic action and resistance. *International Journal for Parasitology*, v. 31, p. 336-345, 2001.
52. REINECKE, R. K. Parasitic control in intensive vs. non-intensive systems - ruminants. *Veterinary Parasitology*, v. 54, n. 1-3, p. 49-67, 1994.
53. MOLENTO, M. B. Parasite control in the age of drug resistance and changing agricultural practices. *Veterinary Parasitology*, Amsterdam, v. 163, n. 4, p. 229–234, ago. 2009.
54. BRICARELLO, P. A.; S. M GENNARI.; T. C. G OLIVEIRA-SEQUEIRA.; C. M. S. L Vaz.; I GONÇALVES DE GONÇALVES.; F. A. M ECHEVARRIA. Worm burden and immunological responses in Corriedale and Crioula Lanada sheep following natural infection with *Haemonchus contortus*. *Small Ruminant Research*, v. 51, n. 1, p. 75-83, 2004.
55. ALBERS, G. A. A.; GRAY, G. D.; Le JAMBRE, L. F.; BARGER, A.; BARKER, J. S. F. The effect of *Haemonchus contortus* infection on haematological parameters in young merino sheep and its significance for productivity. *Animal Production*, v. 50, p. 99-109, 1990.
56. KASSAI, T.; L FÉSUS.; W. M. L HENDRIKX.; CS TAKÁTS.; É FOK.; P REDL.; E TAKÁCS.; Ph. R NILSSON.; M. A. W VAN LEEUWEN.; J JANSEN.; W. E BERNADINA .; K FRANKENA. Is there a relationship between haemoglobin genotype and the innate resistance to experimental *Haemonchus contortus* infection in Merino lambs? *Veterinary Parasitology*, v. 37, p. 61-77, 1990.
57. WALLACE, D. S.; BAIRDEN, K.; DUNCAN, J. L.; ECKERSALL, P. D.; FISHWICK, G.; HOLMES, P. H.; MCKELLAR, Q.; MITCHELL, S.; MURRAY, M.; PARKINS, J. J. The influence of increased feeding on the susceptibility of sheep to infection with *Haemonchus contortus*. *Journal of Animal Science*, v. 69, p. 457-463, 1999.
58. HAILE, A. , TEMBELY, S.; ANINDO, D. O.; MUKASA-MUGERWA, E.; REGE, J. E. O.; YAMI, A.; BAKER, R. L. Effects of breed and dietary protein supplementation on the responses to gastrointestinal nematode infections in Ethiopian sheep. *Small Ruminant Research*, v. 44, n. 3, p. 247-261, 2002.
59. BRICARELLO, P. A.; AMARANTE, A. F. T.; ROCHA, R. A.; CABRAL FILHO, S. L.; HUNTLEYC, J. F.; HOUDIJKD, J. G. M.; ABDALLAB, A. L.; GENNARIE, S. M. Influence of dietary protein supply on resistance to

- experimental infections with *Haemonchus contortus* in Ile de France and Santa Ines lambs. *Veterinary Parasitology*, n. 134, p. 99-109, 2005.
60. VELOSO, C. F. M.; LOUVANDINI, H.; KIMURA, E. A.; AZEVEDO, C. R.; ENOKI, D. R.; FRANÇA, L. D.; McMANUS, C. M.; DELL'PORTO, A.; SANTANA, A. P. Efeitos da suplementação proteica no controle da verminose e nas características de carcaça de ovinos Santa Inês. *Ciência Animal Brasileira*, v. 5, n. 3, p. 131-139, 2004.
 61. KNOX, M.; STEEL, J. W. The effects of urea supplementation on production and parasitological responses of sheep infected with *Haemonchus contortus* and *Trichostrongylus colubriformis*. *Veterinary Parasitology*, v. 83, p. 13-135, 1999.
 62. KYRIAZAKIS, I.; HOUDIJK, J. Immunonutrition: nutritional control of parasites. *Small Ruminant Research*, v. 62, p. 79-82, 2006.
 63. CEZAR, A.S. et al. Controle alternativo de nematódeos gastrintestinais dos ruminantes: atualidades e perspectivas. *Ciência Rural*, Santa Maria, v. 38, n.7, p. 2083-2091, 2008.
 64. GOMES, A. F. *Helmintoses dos ruminantes domésticos*. [S.l.]: EAL – Edições de Angola, 2010. 197 p.

DOI: <https://doi.org/10.53934/9786585062039-42>

CAPÍTULO 42

FORMAS FÍSICAS DE RAÇÕES PARA AVES: REVISÃO DE LITERATURA

Lorrayne Moraes de Paulo *¹; Alison Batista Vieira Silva Gouveia ¹; Allan Gabriel Ferreira Dias ¹; João Marcos Monteiro Batista ¹; Júlio César Lopes Brasileiro ¹; Fayane Morais Vieira ²; Cibele Silva Minafra ²

*Autor correspondente (Corresponding author) – Email: alisonmestre28@gmail.com

¹Departamento de Zootecnia, Escola de Veterinária e Zootecnia, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, Goiás.

²Departamento de Zootecnia, Instituto Federal Goiano Campus Rio Verde, Rio Verde, Goiás.

Resumo: A alimentação e o processamento dos ingredientes tornam-se fundamental para garantir benefícios e diminuir fatores anti-nutricionais como os encontrados no farelo de soja, conseqüentemente melhorando o desempenho dos animais monogástricos. Além disto, representa impactos nos custos de produção e quando realizada de forma errônea interfere no desempenho a campo. É necessário conhecer a fisiologia, anatomia e hábitos dos animais para fornecer rações que atendam exatamente as exigências e tenham palatabilidade e aceitabilidade. Utilizar processos físicos e térmicos como o peletização, extrusão e expansão na fabricação de rações visam reduzir o hábito das aves em selecionar alimentos, diminuir o desperdício e aumentar a disponibilidade de nutrientes presentes na ração, além de favorecer a diminuição dos fatores antinutricionais, os quais podem afetar o desempenho zootécnico dos animais. Objetivou-se através desta revisão de literatura mostrar quais são os principais tipos de processamento (peletização, expansão, extrusão e desestruturação) que são utilizados na fabricação de rações para aves e sua influência no desempenho.

Palavras-chave: avicultura; digestibilidade; farelada; finos; granulometria.

Abstract: Feeding and processing of ingredients become essential to ensure benefits and reduce anti-nutritional factors such as those found in soybean meal, consequently improving the performance of monogastric animals. In addition, it represents impacts on production costs and, when performed incorrectly, interferes with field performance. It is necessary to know the physiology, anatomy and habits of animals to provide feeds that meet exactly the requirements and have palatability and acceptability. Using physical and thermal processes such as pelleting, extrusion and expansion in the manufacture of rations aim to reduce the birds' habit of selecting food, reduce waste and increase the availability

of nutrients present in the ration, in addition to favoring the reduction of anti-nutritional factors, which can affect the zootechnical performance of animals. The objective of this literature review was to show which are the main types of processing (pelleting, expansion, extrusion and destructuring) that are used in the manufacture of poultry feed and their influence on performance.

Key Word: poultry farming; digestibility; mash; thin; granulometry.

INTRODUÇÃO

A avicultura de corte e postura do Brasil é uma das atividades agropecuária da cadeia produtiva que mais se destaca no campo da produção animal nos últimos anos. O Brasil em 2021 produziu cerca de 14,329 milhões de toneladas de carne de frango, e exportou cerca de 4,610 milhões de toneladas de carne⁽¹⁾.

A alimentação representa cerca de 70% dos custos de produção na avicultura, tornando-se principal foco de estudo para zootecnia, que busca alternativas para aliar a redução dos custos da dieta com benefício aos animais, à satisfação do mercado consumidor e reduzindo danos ao meio ambiente gerado pela excreção das aves⁽²⁾.

Portanto, com todos os avanços obtidos na genética, manejo, sanidade e principalmente na nutrição de aves⁽³⁾, têm se a necessidade de se obter formas físicas variadas das rações, que possam atender as necessidades produtivas e vitais destas aves. Processar uma ração ou ingredientes para que possa obter diferentes formas físicas, podendo ser oriunda da produção sob altas temperaturas e pressão, com presença ou ausência de água, por um curto período⁽⁴⁾.

Os processamentos utilizados são peletização, extrusão ou expansão a fim de promover as diferentes formas físicas. As vantagens e desvantagens do processamento podem influenciar nos diversos níveis de produção, desde a fábrica de ração propriamente dita até o rendimento dos animais⁽⁵⁾. O processamento das rações por peletização, extrusão e expansão são consideradas como uma técnica que visa aumentar a digestibilidade dos nutrientes utilizados em rações para aves, por auxiliar no aumento da eficiência alimentar⁽⁶⁾. Objetivou-se com está revisão evidenciar as diferentes formas físicas das rações utilizadas na avicultura de corte e postura e como estas podem influenciar no desempenho animal.

PROCESSAMENTO DE RAÇÕES

No processamento de rações, há várias atividades que são realizadas desde o recebimento dos ingredientes, avaliação de sua qualidade, estocagem, finalizado com o preparo da ração propriamente dita. Todas as atividades que ocorrem durante o processamento e confecção da ração têm como finalidade produzir alimento que atenda

às necessidades nutricionais das aves proporcionando o ambiente adequado para que estes animais possam expressar todo o seu potencial genético⁽⁷⁾.

Na fabricação de rações a escolha do tipo de processamento que será realizado e da forma física das rações vai depender do estado fisiológico, idade e, o potencial animal. As formas físicas de rações utilizadas na alimentação são: fareladas, peletizadas, extrusadas, expandidas⁽⁸⁾. As diferenças nestas formas poderão ser mantidas ou desestruturadas para adequação a idade dos animais. Basicamente a diferença entre os processamentos são o tamanho da partícula, aglomeração, misturas, tratamento por calor, pressão e mudanças nas estruturas do amido, proteínas e gorduras⁽⁵⁾.

No processamento de rações para aves, o grau de moagem dos seus ingredientes, mostra-se como um dos fatores de maior importância, quanto mais finamente moídos, maior é o custo de produção, devido ao maior consumo de energia e ao tempo de moagem. Pois a forma da ração e o tamanho médio das partículas dos cereais são fatores que merecem atenção quando da fabricação de rações para aves de acordo com as diferentes fases de criação⁽⁹⁾. A redução do tamanho das partículas é uma prática relativamente simples e ajuda na mistura das rações, no entanto, existem limites práticos para a redução do tamanho das partículas, de modo que o tamanho da partícula não interfira no desempenho ou na disponibilidade de nutrientes⁽¹⁰⁾.

O tamanho das partículas do alimento juntamente com sua forma física influência na velocidade de passagem da digesta pelo trato gastrointestinal^(11,12), sendo a velocidade de partículas maiores mais lenta do que a de partículas menores, sendo assim o tamanho da partícula das dietas peletizadas possuem taxa de passagem mais rápida do que a das fareladas⁽¹³⁾. Podendo influenciar também na utilização de nutrientes⁽¹⁴⁾, desempenho de crescimento⁽¹⁵⁾, desenvolvimento do trato digestivo⁽¹⁶⁾ e perfil da microbiota⁽¹⁷⁾.

Outro processo que influência no custo de produção de rações, é o processamento térmico, utilizado para retirar fatores antinutricionais de alguns alimentos. O aumento da intensidade do processamento térmico influência no desempenho das aves devido ao maior consumo e melhor aproveitamento dos nutrientes presentes na dieta fornecida a estes animais⁽⁶⁾. A utilização de processos térmicos na fabricação de rações, como a peletização e extrusão, acarretam a mudança da estrutura dos carboidratos, auxiliando na melhoria da utilização destes carboidratos na dieta de aves. Esta mudança em sua estrutura ocorre porque os grânulos de amido sofrem gelatinização e fusão pela ação do calor e umidade⁽¹⁸⁾.

Segundo Meurer et al.⁽¹⁹⁾ na formulação e confecção de uma dieta, além do balanço nutricional, deve-se realizar o seu processamento adequado, de modo a apresentar as propriedades físicas desejáveis desta ração, as quais permitam o seu rápido consumo pelos animais, para proporcionar o melhor desempenho.

De acordo com Melo et al.⁽⁵⁾ o processo oferece algumas desvantagens, como fluxo de produção mais complicados, necessitando maior atenção dos operadores e do

controle de qualidade e destruição ou prejuízo parcial de alguns nutrientes e componentes da dieta, em especial das vitaminas provocando necessidade de superdosagens.

RAÇÕES FARELADAS

Rações produzidas industrialmente para aves contêm um maior número de ingredientes que precisa ser misturado de forma homogênea⁽²⁰⁾. Devido às demandas de qualidade e a estrutura das matérias primas atualmente mais de 75% dos ingredientes devem ser moídos. O processo de redução de partículas é junto com a mistura e peletização, um dos processos-chave em uma fábrica de ração moderna. Esse processo reduz a dispersão dos ingredientes⁽²¹⁾.

A moagem é o segundo maior consumidor de energia elétrica de uma fábrica de rações. Portanto, é de extrema importância que o processo de moagem seja corretamente dimensionado e operado de maneira eficiente.

A redução do tamanho das partículas visa obter a granulometria necessária para atender os requisitos nutricionais e do sistema digestivo do animal, uma estrutura mais uniforme possível de maneira a obter homogeneidade requerida no processo de mistura posterior, a granulometria necessária de maneira a atingir uma qualidade aceitável da ração⁽⁸⁾. Após o processo de moagem os ingredientes são misturados, assim temos as rações fareladas. Esta pode ser usada diretamente na alimentação de aves ou utilizada para os outros processamentos, e assim dar origem a novas formas físicas destas rações⁽²²⁾.

Segundo Oliveira et al.⁽²³⁾ estudos evidenciam a influência do tamanho da partícula e forma física do alimento na ingestão, fisiologia do trato gastrointestinal e no desempenho das aves. A granulometria correta no processo de moagem é um fator chave para se alcançar um bom desempenho dos animais no campo. Uma moagem muito fina pode causar problemas de saúde nos animais, menor desenvolvimento dos órgãos do trato gastrointestinal (TGI), principalmente da moela, já que esse órgão possui uma poderosa contração muscular, onde se realiza a diminuição das partículas da ração.

A moela exerce uma pressão de moagem nos alimentos de 585 kg/cm². Quando tal moagem é realizada em moinhos com granulometria finas, isso tem efeito negativo sobre o tamanho e função da moela e intestino. Nestas condições a moela funciona como um canal de transporte, em vez de órgão de moagem. Quando a moela está bem desenvolvida, poucas partículas de granulometria chegam ao intestino delgado, e com isso uma melhor utilização dos nutrientes pelos animais⁽²⁴⁾.

Segundo Zaefarian et al.⁽²⁵⁾ aves alimentadas com rações com granulometria maiores estimulam o desenvolvimento e a atividade da moela, aumenta o tempo de passagem do alimento pelo TGI através da moela, aumentando o tempo de exposição de nutrientes as enzimas digestivas, o que por sua vez, pode melhorar a utilização de energia

e a digestibilidade de nutrientes, contribuindo para melhor utilização dos nutrientes e diminuindo o pH estomacal.

Um menor pH pode aumentar a atividade da pepsina e melhorar a digestão de proteína, consequentemente reduzindo os riscos de coccidiose, a qual é causada por espécies do gênero *Eimeria*, podendo causar lesões no epitélio intestinal, prejudicando a digestão e absorção de nutrientes, reduzindo o desempenho zootécnico e a eficiência alimentar das aves, tornando-se uma das doenças infecciosas de maior importância econômica na cadeia avícola⁽²⁶⁾.

As partículas menores influenciam outros órgãos do TGI, podem diminuir o tamanho e o peso do intestino delgado⁽²⁷⁾. Além dos requisitos fisiológicos dos animais, o tamanho da partícula é importante para as próximas etapas da produção. A moagem facilita a mistura dos ingredientes. Na moagem fina se tem uma maior área de superfície específica, fazendo que o material absorva uma maior quantidade de água durante o processo de peletização, isso aumentará o grau de gelatinização do amido o que leva a uma melhor qualidade do pellet⁽²⁸⁾.

Para verificar a qualidade da granulometria no processo de moagem, é realizado teste de diâmetro médio geométrico das partículas (DGM), que verifica com exatidão a distribuição do tamanho das partículas⁽²⁹⁾. Existem algumas desvantagens em se utilizar uma dieta farelada para aves de corte dentre elas: dificuldades na manipulação e mistura de ingredientes, escolha do tamanho das partículas dos alimentos utilizados na fabricação da ração, excesso de pó, e perda de microcomponentes.

Analisando a anatomia e fisiologia das aves deve-se ressaltar que as aves de modo geral têm dificuldade de consumir partículas grandes ou muito pequenas quando comparadas com o tamanho de seus bicos, além de que frangos de corte ainda jovens são capazes de identificar pequenas diferenças de tamanho entre as partículas, possuindo preferência por partículas maiores, o que interfere em seu desempenho inicial, e em todo o seu desempenho produtivo durante o seu ciclo de vida. Avaliar a granulometria dos ingredientes que compõem uma ração passa a ser um ponto importante para a realização de pesquisas que possam elucidar quais seriam as melhores granulometrias e o melhor processamento a ser utilizado⁽³⁰⁾.

RAÇÕES PELETIZADAS

Um dos objetivos da peletização é formatar a ração preparada no misturador em pellet cilíndrico e compacto. Isso é realizado através do condicionamento por vapor prévio e uma compactação posterior. A peletização consiste no tratamento térmico mais utilizado na produção de rações para frangos. A peletização aglomera as partículas grossas e finas dos ingredientes moídos, gerando aumento na ingestão de alimentos e consequentemente uma maior eficiência alimentar, impossibilitando a seleção de alimento pelas aves^(8, 31).

A peletização é o processamento de menor custo do equipamento comparada com extrusoras e expanders, dessa forma é a técnica mais utilizada e com maiores números de estudos sobre o processamento.

No processo de peletização é adicionado o calor, umidade e pressão mecânica. Esses três fatores causam alterações química e física no alimento, como a gelatinização do amido, desnaturação parcial de proteínas, inativação de fatores antinutricionais presentes em alguns ingredientes. A ruptura da parede celular de ingredientes vegetais no processo de peletização também proporciona maior acessibilidade das enzimas digestivas aos nutrientes. Porém, esse a peletização pode ser prejudicial à estabilidade das enzimas exógenas e vitaminas⁽³²⁾.

A qualidade física do pellet é um fator crítico para otimizar a eficiência alimentar e desempenho do frango de corte. Alguns parâmetros podem influenciar essa qualidade, como matéria prima (característica física, química, preparação da massa e uso de aglutinantes), controle do processo (condicionamento do vapor, ajuste da capacidade, retorno de finos e adição de líquidos) e equipamento (velocidade periférica da matriz, configuração da matriz, configuração dos rolos e a distância entre rolos e matriz)⁽⁶⁾.

A matéria prima é fator que mais influência na qualidade do pellet. O amido é o ingrediente principal dos cereais e é vital para a fonte de energia na alimentação animal. A mudança de solubilidade do amido ocorre pelo aumento da temperatura havendo transformação da estrutura naturalmente cristalina para a estrutura em gel facilitando o ataque das enzimas ao tornar grânulos excessivamente inchados a ponto de se romperem quando submetidos à temperatura superiores a 70°C⁽³³⁾.

De acordo com Melo et al.⁵ a presença de água é um pré-requisito para o processo de gelatinização. Para ser eficaz como aglutinante o amido deve ser pré-gelatinizado na superfície das partículas. Além dos fatores diretamente relacionados aos nutrientes a gelatinização do amido contido nos alimentos provoca um efeito fisiológico nas aves aumentando o tempo de esvaziamento gástrico, reduzindo o trânsito de passagem do bolo alimentar resultando melhor digestão e absorção dos demais nutrientes.

Como a gelatinização do amido, o processamento também resulta na desnaturação de proteínas, favorecendo a digestão e absorção de aminoácidos devido ao desenrolamento das proteínas contidas nos alimentos resultando em perda da forma globular tridimensional, a partir do rompimento das ligações iônicas, dissulfídicas, de hidrogênio e as forças de Van der Waals, responsáveis pela manutenção da estrutura. Essas reações proporcionam uma melhoria na qualidade da ração, por possuir propriedades adesivas que afetam positivamente na dureza dos pellets.

A presença de açúcares simples (mono e dissacarídeos) aumenta o consumo de energia elétrica, devido a maiores fricções dos rolos em contato com a matriz. No entanto, os açúcares têm efeito favorável sobre a qualidade dos grânulos, porque durante o resfriamento ocorre a recristalização e estabelecimento de sólidos.

As fibras ou também chamadas de PNAs (polissacarídeos não amiláceos) podem ser divididas em insolúvel e insolúvel em água⁽³⁴⁾. Esta divisão é muito útil, quando tentamos explicar o funcionamento do processo de peletização. As fibras solúveis em água (glucanos, arabinosilanos e pectinas) aumentam a aderência da massa, resultando um pellet mais firme, com maior dureza. As fibras insolúveis em água, devido a presença da lignina, tornam-se mais resistentes ao processo, necessitando de uma maior retenção de material na matriz, reduzindo o fluxo.

Além de melhorar a solubilidade do amido, a peletização pode solubilizar parte da fração das fibras nas dietas, aumentando a viscosidade das digestas no intestino delgado capaz de aumentar o peso do fígado das aves na fase inicial de desenvolvimento, e reduzir o tempo que alimento permanece na moela, com redução do peso da moela intestino, quando comparamos com dietas fareladas⁽⁵⁾.

As gorduras atuam como lubrificantes entre as partículas e as paredes da matriz e entre as próprias partículas, resultando em uma menor fricção e, assim diminuindo a pressão da matriz. Gordura devido sua natureza hidrofóbica inibem as ligações de outros componentes, isto é, amido, proteína e fibras. Uma alta inclusão de gordura nas dietas (acima de 6,5%), afeta a qualidade do pellet, por outro lado, há uma diminuição nos desgastes dos equipamentos e aumenta o fluxo de produção⁽³⁵⁾.

Dependendo da finalidade a que se destina a ração, a qualidade pode ter diferentes aspectos. Os parâmetros de qualidade são definidos segundo essa finalidade, entre os parâmetros podemos analisar dureza do pellet, comprimento, diâmetro do pellet, densidade, peso específico, valor nutritivo, atividade de água, aparência, gosto aderência e germes patogênicos⁽³⁶⁾.

Com o processo de peletização, a ração torna-se mais digestível, após sofrer aquecimento prévio sendo eliminada a possibilidade de desmistura no transporte a granel, no manuseio e na estocagem. Alguns estudos mostram que rações peletizadas favorecem o consumo, a eficiência de retenção de energia metabolizável aparente e principalmente a retenção de gordura. Isso explica por que aves alimentadas com rações peletizada tem maior deposição de gordura abdominal. A ração peletizada favorece o consumo, assim como reduzir taxa de passagem, aumentando a absorção de nutrientes pelas aves, consequentemente um maior ganho de peso. Estudos mostram uma melhor conversão alimentar⁽³¹⁾.

O peso relativo da moela e do intestino delgado diminui quando as aves são alimentadas com rações fareladas, comparadas com rações peletizada. Uma moela desenvolvida estimula a mobilidade intestinal aumentando os níveis de liberação de colecistoquinina o que estimula a secreção pancreática e de enzimas digestivas.

Além dos benefícios nutricionais, a peletização entra nas fabricas de rações com um adicional de higienização. Para melhorar a condição bacteriológica da ração, a ração farelada passa pelo condicionado em condições definidas de temperatura e tempo de

retenção. Isso acontece através da utilização de um condicionador adicional ou dos chamados redentores. Nesses casos a definição de condicionamento é substituída pelo termo higienizador⁽³⁷⁾. Ocorre à destruição ou inativação dos microrganismos patogênicos na ração, que são sensíveis a altas temperaturas, como é o caso da Salmonella, que tem dentro de uma fábrica de ração condições ideais para propagação (temperatura e umidade)⁽³⁸⁾.

Para que a higienização seja efetiva pela peletização, deve haver intensidade no processo, duração da exposição ao calor, um nível de umidade na ração a ser tratada. A temperatura de condicionamento deve ser acima de 80°C. O tempo de retenção de até 240 segundos, dependendo da contagem de bactérias e da segurança do processo⁽³⁹⁾.

O condicionador é um equipamento extremamente importante no processo de peletização. No passado o objetivo do condicionamento era principalmente mudar as propriedades físicas e química da ração farelada por meio do aumento da temperatura e umidade. Como consequência, isso tem uma influência positiva no processo de peletização⁽³¹⁾.

Hoje o condicionamento por vapor se tornou mais importante que nunca. Por um lado, contribuindo para um processo de peletização mais eficiente, na medida em que a qualidade e o consumo de energia elétrica são tópicos importantes. Por outro lado, o condicionamento fornece as condições ideais para um tratamento térmico de rações animais de maneira a controlar a contagem total de germes patogênicos⁽³⁷⁾.

Além dos benefícios já citados, a peletização melhora a taxa de conversão alimentar, o animal tem digestão mais lenta; melhoria na palatabilidade com o efeito de tostagem; estrutura modificada da ração, físico e químico; menos mão de obra no arraçamento, utilizando a automatização; menor volume de armazenagem; melhor fluidez, descarga facilitada; menor risco de formar pontes nos silos; maior vida útil; menor risco de segregação e contaminação; utilização de ingredientes mais baratos. Esse processamento onera o custo das rações, porém com rações processadas o ato das aves em selecionar partículas maiores e melhor aproveitamento do tempo dos animais dos animais para alimentação quando comparadas com as fareladas⁽⁵⁾.

Segundo Yan et al.⁽⁴⁰⁾ frangos de corte alimentados com dietas peletizadas tiveram melhor desempenho devido ao maior consumo de ração e redução do desperdício, além do efeito da granulometria ter variado de acordo com a forma física da dieta.

Silva et al.⁽⁴¹⁾ verificaram que frangos de corte de um a 42 dias de vida alimentados com dietas peletizadas preparadas com granulometria de 650 micrômetros e teor de umidade de 1,6% obtiveram maiores coeficientes de digestibilidade ileal de aminoácidos e de energia metabolizável aparente corrigida pelo balanço de nitrogênio durante todo período experimental.

Fasuyi & Odunayo⁽⁴²⁾ concluíram que a peletização de rações de frangos de corte na fase inicial proporcionou melhor taxa de crescimento das aves, melhor consumo de ração e eficiência alimentar. A peletização também melhorou as características de carcaça das aves e não influenciou os índices hematológicos e bioquímicos sanguíneos. Esperava-se que o custo da peletização das dietas iniciais de frangos trouxesse o custo extra para a produção, mas culminasse em um melhor retorno líquido total por ave, o que se traduziu em maior lucratividade para aves alimentadas com dietas peletizadas na fase inicial de produção.

Fávero et al.⁽⁴³⁾ concluíram que a dieta micropelletizada com diâmetro de 1,8 mm influenciou o consumo de ração dos perus na primeira semana de idade e atrasou o desenvolvimento da moela e do intestino delgado. Portanto dietas desintegradas são mais adequadas para o período de 1 a 14 dias de idade.

Já avaliando a digestibilidade de perus Fávero et al.⁽⁴⁴⁾ que perus na fase inicial alimentados com dietas peletizadas com diferentes tamanhos de partículas não tiveram sua digestibilidade de nutrientes influenciada pela forma física da ração. Porém a moagem do milho com tamanho médio da partícula maior que 380 micrômetros melhora a digestibilidade dos nutrientes da matéria seca, nitrogênio e gordura bruta de perus na fase inicial.

RAÇÕES EXPANDIDAS

A tecnologia da expansão em ração tem como objetivo principal melhorar a qualidade do pellet. A expansão inclui o condicionamento com vapor, que hidrata e aquece o alimento, e um expander, que produz calor adicional antes da granulação⁽³⁹⁾.

O processo de expansão é a combinação de umidade, temperatura e pressão em um pequeno espaço de tempo sem alterar a forma física e desta ração. Este tipo de processamento é utilizado para a fabricação de rações sem a necessidade de reduzir o tamanho da partícula, um fator que afeta o desempenho de frangos de corte⁽⁵⁾.

Existem divergências quanto à melhoria da absorção dos nutrientes quando as rações são somente expandidas, Röhe et al.⁽⁴⁵⁾, verificaram que existe a possibilidade de rações que são submetidas a processos térmicos possam resultar em utilização reduzidas de nutrientes, pois ao comparar rações fareladas e expandidas são observadas maior superfície de contato das vilosidades do intestino e maior transporte de glicose ativo no jejuno de galinhas alimentadas com dietas fareladas.

O processamento de alimentos por temperatura, pressão e umidade causa alterações físicas no amido, promovendo a chamada “gelatinização”, que é a liberação da amilose e da amilopectina, bem como a ruptura da parede celular dos vegetais, facilitando a digestão enzimática do amido. A gelatinização pode ainda ser definida como a

destruição irreversível da condição cristalina do grão de amido, de modo que a superfície de toda molécula fique acessível ao ataque de reagentes, solventes e enzimas⁽⁵⁾.

De acordo com Muramatsu et al.⁽³²⁾, a solubilidade das proteínas em KOH foi diminuída e a taxa de gelatinização do amido foi aumentada, quando a ração foi submetida ao processo de expansão, porém o maior espaçamento entre rolos pode aumentar o coeficiente de atrito e força de pressão sobre a alimentação antes de sua entrada no canal, o que aumenta a ruptura dos grânulos de amido (maior grau de gelatinização do amido) e desnaturação da proteína (menor solubilidade proteica em KOH).

Pois o processo de expansão aumenta a velocidade enzimática das amilases, que são responsáveis pela hidrólise da molécula de amido em carboidratos mais simples e solúveis, fazendo com que seja absorvida maior quantidade de água, o que promove aumento no coeficiente de digestibilidade e, conseqüentemente, melhora o ganho de peso e a conversão alimentar de frangos de corte⁽⁴⁵⁾.

Ingredientes ricos em fibra também recebem alguns benefícios com a expansão. Estudos demonstram diminuição de fibra bruta nas rações expandidas, resultando em uma maior digestibilidade da matéria seca, energia bruta e proteína bruta do alimento, comprovando que o processo de extrusão é eficaz em solubilizar moléculas como polissacarídeos não amiláceos, reduzindo fatores antinutricionais da fibra na digestão de monogástrico⁽⁵⁾.

O calor excessivo durante os tratamentos hidrotérmicos é causa de significativas perdas nutricionais. Deve-se ter alguns cuidados referentes à temperatura aplicada no processo de expansão, estudos mostram que uma redução linear dos níveis de energia metabolizável aparente (EMAn) em rações que receberam temperatura de expansão de 80, 100, 120, 140°C, respectivamente. Os animais na fase inicial alimentados com rações expandidas em temperaturas de 80 e 100 °C maximizam o aproveitamento energético, enquanto os que se alimentaram com rações expandidas a 120°C tiveram altas perdas energéticas, e as moléculas de amido também sofreram processo de deterioração e provavelmente tornaram a proteína menos solúvel⁽⁴⁶⁾.

Estudos sobre a tecnologia de tratamento hidrotérmico conhecida como expansão são escassos na literatura no Brasil. Poucas empresas, até o momento, utilizam essa tecnologia para produção de rações avícolas, contrariamente às concorrentes internacionalmente conhecidas. Silva et al.⁽⁴¹⁾ concluíram que o processo de expansão auxilia na qualidade dos pellets produzidos e auxilia na melhora da conversão alimentar de frangos de corte de um a 42 dias de vida.

RAÇÕES PELETIZADAS-EXPANDIDAS

Rações expandidas peletizadas podem possuir maior qualidade dos pellets, pois podem reduzir fungos e bactérias patogênicas que estão presentes nas rações, além de aumentar de forma significativa a digestibilidade e a energia metabolizável ⁽⁴⁷⁾.

López & Baião⁽⁴⁸⁾ concluíram que não foram observadas diferenças entre o peso dos frangos que receberam as rações com granulometria grossa e processadas, e as aves alimentados com as rações fareladas e granulometria grossa foram significativamente mais leves em relação aos frangos dos outros tratamentos. Contudo, o consumo de ração não foi influenciado pela granulometria. Sendo observado efeito da interação granulometria e forma física da ração para conversão alimentar e viabilidade. Estes mesmos autores observaram diferença de peso do fígado somente entre as rações farelada e expandida granulada com granulometria média e nas rações com granulometria grossa os pesos foram semelhantes.

Lima et al.⁽⁴⁶⁾ verificaram que diferentes temperaturas de expansão melhoraram o desempenho de frangos de corte de acordo com a idade das aves, sendo que rações expandidas com temperatura de 80 a 100°C as que apresentaram os melhores valores de energia metabolizável corrigida (EMAn) para frangos com idade entre 15 e 19 dias (fase inicial), enquanto para idade de 31 a 35 dias (fase crescimento) foi de 120° C.

RAÇÕES EXTRUSADAS

O processo de extrusão pode ser definido como uma etapa de processamento industrial da matéria-prima sólida, a qual junta num único equipamento várias operações unitárias e modificações físico-químicas ⁽⁴⁹⁾. A extrusão é um processo considerado caro devido ao custo do equipamento, mão de obra e produção de ração, a principal diferença em relação à peletização é a temperatura alcançada. É um processo de cozimento sob pressão, umidade e alta temperatura, havendo hidratação do material, mistura, tratamento térmico, gelatinização do amido, desnaturação das proteínas, destruição dos microrganismos e de alguns componentes tóxicos⁽⁵⁰⁾.

De acordo com Silva et al.⁽⁵¹⁾ o processo de extrusão pode ser promovido através da utilização de um pistão, de um conjunto de rolos ou de parafuso(s) para forçar o material, normalmente através de uma abertura estreita para chegar à forma desejada.

De acordo com Rahman et al.⁽⁵²⁾ o desempenho da digestibilidade de aves alimentadas com dietas extrusadas pode ser influenciado pelas variações nas técnicas de processamento e nas condições de extrusão. Para obter a máxima digestibilidade dos nutrientes e o desempenho das aves, as condições de extrusão devem ser mantidas em níveis padrão.

Segundo Liao et al.⁽⁵³⁾ este processamento e amplamente utilizada no campo da fabricação de rações, pois pode alterar o teor de nutrientes na ração, reduzir o número de

fatores antinutricionais, melhorar a condição de higiene da ração e melhorar a eficiência na utilização de nutrientes pelos animais, pois a extrusão causa maior modificação nos carboidratos e proteínas, pois esses processos envolvem temperaturas de até 150°C⁽⁵⁴⁾.

Furlan et al.⁽⁵⁵⁾ concluíram que o processamento de rações por extrusão provoca transformações físicas principalmente nos grânulos de amido, provocando uma mudança estrutural, favorecendo, conseqüentemente, a ação enzimática. Quando submetido ao calor úmido, o grão de amido absorve água, expande-se, exsuda parte da amilose, ocorrendo rupturas das ligações secundárias do hidrogênio que prendem a cadeia do polímero, tornando-se mais suscetível à degradação enzimática⁽⁴²⁾.

Segundo Ahmed et al.⁽⁵⁶⁾ a extrusão do farelo de canola utilizado em dietas de frangos de corte aumentou a digestibilidade aparente da proteína bruta, aminoácidos, energia bruta e energia metabolizável e reduziu o teor de fibra bruta.

Alsafli et al.⁽⁵⁷⁾ concluíram que a utilização de 20% de soja extrusadas na alimentação de perus fêmeas influenciou nos parâmetros bioquímicos do sangue reduzindo o colesterol, triglicérides e LDL das aves e não influenciou no desempenho de perus fêmeas durante todo o período.

CONCLUSÕES

Processamento das rações visam um incremento da digestibilidade, uniformidade das partículas, melhorando a qualidade microbiológica devido ao processo térmico influenciando diretamente no desempenho animal, melhorando as características zootécnicas como ganho de peso, conversão alimentar e viabilidade.

REFERÊNCIAS

1. ABPA. Associação Brasileira de Proteína Animal, Relatório Anual 2022. Disponível em: <https://abpa-br.org/wp-content/uploads/2022/05/Relatorio-Anual-ABPA-2022-1.pdf>
2. Valentim JK, Lima HJD, Bitencourt TM, Silva NEM, Burbarelli MFC, Garcia RG, Pantoja JC, Barbosa DK. Grãos Secos de Destilaria na Alimentação de Frangos de Corte. *Ensaio e Ciência*. 2021; 25(1):44-49. <https://doi.org/10.17921/1415-6938.2021v25n1p44-49>
3. Schmidt NS, Silva CL. Pesquisa e desenvolvimento na cadeia produtiva de frangos de corte no Brasil. *Rev. Econ. Sociol. Rural*. 2018; 56(3):467-482. <https://doi.org/10.1590/1234-56781806-94790560307>
4. Abdollahi MR, Zaefarian F, Ravindran V. Feed intake response of broilers: Impact of feed processing. *Anim. Feed Sci. Technol*. 2018; 237:154-165. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2018.01.013>

5. Melo AS, Queiroz JPAF, Oliveira VRM, Dias FKD, Fernandes RTV, Marinho JBM, Souza RF, Santos Filho CA, Souza AOV. Formas físicas de utilização de rações para aves. *Pubvet*. 2016; 10(2):173-178. <https://doi.org/10.22256/pubvet.v10n2.173-178>
6. Oliveira LMS, Silva PG, Silva SRA, Cordeiro DA, Souza LP, Minafra CS, Santos FR. Effect of moisture, particle size and thermal processing of feeds on broiler production. *Braz. J. Poult. Sci.* 2022; 24(4):001-010. <https://doi.org/10.1590/1806-9061-2020-1391>
7. Mina-Boac J, Maghirang RG, Casada ME. Durability and breakage of feed pellets during repeated elevator handling. *ASABE Annual International Meeting*. 2006; 9.
8. Andrade EC, Baião NC, Lara LJC, Rocha JSR, Brumano G, Saldanha MM, Abreu ARC. Effects of particle size and physical form of diets on broiler performance. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.* 2016; 68(2):483-488. <https://doi.org/10.1590/1678-4162-8496>
9. Lyu F, Thomas M, Hendriks WH, Van der Poel AFB. Size reduction in feed technology and methods for determining, expressing and predicting particle size: A review. *Anim. Feed Sci. Technol.* 2020; 261:114347. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2019.114347>
10. Ege G, Bozkurt M, Koçer B, Tüzün AE, Uygun M, Alkan G. Influence of feed particle size and feed form on productive performance, egg quality, gastrointestinal tract traits, digestive enzymes, intestinal morphology, and nutrient digestibility of laying hens reared in enriched cages. *Poult. Sci.* 2019; 98(9):3787-3801. <https://doi.org/10.3382/ps/pez082>
11. Svihus B, Kløvstad KH, Perez V, Zimonja O, Sahlström S, Schüller RB, Jeksrud WK, Prestløyken, E. (2004). Physical and nutritional effects of pelleting of broiler chicken diets made from wheat ground to different coarsenesses by the use of roller mill and hammer mill. *Anim. Feed Sci. Technol.* 2004; 117(3-4):281-293. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2004.08.009>
12. Celi P, Cowieson AJ, Fru-Nji F, Steinert RE, Klünter A-M, Verlhac V. Gastrointestinal functionality in animal nutrition and health: New opportunities for sustainable animal production. *Anim. Feed Sci. Technol.* 2017; 234:88-100. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2017.09.012>
13. Kheravii SK, Morgan NK, Swick RA, Choct M, Wu S-B. Roles of dietary fibre and ingredient particle size in broiler nutrition. *Worlds Poult. Sci. J.* 2018; 74(02):301-316. <https://doi.org/10.1017/s0043933918000259>
14. Kheravii SK, Swick RA, Choct M, Wu S-B. Nutrient digestibility response to sugarcane bagasse addition and corn particle size in normal and high Na diets for broilers. *Poult. Sci.* 2018; 97(4):1170-1176. <https://doi.org/10.3382/ps/pex403>

15. Xu Y, Stark CR, Ferket PR, Williams CM, Brake J. Effects of feed form and dietary coarse ground corn on broiler live performance, body weight uniformity, relative gizzard weight, excreta nitrogen, and particle size preference behaviors. *Poult. Sci.* 2015; 94(7):1549-1556. <https://doi.org/10.3382/ps/pev074>
16. Pacheco WJ, Stark CR, Ferket PR, Brake J. Effects of trypsin inhibitor and particle size of expeller-extracted soybean meal on broiler live performance and weight of gizzard and pancreas. *Poult. Sci.* 2014; 93(9):2245-2252. <https://doi.org/10.3382/ps.2014-03986>
17. Amerah AM, Ravindran V, Lentle RG. Influence of insoluble fibre and whole wheat inclusion on the performance, digestive tract development and ileal microbiota profile of broiler chickens. *Br. Poult. Sci.* 2009; 50(3):366-375. <https://doi.org/10.1080/00071660902865901>
18. Bergeron AN, Boney JW, Moritz JS. The effects of diet formulation and thermal processes associated with pelleting on 18-day broiler performance and digestible amino acid concentration. *J. Appl. Poult. Res.* 2018; 27:540-549. <http://dx.doi.org/10.3382/japr/pzy039>
19. Meurer F, Bombardelli RA, Hayashi C, Fornari, DC. Grau de moagem dos alimentos em rações para a tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) durante o período de reversão sexual. *Acta Sci. Anim. Sci.* 2005; 27(1):81-85.
20. Rocha AG, Dilkin P, Neto R, Schaefer C, Mallmann CA. Growth performance of broiler chickens fed on feeds with varying mixing homogeneity. *Vet. Anim. Sci.* 2022; 17:100263. <https://doi.org/10.1016/j.vas.2022.100263>
21. Van Der Poel AFB, Abdollahi MR, Cheng H, Colovic R, Den Hartog LA, et al. Future directions of animal feed technology research to meet the challenges of a changing world. *Anim. Feed Sci. Technol.* 2020; 270:114692. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2020.114692>
22. Amerah AM, Ravindran V, Lentle RG, Thomas DG. Feed particle size: Implications on the digestion and performance of poultry. *Worlds Poult. Sci. J.* 2007, 63:439-455. <https://doi.org/10.1017/S0043933907001560>
23. Oliveira AA, Gomes AVC, Oliveira GR, Lima MF, et al. Desempenho e características da carcaça de frangos de corte alimentados com rações de diferentes formas físicas. *R. Bras. Zootec.* 2011; 40(11):2450-2455. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982011001100024>
24. Sousa DC, Oliveira NLA, Santos ET, Dourado LRB, Ferreira GJBC. Morfologia do tubo digestório de frangos de corte alimentados com dieta contendo glicerina.

- Comunicata Scientiae. 2017; 8(1):59-68. <https://doi.org/10.14295/CS.v8i1.2650>
25. Zaefarian F, Abdollahi MR, Ravindran V. 2016, 'Particle size and feed form in broiler diets: impact on gastrointestinal tract development and gut health. *Worlds Poultry Sci. J.* 2016; 72:277-290. <https://doi.org/10.1017/S0043933916000222>
26. Lin Y, Olukosi OA. Exogenous enzymes influenced eimeria-induced changes in cecal fermentation profile and gene expression of nutrient transporters in broiler chickens. *Animals.* 2021 Sep; 11(9): 2698. <https://doi.org/10.3390/ani11092698>
27. Scottá BA, Campos PF, Gomide APC, Barroca CC, Formigoni AS, Zerlotini, MF. Nutrição pré e pós-eclosão em aves. *Pubvet.* 2014; 8(8): 0830-0974.
28. Fucillini DG, Veiga, CHA. Controle da capacidade produtiva de uma fábrica de rações e concentrados: um estudo de caso. *Custos e Agronegócio.* 2015; 10(4):221-240.
29. Biazzini HM, Tubin JSB, Conte RA, Robazza WS, Paiano D. Different sieving methods for determining the physical characteristics in ground corn. *Acta Sci. Anim. Sci.* 2022; 44, e53382. <https://doi.org/10.4025/actascianimsci.v44i1.53382>
30. Condé MS, Demartini GP, Pena SM, Rocha Junior CM, Homem BGC. Influência da granulometria do milho na alimentação de frangos de corte', *Revista Eletrônica Nutritime.* 2014; 11(5):3637-3647.
31. Massuquetto A, Panisson JC, Schramm VG, Surek D, Krabbe EL, Maiorka A. Effects of feed form and energy levels on growth performance, carcass yield and nutrient digestibility in broilers. *Animal.* 2020; 4(6):1139-1146. <https://doi.org/10.1017/S1751731119003331>
32. Muramatsu K, Vaccari ICM, Minafra CS, Sens RF, Dahlke F, Maiorka A. Effect of thermal processing, press throughput and roller-die gap on physicochemical properties of broiler feed pellets. *J. Agric. Sci. Technol. A.* 2016; 6:99-108. <https://doi.org/10.17265/2161-6256/2016.02.003>
33. Tillman NS, Jones MK, Pacheco WJ. Influence of feed ingredients, conditioning temperature, and a dacitic tuff breccia (AZOMITE) on pellet production rate and pellet quality. *J. Appl. Poultry Res.* 2020; 29(1):162-170. <https://doi.org/10.1016/j.japr.2019.10.003>
34. Silva DM, Rodrigues DR, Gouveia ABVS, Mesquita SA, Santos FR, Minafra CS. Carboidratos em rações de frangos de corte. *Pubvet.* 2016; 10:861-872.
35. Grecco HAT, Amorim AB, Saleh MAD, TSE, MLP, Telles FG, Miassi GM, Pimenta

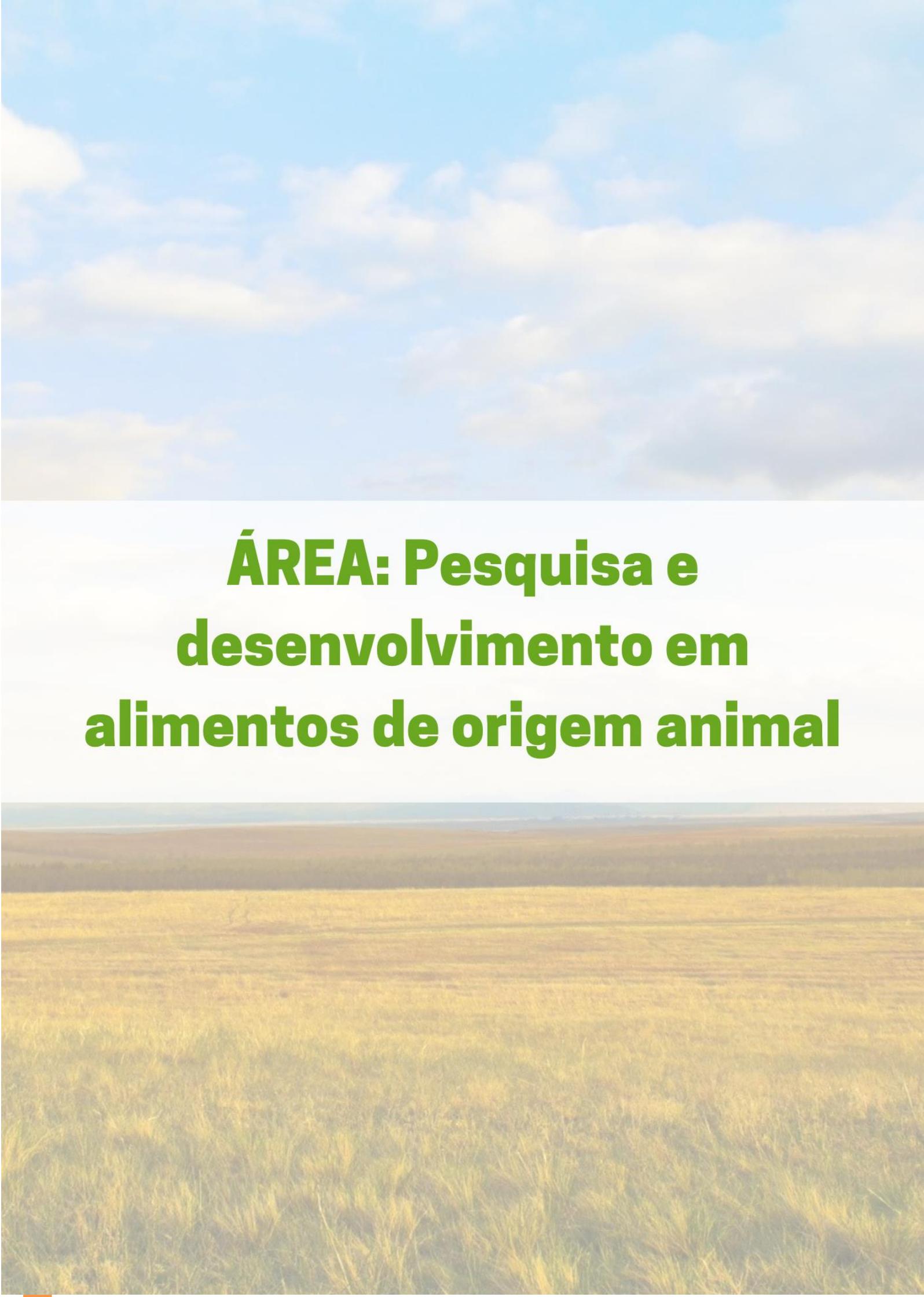
- GM, Berto DA. Evaluation of growth performance and gastro-intestinal parameters on the response of weaned piglets to dietary organic acids. *An. Acad. Bras. Ciênc.* 2018; 90(1):401-414. <https://doi.org/10.1590/0001-3765201820160057>
36. Kállai-Szabó N, Lengyel M, Farkas D, Barna AT, Fleck C, Basa B, Antal I. Review on starter pellets: inert and functional cores. *Pharmaceutics.* 2022; 14:1299. <https://doi.org/10.3390/pharmaceutics14061299>
37. Santos ROF, Bassi LS, Schramm VG, Rocha C, Dahlke F, Krabbe EL, Maiorka, A. Effect of conditioning temperature and retention time on pellet quality, ileal digestibility, and growth performance of broiler chickens. *Livest. Sci.* 2020; 240:104110-1. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2020.104110>
38. Steghöfer S, Limburn R, Margas E. Microbiological assessment of heat treatment of broiler mash at laboratory scale to evaluate *Salmonella* reduction during feed conditioning. *J. Appl. Poult. Res.* 2021; 30(1):100122. <https://doi.org/10.1016/j.japr.2020.100122>
39. Teixeira Netto MV, Massuquetto A, Krabbe EL, Surek D, Oliveira SG, Maiorka A. Effect of conditioning temperature on pellet quality, diet digestibility, and broiler performance. *J. Appl. Poult. Res.* 2019; 28:963-973. <https://doi.org/10.3382/japr/pfz056>
40. Yan MLL, An ZWS, Wu M, Lv Z. Effects of feed form and feed particle size on growth performance, carcass characteristics and digestive tract development of broilers', *Anim. Nutr.* 2015; 1(3):252-256. <https://doi.org/10.1016/j.aninu.2015.06.001>
41. Silva PG, Oliveira LMS, Oliveira NR, Moura Júnior FA, Silva MRS, Cordeiro DA, Minafra CS, Santos FR 2018, 'Effects of processing, particle size and moisturizing of sorghum-based feeds on pellet quality and broiler production. *Asian-Australas. J. Anim. Sci.* 2018; 31(1):98-105. <https://doi.org/10.5713/ajas.17.0473>
42. Fasuyi AO, Odunayo OT. Particulating broiler feeds into forms and sizes for nutritional and economic benefits. *Afr. J. Food Sci.* 2015; 9(4):223-229. <https://doi.org/10.5897/AJFS2014.1220>
43. Fávero A, Maiorka A, Dahlke F, Meurer RFP, Oliveira, RS, Sens, RF. Influence of feed form and corn particle size on live performance and digestive tract development of turkeys. *J. Appl. Poult. Res.* 2009; 18:772-779. <https://doi.org/10.3382/japr.2009-00069>
44. Fávero A, Maiorka A, Silva AVF, Valle FL, Santos SA, Muramatsu K. Influence of feed form and corn particle size on nutrient digestibility and energy utilization by young turkeys. *R. Bras. Zootec.* 2012; 41(1):86-90. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982012000100013>

45. Röhe I, Ruhnke I, Knorr F, Mader A, Borojoni FG, Löwe R, Zentek J. Effects of grinding method, particle size, and physical form of the diet on gastrointestinal morphology and jejunal glucose transport in laying hens. *Poult. Sci.* 2014; 93:2060-2068. <https://doi.org/10.3382/ps.2013-03783>
46. Lima MF, Couto HP, Corte Real GSCP, Soares RTRN, Gomes AVC, Curvello FA. Valores energéticos de rações expandidas em diferentes temperaturas para frangos de corte. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.* 2016; 68(3):725-732. <https://doi.org/10.1590/1678-4162-7866>
47. Lutch WH. Mejoramiento de la producción de pollo por medio de la expansión de alimento. *Indústria Avícola.* 2002; 50:32-35.
48. López CAA, Baião NC. Efeitos do tamanho da partícula e da forma física da ração sobre o desempenho, rendimento de carcaça e peso dos órgãos digestivos de frangos de corte. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.* 2004; 56(2):214-221. <https://doi.org/10.1590/S0102-09352004000200012>
49. Fellows PJ. Extrusão. In: *Tecnologia do Processamento de Alimentos: Princípios e Prática*, 2ª Edição. Porto Alegre, Artmed Editora, S.A., pp. 305-319, 2006.
50. Cheftel JC. Nutritional effects of extrusion-cooking. *Food Chem.* 1986; 20:263-283.
51. Silva MFL, Santos L, Choupina A. A extrusão em tecnologia alimentar: tipos, vantagens e equipamentos. *Rev. Cienc. Agrar.* 2015; 38(1):3-10.
52. Rahman MAU, Rehman A, Chuanqi X, Long ZX, Binghai C, Linbao J, Huawei S. Extrusion of feed/feed ingredients and its effect on digestibility and performance of poultry: A review. *Int. J. Curr. Microbiol. App. Sci.* 2015; 4(4):48-61.
53. Liao K, Cai J, Shi Z, Tian G, Yan D, Chen D. Effects of raw material extrusion and steam conditioning on feed pellet quality and nutrient digestibility of growing meat rabbits. *Anim. Nutr.* 2017; 3(2):151-155. <https://doi.org/10.1016/j.aninu.2017.03.006>
54. Al-Rabadi GJ, Torley PJ, Williams BA, Bryden WL, Gidley MJ. Effect of extrusion temperature and pre-extrusion particle size on starch digestion kinetics in barley and sorghum grain extrudates. *Anim. Feed Sci. Technol.* 2011; 168(3-4):267-279. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2011.04.097>
55. Furlan AC, Scapinello C, Toral FLB, Faria HG, Moreira I, Santolin MLR, Murakami AE. Valor nutritivo e desempenho de coelhos alimentados com rações contendo milho. *R. Bras. Zootec.* 2003; 32(1):123-131. <https://doi.org/10.1590/S1516->

35982003000100016

56. Ahmed A, Zulkifli I, Farjam AS, Abdullah N, Liang JB. Extrusion enhances metabolizable energy and ileal amino acids digestibility of canola meal for broiler chickens. *Ital. J. Anim. Sci.* 2014; 13(3032):44-47. <https://doi.org/10.4081/ijas.2014.3032>

57. Alsafli ZA, Al-Saadi MA, Subuh, AM. Effect of using extruded full-fat soybean on performance and carcass characteristics in female turkeys. *Asian J. Anim. Sci.* 2015; 9(5):198-207. <https://doi.org/10.3923/ajas.2015.198.207>



**ÁREA: Pesquisa e
desenvolvimento em
alimentos de origem animal**

DOI: <https://doi.org/10.53934/9786585062039-43>

CAPÍTULO 43

POTENCIAL PRODUTIVO DOS PRODUTORES DE LEITE DO SUDESTE PARAENSE

Rosilene da Costa Porto de Carvalho¹; Flavia Naiane de Macedo Santos²;
Thanna Aryella Martins de Carvalho³; Cibelle Christine Brito Ferreira⁴; Caio
Felipe Cavalcante Dantas⁵; Mariuza Barbosa da Silva Neiva⁶

- ¹ – IFPA – Campus Conceição do Araguaia
² – IFPA – Campus Conceição do Araguaia
³ – CEULP/ULBRA – Centro Universitário Luterano de Palmas
⁴ – IFTO – Campus Avançado Lagoa da Confusão
⁵ – UNITINS – Universidade Estadual do Tocantins
⁶ – IFPA – Campus Conceição do Araguaia

*Autor correspondente (Corresponding author) –
Email: rosilene.agronomia@gmail.com

Resumo: A busca por mecanismos que viabilizem o aumento da renda dos produtores é de suma importância para a cadeia produtiva do leite. Neste contexto nota-se a importância de se conhecer e mapear as áreas com potencial produtivo de uma região. O presente trabalho objetivou-se em apresentar os resultados de uma pesquisa realizada com 20 produtores de leite do município de Conceição do Araguaia/Pará para compreendero potencial produtivo dessa amostra de produtores. Para atingir esse objetivo, foi elaborado um questionário contendo 15 perguntas direcionadas a cadeia produtiva do leite e posteriormente foi realizado a aplicação do questionário para 20 produtores/as de leite da região por telefone e pessoalmente, contato esse adquirido por meio de vizinhos e também através da Empresa de Assistência Técnica Rural (EMATER). Diante das informações fez-se a análise e interpretação dos dados coletadas. O perfil dos/as entrevistados/as no município correspondem a pequenos/as produtores/as familiares, em sua maioria de baixa escolaridade, os animais em geral são ordenhados de forma manual e a maioria dos entrevistados receberam assistência técnica e tiveram acesso a crédito rural nos últimos doze meses. De acordo com as informações obtidas através das entrevistas com os produtores, a bovinocultura de leite sofre gargalos que precisam ser solucionados, um deles é o preço do leite que ainda é muito baixo para os produtores que comercializam para os laticínios. Outro fator são os custos com insumos, sendo que no período de seca é necessário mais gastos por parte doprodutor para que ele consiga manter a produção.

Palavras-chave: Agricultura familiar; Alimento; Cadeia; Caraterização

Abstract: The search for mechanisms that make it possible to increase the income of producers is of paramount importance for the milk production chain. In this context, it is important to know and map the areas with productive potential in a region. The present work aimed to present the results of a survey carried out with 20 milk producers in the municipality of Conceição do Araguaia/Pará to understand the productive potential of this sample of producers. To achieve this objective, a questionnaire was prepared containing 15 questions directed to the milk production chain and later the questionnaire was applied to 20 milk producers in the region by telephone and in person, this contact acquired through neighbors and also through of the Rural Technical Assistance Company (EMATER). In view of the information, the analysis and interpretation of the data collected was performed. The profile of the interviewees in the municipality corresponds to small family producers, most of them with low education, the animals are usually milked manually and most of the interviewees received technical assistance and had access to rural credit. in the last twelve months. According to information obtained through interviews with producers, dairy cattle suffer from bottlenecks that need to be solved, one of which is the price of milk, which is still very low for producers who sell to dairy products. Another factor is the costs with inputs, and in the dry period it is necessary to spend more on the part of the producer so that he can maintain production.

Key Word: Family farming; Food; Chain; Characterization

INTRODUÇÃO

O leite é produzido no mundo todo, é um alimento considerado completo por possuir vários nutrientes benéficos a saúde sendo essencial para alimentação humana. Tanto no ambiente produtivo como no econômico pode-se observar a grande importância mundial dessa cadeia, principalmente em países considerados em desenvolvimento e que adotam o modelo de agricultura familiar. Nas últimas três décadas, a produção mundial de leite teve um aumento superior a 50%, chegando a 769 milhões de toneladas em 2013 (1).

A cadeia produtiva leiteira é uma das principais atividades econômicas do Brasil, contribui na geração de emprego e renda. A atividade estar presente em quase todos os municípios brasileiros, são milhares de produtores envolvidos no campo, gerando milhares de empregos nos demais setores da cadeia. No ano de 2019, o valor total bruto da produção primária foi estimado em quase R\$ 35 bilhões, ficando com o sétimo maior valor dentre os produtos brasileiros (2).

A atividade leiteira é segmento relevante para o desenvolvimento econômico e social de diversas regiões brasileiras, contribuindo para a permanência do homem no campo, o que reduz a pressão social nos centros urbanos, minimizando dessa maneira o desemprego e a exclusão social (3).

Conforme Oliveira et. (4), a elevada diversidade socioeconômica, cultural e climática que caracteriza os sistemas de produção geram a necessidades de estudos regionais sobre a produção leiteira, colaborando com isso o fato de que a pecuária desse

segmento se evidencia em mais de 80% dos municípios brasileiros. Com a finalidade de caracterizar a produção leiteira no Brasil e suas particularidades em cada região surge estudos que são imprescindíveis para o setor.

Neste contexto nota-se a importância de se conhecer e mapear as áreas com potencial produtivo de uma região. O presente trabalho objetivou-se em apresentar os resultados de uma pesquisa realizada com 20 produtores de leite do município de Conceição do Araguaia para compreender o potencial produtivo dessa amostra de produtores. E a partir dessa abordagem e das particularidades do município de Conceição do Araguaia, surgiu a necessidade de entender e caracterizar o potencial produtivo dos produtores de leite da região.

MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi desenvolvida a partir do interesse dos alunos do curso de Engenharia de Agrônômica do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Estado do Pará - Campus de Conceição do Araguaia, no período de agosto a novembro de 2021. As técnicas usadas para coleta de dados foram: observações da realidade da comunidade e conversas informais, questionários com a finalidade de assimilar informações em relação aos aspectos econômicos e sociais dos produtores. Os dados foram avaliados e tabulados conforme as técnicas de tratamento necessárias (Excel 2016). Também foi garantida a liberdade de recusarem a participar em qualquer fase da pesquisa, sem qualquer prejuízo. Dessa forma, foram considerados os critérios da ética na pesquisa com Seres Humanos segundo Resolução nº 196/96 do Conselho Nacional de Saúde – Brasília-DF, pois serão obedecidos em todos os procedimentos na investigação. O estudo é considerado descritivo de cunho quantitativo e qualitativo desenvolvido por meio de estudo de caso, considerando as seguintes etapas:

Pré – campo: Pesquisa bibliográfica pertinente ao tema do estudo.

Campo: Elaboração e aplicação de questionários. O instrumento para o levantamento das informações foi o questionário com questões fechadas de múltipla escolha em forma de entrevista aos produtores. Para atingir esse objetivo, foi elaborado um questionário contendo 14 perguntas direcionadas a cadeia produtiva do leite e posteriormente foi realizado a aplicação do questionário para 20 produtores/as de leite da região de Conceição do Araguaia por meio de visitação a campo e também por telefone, contato esse adquirido por meio de vizinhos e também através da Empresa de Assistência Técnica Rural (EMATER) onde a mesma mantém uma lista atualizada dos produtores de leite da região. Diante das informações fez-se a análise e interpretação dos dados coletadas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O questionário aplicado aos produtores de leite de Conceição do Araguaia, teve como finalidade entender os aspectos gerais da unidade produtiva desses produtores de leite.

Dos vinte produtores entrevistados, quinze são homens e cinco são mulheres, sendo que todos possuem como atividade principal a bovinocultura de leite, no qual,

predomina a ordenha manual (Gráfico 1). A produção diária é variável entre os produtores (Gráfico 2), a menor produção é 40 litros e a maior corresponde a 250 litros de leite que é conseguida por apenas um produtor, 30% dos bovinocultores de leite conseguem produzir de 101 a 150 litros diários.

A quantidade de leite que é produzida por dia pode sofrer alterações, pois têm produtores que dispõem de maior número de vacas ordenhadas que outros (Gráfico 3) e as raças utilizadas diferem entre os estabelecimentos, como por exemplo, alguns possuem vacas girolando (uma raça sintética resultante de cruzamento das raças Holandesa com a Zebuína Gir e possui excelente aptidão para leite) e outras mestiças.

Gráfico 1 – Tipo de ordenha utilizada pelos produtores

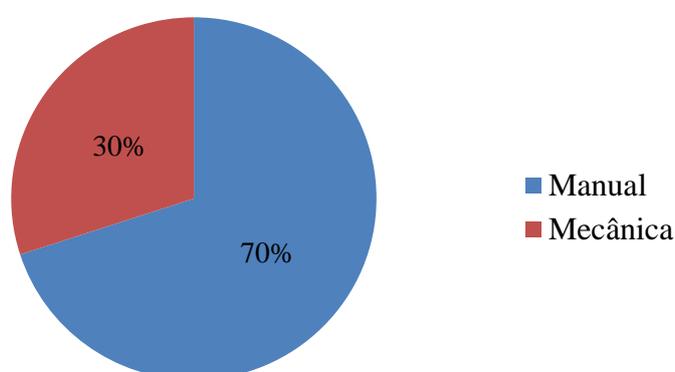


Gráfico 2 – Produção de leite em litros/dia

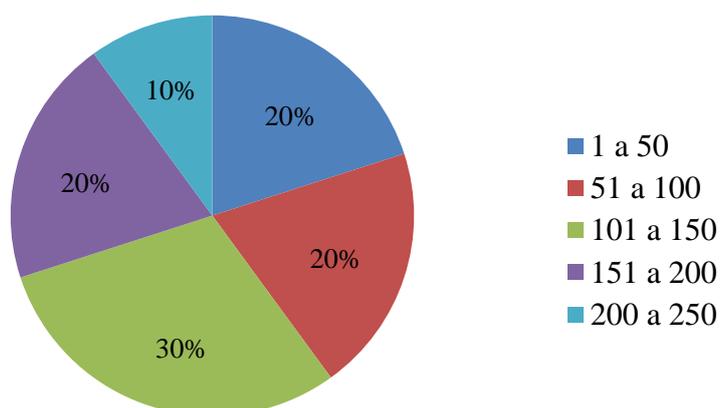
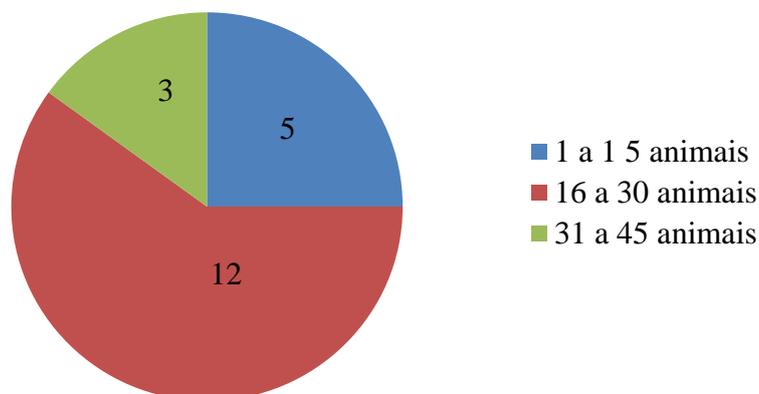


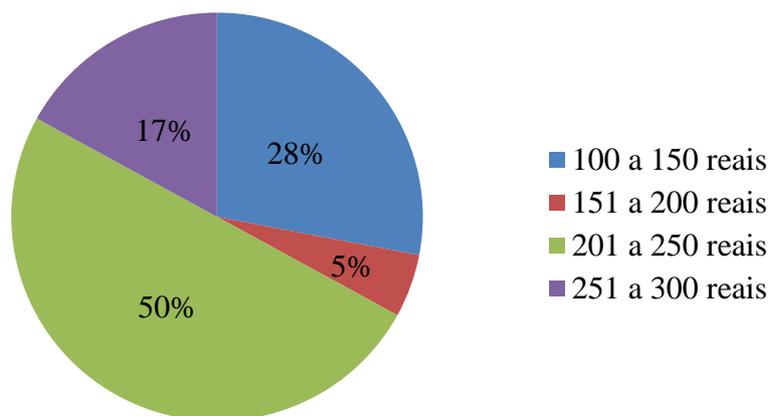
Gráfico 3 – Quantidade de vacas ordenhadas



Os principais elementos que pesam sobre a produção de leite são a genética do animal e a alimentação, este último é um fator importantíssimo, pois nos períodos chuvosos o animal tem a pastagem abundante para consumir e durante o período de menor disponibilidade de água as forrageiras secam, pois sofrem com as condições ambientais demorando mais tempo para acontecer a rebrota, conseqüentemente o animal fica com a alimentação comprometida, por isso, a quantidade de leite também tende a diminuir nesse período, obrigando o produtor recorrer à utilização de ração, concentrado, silagem, etc., para que o animal não venha a sofrer com falta de alimento e a produção não caia drasticamente no decorrer do ano.

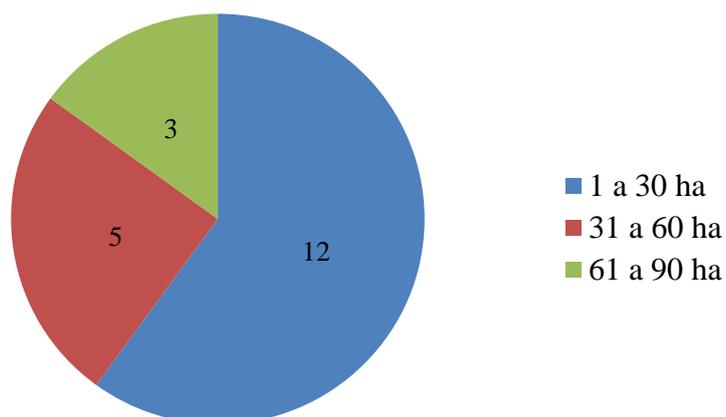
Os gastos com ração e concentrado pelos produtores de Conceição do Araguaia estão descritos no (Gráfico 4). Os valores demandados mensalmente com a compra desses produtos vão de 100 a 300 reais e 50% dos produtores gastam em torno de 200 a 250 reais com a compra desses insumos.

Gráfico 4 – Gastos com ração e concentrado por mês



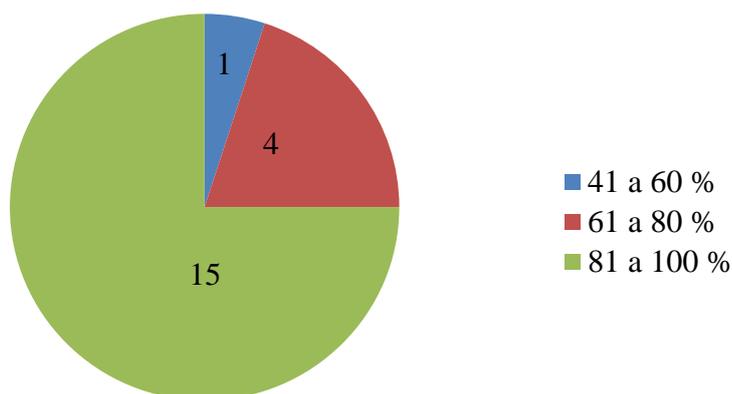
O tamanho das propriedades é variável, sendo o menor estabelecimento com 2 ha e o maior com 87 ha. Percebe-se a partir das informações do Gráfico 5 que 12 propriedades possuem até 30 ha, 5 propriedades têm 60 ha e 3 estabelecimentos possuem área superior a 60ha, dessa forma, pode-se compreender que se trata de pequenos produtores rurais.

Gráfico 5 – Área total da unidade produtiva (ha)



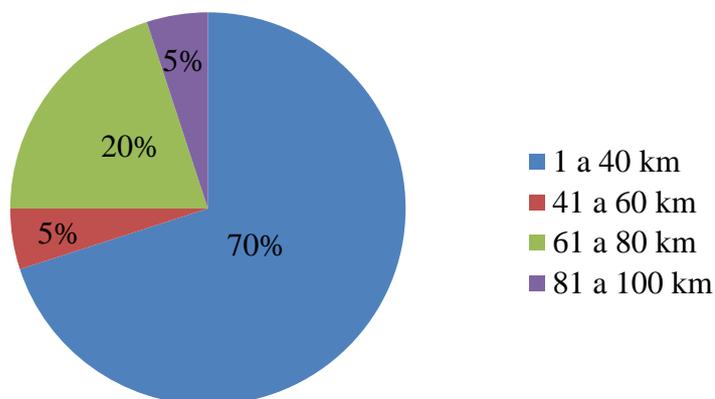
No que se refere ao percentual da área utilizada por unidade produtiva (Gráfico 6), 15 estabelecimentos são explorados de 81 a 100% da sua área, desse total 4 produtores utilizam 100% da área com a atividade produtiva.

Gráfico 6 – Percentual da área utilizada por unidade produtiva



Com relação à distância da propriedade até a cidade (Gráfico 7), 70% dos estabelecimentos produtivos estão entre 1 a 40 km de Conceição do Araguaia, a menor distância é 8 km e a maior 100 km. A proximidade com a cidade facilita o acesso e o escoamento dos produtos e matéria prima.

Gráfico 7 – Distância da propriedade ao município (km)



O gráfico 8 traz informações a respeito das idades dos/as produtores/as de leite, onde percebe-se que a maioria tem entre 41 a 60 anos (75%). Já em relação ao grau de escolaridade 8 pessoas possuem apenas o ensino fundamental incompleto até o 5º ano, sendo que de uma amostragem de 20 pessoas apenas 2 cursaram o ensino superior, demonstrando assim um baixo nível de escolaridade, pois mais de 65% dos entrevistados concluíram ou não o ensino fundamental (gráfico 9).

Gráfico 8 – Idade do/a produtor/a

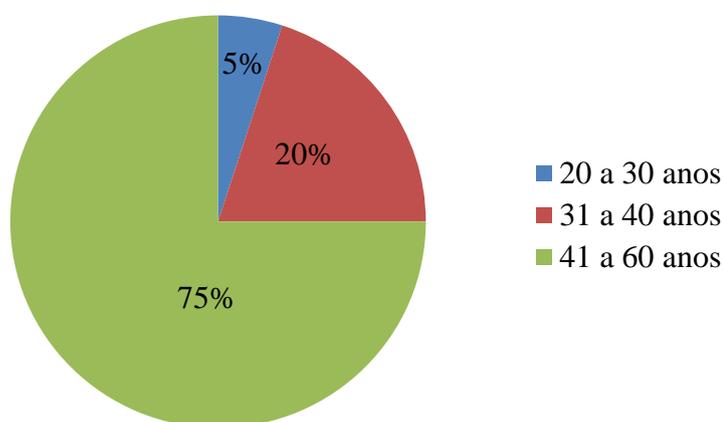
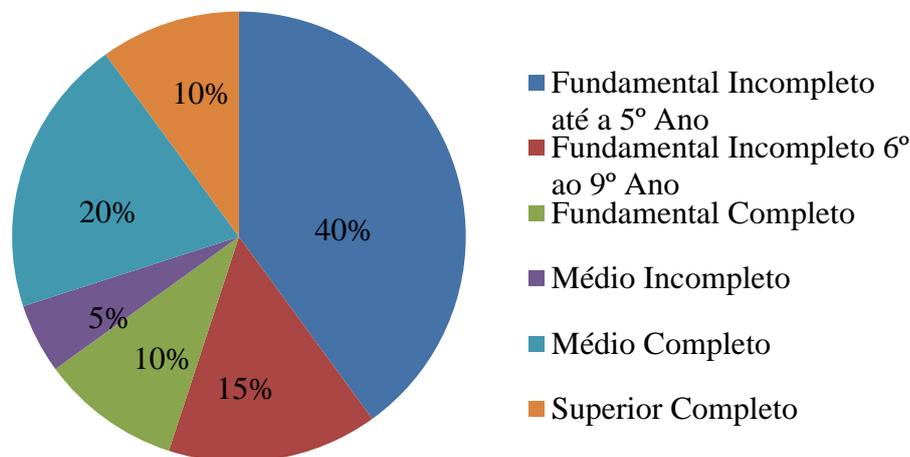
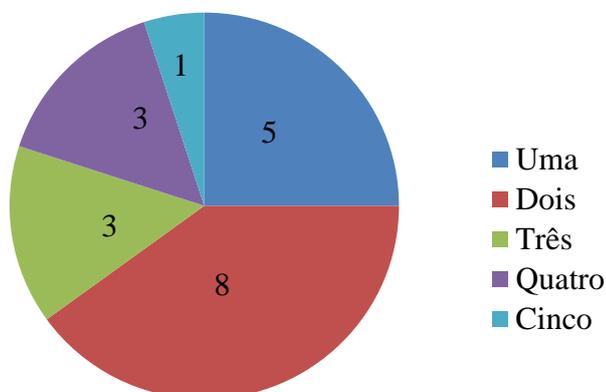


Gráfico 9 – Escolaridade dos produtores/as



O gráfico 10 corresponde ao número de pessoas que trabalham na unidade produtiva (UP), esse número varia de 1 a 5 e refere-se aos integrantes da família dos produtores, pois a mão de obra predominante para a realização das atividades é a familiar.

Gráfico 10 – Número de pessoas que trabalham na unidade produtiva



A forma de comercialização do leite pelos produtores pode ser de diferentes meios. Dez produtores, que correspondem a 50% dos entrevistados, entregam o leite para a indústria/agroindústria que nesse caso, se refere aos laticínios da região, 7 vendem no comércio local, 1 no comércio local e feira e 2 produtores comercializam diretamente com o consumidor final (Gráfico 11). Os preços de venda do leite variam de 1,50 a 4,50 reais (Gráfico 12), sendo que os menores valores chegam até dois reais e são pagos pelos laticínios, já o maior preço do litro de leite corresponde a 4,50 reais e a comercialização

é feita diretamente ao consumidor final.

Gráfico 11 – Formas de comercialização do leite

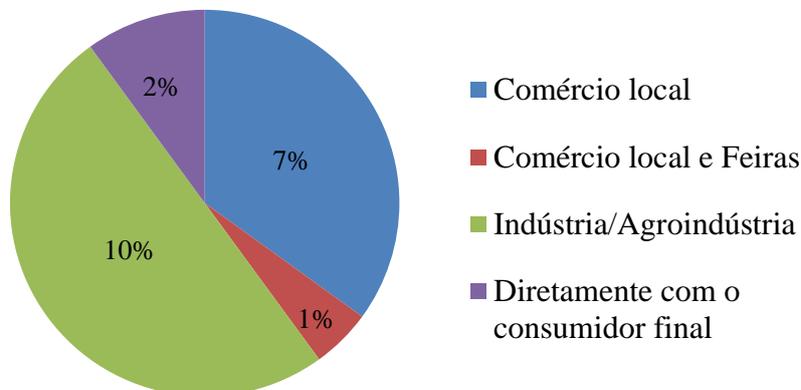
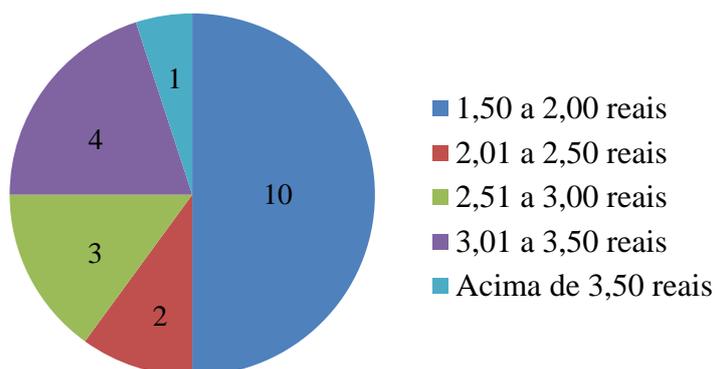


Gráfico 12 – Preço da venda do leite



Dos vinte produtores entrevistados, 60% recebem assistência técnica rural, (Gráficos 13) e 65% teve acesso a crédito nos últimos 12 meses(Gráfico 14).

Gráfico 13 – Relação de produtores que recebem assistência técnica

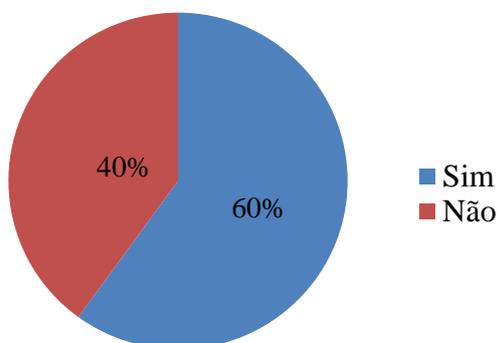
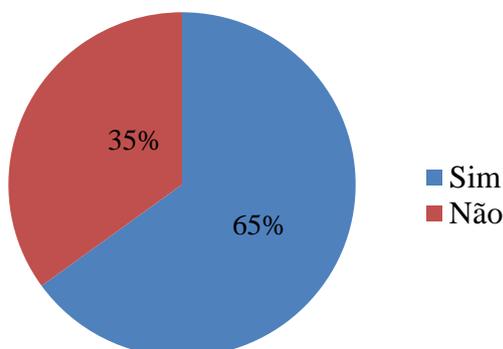


Gráfico 14 – Relação de produtores que tiveram acesso a crédito rural nos últimos doze meses



CONCLUSÕES

O perfil dos/as entrevistados/as no município de Conceição do Araguaia – PA corresponde a pequenos/as produtores/as familiares, em sua maioria de baixa escolaridade, que ordenham de forma manual os animais e que recebem assistência técnica e tiveram acesso a crédito rural nos últimos doze meses.

De acordo com as informações obtidas através das entrevistas com os produtores, a bovinocultura de leite sofre gargalos que precisam ser solucionados, um deles é o preço do leite que ainda é muito baixo para os produtores que comercializam para os laticínios. Outro fator são os custos com insumos, sendo que no período de seca é necessário mais gastos por parte do produtor para que ele consiga manter a produção.

REFERÊNCIAS

1. FAO - Food and agriculture organization of the united states nations. Dairy production and products: milk production. 2016. [Acesso em: 2021 nov 15]. Disponível em: < <https://www.fao.org/dairy-production-products/en/#.V3AZwbgrLIV> >.
2. Brasil. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Valor Bruto da Produção Agropecuária. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, Brasília, DF, 2019. [Acesso em: 2021 nov 15]. Disponível em: <<https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/noticias/vbp-e-estimado-em-r-689-97-bilhoes-para-2020/202003VBPelaspeyresagropecuariapdf.pdf>>.
3. Fratari, M. F., & de Matos, P. F. (2019). A importância da pecuária leiteira para a agricultura familiar nas comunidades rurais de Ituiutaba (MG). Espaço em Revista, 21(1), 138-152.
4. Oliveira, A. S. D., Cunha, D. D. N. F. V. D., Campos, J. M. D. S., Vale, S. M. L. R. D., & Assis, A. J. D. (2007). Identificação e quantificação de indicadores-

referência de sistemas de produção de leite. Revista Brasileira de Zootecnia, 36, 507-516.

CAPÍTULO 44

PROSPECÇÃO DE BACTÉRIAS ÁCIDO LÁTICAS RESISTENTES AO ESTRESSE TÉRMICO

Larissa de Souza Valladares¹; Carolina Schettino Kegele¹; Joice Fátima Moreira Silva²; Bruna Vieira Alonso³; Italo Perrone⁴; Joao Batista Ribeiro⁵

¹Mestranda; Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia do Leite e Derivados; UFJF.

²Doutoranda; Pós-graduação em Ciências Veterinárias; UFLA. ³Graduanda; Medicina Veterinária; UFJF. ⁴Professor; Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia do Leite e Derivados; UFJF. ⁵Pesquisador, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa Gado de Leite.

*Autor correspondente (Corresponding author) – Email: joao-batista.ribeiro@embrapa.br

Resumo: Bactérias ácido láticas (BAL), por possuírem diversas propriedades funcionais, têm recebido destaque no cenário científico e tecnológico por sua aplicabilidade nas áreas farmacêutica e alimentícia. Um gargalo importante para exploração biotecnológica destes microrganismos está relacionado ao elevado custo para processamento e manutenção da viabilidade das células por longos períodos (cadeia de frios e/ou liofilização). O processo de secagem por atomização se apresenta como uma alternativa economicamente viável para a produção desses microrganismos como bioinsumo em escala industrial, entretanto, é um processo altamente linhagem dependente. O objetivo deste trabalho foi prospectar linhagens de BAL resistentes ao estresse térmico visando à identificação de microrganismos mais propensos a sobreviver ao processo de secagem por atomização. Cem linhagens de BAL foram submetidas ao estresse térmico de $60\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ por 5 min e em seguida a taxa de sobrevivência foi avaliada por meio da técnica de microgota. Com reduções logarítmicas variando de 0,28 a 1,96 e contagens de 7,47 log UFC/mL a 8,92 log UFC/mL, 20 BAL foram capazes de resistir ao tratamento térmico e serão capazes de prosseguir para etapas seguintes de estudos visando futura aplicação industrial.

Palavras-chave: *Enterococcus* spp.; estresse térmico; *Lactobacillus* spp.; *Pediococcus* spp.; *Streptococcus* spp.

Abstract: Lactic acid bacteria (LAB), due to their diverse functional properties, have been highlighted in the scientific and technological scenario for their applicability in the pharmaceutical and food areas. A difficulty for the biotechnological exploration of these microorganisms is related to the high cost for processing and maintaining the viability of cells for long periods (cold chain and/or lyophilization). Spray drying process presents itself as an economically viable alternative for the production of these microorganisms as bioinput on an industrial scale, however, it is a highly lineage dependent process. This work

aims to prospect strains of LAB resistant to heat stress in order to identify microorganisms more likely to survive the spray drying process. One hundred LAB strains were subjected to heat stress at $60\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ for 5 min and then the survival rate was evaluated using the microdroplet technique. With log reductions ranging from 0.28 to 1.96 and counts from 7.47 log CFU/mL to 8.92 log CFU/mL, 20 LAB were able to withstand the heat treatment and will be able to proceed to subsequent stages of studies for future industrial application.

Key Word: *Enterococcus* spp.; *Lactobacillus* spp.; *Pediococcus* spp.; *Streptococcus* spp.; thermal stress

INTRODUÇÃO

As bactérias ácido lácticas (BAL) têm recebido destaque no cenário científico por sua aplicabilidade nas áreas farmacêutica e alimentícia (1). Essas bactérias são capazes de produzir biomoléculas usadas na fabricação de repelentes, cosméticos, antimicrobianos, produtos lácteos, cárneos e vegetais fermentados, por exemplo (2). E podem ser encontradas em plantas, produtos alimentícios fermentados e diversas partes do organismo de seres humanos e outros animais (3).

Características que as BAL usualmente apresentam são: forma de bastonetes, cocobacilos ou cocos, com células simples, duplas ou tétrades podendo ainda formar pequenas ou grandes cadeias, não esporuladas, geralmente sem motilidade, não reduzem nitrato a nitrito, homo ou heterofermentativas, mesófilas ou termófilas, fastidiosas, acidúricas, resistentes aos sais biliares, gram-positivas, catalase e citocromo negativas, anaeróbias, anaeróbias facultativas, aeróbias ou microaerófilas, quantidades de guanina e citosina menores que as de timina e adenina no DNA bacteriano (4–8).

São capazes de produzir grande número de biomoléculas como: enzimas glicolíticas, lipolíticas e proteolíticas, ácidos orgânicos, bacteriocinas, vitaminas, diacetil, acetaldeído, alcenos, dióxido de carbono, peróxido de hidrogênio, benzaldeído, etanol, cetonas, terpenos, derivados de benzeno, além de exopolissacarídeos (2,9,10).

Por possuírem propriedades biofuncionais como atividade antimicrobiana, anti-inflamatória, anti-hipertensiva, antioxidante, antidiarreica, antiviral, imunomoduladora, hipocolesterolêmica, antidiabética e anticancerígena este grupo de microrganismos têm sido estudado utilizando animais ou ensaios clínicos em humanos para avaliação do seu potencial em reduzir ou amenizar distúrbios do trato gastrointestinal (TGI) (7,11–13). Também tem sido estudado o uso das BAL como bioprotetoras em alimentos, pois desempenham atividade inibitória considerável sobre microrganismos patogênicos e deteriorantes ali presentes (14).

Para serem aplicadas como probiótico, ou seja, organismos vivos capazes de exercer efeitos benéficos a quem os consome em quantidades adequadas, devem possuir status GRAS (do inglês *Generally Recognised As Safe*), resistir à passagem pelas condições adversas do TGI, principalmente a acidez do estômago e a presença de sais

bilíares no intestino, terem a capacidade de adesão à mucosa intestinal e à exclusão competitiva de microrganismos patogênicos (15).

Dentre as BAL com características probióticas mais bem caracterizadas e utilizadas, deve-se destacar as do gênero *Lactobacillus*, pertencente ao filo *Firmicutes*, classe *Bacilli*, ordem *Lactobacillales*, família *Lactobacillaceae* (16). Esse gênero passou por modificações na sua divisão taxonômica em abril de 2020 por conta de um grande número de bactérias de espécies diferentes entre si estarem inclusas em um mesmo gênero, passando a apresentar além do gênero *Lactobacillus*, *Pediococcus* e *Paralactobacillus*, outros 23 gêneros (8). Também foi sugerida a junção das famílias *Lactobacillaceae* e *Leuconostocaceae*.

Os principais microrganismos utilizados como probióticos são bactérias e leveduras. No Quadro 1 são exemplificadas nove bactérias aplicadas em produtos de oito marcas diferentes.

Quadro 1 – Bactérias probióticas utilizadas em alimentos, marcas relacionadas e tipos de produtos fabricados.

Probiótico	Marca	Tipos de produtos
<i>Lacticaseibacillus casei</i> Shirota	Yakult®	Leite fermentado, sobremesa láctea
<i>Lacticaseibacillus paracasei</i>	Nestlé®	Leite fermentado, iogurte
<i>Lacticaseibacillus casei defensis</i>	Danone®	Iogurte
<i>Lacticaseibacillus casei</i>	Batavo®	Leite fermentado
<i>Lactobacillus acidophilus</i>	Batavo® e Polenghi®	Queijo
<i>Lacticaseibacillus rhamnosus</i>	Nestlé®	Leite fermentado
<i>Bifidobacterium animalis</i> DN173010	Danone®	Iogurte, bebida não láctea
<i>Bifidobacterium animalis</i> subsp. <i>lactis</i>	Tirolez®, Santa Clara®, Batavo®, Nestlé®	Queijo, iogurte
<i>Bifidobacterium animalis</i>	Danubio®	Queijo

Fonte: Adaptado (17,18).

Além das bactérias citadas acima, também são utilizadas as cepas *Limosilactobacillus reuteri* e *Streptococcus thermophilus* (19). E as leveduras *Saccharomyces boulardii*, *Saccharomyces cerevisiae* e *Saccharomyces bayanus* (20).

A aplicação desses microrganismos pode ser feita em produtos lácteos, bebidas não lácteas, fórmulas infantis, cereais, alimentos secos, cárneos fermentados, panificação, barras nutritivas, suplementos alimentícios e alimentos probióticos para animais. Dessa forma, em 2021 o mercado de probióticos alcançou cerca de 60 bilhões de dólares, e deverá expandir a uma taxa de crescimento anual composta (do inglês *compound annual growth rate* - CAGR) de 7,5% de 2021 até 2030 (Probiotics Market, 2021; 2022).

Com a crescente demanda por essas bactérias, a fabricação através da secagem por atomização possibilita um maior rendimento se comparada a fabricação por liofilização (23). A comparação específica com o método de liofilização, como a apresentada no Quadro 2, se dá por conta da maior parte dos produtos que demandam viabilidade celular das bactérias pós-secagem serem preparados por meio desse método (24).

Quadro 2 – Comparação entre as características e consequências das secagens por liofilização e atomização.

Liofilização	Secagem por atomização
Método menos econômico	Método mais barato (cerca de 10 vezes)
Mais demorado (mais de 24 h)	Mais rápido (segundos)
Menor taxa de produção (por batelada)	Alta taxa de produção (contínua)
Congelamento e sublimação sob vácuo	Processo unitário único de evaporação
Difícil ampliação	Fácil ampliação
Estresse osmótico	Estresse osmótico
Afeta lipídios e proteínas da MP* e PC**	Estresse térmico
Rompimento por cristais de gelo	Estresse oxidativo
Menor redução na produção de biomoléculas e da viabilidade celular	Maior redução na produção de biomoléculas e da viabilidade celular

Fonte: Elaborado pela autora, 2022. Com base (2,25,26).

*Membrana plasmática; **Parede celular.

Em ambos os casos as células bacterianas passam por estresses e sofrem perda de viabilidade. Uma alternativa encontrada é a de utilizar materiais protetores frente a alta ou baixa temperatura (27–29). O processo de secagem por atomização é um método de microencapsulação realizado em um equipamento que é alimentado por uma mistura líquida composta por células de BAL somadas ao protetor adequado. Esse material é pulverizado em gotículas finas do tamanho de microns e misturada com fluxo de ar quente para obter desidratação rápida (30). As células bacterianas podem alcançar temperaturas de aproximadamente 60 °C por alguns segundos após a secagem da partícula do pó (2).

Como já demonstrado (31), a resistência bacteriana aos estresses é linhagem-dependente, então pode ser feito um teste de resistência para pré-selecionar as bactérias que apresentem maior capacidade de expressão desses genes, e posteriormente ser submetida a um estímulo subletal, com crescimento sob condições estressantes antes da secagem para que haja a expressão contínua desses genes que codificam proteínas chamadas chaperonas, que contribuem para a resistência frente várias condições adversas, como: variações de temperatura, variação na pressão osmótica, pH do meio e exposição aos sais biliares por exemplo (32).

Portanto, o objetivo deste trabalho foi o de encontrar BAL resistentes ao estresse térmico dentre as 100 escolhidas, com contagem pós-estresse maior que 7 log UFC/mL e perda de viabilidade de até duas unidades logarítmicas.

MATERIAL E MÉTODOS

MICROORGANISMOS UTILIZADOS E CONDIÇÕES DE ESTOCAGEM

As 100 BAL usadas nesse trabalho foram previamente isoladas, caracterizadas como pertencentes aos gêneros *Lactobacillus* spp., *Enterococcus* spp., *Pediococcus* spp. e *Streptococcus* spp., e fazem parte da coleção de trabalho do Projeto Biotech-CPLFase 1, as quais são preservadas a longo termo na Embrapa Gado de Leite, Juiz de Fora, Minas

Gerais, Brasil, a $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ e $-80\text{ }^{\circ}\text{C}$ em meio crioprotetor constituído de 10% leite desnatado (Oxoid) adicionado de 10% de glicerol (Merck).

OBTENÇÃO DO INÓCULO E PREPARO DA SUPENSÃO DE CÉLULAS

Para cultivo da bactéria de interesse, uma alçada do meio crioprotetor contendo as células bacterianas foi estriada em placa de Petri contendo ágar MRS (Kasvi) com o intuito de obter colônias isoladas. As placas de Petri foram incubadas por 48 h, a $35\text{ }^{\circ}\text{C}$ sem condições de anaerobiose. Uma colônia isolada foi transferida para 1 mL de caldo MRS (Kasvi) contido em tubo de ensaio e incubada a $35\text{ }^{\circ}\text{C}$ por 24 h.

Do cultivo anterior, 100 μL foram transferidos para 900 μL de caldo MRS contido em microtubo eppendorf e incubado a $35\text{ }^{\circ}\text{C}$ por 18 h para atingir a fase estacionária, a fim de preservar as células adaptadas em um estado ativo.

Após incubação a massa celular bacteriana foi coletada por centrifugação (6000 x g, 5 min, $25\text{ }^{\circ}\text{C}$), lavada duas vezes com solução PBS (composição: NaCl, Qhemis – 8,0 g; $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 12\text{ H}_2\text{O}$, Merck – 2,9 g; KCl, Ecibra – 0,2 g; KH_2PO_4 , Neon – 0,2 g; H_2O – 1000,0 g), e ressuspendida em 1 mL de solução PBS.

ESTRESSE TÉRMICO

Alíquotas de 400 μL de cada inóculo obtido conforme descrito na seção anterior foi transferida para tubo de ensaio estéril e mantida em banho-maria de $60\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ por 5 min. Em seguida transferida para banho de gelo.

A suspensão bacteriana restante, não exposta ao estresse, foi usada como controle.

ENUMERAÇÃO PELA TÉCNICA DA MICROGOTA

As placas de ágar MRS que receberam a microgota foram posicionadas abertas em capela de fluxo laminar com a chama acesa e a luz UV ligada por 15 min para que o meio perca a umidade em excesso e absorva mais facilmente o inóculo. Posteriormente as placas são tampadas, sendo mantida uma fresta aberta por mais tempo o suficiente perto da chama até que a tampa esteja livre de condensação.

A diluição seriada das suspensões bacterianas foi realizada em solução PBS até contemplar a concentração estimada, além de uma acima e outra abaixo desta.

As diluições foram plaqueadas em triplicata e cada microgota de 20 μL foi posicionada em um quadrante da placa de Petri, como exemplificado na Figura 1.

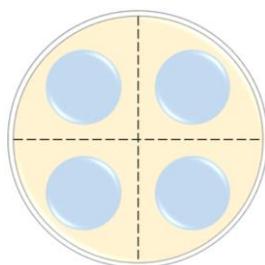


Figura 1 – Esquema de plaqueamento da microgota de 20 µL.
 Fonte: Autora, 2022.

Movimentos circulares leves foram feitos com a placa de Petri após aplicação de cada microgota para que as bactérias não acumulem nas bordas.

A incubação foi feita a 35 °C por 48 h e a contagem das colônias foi realizada preferencialmente nas diluições que contemplaram de 8 a 80 UFC.

Para obter o resultado em UFC/mL foi aplicada a equação (1):

$$UFC/mL = \frac{\bar{x}_{UFC} \times FD \times (-1)}{V_{mL}} \quad (1)$$

Onde:

UFC/mL = concentração média de bactérias

\bar{x}_{UFC} = contagem média da triplicata

FD = fator de diluição

V_{mL} = volume aplicado em mL

Para avaliar a redução na viabilidade decorrente dos estresses foi aplicada a equação (2):

$$RV = \log N - \log N_0 \quad (2)$$

Onde:

RV = redução na viabilidade

N = células viáveis finais

N_0 = células viáveis iniciais

Cepas com perda de viabilidade de até duas unidades logarítmicas e contagem maior que 7 log UFC/mL foram consideradas adequadas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após o teste de estresse térmico pôde-se observar que a perda de viabilidade das bactérias apresentou a forma de uma distribuição normal, ou Gaussiana, como mostrado no Gráfico 1, onde microrganismos mais resistentes ao tratamento de 60 °C ± 1 °C por 5

min estão mais próximos ao lado esquerdo e os menos resistentes estão do lado oposto, pois maiores valores indicam maior redução na viabilidade bacteriana e menores valores indicam menor redução na viabilidade bacteriana. Ao final do experimento foram observados valores variando de 0,28 a 9,18.

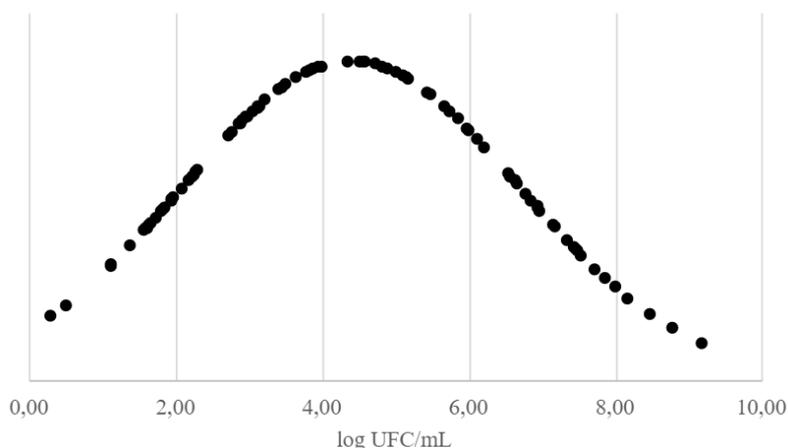


Gráfico 1 – Distribuição da perda de viabilidade das BAL expostas ao estresse térmico.
Fonte: Autora, 2022.

Bactérias que apresentam maior perda de viabilidade em testes de estresse térmico, tendem a manifestar menor sobrevivência quando expostas ao processo de secagem por spray drying. Circunstância que pode ser associada a baixa ou inexistente expressão de chaperonas, por exemplo (1). Portanto, para selecionar cepas resistentes devemos apontar atenção para o lado esquerdo do Gráfico 1.

Dentre as 100 BAL estudadas nesse trabalho, 20 apresentaram redução na viabilidade celular de até 2 unidades logarítmicas e contagem maior que 7 log UFC/mL após o teste de estresse térmico, como ilustrado na Tabela 1.

Tabela 1 – Identificação, gênero e redução logarítmica das BAL selecionadas pós-estresse térmico.

continua

ID	Gênero	Redução logarítmica	Contagem (log UFC/mL)
7	<i>Lactobacillus</i>	1,57	7,74
19(51)B	<i>Enterococcus</i>	1,72	7,92
17(43)G	<i>Enterococcus</i>	1,65	8,00
17(45)M	<i>Enterococcus</i>	1,83	7,90
ID	Gênero	Redução logarítmica	Contagem (log UFC/mL)
1(1)	<i>Enterococcus</i>	1,10	7,65
13(37)	<i>Enterococcus</i>	1,84	7,82
16(42)	<i>Enterococcus</i>	1,96	7,76
5(17)P	<i>Enterococcus</i>	1,11	7,74
20(57)	<i>Enterococcus</i>	1,57	7,96
5(15)	<i>Enterococcus</i>	1,93	7,47
1023	<i>Enterococcus</i>	1,38	8,01

1(2)P	<i>Enterococcus</i>	1,60	8,74
8(28)	<i>Enterococcus</i>	1,59	8,75
QCRN 128	<i>Pediococcus</i>	1,95	8,72
QCRN 131	<i>Pediococcus</i>	1,63	8,55
QCRN 140	<i>Pediococcus</i>	1,84	8,69
219Lb	<i>Pediococcus</i>	0,28	8,69
934Lb	<i>Pediococcus</i>	1,82	8,92
CV58	<i>Streptococcus</i>	0,49	8,86
CV60	<i>Streptococcus</i>	1,80	8,59

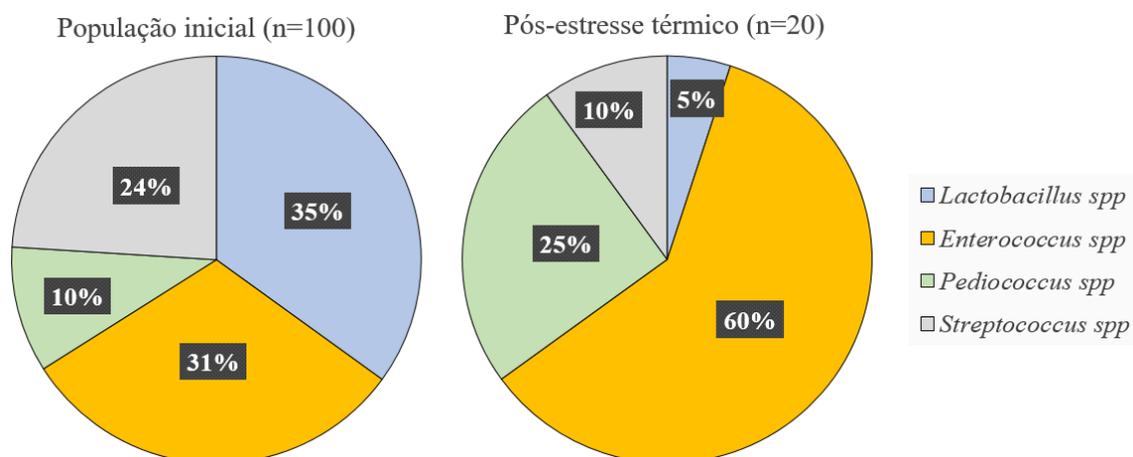
Fonte: Autora, 2022.

Bactérias dos gêneros *Pediococcus* spp. e *Streptococcus* spp. foram as que apresentaram menor redução logarítmica, 0,28 e 0,49 respectivamente, o que indica grande resistência frente à condição a qual foram expostas.

Outro fato que pôde ser observado está relacionado a capacidade de adequação ao limiar estabelecido para os microrganismos estudados. Onde dentre os 4 gêneros: *Lactobacillus* spp., *Enterococcus* spp., *Pediococcus* spp. e *Streptococcus* spp., foram classificados como resistentes 2,86%, 38,71%, 50,00% e 8,33% do número de bactérias, respectivamente.

No Gráfico 2 está a comparação da população de cada gênero antes e depois da aplicação de estresse.

Gráfico 2 – Distribuição da população inicial e pós-estresse térmico de cada gênero estudado.



Fonte: Autora, 2022.

Ao final dos experimentos, 20% da população apresentou resultados dentro do estabelecido para o avanço em busca de novas cepas de BAL que venham a integrar o grupo de microrganismos aplicados para uso humano, seja em sua totalidade ou por seus genes e produtos gênicos.

CONCLUSÕES

Das 100 BAL introduzidas no estudo, 20 foram capazes de resistir ao tratamento térmico com uma redução na viabilidade dentro do esperado e serão capazes de prosseguir para etapas seguintes de estudos visando futura aplicação industrial.

Devem ser estudadas outras características de resistência desses microrganismos antes de sua aplicação no processamento por spray drying, e também seu status GRAS para uso em alimentos.

REFERÊNCIAS

1. Hao F, Fu N, Ndiaye H, Woo W, Jeantet R, Chen XD, et al. Lactic Acid Bacteria After Spray Drying as Affected by the Increase of Growth Temperature. *Food and Bioprocess Technology*. 2021 [cited 2021 Dec 29];10(1):6. Available from: <https://doi.org/10.1007/s11947-020-02571-1>
2. Moreira MTC, Martins E, Perrone ÍT, Freitas R, Queiroz LS, Carvalho AF. Challenges associated with spray drying of lactic acid bacteria: Understanding cell viability loss. *Compr Rev Food Sci Food Saf* [Internet]. 2021 Jul 19;20(4):3267–83. Available from: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/1541-4337.12774>
3. Duar RM, Lin XB, Zheng J, Martino ME, Grenier T, Pérez-Muñoz ME, et al. Lifestyles in transition: evolution and natural history of the genus *Lactobacillus*. *FEMS Microbiol Rev* [Internet]. 2017 Aug 1 [cited 2022 Jan 30];41(Supp_1):S27–48. Available from: https://academic.oup.com/femsre/article/41/Supp_1/S27/3902999
4. Freire TT, Silva ALT e, Ferreira BKO, Santos TM dos. Bactérias ácido lácticas suas características e importância: revisão. *Res Soc Dev* [Internet]. 2021 Sep 7 [cited 2022 Jan 3];10(11):e513101119964. Available from: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/19964>
5. Lunardi A, Filho JVD, Ferreira CC, Cavali J, Vais JO, Dias A de A, et al. Bactérias Ácido-Láticas Não Iniciadoras (Nslab): Um Desafio À Indústria Do Queijo / Non Starter Lactic Acid Bacteria (Nslab): a Challenge To the Cheese Industry. *Brazilian J Dev*. 2021;7(3):26383–409.
6. Mokoena MP. Lactic Acid Bacteria and Their Bacteriocins: Classification, Biosynthesis and Applications against Uropathogens: A Mini-Review. *Molecules* [Internet]. 2017 Jul 26 [cited 2022 Jan 28];22(8):1255. Available from: </pmc/articles/PMC6152299/>
7. Adu KT, Wilson R, Baker AL, Bowman J, Britz ML. Prolonged Heat Stress of *Lactobacillus paracasei* GCRL163 Improves Binding to Human Colorectal Adenocarcinoma HT-29 Cells and Modulates the Relative Abundance of Secreted and Cell Surface-Located Proteins. *J Proteome Res* [Internet]. 2020 [cited 2021 Dec 30];19:2021. Available from: <https://dx.doi.org/10.1021/acs.jproteome.0c00107>
8. Zheng J, Wittouck S, Salvetti E, Franz CMAP, Harris HMB, Mattarelli P, et al. A

- taxonomic note on the genus *Lactobacillus*: Description of 23 novel genera, emended description of the genus *Lactobacillus beijerinckii* 1901, and union of Lactobacillaceae and Leuconostocaceae. *Int J Syst Evol Microbiol* [Internet]. 2020 Apr 15 [cited 2022 Jan 28];70(4):2782–858. Available from: <https://www.microbiologyresearch.org/content/journal/ijsem/10.1099/ijsem.0.004107>
9. Vieco-Saiz N, Belguesmia Y, Raspoet R, Auclair E, Gancel F, Kempf I, et al. Benefits and inputs from lactic acid bacteria and their bacteriocins as alternatives to antibiotic growth promoters during food-animal production. *Front Microbiol*. 2019;10:57.
 10. Tulini FL, Hymery N, Haertlé T, Le Blay G, De Martinis ECP. Screening for antimicrobial and proteolytic activities of lactic acid bacteria isolated from cow, buffalo and goat milk and cheeses marketed in the southeast region of Brazil. *J Dairy Res* [Internet]. 2016 Feb 1 [cited 2022 Jan 30];83(1):115–24. Available from: <https://www.cambridge.org/core/journals/journal-of-dairy-research/article/abs/screening-for-antimicrobial-and-proteolytic-activities-of-lactic-acid-bacteria-isolated-from-cow-buffalo-and-goat-milk-and-cheeses-marketed-in-the-southeast-region-of-brazil/8A8>
 11. Souza TC, Zacarias MF, Silva AM, Binetti A, Reinheimer J, Nicoli JR, et al. Cell viability and immunostimulating and protective capacities of *Bifidobacterium longum* 51A are differentially affected by technological variables in fermented milks. *J Appl Microbiol* [Internet]. 2012 Jun;112(6):1184–92. Available from: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1365-2672.2012.05280.x>
 12. Cuffia F, George G, Godoy L, Vinderola G, Reinheimer J, Burns P. In vivo study of the immunomodulatory capacity and the impact of probiotic strains on physicochemical and sensory characteristics: Case of pasta filata soft cheeses. 2019; Available from: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2019.108606>
 13. Minj J, Chandra P, Paul C, Sharma RK. Bio-functional properties of probiotic *Lactobacillus*: current applications and research perspectives. *Crit Rev Food Sci Nutr* [Internet]. 2021 [cited 2021 Dec 14];61(13):2207–24. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32519883/>
 14. Cosentino S, Viale S, Deplano M, Fadda ME, Pisano MB. Application of Autochthonous *Lactobacillus* Strains as Biopreservatives to Control Fungal Spoilage in Caciotta Cheese. 2018 [cited 2022 Apr 7]; Available from: <https://doi.org/10.1155/2018/3915615>
 15. WHO. Guidelines for the Evaluation of Probiotics in Food [Internet]. Canada; 2002 p. 11. Available from: <http://www.fao.org/es/ESN/Probio/probio.htm>
 16. Papadimitriou K, Alegría Á, Bron PA, Angelis M de, Gobbetti M, Kleerebezem M, et al. Stress Physiology of Lactic Acid Bacteria. *Microbiol Mol Biol Rev* [Internet]. 2016 Sep [cited 2021 Dec 30];80(3):837. Available from: </pmc/articles/PMC4981675/>
 17. Melo T, Melo TA, Ribeiro-Alves MA, Lavinhas FC, Rodrigues I de A. Levantamento e caracterização dos produtos probióticos disponíveis no mercado

- varejista da região metropolitana do Rio de Janeiro. *Rev Rede Cuid em Saúde* [Internet]. 2016 Jan 20 [cited 2022 Feb 4];10(1):13. Available from: <http://publicacoes.unigranrio.edu.br/index.php/rcs/article/view/3307>
18. Rocha NDC. Prospecção de bactérias lácticas para uso como probióticos e avaliação do efeito protetor em modelo murino de mucosite intestinal induzida por 5-FU. Dissertação (Mestrado em Genética) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte; 2020.
 19. Uriot O, Denis S, Junjua M, Roussel Y, Dary-Mouro A, Blanquet-Diot S. *Streptococcus thermophilus*: From yogurt starter to a new promising probiotic candidate? *J Funct Foods*. 2017 Oct 1;37:74–89.
 20. Leo VV, Viswanath V, Deka P, Zothanpuia, Ramji DR, Pachau L, et al. *Saccharomyces* and Their Potential Applications in Food and Food Processing Industries. *Ind Important Fungi Sustain Dev* [Internet]. 2021 [cited 2022 Feb 8];393–427. Available from: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-030-67561-5_12
 21. Probiotics Market Growth Analysis, Trends, and Forecasts to 2026 | MarketsandMarkets [Internet]. 2021 [cited 2022 Feb 3]. Available from: <https://www.marketsandmarkets.com/Market-Reports/probiotic-market-advanced-technologies-and-global-market-69.html>
 22. Probiotics Market Size | Industry Report, 2021 -2030 [Internet]. 2022 [cited 2022 Feb 3]. p. 135. Available from: <https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/probiotics-market>
 23. Yurani Vera-Peña M, Cortés Rodríguez M, Francia Y, Valencia-García E. Spray Drying of Lactic Acid Bacteria. *Ing y Cienc* [Internet]. 2019 May 31 [cited 2021 Dec 29];15(29):179–213. Available from: <https://publicaciones.eafit.edu.co/index.php/ingciencia/article/view/5417>
 24. Paéz R, Lavari L, Vinderola G, Audero G, Cuatrin A, Zaritzky N, et al. Effect of heat treatment and spray drying on lactobacilli viability and resistance to simulated gastrointestinal digestion. *Food Res Int* [Internet]. 2012 Oct 1 [cited 2022 Jan 11];48(2):748–54. Available from: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0963996912002104>
 25. Frakolaki G, Giannou V, Kekos D, Tzia C. A review of the microencapsulation techniques for the incorporation of probiotic bacteria in functional foods. <https://doi.org/10.1080/1040839820201761773> [Internet]. 2020 [cited 2022 Jan 18];61(9):1515–36. Available from: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/10408398.2020.1761773>
 26. Liu H, Cui SW, Chen M, Li Y, Liang R, Xu F, et al. Protective approaches and mechanisms of microencapsulation to the survival of probiotic bacteria during processing, storage and gastrointestinal digestion: A review. *Crit Rev Food Sci Nutr* [Internet]. 2017 Sep 25 [cited 2022 Feb 17];59(17):2863–78. Available from: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/10408398.2017.1377684>
 27. Zhang Z, Peng S, Sun X, Jie Y, Zhao H, Zhu B, et al. A novel insight to screen the optimal spray-drying protectants and parameters for manufacturing lactic acid

- bacteria preparations. *Dry Technol* [Internet]. 2020 Oct 1 [cited 2021 Dec 30];38(14):1843–56. Available from: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/07373937.2019.1674323>
28. El-Salam MHA, El-Shibiny S. Preparation and properties of milk proteins-based encapsulated probiotics: a review. *Dairy Sci Technol* [Internet]. 2015 Jul 3 [cited 2021 Dec 30];95(4):393–412. Available from: <http://link.springer.com/10.1007/s13594-015-0223-8>
 29. Santos G Dos, Nogueira RI, Rosenthal A. Powdered yoghurt produced by spray drying and freeze drying: a review. *Brazilian J Food Technol* [Internet]. 2018 Aug 16 [cited 2021 Dec 29];21. Available from: <http://www.scielo.br/j/bjft/a/z36wyrYGcXy7xJcy6LZTXsR/?lang=en>
 30. Wang N, Fu N, Chen XD. The extent and mechanism of the effect of protectant material in the production of active lactic acid bacteria powder using spray drying: a review. *Curr Opin Food Sci*. 2022 Apr 1;44:100807.
 31. Barbosa J, Borges S, Teixeira P. Influence of sub-lethal stresses on the survival of lactic acid bacteria after spray-drying in orange juice. *Food Microbiol*. 2015 Dec 1;52:77–83.
 32. Sugimoto S, Abdullah-Al-Mahin, Sonomoto K. Molecular Chaperones in Lactic Acid Bacteria: Physiological Consequences and Biochemical Properties. *J Biosci Bioeng* [Internet]. 2008;106(4):324–36. Available from: <http://dx.doi.org/10.1263/jbb.106.324>

DOI: <https://doi.org/10.53934/9786585062039-45>

CAPÍTULO 45

ANÁLISES DE QUALIDADE DO LEITE CRU COMERCIALIZADO EM MUNICÍPIOS DO ALTO OESTE POTIGUAR, RN, BRASIL

Bruno Fonsêca Feitosa ; Emanuel Neto Alves de Oliveira *; Jennifer Viviany dos Santos Fonseca ; Regilane Marques Feitosa ; Pedro Victor Crescêncio de Freitas ; Francisco Lucas Chaves Almeida ; Álvaro Gustavo Ferreira da Silva 

*Autor correspondente – E-mail: emanuel.oliveira16@gmail.com

Resumo: A produção do leite tem aumentado gradativamente, correspondendo a um dos segmentos do agronegócio mais significativo no Brasil. Em virtude de sua perecibilidade, o leite necessita de uma atenção especial durante toda a cadeia produtiva, desde a propriedade rural até o consumidor. Este alimento está sujeito a alterações, provenientes das condições ambientais impostas ou mesmo de adulteração intencional. Assim, entre as formas de se garantir a qualidade e identidade do leite está a realização de análises específicas, as quais devem seguir protocolos e serem revisadas para o emprego na detecção de fraudes. Objetivou-se a com a pesquisa a avaliação da qualidade físico-química de leites cru comercializados informalmente nos municípios de Portalegre e Luís Gomes-RN, bem como avaliar possíveis fraudes. Foram coletadas 6 (seis) amostras de leite cru de diferentes produtores de pequeno porte que comercializam seu produto informalmente, sendo 3 (três) amostras de cada cidade. As análises foram realizadas no Laboratório de Análises de Alimentos do IFRN, *campus* Pau dos Ferros-RN. A partir dos resultados obtidos, nota-se as agravantes inconformidades encontradas nas amostras de leite comercializadas na cidade de Portalegre, enquanto as amostras comercializadas em Luís Gomes encontraram-se de acordo com as normas estabelecidas pela legislação vigente. Faz-se necessária uma fiscalização mais eficiente do leite cru comercializado informalmente nas cidades do interior Potiguar, com a finalidade de garantir uma qualidade físico-química e sanitária dos produtos, e uma ingestão alimentar satisfatória sem prejudicar a saúde dos consumidores.

Palavras-chave: condições higiênico-sanitárias; produção leiteira; segurança alimentar

Abstract: Milk production has gradually increased, corresponding to one of the most significant agribusiness segments in Brazil. Due to its perishability, milk needs special attention throughout the production chain, from the rural property to the consumer. This food is subject to change, arising from imposed environmental conditions or even intentional adulteration. Thus, among the ways to guarantee the quality and identity of

the milk is the performance of specific analyses, which must follow protocols and be reviewed for use in fraud detection. The objective of the research was to evaluate the physicochemical quality of raw milk informally marketed in the municipalities of Portalegre and Luís Gomes-RN, as well as to evaluate possible fraud. Six (6) samples of raw milk were collected from different small producers who sell their product informally, with three (3) samples from each city. The analyzes were carried out at the Food Analysis Laboratory of the IFRN, Pau dos Ferros-RN campus. From the results obtained, the aggravating nonconformities found in the milk samples sold in the city of Portalegre can be noted, while the samples sold in Luís Gomes were in accordance with the norms established by the current legislation. A more efficient inspection of raw milk commercialized informally in the cities of Potiguar interior is necessary, in order to guarantee a physical-chemical and sanitary quality of the products, and a satisfactory food intake without harming the health of consumers.

Keyword: hygienic-sanitary conditions; dairy production; food security

INTRODUÇÃO

A produção do leite tem aumentado gradativamente, correspondendo a um dos segmentos do agronegócio mais significativo no Brasil (1, 2). Em 2017, foram produzidas mais de 510 mil toneladas de leite em todo o mundo, sendo os principais produtores a União Europeia, Estados Unidos e Índia, respectivamente, totalizando cerca de 60% da produção. O Brasil ocupava a quinta colocação, com aproximadamente 35 mil toneladas de leite produzido, o que indica um crescimento de 1% em relação ao ano anterior (3).

Sua qualidade é muito importante para as indústrias alimentícias, consumidores e produtores, uma vez que pode influenciar diretamente na produção de derivados láteos e nos hábitos de consumo da população. O Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), através da Instrução Normativa nº 76, de 26 de novembro de 2018, define leite cru refrigerado como o leite produzido em propriedades rurais, refrigerado e destinado aos estabelecimentos de leite e derivados sob serviço de inspeção oficial (4).

Por conter um elevado valor nutritivo, dispondo de proteínas, lipídios, carboidratos, minerais e vitaminas, o leite torna-se cada vez mais indispensável na mesa dos consumidores em todo o mundo (5). Em virtude de sua perecibilidade, o leite necessita de uma atenção especial durante toda a cadeia produtiva, desde a propriedade rural até o consumidor. Este alimento está sujeito a alterações, provenientes das condições ambientais impostas ou mesmo de adulteração intencionais (6).

A qualidade do leite produzido no país é uma constante preocupação dos técnicos e autoridades brasileiras regulamentadoras de laticínios, pois um leite de má qualidade resultará em prejuízos econômicos as indústrias. A prática ilegal de adulteração do leite traz consequências para seu rendimento e riscos à saúde dos consumidores, que ficam expostos ao consumo de substâncias estranhas a composição natural do alimento (7).

Dessa forma, entre as formas de se garantir a qualidade e identidade do leite está a realização de análises específicas, as quais devem seguir protocolos e serem revisadas para o emprego na detecção de fraudes. Somente assim torna-se possível realizar um controle mais seguro e rigoroso desse alimento, a fim de se garantir a qualidade dos produtos finais e evitar perdas econômicas (8).

Neste contexto, objetivou-se com o presente trabalho analisar através de parâmetros físico-químicos e testes de fraude a qualidade do leite cru, comercializado informalmente nos municípios de Portalegre e Luís Gomes, localizadas no Alto Oeste Potiguar, no estado do Rio Grande do Norte (RN), Brasil.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi desenvolvido no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte (IFRN), *campus* Pau dos Ferros-RN. Foram adquiridas 6 (seis) amostras de leite cru de diferentes produtores de pequeno porte, que comercializam informalmente nas cidades de Portalegre e Luís Gomes, no Alto Oeste Potiguar, RN, Brasil.

As amostras de leite foram coletadas em caixas térmicas com gelo, sendo mantidas em condições assépticas, sob temperatura de refrigeração até o momento das análises. Os parâmetros de qualidade físico-química foram analisados, em triplicata, conforme as instruções do Instituto Adolf Lutz (9). Os parâmetros avaliados foram: Extrato Seco Total (EST), em estufa de secagem, a 105 °C/ 24 h; densidade relativa a 15 °C, com lactodensímetro; pH, em potenciômetro com medidor de pH; e Acidez Total Titulável (ATT), por titulometria com NaOH 0,1 N padronizado.

Os testes de fraude realizados nas amostras de leite foram: estabilidade ao etanol a 68% (teste do álcool); presença de amido; e presença de peróxido de hidrogênio com iodeto (9). Também foi realizado o teste de alizarol, utilizando solução de alizarol comercial.

Os resultados das análises físico-químicas foram analisados, em triplicata, utilizando o programa computacional *software* Assistat versão 7.7 beta (10), através de Análise de Variância (ANOVA). Foi empregado um Delineamento Inteiramente Casualizado (DIC) e as médias foram comparadas pelo teste de *Tukey*, a nível de 5% de significância ($p < 0,05$).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados das análises de qualidade físico-química das amostras de leite cru comercializadas em duas cidades do Alto Oeste Potiguar estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 – Resultados das análises físico-químicas nas amostras de leite cru comercializadas em Portalegre e Luís Gomes, RN, Brasil.

Cidades	Amostras	Parâmetros físico-químicos			
		EST	Densidade (g.mL ⁻¹)	pH	ATT (%) [*]
Portalegre (PL)	1	10,65 ^a ± 2,62	1,031 ^a ± 0,00	6,46 ^b ± 0,00	0,29 ^a ± 0,00
	2	11,42 ^a ± 0,15	1,031 ^a ± 0,00	6,70 ^a ± 0,00	0,18 ^c ± 0,01
	3	5,35 ^b ± 0,18	1,026 ^b ± 0,00	6,67 ^a ± 0,01	0,20 ^b ± 0,00
Luís Gomes (LG)	1	8,46 ^c ± 0,01	1,030 ^a ± 0,00	6,80 ^a ± 0,00	0,17 ^a ± 0,00
	2	12,84 ^a ± 0,01	1,028 ^a ± 0,00	6,79 ^a ± 0,00	0,17 ^a ± 0,01
	3	11,45 ^b ± 0,09	1,033 ^a ± 0,00	6,35 ^b ± 0,00	0,17 ^a ± 0,01

*Expresso em ácido láctico. EST – Extrato Seco Total; ATT – Acidez Total Titulável. Médias seguidas na coluna pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de *Tukey* a 5% de significância ($p < 0,05$).

O EST engloba todos os componentes do leite, exceto a água. Quanto maior for à quantidade de sólidos totais no leite, melhor será seu rendimento na indústria, podendo indicar a adulteração no leite, principalmente pela adição de água (7). As amostras de leite PL₁ e PL₂ não diferiram significativamente entre si ($p > 0,05$) e a amostra PL₃ obteve média abaixo das demais. As amostras de Luís Gomes difeririam significativamente entre si ($p > 0,05$). Machado et al. (11), e Oliveira et al. (12) encontraram resultados superiores, variando de 11,93 a 12,60%, e 5,35 a 12,72%, respectivamente, em leites pasteurizados comercializados na cidade de Alfenas-MG e leites *in natura* comercializados na cidade de Taboleiro Grande-RN.

No tocante a densidade, este parâmetro pode variar de 1,028 a 1,034 g.mL⁻¹, conforme a legislação vigente (4). Os resultados encontrados neste trabalho variaram de 1,026 a 1,033 g.mL⁻¹, mostrando que a amostra PL₃ não se encontra dentro dos padrões. Possivelmente, ocorreu fraude por adição de água ou outras substâncias que reconstituem a densidade.

Os valores de pH das amostras de leite analisadas da cidade de Luís Gomes não diferiram significativamente entre si ($p > 0,05$). Segundo Paula et al. (13), o pH do leite ordenhado recentemente de uma vaca pode variar de 6,4 a 6,8, sendo um indicador da estabilidade e qualidade sanitária. Ainda sobre o pH, as alterações nos valores de pH no leite estão relacionadas também à falta de cuidados após a ordenha, falta de refrigeração adequada e consequente aumento da carga microbiana, conforme Campos (14). Oliveira et al. (12) encontraram valores próximos ao do presente trabalho, sendo 6,46 para leite cru comercializado em Portalegre-RN.

De acordo com os resultados obtidos para a acidez total em ácido láctico, todas as amostras de leite da cidade de Portalegre-RN diferiram entre si, variando de 0,18 a 0,29%, enquanto as amostras de leite da cidade de Luís Gomes mantiveram-se dentro dos padrões estabelecidos pela legislação. A Instrução Normativa n° 76 define como padrão valores variando de 0,14 a 0,18% de ácido láctico (4). Sovinski et al. (15) observaram que 44,8% das amostras de leite cru comercializadas informalmente no município de Cafelândia, Paraná, também estavam em desacordo com legislação. De acordo com Caldeira et al. (16), há uma tendência de aumento da acidez proveniente do desdobramento da lactose

em ácidos, ocorrendo o aumento de ácido lático resultante da fermentação da lactose pelo metabolismo microbiano.

Na Tabela 2 estão apresentados os resultados dos testes de fraude das amostras de leite cru comercializadas em duas cidades do Alto Oeste Potiguar.

Tabela 2 – Resultados dos testes de fraude das amostras de leite cru comercializadas em Portalegre e Luís Gomes, RN, Brasil.

Cidades	Amostras	Testes de fraude			
		Teste do álcool	Amido	Peróxido de hidrogênio	Teste do alizarol
Portalegre (PL)	1	Instável	Ausente	Ausente	Ácido
	2	Estável	Ausente	Ausente	Normal
	3	Instável	Ausente	Ausente	Normal
Luís Gomes (LG)	1	Estável	Ausente	Ausente	Normal
	2	Estável	Ausente	Ausente	Normal
	3	Estável	Ausente	Ausente	Normal

O teste do álcool é uma operação simples e rápida para identificar a acidez no leite e simular sua estabilidade ao aquecimento. As amostras de leite PL₁ e PL₃ demonstraram instabilidade ao álcool, comprovando que sua acidez está elevada, o que concorda com o resultado de acidez total demonstrado na Tabela 1.

As análises de presença de amido e peróxido de hidrogênio obtiveram resultados negativos para todas as amostras analisadas. Segundo Abrantes et al. (17), o amido e açúcar são utilizados como reconstituintes de densidade para mascarar a aguçagem do leite. Por sua vez, o peróxido de hidrogênio é considerado como fraude, pois visa paralisar a atividade dos microrganismos e atuar como conservante. Os leites com alta carga microbiana apresentam pH alterado e a acidez também elevada, o que pode fazer com que obtenha a rejeição do leite no laticínio.

Por fim, analisou-se a estabilidade ao alizarol, sendo essa uma prova rápida, bastante empregada nas plataformas de recepção como um indicador de acidez e estabilidade térmica do leite. Nas amostras avaliadas, todas estão conformes para tal parâmetro, com exceção da amostra PL₁. Esta amostra apresentou grumos e coloração indesejada, indicando acidez elevada no leite e corroborando com o resultado obtido para ATT na Tabela 1. Ainda sobre a estabilidade ao alizarol, Mendes et al. (18) encontraram 100% de conformidade com a legislação, ao estudarem fraude de leite comercializados no município de Mossoró-RN. Por sua vez, Franque et al. (19) encontraram em suas análises que 12% das 25 amostras apresentaram alteração, avaliando físico-quimicamente leite cru comercializado no município de Garanhuns-PE. Na literatura, Oliveira et al. (12) encontraram conformidade para todos os parâmetros analisados em leites comercializados na cidade de Taboleiro Grande-RN.

CONCLUSÕES

A partir dos resultados obtidos, nota-se as agravantes inconformidades encontradas nas amostras de leite comercializadas na cidade de Portalegre, enquanto as amostras comercializadas em Luís Gomes encontraram-se de acordo com as normas estabelecidas pela legislação vigente. Faz-se necessário uma fiscalização mais eficiente do leite cru comercializado informalmente nas cidades do interior Potiguar, com a finalidade de garantir uma qualidade físico-química e sanitária dos produtos, e uma ingestão alimentar satisfatória sem prejudicar a saúde dos consumidores.

REFERÊNCIAS

1. Gaspar P, Escribano AJ, Mesías FJ, Escribano M, Pulido AF. Goat systems of Villuercas-Ibores area in SW Spain: Problems and perspectives of traditional farming systems. *Small Rumin Res.* 2011;97:1-11.
2. Vidal-Martins AMC, Bürger KP, Gonçalves ACS, Grisólio APR, Aguilar CEG, Rossi GAM. Avaliação do consumo de leite e produtos lácteos informais e do conhecimento da população sobre os seus agravos à saúde pública, em um município do estado de São Paulo, Brasil. *Indust Anim.* 2013;70:221-227.
3. Brasil. Companhia Nacional de Abastecimento. **Leite e Derivados: Conjuntura mensal especial**; 2017.
4. Brasil. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa n. 76, de 26 de novembro de 2018. Regulamento técnico de identidade e qualidade de leite cru refrigerado. *Diário Oficial da União.* 30 nov. 2018; Seção 1.
5. Fernandes VG, Maricato E. Physical and chemical analysis of raw milk in a dairy plant in Bicas MG. *Rev Institut Laticínios Cândido Tostes.* 2010;375.
6. Furtado, MAM. Fraudes em leite de consumo. In: I Simpósio de Qualidade do Leite e Derivados, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Anais..., Seropédica; 2010. Disponível em: <<http://r1.ufrj.br/simleite/Marco%20Furtado.pdf>>.
7. Robim MS, Cortez MAS, Silva ACO, Filho RAT, Gemal NH, Nogueira EB. Pesquisa de fraude no leite UAT integral comercializado no estado do Rio de Janeiro e comparação entre os métodos de análises físico-químicas, oficiais e o método de ultrassom. *Rev Institut Laticínios Cândido Tostes.* 2012;389:43-50.
8. Wanderley CH, Silva ACO, Silva FER, Mársico ET, Junior Carlos AC. Avaliação da sensibilidade de métodos analíticos para verificar fraude em leite fluido. *Rev Ciênc Vida.* 2012;32:34-42.

9. IAL. Instituto Adolfo Lutz. Métodos físico-químicos para análise de alimentos. 4ª ed., São Paulo; 2008. 1020p.
10. Silva FAZ, Azevedo CAV. The assistat software version 7.7 and its use in the analysis of experimental data. *Afr J Agric Res.* 2016;11:3733-3740.
11. Machado ART, Campos JEC, Clareto SS, Moraes ALL. Características físico-químicas e sensoriais de três marcas de leite de vaca pasteurizado e comercializado na cidade de Alfenas-MG. *Rev Uni Vale do Rio Verde.* 2014;12:93-99.
12. Oliveira ENA, Almeida FLC, Feitosa BF, Souza RLA, Oliveira SN. Analysis of milk in natura sold in the city of Taboleiro Grande – RN. *Rev Bras Agrotec.* 2017;7:102-105.
13. Paula FP, Cardoso CE, Rangel MAC. Análise físico-química do leite cru refrigerado proveniente das propriedades leiteiras da Região Sul Fluminense. *Revi Elet TECCEN.* 2010;3.
14. Campos AAR, Borgo LA, Mendonça MA. Avaliação físico-química e pesquisa de fraudes em leite pasteurizado integral tipo c produzido na região de Brasília, Distrito Federal. *Rev Institut Laticínios Cândido Tostes.* 2011;66.
15. Sovinski AI, Cano FG, Raymundo NKL, Barcellos VC, Bersot LS. Situação da comercialização do leite cru informal e avaliação microbiológica e físico-química no município de Cafelândia, Paraná, Brasil. *Arq Ciênc Vet Zool UNIPAR.* 2014;17:159-163.
16. Caldeira LA, Rocha Júnior VR, Foncesca CM, Melo LM, Cruz AG, Oliveira LLS. Caracterização do leite comercializado em Janaúba – MG. *Alimentos e Nutrição.* 2010;21:191-195.
17. Abrantes MR, Campêlo CS, Silva JBA. Fraude em leite: Métodos de detecção e implicações para o consumidor. *Rev. Inst. Adolfo Lutz.* 2014;72.
18. Mendes C, Sakamoto SM, Silva JBA, Jacomé CGM, Leite AI. Análises físico-químicas e pesquisa de fraude no leite informal comercializado no município de Mossoró-RN. *Ciênc Anim. Bras.* 2010;11:349-356.
19. Franque MP, Peixoto AF, Pereira TA, Souza IB, Silva EO, Chinelate GCB. Avaliação microbiológica e físico-química do leite cru comercializado em estabelecimentos comerciais da cidade de Garanhuns – PE. *Rev Bras Agrotec.* 2017;7:64-67.

DOI: <https://doi.org/10.53934/9786585062039-46>

CAPÍTULO 46

EMBALAGENS ATIVAS APLICADAS NA CONSERVAÇÃO DE ALIMENTOS DE ORIGEM ANIMAL

Laura Martins Fonseca *¹; Eduarda Caetano Peixoto ¹; Francine Tavares da Silva ¹; Estefani Tavares Jansen ¹; Alvaro Renato Guerra Dias ¹; Elessandra da Rosa Zavareze ¹

¹ Laboratório de Biopolímeros e Nanotecnologia em Alimentos, Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal de Pelotas – DCTA/FAEM – UFPel

**Laura Martins Fonseca – Email: laura_mfonseca@hotmail.com*

Resumo: Os alimentos de origem animal são largamente consumidos devido a suas características sensoriais excepcionais e ao seu valor nutritivo, sendo valorizados pelo consumidor no momento da escolha dos itens que serão consumidos. Por serem alimentos muito perecíveis, a carne, leite e seus derivados, são suscetíveis a reações de oxidação e ao ataque de diversos microrganismos e, como consequência, sofrem rápida deterioração, sendo a conservação destes produtos um dos grandes desafios para a indústria de alimentos. Com isso, novas técnicas vêm sendo aplicadas, como o uso de embalagens ativas, as quais interagem de modo intencional com o alimento promovendo sua conservação, estendendo a vida útil do produto e garantindo maior segurança ao consumidor. Diante do exposto, cientistas e pesquisadores estão desenvolvendo estudos relacionados à conservação de alimentos de origem animal aplicando, por exemplo, embalagens ativas com atividades antimicrobiana e antioxidante a esses produtos. Assim, o objetivo desta revisão bibliográfica é fazer um levantamento de estudos atuais que abordam embalagens ativas aplicadas na conservação de alimentos de origem animal.

Palavras-chave: Produtos cárneos; Compostos bioativos; Encapsulação; Ação antimicrobiana.

Abstract: Foods of animal origin are widely consumed due to their exceptional sensory characteristics and nutritional value, being highly valued by the consumer at the time of choosing the products to be consumed. Meat, milk and its products are perishable foods, being susceptible to oxidation reactions and the attack of various microorganisms. As a consequence, these food products suffer rapid deterioration, and their conservation is one of the major problems of the food industry. Thus, new techniques have been applied, such as the use of active packaging, which intentionally interact with the food promoting its conservation, extending the product shelf life and guarantying higher safety for the

consumer. Therefore, scientists and researchers have been developing studies related to the conservation of foods of animal origin, applying active packaging with antimicrobial and antioxidant activities, for example. Thus, the objective of this literature review is to survey current studies that address active packaging applied in the conservation of food of animal origin.

Key Word: Meat products; Bioactive compounds; Encapsulation; Antimicrobial action.

INTRODUÇÃO

Uma das principais preocupações da indústria alimentícia e da ciência e tecnologia de alimentos é a presença de microrganismos patógenos, que representa uma ameaça à saúde do consumidor. Com isso, busca-se o desenvolvimento de novas tecnologias para conservação de alimentos que promovam a segurança e mantenham a qualidade dos mesmos [1]. Os microrganismos presentes nas carnes, leite e demais produtos de origem animal são classificados em dois grupos, os deteriorantes e os patogênicos, sendo o grupo dos microrganismos patogênicos responsável pelas Doenças Transmitidas por Alimentos (DTAs). De acordo com a Organização Mundial da Saúde (OMS), as DTAs são aquelas de natureza infecciosa ou tóxica, causadas pela ingestão de alimentos ou água, contaminados por agentes biológicos, químicos e físicos, representando um grave risco à saúde [2]. A Legislação Brasileira através da Instrução Normativa n° 60, da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), preconiza para cortes cárneos a análise de microrganismos mesófilos aeróbios, *Escherichia coli* e *Salmonella* spp [3].

Os alimentos de origem animal são em grande parte perecíveis, e quando se trata de qualidade e vida útil, além da presença de patógenos, também se deve considerar a deterioração ocorrida por elementos externos (temperatura, umidade e gases atmosféricos), microrganismos deteriorantes ou atividade enzimática, gerando desperdício de alimentos [4]. Esses alimentos apresentam diferentes quantidades de gordura e alto teor de ácidos graxos insaturados. Com isso além da preocupação com microrganismos patogênicos ou deteriorantes, a indústria tem a preocupação com oxidação lipídica por ser uma das principais causas de deterioração da qualidade em carnes e produtos cárneos [5].

Uma técnica inovadora aplicada na conservação de alimentos é o uso de embalagens ativas as quais promovem o aumento da vida útil e a manutenção da qualidade. A conservação é dada por diferentes sistemas de embalagens ativas, como as com ação antimicrobiana e antioxidante. Assim, o crescimento e multiplicação de microrganismos patogênicos e deteriorantes, bem como a oxidação de alimentos é efetivamente inibida ou retardada [4], [6]. Neste contexto, essa revisão bibliográfica aborda embalagens ativas aplicadas na conservação de alimentos de origem animal, trazendo pesquisas relacionadas ao tema.

EMBALAGENS ATIVAS

As embalagens ativas são aquelas as quais, além das funções convencionais das embalagens (proteção, acondicionamento, comunicação e conservação), interagem com o alimento embalado ou o meio da embalagem, promovendo uma conservação prolongada [7]. Neste contexto, os compostos bioativos de origem natural, como os presentes em óleos essenciais [6], [8], [9] e extratos naturais [10], [11], contribuem benéficamente quando aplicados na elaboração de embalagens ativas. Esses materiais de origem natural vêm sendo cada vez mais estudados na substituição de aditivos sintéticos, os quais podem ter efeitos nocivos à saúde do consumidor, como potencial mutagênico ou carcinogênico [11].

As embalagens ativas com atividade antimicrobiana e antioxidante são largamente aplicadas para conservação de alimentos tanto de origem animal, quanto de origem vegetal. O efeito dos agentes ativos nessas embalagens pode ser alcançado pelo contato direto com o alimento por sistemas de difusão controlada ou por contato indireto usando substâncias voláteis criando uma atmosfera ativa no espaço livre da embalagem (*headspace*) [12].

As embalagens ativas podem ser elaboradas pela incorporação dos compostos bioativos diretamente na matriz da embalagem ou por sua encapsulação em materiais de parede apropriados [6], [10], visando a proteção de compostos bioativos que apresentam alta degradação e instabilidade [13]. Além disso, quando encapsulados antes de ser incorporados em uma embalagem, promove-se uma liberação gradual e efetiva do composto bioativo ao longo do tempo, prolongando a vida útil e a qualidade dos alimentos nela contidos [14]. Ainda, a encapsulação previne alterações sensoriais no alimento (devido a sabor e/ou odor característicos dos compostos bioativos, os quais não são desejáveis de serem transferidos aos alimentos embalados) e reduz o risco de toxicidade do material bioativo [6].

Esses materiais encapsulados podem ser incorporados em filmes biodegradáveis formando um material compósito. Embalagens desenvolvidas a partir de compósitos apresentam alta funcionalidade, pois faz-se o uso das propriedades de diferentes materiais, as quais, em conjunto, formam um material ideal para conservação de alimentos [15]. Assim, o uso de compósitos na formação embalagens ativas visa aumentar a vida útil de alimentos devido as propriedades físico-químicas aprimoradas, como propriedades mecânicas e de barreira, transparência e estabilidade térmica, química e dimensional, além das ações diretamente no alimento que as embalagens ativas promovem (liberação de compostos bioativos com diferentes ações) [16].

Novas técnicas para a elaboração de materiais naturais destinados a produção de embalagens ativas vêm sendo estudadas. As técnicas de encapsulação de compostos bioativos fornecem materiais ou nanomateriais com alta efetividade, sendo incorporados nas embalagens formando uma embalagem ativa. Podemos citar diversas técnicas de encapsulação, como *electrospinning* [6], [10]–[12] e *spray drying* [8].

A técnica de *electrospinning* faz uso da nanotecnologia visando a produção de nanofibras ou fibras em escala micrométrica, através do processamento

eletrohidrodinâmico de soluções poliméricas. As nanofibras produzidas por essa técnica apresentam diversas funcionalidades, como alta área superficial e capacidade de atuação como material de parede para a encapsulação de compostos bioativos, como óleos essenciais e extratos naturais, não utilizando altas temperaturas durante o processo [13]. Já a técnica de *spray drying* nada mais é do que a secagem do material por pulverização, sendo um processo econômico e flexível que promove alta eficiência de encapsulação. No entanto, essa última técnica, ao contrário da anterior, necessita do emprego de calor para atingir valores de temperaturas compatíveis com as temperaturas de secagem do material de parede escolhido [8].

Os polímeros utilizados na elaboração de embalagens ativas ou como material de parede para encapsulação podem ser provenientes de diversas fontes, inclusive de matérias-primas naturais, biodegradáveis e biocompatíveis, as quais auxiliam na produção de materiais que agridam pouco o meio ambiente. Com isso estudos que elaboram embalagens ativas, geralmente utilizam polímeros de origem natural como matriz ou material de parede para encapsulação [10].

Nos últimos anos, diversas pesquisas relatam materiais de embalagem usados para aumentar a vida útil de produtos alimentícios perecíveis, inibindo o crescimento de uma ampla gama de patógenos alimentares [6],[17],[21]-[24]. Assim, podemos observar o crescimento do uso de embalagens ativas na conservação de produtos de origem animal.

EMBALAGENS ATIVAS NA CONSERVAÇÃO DE PRODUTOS DE ORIGEM ANIMAL

As indústrias de alimentos de origem animal visam o aumento da vida útil, manutenção do valor nutricional e sensorial e a comercialização de alimentos seguros. Isso pode ser obtido a partir do uso de embalagens ativas, pela incorporação ou encapsulação de compostos bioativos conferindo ação antimicrobiana e antioxidante [17]. Na Tabela 1 estão apresentadas algumas das pesquisas atuais desenvolvidas na aplicação de embalagens ativas para conservação de alimentos de origem animal.

Tabela 1: Estudos de embalagens ativas na conservação de alimentos de origem animal.

Embalagem ativa	Alimento aplicado	Referência
Fibras ultrafinas de proteínas com óleo essencial de gengibre encapsulado	Queijo Minas frescal	[9]
Filmes nanocompósitos com óleo essencial de cravo	Filés refrigerados de atum rabilho	[16]
Cápsulas zeína de óleo essencial de tomilho encapsulado	Hambúrguer	[8]
Compósito adesivo de celulose com fibras de gelatina e isotiocianato de alila encapsulado	Queijo	[12]

Filme de amido de batata com extrato de bagaço de espinheiro	Carne seca	[17]
Filmes nanocompósitos de amido de tapioca com nanocristais de celulose e dois extratos de bagaço de uva	Carne de frango pronta para consumo	[18]
Nanocompósitos de pectina com nanoemulsão de óleo de pracaxi	Manteiga	[19]
Plasma frio e nanoemulsão carregada de linalol	Carne de frango pronta para consumo	[20]
Filme antimicrobiano de acetado de celulose com sementes de mostarda	Carne moída	[21]
Filme antioxidante com óleos essenciais puros e óleos vegetais	Carne fresca	[22]
Filmes elaborados com isolados de proteínas do soro de leite e nanofibras de celulose para incorporação de nanopartículas de dióxido de enxofre e óleo essencial de alecrim	Carne ovina fresca	[23]
Filme ativo de k-carragenina e extrato de folha de oliveira	Carne ovina fresca	[24]
Aerogéis celulósicos multifuncionais de biomassa residual de <i>Posidonia oceanica</i> com propriedades antioxidantes	Carne fresca	[25]

Silva et al. [9] avaliaram a ação do óleo essencial de gengibre (*Zingiber officinale*) encapsulado em fibras ultrafinas de proteínas no controle antimicrobiano *in situ* de queijo Minas frescal. As fibras ultrafinas foram produzidas usando uma mistura polimérica de isolado de proteína de soja (SPI), óxido de polietileno (PEO) e zeína pela técnica de *electrospinning*, encapsulando o óleo essencial em diferentes concentrações (0, 3, 6, 9 e 12%, v/p). As fibras ultrafinas produzidas, independente da concentração do óleo essencial, apresentaram morfologia homogênea e cilíndrica com diâmetros variando de 241 a 386 nm.

Quanto à avaliação antimicrobiana *in vitro*, os autores reportaram ação efetiva do óleo essencial de gengibre frente as bactérias *Listeria monocytogenes*, *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli* 0157:H7, *Salmonella typhimurium* e *Pseudomonas aeruginosa*. A maior concentração de óleo essencial encapsulado apresentou resultados promissores como agente antimicrobiano *in vitro* frente a *Listeria monocytogenes* e, assim, foi utilizada para aplicação *in situ* (em queijo Minas frescal) frente a esta bactéria gram positiva, sendo analisada pela técnica de micro-atmosfera. A aplicação das fibras ultrafinas ativas contendo 12% de óleo essencial de gengibre mostrou alto potencial para ser aplicado em embalagens de alimentos visando reduzir a contaminação microbiana [9].

Echeverría et al. [16] produziram filmes nanocompósitos ativos à base de proteínas de soja-montmorilonita-óleo essencial de cravo para a conservação de filés

refrigerados de atum rabilho (*Thunnus thynnus*). Os filmes foram preparados e aplicados como cobertura de filés de atum durante 17 dias de armazenamento a temperatura de 2 °C. Nessas condições, os filmes reduziram o crescimento microbiano e a auto oxidação lipídica. A presença de argila (montmorilonita) favoreceu a liberação dos compostos bioativos do óleo essencial de cravo, prologando sua ação antimicrobiana, principalmente na inibição de *Pseudomonas* spp. Ademais, os autores relatam que esses nanocompósitos são efetivos na aplicação como embalagem ativa para acondicionamento de atum.

Radünz et al. [8] avaliaram o potencial antimicrobiano do óleo essencial de tomilho (*Thymus vulgaris*) encapsulado em cápsulas produzidas por *spray-drying* na conservação de produtos cárneos tipo hambúrguer. As cápsulas foram produzidas utilizando como material de parede caseína e maltodextrina e apresentaram morfologia esférica e irregular e alta eficiência de encapsulação e estabilidade térmica. O óleo essencial encapsulado apresentou atividade antioxidante (frente aos radicais DPPH, hidroxila e óxido nítrico) e antimicrobiana contra *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, *Listeria monocytogenes* e *Salmonella Typhimurium* quando testado *in vitro* e frente a coliformes termotolerantes quando testado *in situ*, mostrando potencial para aplicação como conservante natural produtos cárneos [8].

Um compósito adesivo à base de celulose como material de embalagem ativo foi estudado para prolongar a vida útil de queijo por Al-Moghazy et al. [12]. O compósito adesivo foi desenvolvido com fibras de gelatina para encapsulação de isotiocianato de alila (variando concentrações de 2 a 10%, v/v) em fase vapor pela técnica de electrospinning e uma folha adesiva de suporte. Os compósitos apresentaram atividade antimicrobiana *in vitro* frente as bactérias patogênicas *Staphylococcus aureus* ATCC 25923 e *Escherichia coli* O157:H7. Quando avaliadas *in situ* em queijos, os compósitos com 10% de isotiocianato de alila prolongaram a vida útil do queijo de 4 para 8 semanas.

O efeito de um filme de amido de batata esterificado incorporado com extrato de bagaço de espinheiro marinho na qualidade de carne seca vendida em supermercado foi estudado por Guo et al. [17]. O extrato foi incorporado em diferentes concentrações (2%, 4% e 6%, p/p) sendo que na maior concentração, ocorreu alteração nas características sensoriais da carne, promovendo odor característico do extrato incorporado no material da embalagem. Os filmes demonstraram efetiva redução da deterioração por bactérias na carne seca durante o armazenamento por 13 meses. Além disso, a embalagem reduziu a perda de água, mudança de cor e oxidação lipídica e proteica.

Filmes nanocompósitos de amido de tapioca incorporando de nanocristais de celulose e dois extratos de bagaço de uva foram elaborados no estudo de Xu et al. [18]. Os nanocompósitos ativos foram avaliados pelo seu efeito antimicrobiano em carne de frango pronta para consumo. A incorporação dos nanocristais de celulose aumentou a resistência à tração dos filmes e diminuiu seu alongamento na ruptura e a permeabilidade ao vapor de água. Os filmes incorporados com extratos de bagaço de uva exibiram um efeito inibitório mais forte sobre *Staphylococcus aureus* em comparação com *Listeria monocytogenes*. A aplicação dos nanocompósitos em carnes de frango prontas para consumo promoveu eficaz atividade frente a bactéria *Listeria monocitogenes* inoculada nas amostras de carne de frango durante o período de armazenamento de 10 dias a 4 °C.

Nanocompósitos de pectina e nanoemulsão de óleo de pracaxi foram estudados como embalagem ativa para acondicionamento de manteiga por Candido et al. [19]. As nanoemulsões foram utilizadas para encapsular o óleo nas concentrações de 0, 0,1, 0,2, 0,3 e 0,4% e então aplicadas em filmes biodegradáveis de pectina. Conforme o aumento na quantidade de óleo nas nanoemulsões, uma redução na permeabilidade ao vapor d'água dos filmes foi observada. A encapsulação em nanoemulsões resultou em um aumento na atividade antioxidante frente ao radical DPPH, fosfomolibdênio e β -caroteno, bem como um aumento nos teores de compostos fenólicos totais. Os autores avaliaram a atividade dos nanocompósitos em relação à oxidação da manteiga durante 60 dias de armazenamento, demonstrando maior estabilidade da manteiga frente a processos de oxidação, sendo uma estratégia promissora para prolongar a vida útil desse alimento de origem animal.

González-González et al. [20] estudaram o efeito de plasma frio gerado por descarga direta piezoelétrica de baixa tensão (CAP) e nanoemulsão carregada de linalol (LW) frente as bactérias patogênicas em carne de frango pronta para consumo. A atividade antimicrobiana dos tratamentos CAP (0-5 min) e LW (0-25 min) foi determinada individualmente e em combinação em diferentes sequências de aplicação em frango. Tratamentos individuais de CAP (5 min) e LW (25 min) demonstraram níveis de redução semelhantes para *Escherichia coli* O157:H7 e *Salmonella*. Já a combinação dos dois tratamentos mostrou uma atividade antimicrobiana mais alta. Os autores relatam que seu estudo foi o primeiro desenvolvido para avaliação de CAP aplicado visando o aumento da segurança de alimentos.

No estudo realizado por Bahmid et al. [21] a embalagem ativa desenvolvida com acetato de celulose contendo sementes de mostarda (500 mg) influenciou no crescimento microbiano e no tempo de absorção de umidade em carne moída com diferentes teores de gordura. Os autores mencionam que a umidade relativa e o teor de gordura influenciaram a concentração de isotiocianato de atilo, composto presente na mostarda. O estudo demonstrou que o maior teor de semente de mostarda reduziu o teor de umidade e aumentou a vida útil de 3,7 dias para as carnes que apresentavam menor quantidade de gordura e 0,6 dias para as carnes que continham quantidade média de gordura. Os autores justificam que a quantidade de gordura é o fator que mais interfere para a eficiência da embalagem, condições de armazenamento e características do alimento.

Wrona et al. [22] produziram filmes de polietileno de baixa densidade pela técnica de extrusão, com diferentes espessuras e agentes ativos, entre eles, óleo de abacate, linhaça, gengibre, semente de uva, romã, rosa e noz pecan. Os filmes desenvolvidos foram colocados em bandejas contendo carne bovina *in natura* e armazenados em uma temperatura de 4 °C. Os autores testaram o efeito antioxidante dos filmes aplicados no topo das bandejas. Os filmes contendo óleo de abacate, sementes de uva e linhaça foram os que apresentaram melhores resultados antioxidantes. Os filmes com óleo essencial de gengibre e óleo de rosa tiveram sua aplicação limitada devido as características sensoriais, sendo este um fator limitante. O filme com óleo de linhaça estendeu a vida útil das carnes frescas em 22%, sendo essa uma potencial aplicação para o aumento da vida útil nesses produtos.

Em outro estudo, Alizadeh-Sani, Mohammadian e McClements [23], desenvolveram filmes elaborados com isolados de proteínas do soro de leite e nanofibras de celulose para incorporação de nanopartículas de dióxido de enxofre (1%, p/p) e óleo essencial de alecrim (*Rosmarinus officinalis* L.) (2%, p/p). Na avaliação desses compostos quanto à atividade antioxidante *in vitro* frente ao DPPH, ambas as substâncias demonstraram capacidade de eliminar radicais livres do meio, no entanto, ao serem utilizadas em conjunto, os autores observaram um efeito sinérgico entre as substâncias e maior potencial de eliminar o radical DPPH. Na avaliação antimicrobiana *in situ*, carne ovina fresca foi armazenada a 4 °C por 15 dias. Para as amostras de carne que foram envolvidas pelo filme, a contagem de bactérias psicrófilas totais permaneceu abaixo do limite máximo aceitável durante todo o período de análise. A amostra controle não podia mais ser consumida após 9 dias, indicando que, quanto a esse parâmetro, o filme ativo foi capaz de estender a vida útil da carne por mais 6 dias.

Ainda, esse mesmo filme foi capaz de reduzir a variação do pH da carne e a oxidação lipídica da mesma. Além disso, os autores relatam também que a migração de íons Ti^{2+} para a carne após decorrido todo o período de armazenamento (15 dias) foi inferior ao preconizado como limite máximo pela FDA (Food and Drug Administration) [23].

Martiny et al [24] também estudaram a influência de uma embalagem composta por um filme ativo no armazenamento de carne ovina fresca, sendo o filme desenvolvido a partir de k-carragenina e extrato de folha de oliveira (62,5%, p/p). Na avaliação da atividade antimicrobiana *in vitro* frente a *Escherichia coli* (ATCC 11229), a concentração inibitória mínima encontrada para o extrato liofilizado foi igual a 50 mg.mL⁻¹. Após armazenamento a frio (7 °C) por período de dois dias, o filme ativo com extrato de folha de oliveira demonstrou ser capaz de reduzir em, aproximadamente, cinco vezes o crescimento de microrganismos psicrófilos na carne ovina em comparação ao filme controle. Assim, os autores relatam que esse material apresenta potencial para ser utilizado em embalagens ativas para carne ovina fresca, as quais seriam capazes de inibir o crescimento microbiano e, conseqüentemente, retardar alterações sensoriais na carne.

Por outro lado, Benito et al. [25] produziram aerogéis celulósicos multifuncionais antioxidantes a partir de extratos hidrofílicos e hidrofóbicos da biomassa residual de *Posidonia oceânica*. A hidrofobização dos aerogéis celulósicos foi conseguida através do revestimento de ácido polilático (PLA), enquanto a bioatividade foi conferida pela incorporação dos extratos. Os aerogéis apresentaram excelentes capacidades de sorção de água e óleo (1500 e 1900%, respectivamente) sendo capazes de liberar o líquido adsorvido quase completamente após 7 dias. A capacidade antioxidante dos aerogéis foi avaliada pelo ensaio de ácido β -caroteno-linoleico e todos os aerogéis mostraram efeito de inibição positiva, variando de 23 à 91% no ensaio. Além disso, os aerogéis carregados com extratos foram capazes de reduzir a oxidação lipídica e oximioglobina na carne vermelha após 10 dias de armazenamento, sendo a maior redução observada nos aerogéis produzidos a partir da combinação dos dois extratos (hidrofílico e hidrofóbico). Esses resultados demonstraram o potencial desses materiais para serem utilizados como

almofadas adsorventes em embalagens bioativas na preservação da qualidade de alimentos frescos embalados.

CONCLUSÕES

Os alimentos de origem animal são perecíveis e, em maioria, apresentam curta vida útil. Com isso, alternativas inovadoras que possam auxiliar a indústria de alimentos a superar esse desafio vêm sendo estudadas e aplicadas, como o uso de embalagens ativas, as quais interagem com os alimentos aumentando sua vida útil e conservando sua qualidade e características sensoriais. As pesquisas com embalagens ativas vêm crescendo ao longo dos anos, devido à sua efetiva ação na conservação de alimentos de origem animal, sendo aplicadas visando principalmente uma ação antimicrobiana e/ou antioxidante.

Essas embalagens podem ser produzidas a partir de polímeros sintéticos ou de origem natural, os quais são empregados para incorporação de compostos bioativos diretamente na matriz do material da embalagem ou para encapsulação dessas substâncias, as mantendo protegidas e prolongando sua ação por maior período de tempo. Os estudos abordados nesse trabalho de revisão demonstram o grande potencial das embalagens ativas para conservação de diversos tipos de alimentos de origem animal, no entanto, é evidente que são necessárias mais pesquisas para inserção efetiva desse tipo de embalagem no mercado, garantindo que forneçam de modo correto para o consumidor os benefícios para os quais foram desenvolvidas.

AGRADECIMENTOS

Agradecimentos à Universidade Federal de Pelotas, UFPel, à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES (001), Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPQ (306378/2015-9) e Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio Grande do Sul (BR) - FAPERGS (17/255100009126).

REFERÊNCIAS

- [1] Barros-Velazquez J, Antimicrobial food packaging, Elsevier, 2016.
- [2] Wen P, Zhu DH, Wu H, Zong MH, Jing Y-R, Han S-Y. “Encapsulation of cinnamon essential oil in electrospun nanofibrous film for active food packaging” *Food Control*, 2016; 59:366–376
- [3] BRASIL, Agência Nacional de Vigilância Sanitária - ANVISA. Instrução Normativa nº 60, de 23 de dezembro de 2019. Estabelece padrões microbiológicos para alimentos. 2019.
- [4] Pandey S, Sharma K, Gundabala V, “Antimicrobial bio-inspired active packaging materials for shelf life and safety development: A review” *Food Biosci.*, 2022; 48:101730

- [5] Domínguez R, Barba FJ, Gómez B, Putnik P, Bursać Kovačević D, Pateiro M, Santos EM, Lorenzo JM. “Active packaging films with natural antioxidants to be used in meat industry: A review” *Food Res. Int.*, 2018; 113:93–101
- [6] Fonseca LM, Cruxen CES, Bruni GP, Fiorentini AM, Zavareze ER, Lim L-T, Dias, ARG. “Development of antimicrobial and antioxidant electrospun soluble potato starch nanofibers loaded with carvacrol” *Int. J. Biol. Macromol.*, 2019; 139:1182–1190
- [7] Altan A, Aytac Z, Uyar T. “Carvacrol loaded electrospun fibrous films from zein and poly(lactic acid) for active food packaging” *Food Hydrocoll.*, v2018; 81:48–59
- [8] Radünz M, Hackbart HCS, Camargo TM, Nunes CFP, Barros FAP, Magro J, Filho PJS, Gandra EA, Radünz AL, Zavareze ER “Antimicrobial potential of spray drying encapsulated thyme (*Thymus vulgaris*) essential oil on the conservation of hamburger-like meat products” *Int. J. Food Microbiol.*, 2020; 330:108696
- [9] Silva FT, Cunha KF, Fonseca LM, Antunes MD, Halal SLM, Fiorentini AM, Zavareze ER, Dias ARG “Action of ginger essential oil (*Zingiber officinale*) encapsulated in proteins ultrafine fibers on the antimicrobial control *in situ*” *Int. J. Biol. Macromol.*, 2018; 118:107–115
- [10] Cruz EP, Fonseca LM, Radünz M, Silva FT, Gandra EA, Zavareze ER, Borges CD. “Pinhão coat extract encapsulated in starch ultrafine fibers: Thermal, antioxidant, and antimicrobial properties and *in vitro* biological digestion,” *J. Food Sci.*, 2021; 86: 2886–2897
- [11] Fonseca LM, Oliveira JP, Crizel RL, Silva FT, Zavareze ER, Borges CD. “Electrospun starch fibers loaded with pinhão (*Araucaria angustifolia*) coat extract rich in phenolic compounds” *Food Biophys.*, 2020; 15:355–367
- [12] Al-Moghazy M, Mahmoud M, Nada AA, “Fabrication of cellulose-based adhesive composite as an active packaging material to extend the shelf life of cheese” *Int. J. Biol. Macromol.*, 2020; 160:264–275
- [13] Bhushani JA, Anandharamakrishnan C. “Electrospinning and electrospaying techniques: Potential food based applications” *Trends Food Sci. Technol.*, 2014; 38:21–33
- [14] Wen P, Zhu D-H, Feng K, Liu F-J, Lou W-Y, Li N, Zong M-H, Wu H. “Fabrication of electrospun polylactic acid nanofilm incorporating cinnamon essential oil/ β -cyclodextrin inclusion complex for antimicrobial packaging.” *Food Chem.*, 2016; 196:996–1004
- [15] Xu Y, Xiaoli L, Qixing J, Dawei Y, Yanshun X, Bin W, Wenshui X. “Development and properties of bacterial cellulose, curcumin, and chitosan composite biodegradable films for active packaging materials,” *Carbohydr. Polym.*, 2021; 260:117778
- [16] Echeverría I, López-Caballero ME, Gómez-Guillén MC, Mauri NA, Montero MP. “Active nanocomposite films based on soy proteins-montmorillonite- clove essential oil for the preservation of refrigerated bluefin tuna (*Thunnus thynnus*) fillets” *Int. J. Food Microbiol.*, 2018; 266: 142–149

- [17] Guo Z, Han L, Yu QL, Lin L. “Effect of a sea buckthorn pomace extract-esterified potato starch film on the quality and spoilage bacteria of beef jerky sold in supermarket” *Food Chem.*, 2020; 326:127001
- [18] Xu Y, Rehmani N, Alsubaie L, Kim C, Sismour E, Scales A. “Tapioca starch active nanocomposite films and their antimicrobial effectiveness on ready-to-eat chicken meat” *Food Packag. Shelf Life*, 2018; 16:86–91
- [19] Candido GS, Natarelli CVL, Carvalho EEN, Oliveira JE. “Bionanocomposites of pectin and pracaxi oil nanoemulsion as active packaging for butter” *Food Packag. Shelf Life*, 2021; 32:100862
- [20] González-González CR, Labo-Popoola O, Delgado-Pando G, Theodoridou K, Doran O, Stratakos AC. “The effect of cold atmospheric plasma and linalool nanoemulsions against *Escherichia coli* O157:H7 and *Salmonella* on ready-to-eat chicken meat” *Lwt*, 2021; 149:11898
- [21] Bahmid NA, Dekker M, Fogliano V, Heising J. “Development of a moisture-activated antimicrobial film containing ground mustard seeds and its application on meat in active packaging system” *Food Packag. Shelf Life*, 2021; 30:100753
- [22] Wrona M, Silva F, Salafranca J, Nerín C, Alfonso MJ, Caballero MA. “Design of new natural antioxidant active packaging: Screening flowsheet from pure essential oils and vegetable oils to ex vivo testing in meat samples” *Food Control*, 2021; 120:107536
- [23] Alizadeh-Sani M, Mohammadian E, McClements DJ. “Eco-friendly active packaging consisting of nanostructured biopolymer matrix reinforced with TiO₂ and essential oil: Application for preservation of refrigerated meat” *Food Chem.*, 2020; 322:126782
- [24] Martiny TR, Raghavan V, Moraes CC, Rosa GS, Dotto GL. “Bio-based active packaging: Carrageenan film with olive leaf extract for lamb meat preservation” *Foods*, 2020; 9:1–14
- [25] Benito-González I, López-Rubio A, Galarza-Jiménez P, Martínez-Sanz M. “Multifunctional cellulosic aerogels from *Posidonia oceanica* waste biomass with antioxidant properties for meat preservation” *Int. J. Biol. Macromol.*, 2021; 185: 654–663

DOI: <https://doi.org/10.53934/9786585062039-47>

CAPÍTULO 47

COMPARAÇÃO SENSORIAL E MICROBIOLÓGICA DE CARNES FRESCAS BOVINAS COM COBERTURAS COMESTÍVEIS ADICIONADAS DE ÓLEOS ESSENCIAS OU PROBIÓTICO

Elke Shigematsu *; Milena Rodrigues da Silva ; Natália Saito Arashiro ;
Victória Magalhães Dolci ; Claudia Dorta ; Leandro Repetti ; Marie Oshiiwa 

*Autor correspondente (Elke Shigematsu) – elke_ds@hotmail.com

Resumo: Com o aumento da população mundial, o consumo de carnes também aumenta, necessitando de novas tecnologias para o abate e conservação deste produto fresco. A utilização abusiva de produtos químicos para conservação das carnes, infelizmente é frequente, e estas substâncias são nocivas à saúde do consumidor. Foi feita a aplicação de coberturas comestíveis, adicionadas de probióticos ou óleos essenciais, para aumentar a conservação de carnes frescas bovinas, para venda no varejo, avaliando sua qualidade microbiológica e aceitação sensorial durante o período de 3 dias. As carnes frescas bovinas foram cortadas na dimensão de 2,5 x 2,5 x 1,0 cm e mergulhadas na cobertura e logo após reticuladas em solução de CaCl₂. Foram feitas 4 amostras com coberturas à base de alginato de sódio e água de coco (C_c), a diferença é que em três amostras foram adicionadas nas coberturas, óleo essencial de alecrim (C_a), orégano (C_o) e microorganismos probióticos (C_p). Também foi feita uma amostra controle, sem cobertura (C_f). Apesar do consumidor não ter o costume de consumir produtos com coberturas comestíveis, as amostras obtiveram notas altas na análise sensorial, para todos os quesitos. Para os três dias, a cobertura retardou o crescimento de *Staphylococcus aureus* e bolores, demonstrando que a deterioração das amostras ocorreu de forma lenta, aumentando a vida de prateleira das carnes frescas. Todavia, todas as amostras estavam dentro dos padrões microbiológicos da RDC nº 60/2019.

Palavras-chave: aceitabilidade; conservação; consumidor; produtos químicos; revestimentos comestíveis

Abstract: With the increase in the world population, meat consumption also increases, requiring new technologies for the slaughter and conservation of this fresh product. The abusive use of chemical products for meat preservation, unfortunately, is frequent, and these substances are harmful to the health of the consumer. The application edible coatings, added with probiotics or essential oils, was made to increase the conservation

of fresh beef for retail sale, evaluating its microbiological quality and sensory acceptance during a period of 3 days. Fresh beef was cut to size 2.5 x 2.5 x 1.0 cm and dipped in the coating and then cross-linked in a CaCl₂ solution. Four samples were made with coatings based on sodium alginate and coconut water (C_c), the difference is that in three samples rosemary essential oil (C_a), oregano (C_o) and probiotic microorganisms (C_p). A control sample was also made, without coating (C_f). Although the consumer is not used to consuming products with edible coatings, the samples obtained high scores in the sensory analysis, for all items. For the three days, the coating retarded the growth of *Staphylococcus aureus* and molds, demonstrating that the deterioration of the samples occurred slowly, increasing the shelf life of fresh meats. However, all samples were within the microbiological standards of RDC N^o. 60/2019.

Key Word: acceptability; conservation; consumer; chemicals; edible coatings

INTRODUÇÃO

O consumo de carne depende da atração do consumidor por aspectos que o agradem, sendo a cor da carne o principal parâmetro utilizado pelos consumidores para a medida do frescor e decisão de compra (1). Os consumidores desejam encontrar na carne bovina fresca, pré-embalada, uma coloração vermelho brilhante (2, 3). Nesse sentido, é de fundamental importância para a manutenção da atratividade e o desejo de compra pelos consumidores o uso de embalagens que preservem a cor da carne, evitem contaminações, reduzam a perda de peso, permitam alguma atividade enzimática para aumentar a maciez e retardem reações de oxidação e deterioração microbiana (4).

Uma alternativa para os problemas citados pode ser o uso de revestimentos comestíveis, que vem se tornando um tópico de grande interesse devido ao seu potencial para evitar a deterioração dos alimentos por degradação oxidativa e reações respiratórias, melhorando, assim, a qualidade dos produtos e aumentando sua vida útil. As carnes são bastante perecíveis e susceptíveis a alterações microbianas, devido a isso, são altamente dependentes dos materiais de embalagens (5).

Dessa forma, a proliferação microbiana e a descoloração na superfície do produto, bem como a perda excessiva de exsudado da carne, podem ser controladas mediante a utilização de revestimentos comestíveis à base de biopolímeros, como proteínas, polissacarídeos e lipídios. Além disso, estes revestimentos podem servir como veículos para uma ampla quantidade de aditivos alimentares, incluindo compostos ativos como antimicrobianos e antioxidantes, assim como fontes naturais de óleos essenciais ou extratos vegetais, agentes antiescurecimento, corantes, aromatizantes e probióticos, que podem estender a vida de prateleira destes produtos e reduzir o risco de crescimento de patógenos na superfície dos alimentos (6, 7).

A adição de óleos essenciais nas coberturas comestíveis que revestem produtos cárneos, possivelmente, evitaria a oxidação lipídica, e a contaminação por bactérias indesejáveis, prolongando a vida útil do produto e minimizando essas alterações

relacionadas aos aspectos de segurança e qualidade do produto (8). Um dos mecanismos de ação antimicrobiana dos óleos essenciais ocorre pela desnaturação e coagulação das proteínas da parede celular das bactérias, causando interrupção de alguns processos metabólicos essenciais à sobrevivência das células das bactérias (9).

Outro método pouco estudado para conservação de carnes frescas, seria a adição de probióticos nas coberturas comestíveis que revestem o produto. Estes microorganismos probióticos, além de apresentarem propriedades benéficas aos consumidores, também podem aumentar a vida útil dos produtos, impedindo o crescimento de bactérias deteriorantes ou patogênicas, através da competição por nutrientes (10).

As bactérias produtoras de ácido láctico têm a capacidade de produzir metabólitos com efeito antimicrobiano, que se tornam um grande aliado contra bactérias patogênicas. Entre essas bactérias, as pertencentes ao gênero *Lactobacillus* são as mais empregadas como suplementos probióticos para alimentos, uma vez que são isoladas de todas as porções do trato gastrointestinal do humano saudável (11). Um bom exemplo é o *Lactobacillus acidophilus* LA3, que é ativo em uma larga faixa de pH e resistente a ação de enzimas proteolíticas e lipolíticas (12). Apresentando efeitos de amplo espectro contra bactérias Gram-positivas e Gram-negativas, bem como fungos, leveduras e protozoários. Porém, as bactérias probióticas são muito exigentes em nutrientes, sendo que o *L. acidophilus* LA3 apresenta necessidades nutricionais complexas, como a presença de aminoácidos e fatores de crescimento como riboflavina, ácido fólico, niacina e pantotenato de cálcio (13).

A água de coco, extraída de cocos frescos e verdes, tem um sabor agradável, e concentrações equilibradas de sódio, potássio, cálcio e magnésio, esta composição pode favorecer a viabilidade das bactérias lácticas no meio (14).

A manutenção dos aspectos intrínsecos e extrínsecos da carne, além de ser uma preocupação para a indústria, é de extrema importância para a aceitação pelo consumidor. Dessa forma, o presente trabalho teve como objetivo analisar a percepção sensorial dos consumidores e a ação microbiológica nos três dias de armazenamento sob refrigeração, das carnes frescas com coberturas comestíveis adicionadas de óleos essenciais ou microrganismos probióticos.

MATERIAL E MÉTODOS

Material

As carnes frescas bovinas de corte tipo patinho, foram adquiridas em supermercado da cidade de Marília/S.P. com Selo de Inspeção Federal (SIF). Para elaboração das coberturas foram utilizados: alginato de sódio (Dinâmica®, Brasil), glicerol (Rioquímica Farmacêutica Ltda, Brasil), tween 80 (Cooperativa Agroindustrial Alegrete, Brasil), óleos essenciais de alecrim e orégano (Quinari).

O probiótico utilizado foi *Lactobacillus acidophilus* LA3 (Sacco®, Campinas, Brasil).

Metodologia

As carnes frescas foram cortadas em pedaços de 2,5 x 2,5 cm com 1 cm de espessura e armazenadas sob refrigeração a uma temperatura de 4 °C.

Lactobacillus acidophilus LA3 foi reativado em caldo MRS através de 3 sucessivos repiques com incubação a 35 °C por 24 hrs, em seguida centrifugado até a concentração 10^{11} UFC/g e adicionado a cobertura comestível nas carnes frescas.

Para elaboração das coberturas foram utilizados o alginato de sódio 1,2%, glicerol 0,75%, tween 80 0,05%, óleos essenciais de alecrim e orégano (0,1%) e o *Lactobacillus acidophilus* LA3 ativado na ordem de $2,14 \times 10^8$ UFC/g de revestimento.

As proporções de água de coco e água destilada para dissolução dos ingredientes foram respectivamente de 70% e 30%. Submeteu-se a solução à um tratamento térmico de 70 °C por 10 minutos para que as enzimas fossem inativadas sem modificar a cor e o sabor da água de coco (15).

Após o tratamento térmico, adicionou-se o alginato de sódio na solução de água de coco com água aquecida, previamente dissolvido em 70 °C durante 10 minutos e levado em seguida ao agitador mecânico (MA 259, MARCONI, Piracicaba, Brasil) a 2400 rpm por 5 minutos até a completa dissolução. Adicionou-se glicerol, tween 80 e óleo essencial, homogeneizando a mistura no agitador mecânico por 3 minutos até a total dissolução, a solução apresentou, ao final, um pH de 5,0 (C_c). Para compor a amostra C_p foi incorporado na formulação da cobertura micro-organismos probióticos na ordem de $3,44 \times 10^7$ UFC/g. E para as amostras C_a e C_o foram adicionados nas coberturas óleos essenciais de alecrim (0,1%) e orégano (0,1%), respectivamente. Como controle foram armazenadas carnes frescas sem coberturas (C_f) (Tabela 1), juntamente com as quatro amostras à temperatura de $8 \text{ °C} \pm 2 \text{ °C}$.

Tabela 1 - Distribuição dos quatro tratamentos com coberturas comestíveis e do controle das carnes frescas bovinas

Tratamento	Carne <i>in natura</i>	Cobertura Alginato de sódio e água de coco	Adição de Probiótico <i>Lactobacillus</i> <i>acidophilus</i> LA3 à cobertura	Adição de óleo essencial de alecrim à cobertura	Adição de óleo essencial de orégano
C_f	X				
C_c	X	X			
C_p	X	X	X		
C_a	X	X		X	
C_o	X	X			X

Aplicou-se o revestimento nos cubos de carne fresca utilizando a técnica *dipping* (16) (Figura 1), ou seja, imergiu-se o alimento na solução preparada à base de alginato de sódio e água de coco por 2 minutos, em seguida imergiu-se na solução de cloreto de cálcio 1,5% por 1 minuto. Após esse processo, acondicionou-se em embalagens de poliestireno expandido (Figura 2), seladas com filme PVC esticável 20 μ m (WYDA, Sorocaba/SP, Brasil), armazenando-as à temperatura de 8 °C \pm 2 °C pelo período de 3 dias. As carnes frescas foram armazenadas nas mesmas condições descritas e usadas como controle amostral.

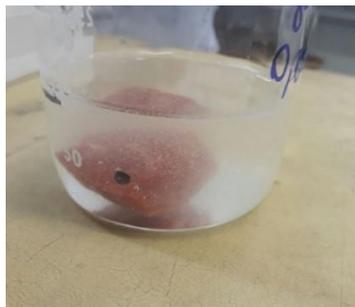


Figura 1 - Carne fresca imersa na cobertura comestível à base de alginato de sódio e água de coco



Figura 2 - Carne com cobertura comestível em embalagem de poliestireno expandido

Análise sensorial

Para verificar a vida de prateleira das cinco amostras de carnes, foi aplicado nos dias 1 e 3 o método afetivo de aceitação do produto. Foram apresentados monadicamente aos provadores, em um recipiente de isopor branco descartável, as cinco carnes assadas em forno à 100 °C/5 minutos e codificadas aleatoriamente (com três dígitos). Junto com as amostras foi recomendado ao julgador ingerir água entre a degustação das amostras para limpeza do palato, servida em copos plásticos descartáveis (capacidade 200 ml) à temperatura ambiente. Foi solicitado aos provadores que avaliassem cada amostra de carne, utilizando ficha sensorial, de acordo com a escala hedônica estruturada de sete pontos, o quanto gostou ou desgostou das amostras, cujos extremos correspondem a “desgostei muito” (1) e “gostei muito” (7), conforme aroma, maciez, suculência, sabor, aparência, cor e avaliação global. Nesta mesma ficha sensorial também foi exposta duas avaliações, utilizando comentários sobre como os provadores consomem a carne e a sua frequência.

Análises microbiológicas

As análises de contaminantes foram feitas nos dias 1 e 3 de armazenamento, conforme a Resolução RDC n. 60/2019 da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (17) com o controle de *Salmonella spp* e *Escherichia coli*. Para complementar o controle da qualidade microbiológica do processo dos tratamentos foi realizado também o estudo de

presença de coliformes totais, *Bacillus cereus*, *estafilococos coagulase* positiva, bolores e leveduras.

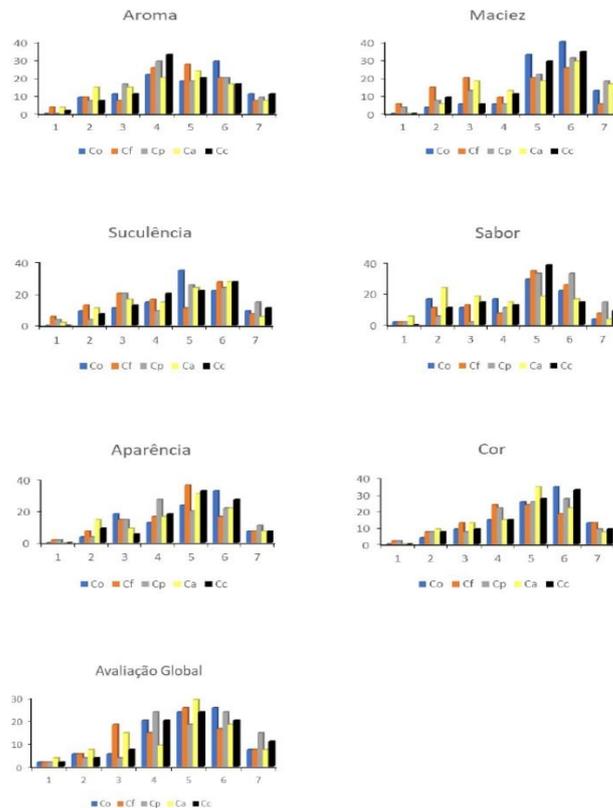
RESULTADOS E DISCUSSÃO

Sensorial

As amostras sem cobertura (C_f) apresentaram a somatória das frequências positivas ($\geq 5,0$) para os atributos aroma e sabor, 54,5% e 67,2%, respectivamente, sendo o segundo maior valor destes atributos, pois as maiores frequências de notas positivas foram para a amostra C_o (58,2%), no quesito aroma, e para a amostra C_p (80,0%), no quesito sabor, no primeiro dia de armazenamento (Gráfico 1), demonstrando harmonia da quantidade de aroma de óleo essencial de orégano à carne fresca, e para C_p , o micro-organismo probiótico não alterou o sabor da carne fresca. Já a amostra C_a , obteve apenas 38,2%, sendo a amostra com menor somatória de frequências positivas no quesito sabor, provavelmente devido ao sabor acentuado do óleo essencial de alecrim. De acordo com Barbosa (18) os óleos essenciais podem ser uma boa utilização como controle de micro-organismos deteriorantes, mas seu uso é limitado devido ao seu sabor residual.

Uma exigência do consumidor para a aquisição de carnes frescas, é que a aparência e a cor estejam com aspecto fresco e a cor bem vermelha, essas exigências têm relação com a qualidade microbiológica e questões sobre desperdícios de alimentos, onde a carne é avaliada visualmente sendo os atributos cor e aparência os mais requisitados (19). As amostras C_c e C_o tiveram, no primeiro dia de armazenamento, as melhores notas de frequência, acima de 5,0, para C_c 67,2%, para aparência e para C_o de 78,7%, na cor.

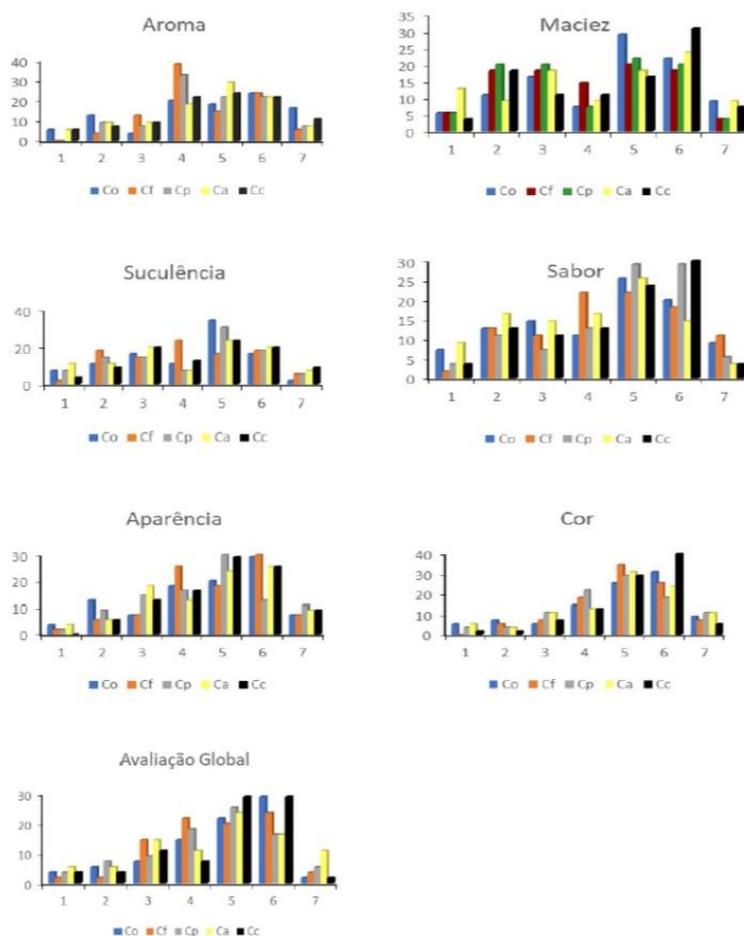
Gráfico 1 - Distribuição de frequência (%) de respostas para os atributos aroma, maciez, suculência, aparência, cor e avaliação global do 1º dia de armazenamento, das amostras com cobertura à base de alginato de sódio e água de coco (C_c), adicionado na cobertura probiótico (C_p) ou óleo essencial de alecrim (C_a) ou óleo essencial de orégano (C_o) e apenas carne sem cobertura (C_f).



Fonte: Autores

Houve algumas mudanças significativas na comparação sensorial no terceiro dia de armazenamento das cinco amostras (Gráfico 2). De um modo geral, as amostras com coberturas comestíveis, adicionadas ou não de óleos essenciais e probióticos mantiveram ou aumentaram as médias das notas sensoriais no final do armazenamento. Com relação ao aroma, por exemplo, no primeiro dia a amostra C_f apresentou a somatória das frequências ($\geq 5,0$) de 54,5%, já no terceiro dia, foi o pior resultado (43,6%) das cinco amostras neste quesito. Já as duas amostras que continham óleo essencial na cobertura comestível (C_a e C_o), ambas obtiveram as melhores notas sensoriais, com 58,2%, no terceiro dia. Segundo Al-Hijazeen (20) o odor de oxidação foi mais baixo em carne de frango crua e cozida utilizando aditivos, como os óleos essenciais de orégano e nitrito de sódio, isto demonstra que o acréscimo de óleos essenciais demonstrou efeito positivo sobre a qualidade geral da carne, principalmente na cor e aroma.

Gráfico 2 - Distribuição de frequência (%) de respostas para os atributos aroma, maciez, suculência, aparência, cor e avaliação global do 3º dia de armazenamento, das amostras com cobertura à base de alginato de sódio e água de coco (C_c), adicionado na cobertura probiótico (C_p) ou óleo essencial de alecrim (C_a) ou óleo essencial de orégano (C_o) e apenas carne sem cobertura (C_f).



Fonte: Autores

No quesito maciez, no terceiro dia, a amostra C_o permaneceu em primeiro lugar no resultado da soma das frequências positivas (notas $\geq 5,0$), com 60%, sendo que no primeiro dia apresentou o valor de 85,4%, a somatória para o segundo lugar também diminuiu de 74,5% para 54,5% para amostra C_c , para este mesmo quesito, no terceiro dia de armazenamento. As notas positivas tiveram melhor equilíbrio entre as amostras, no terceiro dia, porém a amostra C_f foi a que obteve o menor valor (41,8%), para maciez.

No terceiro dia, a amostra que apresentou o maior valor da cor na somatória de frequências positivas, foi a C_c (74,5%), maior que da amostra C_o (72,7%), no primeiro dia de análise.

Após três dias de armazenamento houve alteração no sabor das amostras, sendo que na C_p, foi a menor, pois considera-se que o probiótico manteve o sabor da carne fresca. Os probióticos produzem substâncias como ácido lático, peróxido de hidrogênio, reuterina, entre outras, que atuam como inibidores de micro-organismos (3).

Viabilidade dos micro-organismos probióticos e qualidade microbiológica

Analisando as Tabelas 2 e 3, percebe-se um crescimento de leveduras nas amostras C_f, C_c, e C_o, bolores na amostra C_f e mesófilos heterotróficos nas amostras C_p e C_o, no terceiro dia, mas contagens microbiológicas dentro dos padrões da RDC nº 60/2019.

Na amostra com cobertura probiótica (C_p) houve o menor crescimento microbiológico, isso ocorreu porque alguns *Lactobacillus* possuem efeito de inibir micro-organismos patogênicos. Junto com a amostra C_a que também mostrou menor crescimento microbiológico no terceiro dia.

As amostras com cobertura e adição de óleos essenciais diminuíram e estabilizaram o crescimento microbiológico em algumas amostras, pois a adição destes óleos colabora para inibir o crescimento microbiano. Segundo Vilela (21) componentes como carnosol, ácido carnósico e rosmanol, estão no óleo essencial de alecrim, e possuem propriedades antioxidantes e antimicrobianas. Porém na amostra C_a, houve um aumento de microrganismos mesófilos heterotróficos.

O óleo essencial de orégano, contém compostos fenólicos como o carvacrol, que também atua na atividade microbiana (22).

Tabela 2 - Qualidade microbiológica das amostras com cobertura à base de alginato de sódio e água de coco (C_c), adicionado na cobertura probiótica (C_p) ou óleo essencial de alecrim (C_a) ou óleo essencial de orégano (C_o) e apenas carne sem cobertura (C_f), no primeiro dia, armazenadas a 8°C ± 2°C

Análises	C _f	C _c	C _p	C _a	C _o
Coliformes Totais	presença	ausente	ausente	ausente	ausente
<i>Escherichia coli</i>	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente
Mesófilos heterotróficos	8,2x10 ² UFC/g	4,0x10 ¹ UFC/g	ausente	6,7x10 ³ UFC/g	ausente
<i>Bacillus cereus</i>	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente
<i>Salmonella sp</i>	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente
Bolores	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente
Leveduras	2,0x10 ² UFC/g	1 UFC/g	10 UFC/g	10 UFC/g	ausente
<i>Staphylococcus aureus</i>	presença	ausente	ausente	ausente	ausente

Fonte: Dados fornecidos pelo Laboratório de Microbiologia da Fatec/Marília

Tabela 3 - Qualidade microbiológica das amostras com cobertura à base de alginato de sódio e água de coco (C_c), adicionado na cobertura probiótico (C_p) ou óleo essencial de alecrim (C_a) ou óleo essencial de orégano (C_o) e apenas carne sem cobertura (C_f), no terceiro dia, armazenadas a $8^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$

Análises	C_f	C_c	C_p	C_a	C_o
Coliformes Totais	presença	presença	ausente	ausente	presença
<i>Escherichia coli</i>	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente
Mesófilos heterotróficos	$\geq 3,0 \times 10^4$ UFC/g				
<i>Bacillus cereus</i>	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente
<i>Salmonella sp</i>	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente
Bolores	$1,0 \times 10^2$ UFC/g	ausente	ausente	ausente	ausente
Leveduras	$5,2 \times 10^2$ UFC/g	$4,0 \times 10^1$ UFC/g	$1,0 \times 10^3$ UFC/g	ausente	$4,0 \times 10^1$ UFC/g
<i>Staphylococcus aureus</i>	presença	ausente	ausente	ausente	ausente

Fonte: Dados fornecidos pelo Laboratório de Microbiologia da Fatec/Marília

CONCLUSÕES

Os resultados da análise sensorial demonstraram que as amostras com cobertura comestível, independente da adição de óleos essenciais ou probióticos, apresentaram os melhores resultados nas notas sensoriais, no terceiro dia de armazenamento, sendo que a amostra C_p , apresentou o sabor mais agradável no terceiro dia de armazenamento.

A amostra C_f (sem cobertura) foi a que apresentou maior contagem de mesófilos heterotróficos e as amostras com apenas cobertura foi a segunda que apresentou maior contagem, mas mesmo com resultados com maior contagem as amostras estavam dentro dos padrões microbiológicos da legislação vigente.

As carnes com coberturas adicionadas de óleo essencial e probiótico tiveram um ótimo desempenho na inibição do crescimento de coliformes totais e *Staphylococcus aureus* durante seu período de armazenamento.

REFERÊNCIAS

- 1 Moreira RT, Farias SMDOC, Coutinho EP, Fernandes RDPP, Costa SS. Avaliação físico-química e caracterização sensorial por meio de *focus Group* de carne de sol. Rev. Inst. Adolfo Lutz. 2020; 79:1-10.
- 2 Lauzurica S, De la Fuente J, Diaz MT, Alvarez I, Perez C, Cañeque V. Effect of dietary supplementation of vitamin E on characteristics of lamb meat packed under modified atmosphere. J. Meat Sci. 2005; 70: 639-646.
- 3 Santos Filho JH. Avaliação do potencial probiótico de bactérias ácido lácticas isoladas de viveiros de piscicultura [dissertação]. Piauí: Universidade Federal do Piauí; 2017.
- 4 Zakrys PI, O’Sullivan MG, Allen P, Kerry JP. Consumer acceptability and physiochemical characteristics of modified atmosphere packed beef steaks. J. Meat Sci. 2009; 81:720-725.
- 5 Ongaratto GC, Vital ACP, Prado IN. Embalagens ativas e inteligentes para proteção da carne e seus derivados: Revisão. PubVet. 2022; 16(4): 1-11.
- 6 Soltani Firouz M, Mohi-Alden K, Omid M. A critical review on intelligent and active packaging in the food industry: Research and development. Food Res. Int. 2021; 141: 110113.
- 7 Vital ACP, Guerrero A, Monteschio JDO, Valero MV, Carvalho CB, Abreu Filho BA, Madrona GS, Prado IN. Effect of edible and active coating (with rosemary and oregano essential oils) on beef characteristics and consumer acceptability. PLoS One. 2016; 11(8): e0160535.
- 8 Nascimento CPF, Lopes MVA, Lima Barbosa K, Andrade APC, Siqueira Oliveira L, Eça KS. Percepção dos consumidores sobre a aplicação de revestimentos comestíveis em carne bovina fresca. Res. Soc. Dev. 2022; 11(3): e15111326239.
- 9 Almeida EH. Influência de óleos essenciais na microbiota intestinal de frangos de corte [Dissertação]. Minas gerais: Universidade de Minas Gerais; 2017.
- 10 Locatelli GO, Souza VCP, Silva GD, Finkler L, Luna Finkler CL. Efeitos da aplicação de biofilmes probióticos no processo de conservação de maçãs. In: XX Simpósio Nacional de Bioprocessos, Simpósio de Hidrólise Enzimática de Biomassa, 11., 2015, Fortaleza. Anais...Fortaleza: 2015.

- 11 Silva GD, Locatelli GO, Finkler L, Finkler CLL. Produção e caracterização de filmes comestíveis à base de alginato e pectina. XX COBEQ – Congresso Brasileiro de Engenharia Química. 2014; 19266:1-8.
- 12 Franco BDGM, Landgraf M. Microbiologia dos Alimentos. São Paulo: Ateneu; 2008.
- 13 Oliveira AL. Maciez da carne bovina. Cadernos Técnicos de Veterinária e Zootecnia, Belo Horizonte. 2011; 33: 7-18.
- 14 Yuliana N, Ranga A, Rakhmiati. Manufacture of fermented coco milk-drink containing lactic acid bacteria cultures. Afr. j. food sci. 2010; 4(9): 558 - 562.
- 15 Weemaes CA, Ludikhuyze I, Van Den Broeck I, Hendrickx ME, Tobback PP. Activity, electrophoretic characteristics and heat inactivation of polyphenoloxidases from apples, avocados, grapes, pears and plums. Lwt Food Sci Technol. 1998; 31:44-49.
- 16 Costa C, Conte A, Buonocore GG, Lavorgna M, Del Nobile MA. Calcium-alginate coating loaded with silver-montmorillonite nanoparticles to prolong the shelf-life of fresh-cut carrots. Food Res. Int. 2012; 48:164-169.
- 17 Ministério da Saúde (BR). Instrução Normativa nº 60, de 23 de dezembro de 2019. Estabelece as listas de padrões microbiológicos para alimentos. Diário Oficial União. 26 dez 2019; Seção 1:133.
- 18 Barbosa LN. Propriedade antimicrobiana de óleos essenciais de plantas condimentares com potencial de uso como conservante em carne e hambúrguer bovino e testes de aceitação [Dissertação]. Botucatu: UNESP; 2010.
- 19 Moraes CC, Gobbo Junior JA. O consumidor brasileiro como barreira para implementação de inovações tecnológicas em embalagens de carne bovina in natura. Exacta. 2016; 14(3).
- 20 Al-hijazeen M. Effect of direct adding oregano essential oil (*Origanum syriacum* L.) on quality and stability of chicken meat patties. Food Sci. Technol. 2018; 38: 123-130.
- 21 Villela JTR. Aplicação de Espectroscopia de Infravermelhos na Predição da Deterioração de Carne de Bovino Maronês Tratada com Óleos Essenciais [Dissertação]. Vila Real: Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro; 2016.
- 22 Nostro A, Roccaro AS, Bisignano G, Marino A, Cannatelli MA, Pizzimenti FC, Cioni PL, Procopio F, Blanco AR. Effects of oregano, carvacrol and thymol on *Staphylococcus aureus* and *Staphylococcus epidermidis* biofilms. J. Med. Microbiol. 2007; 56: 519-523.

DOI: <https://doi.org/10.53934/9786585062039-48>

CAPÍTULO 48

POTENCIAL TECNOLÓGICO DE BACTÉRIAS ÁCIDO LÁTICAS COMO BIOCONSERVANTES: REVISÃO DE LITERATURA

Carolina Schettino Kegele¹ *; Larissa de Souza Valladares¹ ; Joice Fátima
Moreira Silva² ; Bruna Vieira Alonso³ ; João Batista Ribeiro⁴ 

*Autor correspondente (Corresponding author) – Email: carolschettino26@gmail.com

Resumo: A contaminação de alimentos por microrganismos patogênicos ou deteriorantes, como fungos e bactérias, é um problema importante para a indústria, pois leva a defeitos sensoriais, desperdício alimentar e econômico, além da possibilidade de causar problemas de saúde para o consumidor final. Atualmente uma grande variedade de conservantes químicos vem sendo usada pelas indústrias e pelos pequenos produtores para retardar a deterioração dos alimentos, contudo, tais compostos tendem a não serem bem aceitos pelos consumidores, os quais estão à procura de produtos mais naturais. Deste modo, este trabalho visa investigar a possibilidade das bactérias ácido láctica (BAL) serem usadas como bioconservantes. Foram analisados os mais relevantes estudos publicados relacionados ao tema proposto originalmente na língua inglesa nos últimos 5 anos, tendo como referência a base de dados MedLine (National Library of Medicine). Este estudo demonstrou por meio de diversas fontes científicas que linhagens selecionadas de BAL podem apresentar propriedades biotecnológicas que as qualificam para serem usadas como bioconservantes.

Palavras-chave: Biopreservação; Microrganismos deteriorantes; Alimentos

Abstract: Food gene food or spoilage bacteria such as food pathogens are a health problem for the consumer, major spoilage, food spoilage and health hazard for the ultimate problem. Currently, a variety of products that are known by their names are not accepted for such products and that are known for all foods, which are considered to be more well-known products, and which are known for all foods, which are not accepted. for products such as large and for which they are understood to be looking for products as such as they are known. Thus, this work aims to investigate the possibility of lactic acid bacteria (LAB) being used as biopreservatives. Relevant studies published on the proposed topic in English in recent years were analyzed using a MedLine database (Medical Library) as a reference. This study through several scientific sources that selected LAB lines may exhibit biotechnological properties that are qualified to be used as biopreservatives

Key Word: Biopreservation; Deteriorating microorganisms; Food.

INTRODUÇÃO

As Bactérias Ácido Láticas (BAL) são encontradas em leite e seus derivados, carnes, frutas, vegetais e cereais e constituem um grupo de bactérias Gram positivas, geralmente não móveis, catalase negativa, não formadoras de esporos e que crescem usualmente em condições microaerófilas, que possuem características morfológicas, fisiológicas e metabólicas semelhantes, sendo divididas em homofermentativas quando têm o ácido lático como principal produto da fermentação de glicose e heterofermentativas, que além do ácido lático, também fermentam a glicose e produzem dióxido de carbono, ácido acético e etanol. Os gêneros de BAL mais importantes para a fermentação de lácteos encontrados no leite e seus derivados são: *Lactobacillus*, *Lactococcus*, *Enterococcus*, *Streptococcus*, *Pediococcus*, *Leuconostoc*, *Weissella*, *Carnobacterium*, *Tetragenococcus* e *Bifidobacterium* (1).

Além da produção de ácido lático, BAL também têm demonstrado características probióticas, que segundo a Organização das Nações Unidas para a Agricultura e Alimentação (FAO) são micro-organismos vivos, que quando administrados em quantidades adequadas, conferem efeito benéfico à saúde do hospedeiro (2). Para que se enquadrem como probiótico e possam ser usadas como agentes biotecnológicos e bioconservantes na indústria de alimentos, as BAL precisam apresentar características como resistência ao suco gástrico e sais biliares, capacidade de colonizar ou aderir à mucosa intestinal, mesmo que temporariamente, apresentar capacidade de produzir ácidos orgânicos, e produzir compostos antimicrobianos, como por exemplo as bacteriocinas que são compostos químicos de origem proteica capazes de apresentar ação bactericida ou bacteriostática em outros microrganismos. Também é necessário olhar pelo lado da segurança para o hospedeiro, ou seja, o consumidor final do produto, por isso é preciso avaliar se há histórico de patogenicidade, associações a doenças, como endocardite, além de ausência de genes determinantes da resistência a antimicrobianos (3,4).

Uma vez que o mercado para produtos mais naturais vem se intensificando, esse trabalho teve o objetivo de investigar o potencial tecnológico de BAL para serem usadas como bioconservantes na indústria de alimentos. O estudo teve como questão norteadora: As BAL podem ser usadas como bioconservantes?

ATIVIDADE ANTIMICROBIANA POR PRODUÇÃO DE BACTERIOCINAS

A presente revisão de literatura compila informações sobre a possibilidade das BAL serem usadas como bioconservantes na indústria de alimentos.

Trang Le et al. (2019) (5) isolou *Lactiplantibacillus plantarum* SC01, antigo *Lactobacillus plantarum*, de iogurte tradicional do Vietnã e o encapsulou em microcápsulas de ALG-GEL para induzir a produção de bacteriocinas e avaliou sua

eficácia em biopreservar carne suína crua. A atividade antagonista do *L. plantarum* SC01 foi avaliada pela faixa de inibição de microrganismos patogênicos como *Escherichia coli*, *Salmonella sp.*, *Staphylococcus aureus*, *Listeria monocytogenes*, e *Bacillus subtilis* inoculados artificialmente na carne. A bacteriocina produzida se mostrou estável em temperatura de até 80°C e na faixa de pH de 2,0 a 10,0 e também foi eficaz contra os patógenos mencionados acima. A carne suína contendo as bacteriocinas começou a mostrar sinais de decomposição após 48 horas em temperatura ambiente, enquanto a carne contendo apenas 40% de sal já mostrava fortes sinais de decomposição com apenas 12 horas em temperatura ambiente. O estudo indica que a cepa é um bom candidato para ser usado como bioconservante em alimentos.

Averiguando a ação bioconservante das BAL, Sheoran et al. (2019) (6) avaliou o crescimento de *Staphylococcus aureus* na presença de duas bacteriocinas oriundas de duas BAL distintas, *Enterococcus hirae* e *Lactobacillus plantarum*, e constatou que tanto em meio de cultura quanto em leite houve diminuição da quantidade de células viáveis, ou seja, houve uma diminuição do crescimento dessa bactéria. Constatando assim a possibilidade dessas bacteriocinas serem usadas como bioconservantes.

Yıldırım et al. (2016) (7) avaliou a eficácia da bacteriocina lactococcin BZ produzida por *Lactococcus lactis* spp. *lactis* BZ no controle de patógenos na carne bovina crua. A bacteriocina foi utilizada em diferentes concentrações (200-2500 AU/mL) e a carne foi armazenada sob refrigeração (4-5°C) por 12 dias. As propriedades microbiológicas de amostras de carne com bacteriocina e sem bacteriocina foram avaliadas ao longo desse período, e foi constatado que quanto maior a concentração de bacteriocina, maior foi o seu poder antimicrobiano. Na concentração entre 1600-2500 AU/mL a lactococcin BZ se mostrou muito eficaz na redução das contagens de microrganismos psicrotróficos e mesófilos, e na contagem de coliformes fecais e totais enquanto na carne com nenhum tipo de tratamento os microrganismos citados anteriormente apresentaram crescimento. Além de atividade contra essas bactérias deteriorantes, a bacteriocina apresentou atividade antilisterial por se mostrar eficaz contra *Listeria innocua*. Os resultados também demonstraram que a presença da bacteriocina não alterou os componentes da carne, como sua quantidade de lipídeos, proteínas e proteases, e aumentou sua vida de prateleira, levando a crer que esse seria um método de conservação eficaz.

Ho et al. (2017) (8) conseguiu isolar um total de 897 BAL de ervas, frutas e vegetais frescos obtidos de mercearias, supermercados e propriedades rurais afim de encontrar cepas com atividade antagonista contra *Listeria monocytogenes*. 14 dessas cepas que se apresentaram como inibidoras potentes desse patógeno foram identificadas por sequenciamento da porção 16S do rRNA como *Lactococcus lactis* produtores de Nisina, uma bacteriocina amplamente utilizada na biopreservação de alimentos. Essas cepas apresentaram grande estabilidade no leite fermentando-o lentamente e além da produção de 40 compostos voláteis responsáveis por dar sabor aos queijos. Este tipo de fermentação é ideal para a fabricação de queijos cremosos. Então, por apresentar atividade contra a *Listeria monocytogenes* e por auxiliar na fermentação do queijo, o

Lactococcus lactis apresenta potencial como bioconservante e como adjunto na fabricação de queijos.

Kaktcham et al. (2019) (9) foi capaz de isolar duas BAL de tilápias do Nilo frescas, mas apenas uma, a *Lactococcus lactis* spp. *Lactis* 3MT produtora da bacteriocina Nisina Z apresentou atividade antagonista a *L. plantarum* 5S, *S. aureus* E1C, *S. aureus* 44a, *S. aureus* ATCC 25923, *E. faecalis* ATCC 29212, *E. faecalis* ATCC 51299, *P. aeruginosa* ATCC 27853, *Vibrio* sp. 1T1 e *Vibrio* sp. 1E1, contudo não apresentou atividade antagonista em *Listeria monocytogenes*. Para avaliar a habilidade bioconservante de *Lactococcus lactis* spp. *Lactis* 3MT no paté de peixe, ela foi inoculada artificialmente junto com o microrganismo deteriorante e patogênico *Vibrio* sp., que é um microrganismo importante na contaminação desse tipo de alimento, apresentando inibição do crescimento deste microrganismo no alimento por 20 dias quando armazenado a 10°C. Também foi constatado que a cepa de *Lactococcus lactis* spp. *Lactis* 3MT apresenta fatores de virulência, não produz aminas biogênicas e nem carrega genes de resistência a antimicrobianos. Com isso, *Lactococcus lactis* spp. *Lactis* 3MT se torna uma opção segura e eficaz para biopreservação de patés de peixe sem alterar suas propriedades sensoriais.

Em um estudo realizado na Itália por Iseppi et al. (2019) (10) foram isoladas 116 cepas de BAL de 143 amostras dos seguintes peixes e frutos do mar: anchova, sardinha, salmonete-da-vasa e mariscos. 116 BAL foram avaliadas quanto a sua capacidade de produzir substâncias antimicrobianas e 16 BAL foram selecionadas como produtoras dessas substâncias. O estudo indica que as BAL *Enterococcus mundtii* Lp17 e *Enterococcus mundtii* Lp18, advindas de amostras de salmonete-da-vasa e sardinha, respectivamente, produziram duas bacteriocinas (bacLP17 e bacLP18) com alta atividade inibitória contra *L. monocytogenes* podendo ser útil na utilização para controle desse patógeno em produtos marinhos. Esse estudo apresenta essas bacteriocinas como uma forma alternativa ao uso de conservantes químicos e a BAL *E. mundtii* apresentou as propriedades necessárias e a segurança requerida para serem usadas como bioconservantes, pois não apresentaram traços de virulência ou resistência antimicrobianas.

Ainda sobre frutos do mar um estudo realizado também na Itália por Braïek et al. (2017) (11) avaliou a presença das BAL em camarões frescos, sendo capaz de isolar 40 cepas, contudo apenas *Enterococcus lactis*, denominada de Q1, se mostrou promissora contra a maioria dos patógenos. Essa cepa foi caracterizada por métodos microbiológicos clássicos de identificação, métodos bioquímicos, ensaios de crescimento em diferentes temperaturas, pH e salinidade. Esses ensaios permitiram que a cepa fosse identificada apenas como *Enterococcus* spp., por isso foram realizados ensaios de PCR seguidos pelo sequenciamento do gene 16S rRNA, *rpoA* e *pheS*, e 16S-23S rRNA o que possibilitou sua identificação como *Enterococcus lactis*. A presença de gene estrutural da Enterotoxina P, uma bacteriocina, presente nessa cepa também foi identificado por PCR específico. Essa bacteriocina se mostrou termoestável, ativa na faixa de pH de 4,0 a 9,0 e apresentou ação bactericida. *E. lactis* demonstrou atividade antagonista contra os patógenos *L. monocytogenes*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Lactococcus garvieae*,

Aspergillus niger e *Fusarium equiseti*, que são microrganismos importantes na deterioração de alimentos. A resistência a antimicrobianos e a presença de genes de virulência também foi determinada por PCR específica. Os resultados demonstraram que a cepa *E. lactis* Q1 pode ser considerada como potencialmente tecnológica para ser usada como bioconservante ou como cultura probiótica, pois produz a bacteriocina Enterotoxina P e não apresentou fatores de virulência ou genes de resistência a antimicrobianos.

Kumar et al. (2020) (12) avaliou o uso da Reuterina uma bacteriocina produzida por *Limosilactobacillus reuteri*, antigo *Lactobacillus reuteri*, em conjunto com outras duas bacteriocinas Nisina e a Pediocina. *L. reuteri* foi avaliado quanto sua atividade antimicrobiana, presença de genes produtores de Reuterina e sua capacidade de produzir a Reuterina, obtendo resultados positivos para os três ensaios. Os resultados do estudo mostraram que a combinação de Reuterina, Nisina e Pediocina poderia controlar a carga microbiana inicial do leite e prolongar sua vida de prateleira em 6h a 37°C, enquanto mantém os níveis de acidez, pH e os aspectos físico-químicos. O estudo mostrou que bacteriocinas oriundas de BAL tem um excelente potencial biotecnológico para manter o leite estável por mais tempo nas fazendas, com isso vai diminuir o desperdício pelo descarte de leite pelos fazendeiros e conseqüentemente diminuir o gasto para a indústria, pois vai aumentar a qualidade do produto.

Niederhäusern et al. (2020) (13) isolou e identificou sessenta e nove BAL e bifidobactéria de leite cru, manteiga, nata, iogurte e de queijo cremoso para encontrar novos compostos antimicrobianos. Essas cepas foram testadas quanto sua capacidade de produzir bacteriocinas e apenas *Enterococcus faecium* E23, *Bifidobacterium thermophilum* B23 e *Lactobacillus bulgaricus* L21 foram classificadas como produtoras e com alta atividade antagonista contra *L. monocytogenes*. A bacteriocina de classe IIa chamada de enterotoxina E23 produzida pelo *E. faecium* foi a que melhor inibiu *L. monocytogenes* e a que se apresentou mais estável numa ampla faixa de pH e em baixas temperatura, o que a torna muito interessante na bioconservação de produtos lácteos, uma vez que esses produtos normalmente se encontram armazenados sob refrigeração.

Santos et al. (2020) (14) averiguou se a BAL *Streptococcus infantarius* subsp. *infantarius* poderia ter um potencial biotecnológico para uso como bioconservante. Para isso foram testadas suas propriedades probióticas, segurança e seu potencial uso como bioconservante. Foram feitos o total de 13 ensaios, dentre os quais, produção de bacteriocina e atividade antagonista, produção de gelatinase, produção de β -galosidades, desconjugação dos sais biliares, auto-agregação e co-agregação às células semelhantes aos enterócitos, resistência à bile, resistência ao suco gástrico e as condições intestinais, susceptibilidade aos antimicrobianos, hidrofobicidade, atividade proteolítica e presença de genes de virulência. Após a realização dos ensaios, se concluiu que essa BAL é segura e pode ser considerada como um potencial probiótico, pois apresentou produção de bacteriocinas que podem ser utilizadas como bioconservantes, atividade antagonista contra *Staphylococcus spp.*, *Listeria spp.*, *Salmonella spp.* e *E. coli*, produziu β -galactosidase, também conhecida como lactase, que é uma enzima capaz de aliviar os sintomas de indivíduos que apresentam intolerância a lactose, pois a degrada, se apresentou resistente em condições que mimetizam o suco gástrico e as condições

intestinais, não produziu gelatinase, conseguiu aderir as células que simulam enterócitos, se apresentou sensível à maioria dos antibióticos testados, mas as resistências que foram observadas merecem atenção e novos estudos, e não foi encontrado nenhum gene de virulência. Contudo o estudo concluiu que mais testes são necessários para certificar a segurança de *Streptococcus infantarius* subsp. *infantarius*.

Cavicchioli et al. (2019) (15) avaliou se a BAL *Enterococcus hirae* produz bacteriocina, sua toxicidade e a influência do transportador ABC. Para a avaliação da toxicidade a bacteriocina foi testada juntamente com células HT-29 e não apresentou quaisquer efeitos negativos sobre elas. Foi constatado também que a produção da bacteriocina só é iniciada a partir de 9 horas de crescimento bacteriano, tanto em crescimento convencional quanto em banho de fermentação mecanizado o que demonstra que essa bacteriocina foi produzida em biorreator, levando a crer que ela pode ser produzida em escala industrial em fermentadores industriais. Também foi observado uma potencial expressão de transportador ABC, deixando a entender que ele está relacionado na produção da bacteriocina. Como não houve efeito citotóxico e as bacteriocinas podem ser produzidas em escalas industriais, os autores a consideraram com um grande potencial de ser usada como biopreservativo.

Um artigo de revisão feito por Soltani et al. (2021) (16) discute a segurança do uso de bacteriocinas tanto na indústria de alimentos quanto no uso clínico. Nesse estudo são discutidas bacteriocinas oriundas de várias classes de bactérias, não apenas das BAL. Na indústria esses tipos de bioconservantes já são amplamente utilizados por não alterar as características organolépticas dos alimentos e por deixar o alimento mais um passo próximo do tão desejado minimamente processado. O uso desse tipo de antimicrobiano em humanos ainda é uma coisa muito inédita, por isso apesar de se apresentarem como uma alternativa potencialmente segura aos antimicrobianos tradicionais, os autores alertam para a falta de estudos relacionados ao uso por humanos, aconselhando que sejam feitos tanto estudos *in vivo* quanto *in vitro* para que o uso seja garantidamente seguro e eficaz.

ATIVIDADE ANTIMICROBIANA POR PRODUÇÃO DE ÁCIDOS ORGÂNICOS

Já Nazareth et al. (2019) (17) avaliou as atividades antifúngicas e antimicotoxigênicas de sete cepas de *Lactiplantibacillus plantarum*, antigo *Lactobacillus platarum*. Para isso, grãos de milho e espigas de milho foram contaminados com *Aspergillus flavus*, produtor de Aflotoxina B₁ (AFB₁), e *Fusarium verticillioides*, produtor de Fumonisina B₁ (FB₁), respectivamente, e tratadas com sobrenadante livre de células produzido pelos *L. plantarum*. Dentre as cepas testadas o *L. plantarum* CECT 749 foi a que demonstrou melhor atividade antifúngica e a que produziu mais ácidos orgânicos, levando a crer que sua atividade antifúngica é pela ação desses ácidos que causam desordem e estresse celular, ocasionando lise da membrana plasmática. A vida de prateleira foi determinada por avaliação visual de crescimento de fungos nos grãos e espigas de milho. Os grãos de milho tratados com *L. plantarum* CECT 749 começou a

apresentar crescimento de fungos com 15 dias, já as espigas começaram a apresentar crescimento com 7 dias; os grupos não tratados começaram a apresentar crescimento de fungos com 7 nos grãos de milho e 5 dias nas espigas de milho. Além disso também houve redução de produção das micotoxinas em 99,7 e 97,5% em 25 e 40 dias, respectivamente, quando os grãos e as espigas foram tratados antes de serem contaminadas. Com esses resultados é possível considerar que o *L. plantarum* CECT 749 pode ter um potencial tecnológico para ser usado como bioconservante.

Da Costa et al. (2018) (18) isolou dezesseis cepas de diferentes espécies de BAL de frutas como acerola (*Malpighia glabra* L.), manga (*Mangifera indica* L.) e graviola (*Annona muricata* L.) para auxiliar na bioconservação de queijo minas frescal e peito de frango. Todas as 16 cepas encontradas foram testadas quanto sua atividade antagonista contra as bactérias patogênicas: *Staphylococcus aureus* ATCC 952806, *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 27853, *Listeria monocytogenes* ATCC 19115, *Salmonella* Enteritidis PT4 e *S. Typhimurium* PT4. As bactérias patogênicas que se demonstraram mais sensíveis as BAL foram *L. monocytogenes* e *Salmonella enteritidis* PT4. As cepas *Lactiplantibacillus plantarum* 49, antigo *Lactobacillus plantarum*, *Lactobacillus paracasei* 108 e *Limosilactobacillus fermentum* 201, antigo *Lactobacillus plantarum* foram as que demonstraram maior atividade antagonista contra *L. monocytogenes* e *S. enteritidis* PT4. No queijo minas frescal *L. plantarum* 49 e *L. paracasei* 108 reduziram a contagem de *L. monocytogenes*, e *L. plantarum* 201 demonstrou efeito bacteriostático com o passar do tempo sobre esse patógeno. *L. paracasei* 108 diminuiu a contagem de *S. enteritidis* PT4 em peito de frango. Essa atividade antagonista vem da produção de substância antimicrobianas não-proteináceas que seriam os ácidos orgânicos, ácido láctico e ácido acético, produzidos pelas BAL. Esses resultados demonstraram o uso eficaz de *L. plantarum* 49 e *L. paracasei* 108 como bioconservantes em queijo minas frescal e em frango, respectivamente.

Olonisakin et al. (2017) (19) isolou cinco BAL (*Lactiplantibacillus plantarum*, antigo *Lactobacillus plantarum*, *Lactobacillus delbrueckii*, *Limosilactobacillus fermentum*, antigo *Lactobacillus fermentum*, *Pediococcus acidilactici*, e *Leuconostoc mesenteroides*) de Kunu, uma bebida fermentada de cereais típica da Nigéria feita de painço e sorgo. Para avaliar a capacidade de inibir *Aspergillus flavus* toxigênico foram realizados testes *in vitro* onde as BAL foram testadas contra o *A. flavus* pelo método de *Spot on the lawn*, e teste *in vivo* onde camundongos albinos foram contaminados com o mesmo fungo. As cepas pertencentes às espécies *Lactobacillus plantarum* e *Lactobacillus delbrueckii* foram os que apresentaram maior halo de inibição no ensaio *in vitro* e por isso foram os escolhidos para o ensaio *in vivo*. Os camundongos tratados com as BAL foram capazes de recuperar a saúde e o peso perdido por causa do patógeno, enquanto os que não receberam tratamento não haviam se recuperado no tempo de 21 dias, quando foram sacrificados. Esse estudo mostrou que as BAL presentes no Kunu apresentam eficácia contra sintomas causados por *A. flavus* toxigênico em camundongos e garante a segurança da bebida fermentada. Constatou-se também que o Kunu pode ser usado como fonte de microrganismos probióticos e ser usado como controle de fungos deteriorantes em alimentos.

Jin et al. (2021) (20) realizou um estudo para aumentar a vida de prateleira de pães de fermentação natural. Como os pães de fermentação natural são alimentos que necessitam de microrganismos para serem fabricados, foram isolados os próprios microrganismos responsáveis pela fermentação do pão, sendo eles seis BAL *Lactobacillus paracasei*, *Lactobacillus brevis*, *Lactobacillus pentosus*, *Lactobacillus crustorum*, *Lactiplantibacillus plantarum*, antigo *Lactobacillus plantarum* e *Pediococcus pentosaceus* e quatro fungos *Pichia kudriavzevii*, *Saccharomycopsis fibuligera*, *Pichia cecembensis* e *Saccharomyces cerevisiae*. Dentre os microrganismos isolados apenas a BAL *P. pentosaceus* apresentou atividade antifúngica contra o patógeno deteriorante *Aspergillus flavus in situ* pela ação dos ácidos orgânicos produzidos por ela, por isso a combinação de *P. pentosaceus*, *S. fibuligera* e *S. cerevisiae* foram escolhidas como cultura de starter para a fabricação do pão. A adição de *P. pentosaceus* pode ser uma alternativa ao uso de conservantes químicos nesses tipos de pães, pois aumentou sua vida de prateleira em 96h e melhorou sua qualidade nutricional, sua textura e seu sabor, devido aos ácidos orgânicos que essa BAL produz.

Giazzi et al. (2020) (21) avaliou o potencial tecnológico de 14 cepas isoladas de queijos, dentre elas estavam os gêneros: *Enterococcus*, *Lactococcus*, *Lactobacillus*, *Streptococcus* e *Pediococcus*. A avaliação foi feita por meio de testes como a atividade enzimática proteolítica e lipolítica *in vitro*, susceptibilidade aos antimicrobianos, atividade antagonista a patógenos e capacidade de acidificação. Nenhum dos gêneros apresentou atividade proteolítica, contudo apresentaram atividade lipolítica, obtendo boa eficiência lipolítica quando incubados por 120 horas a 37°C. Todas as cepas apresentaram atividade acidificante em temperaturas de 20°C e 37°C, em 48 horas de incubação. Todos os isolados foram sensíveis a vancomicina e resistentes a estreptomicina. As cepas *Enterococcus* e *Lactobacillus* isoladas foram capazes de inibir o crescimento dos patógenos *Echerichia colienteropatogênica*, *Salmonella enteritides*, *Listeria Innocua* e *Listeria Monocytogenes*. Com esses resultados é possível que esses isolados possam ser utilizados isolados ou combinados como bioconservantes.

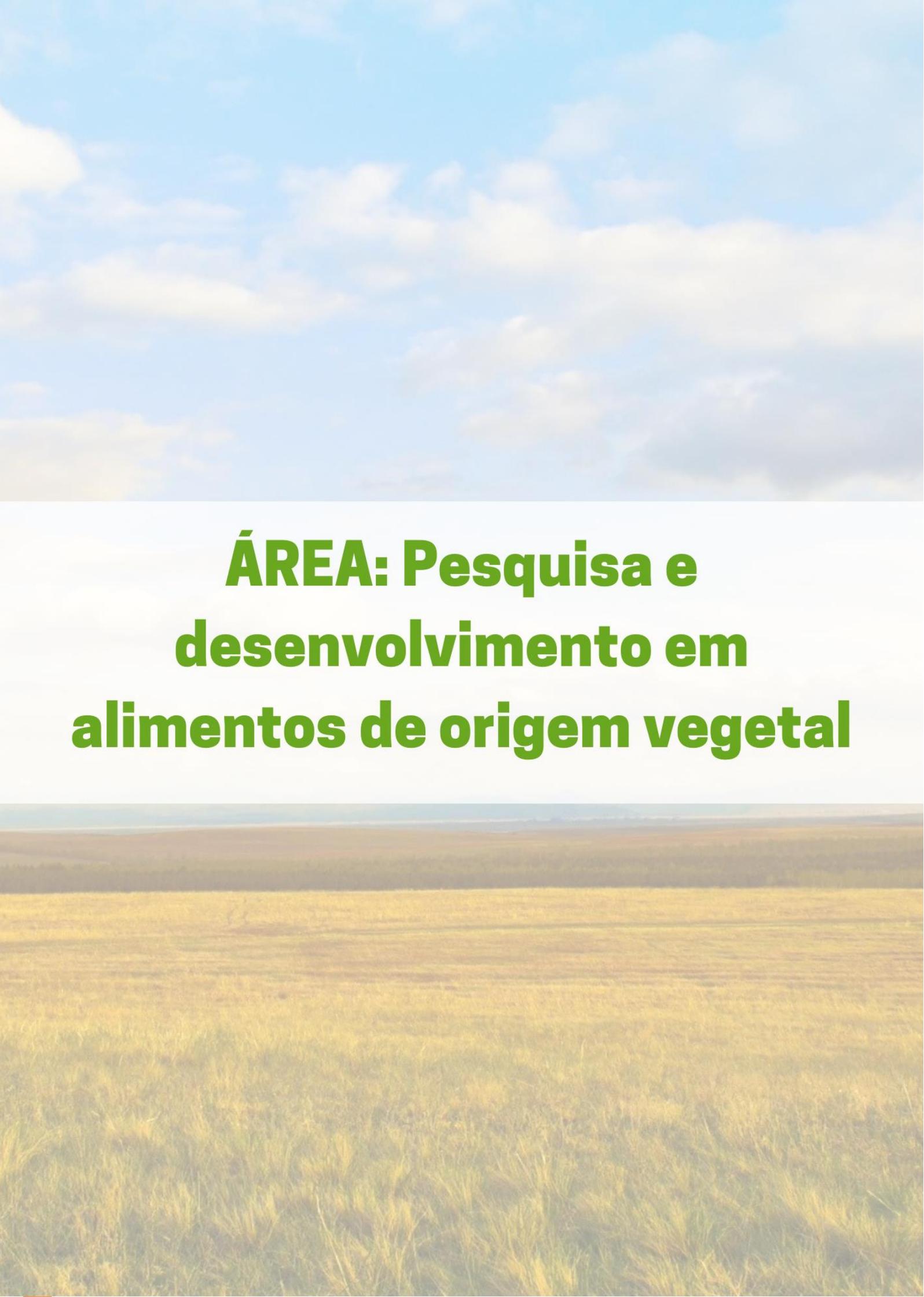
CONCLUSÕES

Este estudo demonstrou por meio de diversas fontes científicas que os gêneros *Lactobacillus* e *Enterococcus* apresentam potencial biotecnológico para uso como bioconservantes, pois, com trabalhos de prospecção, é possível identificar e selecionar linhagens que reúnam as habilidades de controlar o crescimento de microrganismos indesejáveis (pela produção de ácidos orgânicos e compostos antimicrobianos) no alimento e serem inócuas ao hospedeiro. Contudo por ser um assunto novo, ainda é necessário que mais alimentos sejam testados, bem como a prospecção de novas BAL com capacidade inibitória.

REFERÊNCIAS

1. Klein G, Pack A, Bonaparte C, Reuter G. Taxonomy and physiology of probiotic lactic acid bacteria. *International Journal of Food Microbiology* 1998; 41(2):103 – 25.
2. FAO/WHO. Guidelines for the Evaluation of Probiotics in Food. Joint FAO/WHO Working Group Report on Drafting Guidelines for the Evaluation of Probiotics in Food 2002:1–11.
3. Gardiner G, Ross RP, Collins JK. Development of a probiotic cheddar cheese paracasei strains containing human-derived *Lactobacillus*. *Appl. Env. Microb.* 1998;64(6): 2099-2192.
4. Oliveira MN, Sivieri K, Alegro JHA, Saad SMI. Aspectos tecnológicos de alimentos funcionais contendo probióticos. *Rev. Bras. Cienc. Far.* 2002;38(1).
5. Trang Le NT, Bach LG, Nguyen DC, Xuan Le TH, Pham KH, Nguyen DH, Hoang Thi TT. Evaluation of Factors Affecting Antimicrobial Activity of Bacteriocin from *Lactobacillus plantarum* Microencapsulated in Alginate-Gelatin Capsules and Its Application on Pork Meat as a Bio-Preservative. *Int. J. Environ. Res. Public Health* 2019; 16.
6. Sheoran P, Tiwari SK. Anti-staphylococcal activity of bacteriocins of food isolates *Enterococcus hirae* LD3 and *Lactobacillus plantarum* LD4 in pasteurized milk. *Biotech* 2019; 9(8)
7. Yıldırım Z, Yerlikaya S, Öncül N, Sakin T. Inhibitory Effect of Lactococcin BZ Against *Listeria innocua* and Indigenous Microbiota of Fresh Beef. *Food Technol. Biotechnol.* 2016 Mai; 54 (3) 317–323.
8. Ho VTT, Lo R, Bansal N, Turner M. Characterisation of *Lactococcus lactis* isolates from herbs, fruits and vegetables for use as biopreservatives against *Listeria monocytogenes* in cheese. *Food Control.* 2017 Set; 472-483
9. Kaktcham PM, Tchamani Piame L, Sandjong Sileu GM et al. Bacteriocinogenic *Lactococcus lactis* subsp. *lactis* 3MT isolated from freshwater Nile Tilapia: isolation, safety traits, bacteriocin characterisation, and application for biopreservation in fish pâté. *Arch Microbiol.* 2019 Jun; 1249–1258
10. Iseppi R, Stefani S, Niederhausern S, Bondi M, Sabia C, Messi P. Characterization of Anti-*Listeria monocytogenes* Properties of two Bacteriocin-Producing *Enterococcus mundtii* Isolated from Fresh Fish and Seafood. *Current Microbiology* 2019 Jun.
11. Braïek OB, Ghomrassi H, Cremonesi P, Morandi S, Fleury Y, Le Chevalier P, Hani K, Bel Hadj O, Ghrairi T. Isolation and characterisation of an enterocin P-producing *Enterococcus lactis* strain from a fresh shrimp (*Penaeus vannamei*). *Antonie van Leeuwenhoek* 2017 Mar.
12. Kumar N, Kumar V, Waheed SM, Pradhan D. Efficacy of Reuterin and Bacteriocins Nisin and Pediocin in the Preservation of Raw Milk from Dairy Farms. *Food Technol. Biotechnol* 2020 Out-Dez; 58(4):359-69.

13. Niederhäusern S, Camellini S, Sabia C, Iseppi R, Bondi M, Messi P. Antilisterial Activity of Bacteriocins Produced by Lactic Bacteria Isolated from Dairy Products. *Foods* 2020 Nov; 9.
14. dos Santos KMO, de Matos CR, Salles HO, Franco BDGM, Arellano K, Holzapfel WH, Todorov D. Exploring Beneficial/Virulence Properties of Two Dairy-Related Strains of *Streptococcus infantarius* subsp. *infantarius*. *Probiotics and Antimicrobial Proteins* 2020 Jan.
15. Cavicchioli VQ, Todorov SD, Iliev I, Ivanova I, Drider D, Nero LA. Physiological and molecular insights of bacteriocin production by *Enterococcus hirae* ST57ACC from Brazilian artisanal cheese. *Brazilian Journal of Microbiology* 2019 Mar; 50:369–77.
16. Soltani S, Hammami R, Cotter PD, Rebuffat S, Said LB, Gaudreau H, Bédard F, Biron E, Drider D, Fliss I. Bacteriocins as a new generation of antimicrobials: toxicity aspects and regulations. *FEMS Microbiology Reviews* 2021; 45(1).
17. Nazareth TM, Luz C, Torrijos R, Quiles JM, Luciano FB, Mañes J, Meca G. Potential Application of Lactic Acid Bacteria to Reduce Aflatoxin B1 and Fumonisin B1 Occurrence on Corn Kernels and Corn Ears. *Toxins* 2019 Dez; 12 (21).
18. da Costa WKA, de Souza GT, Brandão LR, de Lima RC, Garcia EF, Lima MS, de Souza EL, Saarela M, Magnani M. Exploiting antagonistic activity of fruit-derived *Lactobacillus* to control pathogenic bacteria in fresh cheese and chicken meat. *Food Research International* 2018 Mar. Sheoran P, Tiwari SK. Anti-staphylococcal activity of bacteriocins of food isolates *Enterococcus hirae* LD3 and *Lactobacillus plantarum* LD4 in pasteurized milk. *Biotech* 2019; 9(8)
19. Olonisakin OO, Jeff-Agboola YA, Ogidi CO, Akinyele BJ. Isolation of Antifungal Lactic Acid Bacteria (LAB) from “Kunu” against Toxigenic *Aspergillus flavus*. *Prev. Nutr. Food Sci.* 2017;22(2):138-43
20. Jin J, Nguyen TTH, Humayun S, Park S, Oh H, Lim S, Mok I, Li Y, Pal K, Kim D. Characteristics of sourdough bread fermented with *Pediococcus pentosaceus* and *Saccharomyces cerevisiae* and its bio-preservative effect against *Aspergillus flavus*. *Food Chemistry* 2020 Dec.
21. Giazzi A, Tosoni NF, de Moraes ML, Furlaneto-Maia L, Katsuda MS. Propriedades tecnológicas das bactérias ácido láticas isoladas na região norte do Paraná. *Braz. J. of Develop.* 2020 Abr; 6(4):18861-18877.



**ÁREA: Pesquisa e
desenvolvimento em
alimentos de origem vegetal**

DOI: <https://doi.org/10.53934/9786585062039-49>

CAPÍTULO 49

CORANTES SINTÉTICOS EM ALIMENTOS INFANTO-JUVENIS: INGREDIENTES ATRATIVOS COM SÉRIAS IMPLICÂNCIAS PARA A SAÚDE PÚBLICA

Flavia Maria Vasques Farinazzi Machado *; **Renata Bonini Pardo** ; **Juliana Audi Giannoni** 

*Docentes do Curso de Tecnologia em Alimentos, Fatec Marília.
Av. Castro Alves, 62, Bairro Somenzari, Marília - São Paulo*

* *Flavia M. Vasques Farinazzi Machado – Email: flavia.machado2@fatec.sp.gov.br*

Resumo: Os corantes artificiais são expressivamente mais utilizados do que os naturais em produtos alimentícios, tendo em vista sua capacidade de atribuir e fixar a cor de forma mais estável, diante dos processos tecnológicos aplicados. No entanto, inúmeros estudos ainda têm levantado questões a respeito da relação direta do consumo de corantes artificiais com efeitos adversos observados em especial no público infantil. Trata-se de uma revisão de literatura, de característica exploratória e descritiva, objetivando investigar a presença de corantes sintéticos em alimentos processados, seus efeitos e consumo pelo público infanto-juvenil, sendo analisados estudos do tipo observacionais e ensaios clínicos controlados feitos em humanos e modelos experimentais, além de revisões sistemáticas, pesquisados nas bases *PubMed*, *Google Acadêmico* e *Scielo*. Os resultados ainda evidenciaram associações significativas entre a ingestão de corantes artificiais e a ocorrência de reações adversas distintas, incluindo distúrbios toxicológicos e neurocomportamentais, além do consumo excessivo e precoce pelo público infanto-juvenil de produtos industrializados. Desta forma, estudos de determinação e quantificação de corantes artificiais em produtos alimentícios de diferentes categorias são necessários a fim de regularizar e possibilitar o consumo de alimentos mais seguros.

Palavras-chave: reações adversas; segurança; toxicidade.

Abstract: Artificial dyes are significantly more used than natural ones in food products due to their ability to better assign and fix color in a given technological process. However, numerous studies still describe questions regarding the direct relationship between consumption of artificial dyes and the observed adverse effects, mainly in children. This study is an exploratory and a descriptive literature review aiming to investigate the presence of synthetic dyes in processed foods, their effects and consumption among children and adolescents, using observational studies and controlled

clinical trials carried out in humans and experimental models, besides systematic reviews researched on PubMed, Scholar Google and Scielo databases. The results showed significant associations between the ingestion of artificial dyes and the occurrence of distinct adverse reactions, including toxicological and neurobehavioral disorders, in addition to an excessive and early consumption of industrialized products by children and adolescents. Thus, determination and quantification studies of artificial coloring in food products belonging to different categories are necessary to regularize and enable the consumption of safer foods.

Key Word: adverse reactions; safety; toxicity.

INTRODUÇÃO

Há muito tempo o homem interfere na coloração dos alimentos a fim de instigar seu consumo por torná-los mais atrativos e apetitosos, tendo em vista que a cor é um dos parâmetros de maior destaque na escolha de produtos, incluindo os processados, e em especial, para o público infantil (1, 2).

Os corantes alimentares se enquadram na categoria de aditivos e têm como funções conferir, intensificar ou padronizar a coloração dos produtos alimentícios, possibilitando as mesmas características de produtos naturais (3). Os corantes artificiais são muito mais utilizados do que os naturais na indústria de alimentos devido à sua maior capacidade de colorir, se misturar facilmente entre si, possibilitando maior variedade de tonalidades, além de apresentarem maior estabilidade frente à temperatura, oxigênio e luz, a custo baixo (4, 5).

No entanto, o consumo em excesso desses aditivos tem sido alvo, de longa data, de inúmeros estudos pela comunidade científica, tendo em vista sua relação com a ocorrência de reações adversas, tais como alergias, carcinogenicidade e anormalidades cromossômicas, cujos efeitos podem ocorrer a curto e/ou em longo prazo (2, 4, 6, 7).

Ainda, as crianças apresentam maior suscetibilidade às reações adversas provocadas pelos aditivos alimentares, incluindo certamente os corantes artificiais. É incontestável que o uso dessas substâncias e seus efeitos deletérios acumulativos devem considerar a frequência com que os aditivos são consumidos, sua quantidade por kg/peso corporal, e sua imaturidade fisiológica que prejudicam o metabolismo e a excreção dessas substâncias (8). O objetivo deste estudo foi investigar a presença de corantes sintéticos em alimentos processados, seus efeitos e consumo pelo público infante-juvenil.

MATERIAL E MÉTODOS

Este estudo tem característica exploratória e descritiva, baseado na sumarização de trabalhos recentes, publicados em inglês ou português. Como critérios de inclusão, foram aceitos estudos do tipo observacionais e ensaios clínicos controlados feitos em humanos e animais. Foram analisados e incluídos artigos das bases de dados *PubMed*, Google Acadêmico e *Scielo*, utilizando-se como descritores de busca os seguintes termos:

corantes alimentares sintéticos, alimentos processados, infanto-juvenil, toxicidade, legislação, alergenicidade, comportamento.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

CORANTES SINTÉTICOS EM ALIMENTOS E LEGISLAÇÃO

Os corantes alimentares artificiais permitidos para uso dentro do território brasileiro são: amarelo crepúsculo, azul brilhante, amarantho, indigotina, vermelho 40, eritrosina, ponceau 4R, tartrazina, verde rápido, azul patente V e azorrubina, e são encontrados em sucos artificiais, salgadinhos, temperos prontos, sorvetes, biscoitos recheados, drageados, balas, gelatinas, iogurtes, refrigerantes e outros produtos coloridos artificialmente (4, 5, 9, 10).

Os limites máximos destes aditivos em alimentos dependem das categorias e da natureza dos componentes. A Tabela 1 mostra os limites máximos permitidos de corantes sintéticos para uso em balas, confeitos, bombons, chocolates e similares no Brasil. O emprego dos corantes também está regulamentado pelo Decreto nº 55.871 de 26 de março de 1965 (11) que em seu artigo 13, determina que “será tolerada a venda de mistura ou solução de, no máximo, três corantes”.

Tabela 1. Limite máximo permitido ($\text{mg } 100\text{g}^{-1}$) de corantes sintéticos em balas, confeitos, bombons, chocolates e similares

Corante	Código	Limite máximo ($\text{mg } 100\text{g}^{-1}$)
Amaranto	E123	10,00
Amarelo crepúsculo	E110	10,00
Azorrubina	E122	5,00
Azul brilhante	E133	30,00
Azul de indigotina	E132	30,00
Azul patente V	E131	30,00
Eritrosina	E127	5,00
Ponceau 4R	E124	10,00
Tartrazina	E102	30,00
Verde rápido	E143	30,00
Vermelho 40	E129	30,00

Fonte: Prado, Godoy (2)

Inúmeros pesquisadores têm buscado, ao longo dos anos, identificar por observação direta dos rótulos e/ou quantificar, por meio de cromatografia líquida de alta eficiência (CLAE), espectrofotometria e outros métodos qualificados, os corantes sintéticos adicionados em produtos industrializados disponíveis para a população, com o intuito de verificar a regularidade de uso e estimar a quantidade ingerida pelo consumidor (12, 13, 14, 15).

Em estudo de Souza et al. (16), entre os corantes sintéticos disponíveis para uso em produtos alimentícios destinados ao público infantil, o amarelo tartrazina foi

encontrado em 16,5% das amostras de biscoitos e bolos recheados, salgadinhos e *snacks*, sucos de pacote, refrigerantes e cereais, seguido do corante amarelo crepúsculo (14,3% das amostras). Vale ressaltar que alguns países europeus, como a Finlândia e a Noruega, proíbem o uso o amarelo crepúsculo, devido à suspeita de potencial carcinogênico (17).

Rodrigues (18) avaliou, por meio de observação direta da lista de ingredientes de rótulos, 3475 produtos comercializados, de diferentes categorias, identificando que cerca de 28,7% deles apresentaram a presença de pelo menos um corante na formulação, sendo a tartrazina, o amarelo crepúsculo e o vermelho 40 os mais frequentemente utilizados.

A tartrazina é um corante artificial de ampla utilização na indústria alimentícia, farmacêutica e de cosméticos, conferindo aos produtos a cor amarelo limão. Em estudo conduzido por Piasini et al. (19), foram encontrados valores médios do corante amarelo Tartrazina em amostras de gelatinas e sucos industrializados consumidos por crianças e adolescentes significativamente maiores do que os preconizados pela ANVISA. A legislação brasileira permite uso do corante tartrazina em sucos em pó no limite de $0,01\text{g}\cdot 100\text{mL}^{-1}$ da bebida pronta para consumo.

Um estudo americano identificou a presença de corantes artificiais, em especial, vermelho 40, azul brilhante, tartrazina e amarelo crepúsculo, em 43,2% de produtos de mercearia direcionados ao público infante-juvenil, sendo alto o percentual desses aditivos encontrados em balas (96,3%), petiscos aromatizados (94%) e pós para preparo de bebidas (89,7%) (20).

Prado e Godoy (2) observaram valores expressivos de corantes artificiais amarelo crepúsculo, tartrazina e vermelho 40 em 33% de amostras de gomas de mascar comercializadas na região de Campinas, município de São Paulo, determinados por CLAE. Em estudo de Ferrão (21), ao avaliar a concentração de corantes artificiais em cereais matinais destinados a crianças de 2 a 8 anos de idade, identificou a presença de amarelo tartrazina, corante não permitido nesta categoria de alimentos, em uma das amostras. Müller et al. (22) identificaram irregularidades nos teores do corante eritrosina em amostras de preparados sólidos para refrescos, cujos resultados estavam acima do limite permitido ($1\text{mg}\cdot 100\text{mL}^{-1}$).

O uso desses aditivos é estritamente regulamentado na União Europeia, Japão, Estados Unidos e em outros países, tendo em vista a preocupação crescente com a segurança dos consumidores e a adição ilegal destes compostos em alimentos industrializados. No entanto, estudos científicos também têm demonstrado a presença expressiva destes componentes em produtos estrangeiros disponíveis de forma fraudulenta e/ou a fim de mascarar a baixa qualidade do produto (23, 24, 25, 26).

O CONSUMO PELO PÚBLICO INFANTO-JUVENIL

Com base em estudos toxicológicos, o JECFA (*Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives*), que é o comitê científico internacional de especialistas em aditivos alimentares administrado pela Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação (FAO) e pela Organização Mundial da Saúde (OMS) estabelece a Ingestão Diária Aceitável (IDA) dos aditivos. A IDA é a quantidade estimada

do aditivo alimentar, expressa em miligrama por quilo de peso corpóreo (mg/kg p.c.), que pode ser ingerida diariamente, durante toda a vida, sem oferecer riscos à saúde, à luz dos conhecimentos científicos disponíveis na época da avaliação (9). Na Tabela 2 estão descritos os valores de IDA para corantes sintéticos permitidos em alimentos e bebidas no Brasil.

De acordo com Legesse et al. (27), quando utilizados sob condições e quantidades adequadas à legislação, embora não haja uma regulamentação uniforme para o mundo todo, os corantes são seguros para o consumo humano. No entanto, tendo em vista a ampla adição dos corantes artificiais em produtos industrializados destinados ao público infanto-juvenil, e pelo fato deste grupo ultrapassar facilmente a IDA já que esta é definida considerando o peso do consumidor, ou seja, em limites de mg por kg de peso corporal, torna-se preocupante a exposição excessiva.

Oliveira et al. (28) identificaram, por meio de inquérito alimentar, que 88% das crianças entrevistadas em seu estudo consumiam mais de 35 balas por semana, e 45% mascavam, aproximadamente, 20 chicletes semanais. Ao analisar os rótulos destes produtos, os pesquisadores constataram que as balas de coloração vermelha apresentaram, predominantemente em sua composição, o corante vermelho 40, as balas de coloração rosa e roxa também apresentaram o vermelho 40, porém associado, invariavelmente, a outros corantes, como o azul brilhante, a indigotina e amarelo crepúsculo. Ainda neste estudo, uma das marcas encontrava-se fora dos padrões estabelecidos pelo Ministério da Saúde, quanto ao uso de no máximo três corantes artificiais no mesmo alimento, já que continha quatro corantes artificiais em sua formulação.

Schuman et al. (29) verificaram que produtos com a presença do corante amarelo tartrazina, como pó para gelatina e preparo sólido para refresco, são introduzidos na alimentação antes da criança completar um ano de idade.

Rodrigues (30) identificou em seu estudo que de vinte amostras de produtos, em especial refrigerantes, sucos, refrescos e sucos em pó reconstituídos, dezoito apresentavam teores de corante amaranto acima do limite máximo permitido por lei, e a IDA foi ultrapassada pela IDTM (Ingestão Diária Teórica Máxima) Balanceada pela Prevalência de Consumo Alimentar (BPCA), ou seja, quando são considerados apenas os consumidores que de fato afirmam ingerir alimentos que contenham este corante (e não a média populacional). Segundo os dados do estudo, para o amaranto a IDA foi excedida pela IDTM BPCA para todas as distribuições populacionais avaliadas, sendo o valor de consumo máximo calculado de 94,1 mg/dia, o que representa aproximadamente 300% da IDA.

Polônio e Peres (31) identificaram um consumo diário excessivo de corantes sintéticos em biscoitos recheados, salgados e balas, por pré-escolares de um município da baixada fluminense, no estado do Rio de Janeiro. Neste estudo, as diferentes marcas citadas pelas mães dos pré-escolares continham os corantes vermelho 40 (81,8%), tartrazina (54,5%) e azul brilhante (54,5%), e ainda os teores dos corantes vermelho bordeaux (56%) e amarelo crepúsculo (25%) ultrapassaram os níveis aceitáveis.

Em estudo de Husain et al. (32), a ingestão de corantes artificiais no Kuwait por crianças de 5 a 8 anos, com base em um inquérito dietético, excedeu as IDAs

recomendadas pela FAO/OMS para os corantes amarelo tartrazina, amarelo crepúsculo, carmosina, e vermelho brilhante.

Tabela 2. Ingestão Diária Aceitável (IDA) de corantes sintéticos permitidos em alimentos e bebidas no Brasil

Corante	Classe	IDA (mg Kg ⁻¹ p.c.)
Amaranto	Monoazo	0,5
Amarelo crepúsculo	Monoazo	2,5
Azorrubina	Monoazo	4
Azul brilhante	Trifenilmetano	10
Azul de indigotina	Indigoide	5
Azul patente V	Trifenilmetano	15
Eritrosina	Xanteno	0,1
Ponceau 4R	Monoazo	4
Tartrazina	Monoazo	7,5
Verde rápido	Trifenilmetano	10
Vermelho 40	Monoazo	7

IDA (mg Kg⁻¹ p.c.): Ingestão diária aceitável, em mg Kg⁻¹ de peso corpóreo.

Fonte: Prado; Godoy (2)

Valente (33) identificou que produtos das categorias balas, gelatinas, gomas de mascar, isotônicos e refrescos em pó, em especial este último, foram os que mais contribuíram para a ingestão dos corantes vermelho 40, Ponceau e tartrazina, pelo público infantil em seu estudo, incluindo menores de um ano de idade. Neste mesmo estudo, o autor observou correlação significativa entre a diminuição do consumo de corantes artificiais com o aumento da renda familiar.

Ainda, em estudo conduzido por Lindino et al. (34) foram identificados valores para metais tóxicos em corantes artificiais acima dos valores máximos permitidos pela legislação sem a diluição indicada pelo fabricante, e ainda níveis de arsênio maiores que os limites aceitáveis, mesmo após sua diluição para uso, demonstrando a presença de uma lacuna no controle de qualidade das indústrias fabricantes de corantes alimentícios artificiais.

EFEITOS ADVERSOS E POTENCIAIS RISCOS À SAÚDE

Os riscos e malefícios que os corantes sintéticos podem causar à saúde é objeto de discussão atualmente. Estudos têm relacionado a ocorrência de distúrbios como hiperatividade, reações alérgicas como rinites e dermatites, broncoconstrição, além de efeitos mutagênicos e danos citotóxicos ao consumo de corantes em alimentos (4, 23, 35, 36).

A eritrosina, corante que atribui coloração rosa aos alimentos processados, aprovado para consumo no Brasil desde 1977 pela ANVISA, e, legalizado nos EUA pela

FDA, tem demonstrado possíveis efeitos toxicológicos descritos na literatura científica (37, 38).

O corante tartrazina é considerado o mais alérgico dos corantes do grupo azo (-N = N-) principalmente entre asmáticos e intolerantes ao ácido acetilsalicílico. Estudos recentes têm comprovado os efeitos nocivos, já demonstrados ao longo dos anos, associados ao consumo acumulativo do corante tartrazina, entre os quais hepatonefrotoxicidade, teratogênese, cardiomegalia, mutagenicidade e anormalidades cromossômicas (39, 40). Relatos o apontam ainda como possível catalisador da hiperatividade, insônia, transtorno de déficit de atenção com hiperatividade (TDAH) e outros problemas comportamentais em crianças (41, 42).

Em um dos primeiros estudos prospectivos mais promissores, pesquisadores avaliaram o comportamento de crianças de 3 anos e 8 a 9 anos de idade, diagnosticadas com hiperatividade, submetidas à ingestão controlada de corantes artificiais, revelando diferenças estatísticas significativas quanto às pontuações de hiperatividade, entre as quais, o aumento da hipercinesia, causadas pelo consumo de corantes, relatadas por profissionais de saúde, pais e professores, em ambas as faixas etárias (43).

Em modelos animais, a administração de uma mistura de corantes (eritrosina, ponceau 4R, vermelho allura, amarelo crepúsculo, amaranto, azul brilhante, azorrubina e indigotina) em ratos fêmeas durante o período gestacional causou diminuição da motivação e aumento do comportamento relacionado ao desespero nos filhotes de três meses, submetidos a testes neurocomportamentais. Os pesquisadores deste estudo observaram ainda uma diminuição significativa nas subunidades NR2A e NR2B, dos receptores NMDA (N-metil-D-aspartato) do Sistema Nervoso Central, na prole feminina, responsáveis pela sinalização de sobrevivência ou morte dos neurônios, crescimento e diferenciação celular destes, e formação da memória (44).

Nigg et al. (45) sugeriram em seu estudo, por meio de meta-análise em revisão sistemática, que uma alimentação isenta de corantes sintéticos artificiais pode beneficiar em parte crianças com TDAH, por amenizar os sintomas descritos nos relatos científicos, embora, seja sugerido pelos autores maiores investigações, tendo em vista a desatualização e a limitação de alguns achados clínicos.

Em 2020, uma revisão sistemática realizada por Sá et al. (46), revelou que a quantidade de corantes sintéticos usados em alimentos aumentou 500% nos últimos 50 anos, e de forma semelhante, houve um aumento importante de problemas comportamentais em crianças, como agressividade, transtorno de déficit de atenção (TDA) e transtorno de déficit de atenção e hiperatividade (TDAH).

Recentemente, a preocupação entre pesquisadores sobre a associação nociva de corantes com distúrbios comportamentais tem se intensificado entre o público infanto-juvenil. Kirkland e colaboradores (47) avaliaram os efeitos da ingestão de corantes alimentares sintéticos em jovens universitários com TDAH, submetidos a um estudo duplo-cego controlado, observando prejuízo das atividades das ondas cerebrais e aumento significativo nos sintomas de desatenção, durante o período de intervenção do estudo.

Miller e colaboradores (39) reuniram uma revisão sistemática de estudos clínicos e epidemiológicos sobre corantes alimentares sintéticos e suas interferências

neurocomportamentais em modelos animais e em crianças com e sem distúrbios comportamentais identificados. Os pesquisadores evidenciaram uma associação estatisticamente positiva entre a exposição a corantes alimentares sintéticos e resultados comportamentais adversos em crianças, apoiada pela literatura de estudos em animais.

CONCLUSÕES

Os corantes artificiais são largamente utilizados na indústria alimentícia devido a maior atratividade conferida aos alimentos, bem como sua estabilidade diante dos processos tecnológicos diversos. No entanto, sua utilização tem sido questionada pela comunidade científica tendo em vista os potenciais efeitos adversos que causam à saúde dos consumidores. Estudos científicos trouxeram à luz do conhecimento, evidenciados nesta revisão de literatura, os efeitos danosos provocados pelo consumo excessivo dos corantes artificiais, incluindo implicações toxicológicas, neurológicas e comportamentais, em especial ao público infanto-juvenil, grupo mais exposto aos alimentos industrializados.

Estudos envolvendo a determinação de corantes artificiais em produtos alimentícios de diferentes categorias, bem como a quantificação do seu consumo são necessários para assegurar a saúde do consumidor.

REFERÊNCIAS

1. Silva NB, Moura VMC, Ibiapina DFN, Bezerra KCB. Aditivos químicos em alimentos ultraprocessados e os riscos à saúde infantil. *Rev Eletr Acervo Saúde*. 2019; 21: e542.
2. Prado MA, Godoy HT. Teores de corantes artificiais em alimentos determinados por cromatografia líquida de alta eficiência. *Quim Nova*. 2007; 30: 268-73.
3. Constant PBL, Stringheta PC, Sandi D. Corantes alimentícios. *Bol Ceppa*. 2002; 20(2): 203- 220.
4. Câmara AM. Corantes Azo: Características gerais, aplicações e toxicidade. UFRN. 2017.
5. Queija C, Queirós MA, Rodrigues L. A cor dos Alimentos. *Bol Soc Portuguesa Quim*. 2001; 80: 6-11.
6. Oplatowska-Stachowiak M, Elliott CT. Food colors: Existing and emerging food safety concerns. *Crit Rev Food Sci Nutr*. 2017; 57(3): 524-548.
7. Pinheiro COM, Abrantes SMP. Avaliação da exposição aos corantes artificiais presentes em balas e chicletes por crianças entre 3 e 9 anos estudantes de escolas particulares da Tijuca. *Analítica (online)*. 2012; 10(58).

8. Polônio MLT, Peres F. Consumo de aditivos alimentares e efeitos à saúde: desafios para a saúde pública brasileira. *Cad Saude Pública*. 2009; 25(8): 1653-1666.
9. Brasil. Agência Nacional De Vigilância Sanitária – Anvisa. Resolução Nº 382, de 5 de Agosto de 1999. Regulamento Técnico que aprova o uso de aditivos alimentares, estabelecendo suas funções e seus limites máximos para a categoria de alimentos.
10. Gomes LMM. Inclusão de Carotenoides de Pimentão Vermelho em Ciclodextrinas e Avaliação da Sua Estabilidade, Visando Aplicação em Alimentos. 2012. 108p. Dissertação (Mestre em Ciências Aplicadas), Faculdade de Farmácia, Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2012.
11. Brasil. 1965. AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA – ANVISA. Decreto nº 55871, de 26 de março de 1965.
12. Bogdanova P, Vakh C, Bulatov A. A surfactant-mediated microextraction of synthetic dyes from solid-phase food samples into the primary amine-based supramolecular solvent. *Food Chem*. 2022; 380:131812.
13. Veloso ACG. Novos sistemas aquosos bifásicos aplicados no preparo de amostras alimentícias para a determinação de corantes sintéticos [tese]. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa; 2018.
14. Floriano L. Determinação de corantes sintéticos em bebidas isotônicas empregando extração em fase sólida dispersiva e HPLC-UV/Vis. [dissertação]. Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria; 2016.
15. Vidotti EC, Rollemberg MCE. Espectrofotometria derivativa: uma estratégia simples para a determinação simultânea de corantes em alimentos. *Quim Nova*. 2006; 29(2): 230-233.
16. Sousa FCDA, Moreira LRS, Oliveira JMDS, Brito MM, Barros NVDA, Santos GM, Abreu BB et al. Checking dyes through the labeling of foods intended for children. *Res Soc Development*. 2020; 9(7): e250974146.
17. Ye X, Du Y, Lu D, Wang C. Fabrication of β -cyclodextrin-coated poly (diallyldimethylammonium chloride)-functionalized graphene composite film modified glassy carbon-rotating disk electrode and its application for simultaneous electrochemical determination colorants of sunset yellow and tartrazine. *Analy Chimica Acta*. 2013; 779: 22-34.
18. Rodrigues PS. Estudo do uso de corantes artificiais em alimentos e estimativa de ingestão de tartrazina pela população brasileira. [dissertação]. Mestrado. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul; 2015.

19. Piasini A, Stulp S, Dal Bosco SM, Adami FS. Análise da concentração de Tartrazina em alimentos consumidos por crianças e adolescentes. *Rev Uningá*. 2014; 19(1): 14-18.
20. Batada A, Jacobson MF. Prevalence of Artificial Food Colors in Grocery Store Products Marketed to Children. *Clin Pediatrics*. 2016; 55(12): 1113-1119.
21. Ferrão LL. Avaliação do teor de corantes artificiais em cereais matinais: validação de metodologia analítica e contribuição para avaliar a exposição de crianças de 2 a 8 anos. [dissertação]. Rio de Janeiro: Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro; 2013.
22. Müller AJ, Tischer JGS, Oliveira EC, Böckel WJ. Avaliação físico-química de preparados sólidos para refresco de diferentes marcas e sabores. *Rev Virt Química*. 2018; 10(4).
23. Oo N, Saw YM, Aye HNN, Aung ZZ, Kyaw HN, Tun AM, Kariya T, Yamamoto E, Hamajima N. Consumption of foods containing prohibited artificial colors among middle-school children in Nay Pyi Taw union territory, Myanmar. *BMC Public Health*. 2019; 19(1): 344.
24. Sebaei AS, Youssif MI, Ghazi, AA. Determination of seven illegal dyes in Egyptian spices by HPLC with gel permeation chromatography clean up. *J Food Comp Analysi*. 2019; 84(103304).
25. Dixit S, Khanna SK, Das M. All India survey for analyses of colors in sweets and savorys: exposure risk in Indian population. *J Food Science*. 2013; 78: 642–647.
26. Tripathi M, Khanna S, Das M. Surveillance on use of synthetic colours in eatables vis a vis Prevention of Food Adulteration Act of India. *Food Control*. 2007; 18: 211–219.
27. Legesse A, Muluken A, Getasew A. A survey on awareness of consumers about health problems of food additives in packaged foods and their attitude toward consumption of packaged foods: a case study at Jimma University. 2016; 23(1): 375–380.
28. Oliveira APS, Jacques GF, Nery VVC, Abrantes S. Consumo de corantes artificiais em balas e chicletes por crianças de seis a nove anos. *Rev Analytica*. 2010; 44: 79-85.
29. Schumann SPA, Polônio MLT, Gonçalves ECBA. Avaliação do consumo de corantes artificiais por lactentes, pré-escolares e escolares. *Cien Tecnol Alimentos*. 2008; 28(3): 534-9.
30. Rodrigues PS. Estudo da ingestão de sete corantes artificiais pela população brasileira. [tese]. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul; 2021.

31. Polônio MLT, Peres F. Consumo de corantes artificiais por pré-escolares de um município da baixada fluminense, RJ. *Rev Pesq Cuid Fundamental Online*. 2012; 4(1): 2748-57.
32. Husain A, Sawaya W, Al-Omair A, Al-Zenki S, Alamiri H. Estimates of dietary exposure of children to artificial food colours in Kuwait. *Food Addit Contam*. 2006; 23: 245-51.
33. Valente MCH. Corantes artificiais: estudo da estimativa de ingestão por crianças e da percepção de adultos residentes no Rio Grande do Sul. [dissertação]. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul; 2018.
34. Lindino CA, Gonçalves Junior AC, Schreiner GGO, Schreiner JS, Farina LO. Determinação de metais em corantes alimentícios artificiais. *Acta Sci Technol*. 2008; 20(1): 93-98.
35. Sambu S, Hemaram U, Murugan R, Alsofi AA. Toxicological and teratogenic effect of various food additives: an updated review. *Biom Res Int*. 2022; 2022: 6829409.
36. Anastácio LB, Oliveira DA, Delmaschio CR, Antunes LMG, Chequer FMD. Corantes Alimentícios Amarantho, Eritrosina B e Tartrazina, e seus possíveis efeitos maléficis à saúde humana. *J App Pharm Sci*. 2016; 2(3): 16-30.
37. Chequer FMS, Venâncio VP, Bianchi MLP, Antunes LMG. Genotoxic and mutagenic effects of erythrosine B, a xanthene food dye, on HepG2 cells. *Food Chem Toxicol*. 2012; 50:3447-3451.
38. Mpountoukas P, Pantazaki A, Kostareli E, Christodoulou P, Kareli D, Poliliou S, Mourelatos C, Lambropoulou V, Lialiaris T. Cytogenetic evaluation and DNA interaction studies of the food colorants amaranth, erythrosine and tartrazine. *Food Chem Toxicol*. 2010; 48:2934-2944.
39. Miller MD, Steinmaus C, Golub MS, Castorina R, Thilakartne R, Bradman A, Marty MA. Potential impacts of synthetic food dyes on activity and attention in children: a review of the human and animal evidence. *Environ Health*. 2022; 21(1):45.
40. Zingue S, Mindang ELN, Awounfack FC, Kalgonbe AY, Kada MM, Njamen D, et al. Oral administration of tartrazine (E102) accelerates the incidence and the development of 7,12-dimethylbenz(a) anthracene (DMBA)-induced breast cancer in rats. *BMC Complement Med Ther*. 2021; 21(1): 301.
41. Sahnoun S, Boutahala M, Tiar C, Kahoul A. Adsorption of tartrazine from an aqueous solution by octadecyltrimethylammonium bromide-modified bentonite: Kinetics and isotherm modeling. *Comptes Rendus Chimie*. 2018; 21(3-4): 391-398.

42. Al-Shabib NA, Khan JM, Khan MS, Ali MS, Al-Senaïdy AM, Alsenaidy MA, et al. Synthetic food additive dye "Tartrazine" triggers amorphous aggregation in cationic myoglobin. *Inter J Biol Macromol*. 2017; 98: 277-286.
43. McCann D, Barrett A, Cooper A, et al. Food additives and hyperactive behaviour in 3-year-old and 8/9-year-old children in the community: a randomised, double-blinded, placebo-controlled trial. *Lancet*. 2007; 370: 1560–67.
44. Doguc DK, Deniz F, Ilhan I, Ergonul E, Gultekin F. Prenatal exposure to artificial food colorings alters NMDA receptor subunit concentrations in rat hippocampus. *Inter J Nutr Diet Nerv System*. 2021; 24(10): 784-794.
45. Nigg JT, Lewis K, Edinger T, Falk M. Meta-analysis of attention-deficit/hyperactivity disorder or attention-deficit/hyperactivity disorder symptoms, restriction diet, and synthetic food color additives. *J Am Acad Child Adolesc Psychiatry*. 2012; 51(1): 86–97.
46. Sá P, Ferreira FA, Vila Nova RD, Mourão TV, Andrade VLA, Rückl S. Uso abusivo de aditivos alimentares e transtornos de comportamento: há uma relação? *Inter J Nutrol*. 2016; 9(2): 209-215.
47. Kirkland AE, Langan MT, Holton KF. Artificial food coloring affects EEG power and ADHD symptoms in college students with ADHD: a pilot study. *Nutr Neurosci*. 2022; 25(1):159-168.

DOI: <https://doi.org/10.53934/9786585062039-50>

CAPÍTULO 50

MECANISMOS DE DEFESA DO TOMATEIRO À ARTRÓPODES-PRAGA: REVISÃO DE LITERATURA

Marcela Padilha Iastremski *¹; Cristiane Hauck Wendel² 

^{1,2} Doutoranda do Programa de Pós-graduação em Agronomia - PPGA – UNICENTRO;

*Autor correspondente (Corresponding author) – E-mail:
marcella.iastremski@gmail.com

Resumo: A cultura do tomateiro é atacada por artrópodes-pragas durante todo seu ciclo, ameaçando seu desenvolvimento e consequentemente o seu rendimento. Embora existam diferentes tipos de controles que possam ser empregados, como o químico, as plantas por si só apresentam mecanismos para se defenderem. Geralmente, a resistência do tomateiro às pragas está associada a presença de tricomas que podem estar na superfície de folhas, hastes e frutos, dependendo da espécie. Os tricomas atuam como uma barreira física e impedem a locomoção e acesso aos tecidos das plantas. Existem tipos diferentes de tricomas, os glandulares (tipos I, IV, VI e VII) ou não glandulares (tipos II, III, V e VIII). Os tricomas que apresentam glândulas em sua extremidade produzem e armazenam metabólitos secundários na região da “cabeça”, esses exsudatos podem ser pegajosos e/ou tóxicos e são liberados em contato com a praga as aprisionando e as levando à morte. O objetivo deste trabalho é revisar os principais mecanismos de defesa presentes nas espécies de tomate contra o ataque por artrópodes-pragas. Essas informações são importantes para o desenvolvimento de novas cultivares por melhoristas e também durante a escolha da cultivar que será utilizada pelo produtor, visando sempre as mais resistentes para reduzir perdas e o uso de defensivos agrícolas.

Palavras-chave: metabólitos secundários; *Solanum lycopersicum*; tricomas

Abstract: The tomato crop is attacked by arthropod-pests throughout its cycle, threatening its development and consequently its yield. Although there are different types of controls that can be used, such as chemicals, plants themselves have mechanisms to defend themselves. Generally, tomato resistance to pests is associated with the presence of trichomes that can be on the surface of leaves, stems and fruits, depending on the species. Trichomes act as a physical barrier and prevent locomotion and access to plant tissues. There are different types of trichomes, glandular (types I, IV, VI and VII) or non-glandular (types II, III, V and VIII). Trichomes that have glands at their ends produce and store secondary metabolites in the “head” region, these exudates can be sticky and/or

toxic and are released in contact with the pest, trapping them and leading to death. The objective of this work is to review the main defense mechanisms present in tomato species against attack by arthropod pests. This information is important for the development of new cultivars by breeders and also during the choice of cultivar that will be used by the producer, always aiming at the most resistant to reduce losses and the use of pesticides.

Key Word: secondary metabolites; *Solanum lycopersicum*; trichomes

INTRODUÇÃO

A produção mundial de tomate ultrapassa 186 milhões de toneladas, cultivadas em uma área com mais de 5 milhões de hectares que estão distribuídos entre 169 países. O maior produtor do fruto é a China com 64 milhões de toneladas colhidas, seguida pela Índia, Turquia, Estados Unidos, Egito, Itália, Irã, Espanha, México e Brasil (1). A produção brasileira ocorre em 51 mil hectares e corresponde à 3,7 milhões de toneladas, sendo que mais de 70% deste valor é proveniente das regiões sudeste e centro-oeste (1,2).

A cultura do tomateiro sofre com os estresses bióticos, como as pragas que são uma grande ameaça à produtividade e, quando não controlados adequadamente, causam perdas substanciais (3). A utilização de inseticidas/acaricidas, embora possa resultar no aumento da produção agrícola, perde sua eficiência quando as pragas desenvolveram resistência (3). Além disso, o controle químico pode representar um risco para os agricultores, consumidores e meio ambiente (4). As maiores perdas ocorrem pelo ataque de adultos e larvas de besouros, mariposas, tripes, pulgões, moscas-branca e ácaros, os quais podem causar danos diretos às plantas, como quando danificam as folhas e frutos, destroem as raízes ou sugam sua seiva, ou indiretos, por meio da transmissão de doenças (5).

No entanto, na natureza, as plantas estão integradas em um sistema complexo de interações bióticas e desenvolveram estratégias específicas para se defenderem do ataque de organismos como as pragas (6). Os mecanismos de defesa responsáveis pela resistência das plantas, dependendo de seu estágio fenológico, envolvem barreiras físicas como a presença de tricomas na superfície vegetal, ou químicas, com a produção de metabólitos secundários. Além destes, as plantas também promovem a fotossíntese compensatória no caso de desfolha, aumentando a taxa fotossintética nas folhas que não foram danificadas ou ainda podem atrasar o seu crescimento até que a ameaça de ataque tenha passado (7,8).

A domesticação das espécies pode levar a uma redução nos níveis de defesas físicas ou químicas das plantas (9,10), como ocorreu com o tomate cultivado. Então, programas de melhoramento têm tentado identificar e transferir os genes de resistência presentes em espécies selvagens para a espécie cultivada *S. lycopersicum*, com objetivo de desenvolver cultivares mais resistentes (4,11). Diante da importância do tema, essa revisão buscar informar as principais estratégias de defesa vegetal encontradas nas espécies de tomate contra artrópodes-pragas.

TRICOMAS

Os tricomas são estruturas especializadas de origem epidérmica encontradas como extrusões ou apêndices nas superfícies das plantas (12), semelhantes a fios de cabelo (13,14) e fotossinteticamente inativos (15). Muitos aspectos da fisiologia e ecologia das plantas são influenciadas pelas características morfológicas e mecânicas dos tricomas, como a densidade, tamanho, formato, textura da superfície e orientação (16). Além disso, também podem fabricar e armazenar os metabólitos secundários (17).

Os tricomas são classificados em oito grupos, que podem ser glandulares ou não glandulares. Os glandulares são o tipo I (estruturas finas de 6 a 10 células e com 2 a 3 mm de comprimento, com base globular e multicelular com uma célula glandular pequena e redonda na extremidade do tricoma), o tipo IV (possui base unicelular e plana, 0,2 a 0,4 mm de comprimento e com uma célula glandular na ponta), tipo VI (são grossos e curtos compostos por duas células do caule e uma cabeça composta por 4 células secretoras) e tipo VII (tricomas glandulares muito pequenos (0,05 mm) com uma cabeça consistindo de 4–8 células). Os tricomas não glandulares são o tipo II (com 0,2 a 1,0 mm de comprimento, base globular e multicelular), tipo III (possui de 4 a 8 células e 0,4 a 1,0 mm de comprimento com uma base unicelular e plana), tipo V (muito semelhante ao tipo IV em relação à altura e espessura) e tipo VIII (composto por uma célula basal e espessa com uma célula inclinada na ponta) (18).

Geralmente, os tricomas não glandulares afetam as pragas por meios mecânicos, constituindo uma barreira ao movimento ou acesso a tecidos nutritivos, enquanto que os tricomas glandulares possuem uma “cabeça” que libera exsudatos pegajosos e/ou tóxicos que aprisionam os organismos e os leva à morte (19). Estes, ainda são subdivididos em capitados e peltados, sendo que os tricomas capitados apresentam uma haste mais longa, comparado aos tricomas peltados que possuem uma haste unicelular ou bicelular, mais curta (13).

O tomate cultivado *Solanum lycopersicum* possui tricomas glandulares dos tipos I, III, V, VI, VII e VIII, *Solanum habrochaites* dos tipos I, III, IV, VI e VII, *Solanum pennellii* dos tipos IV e VI, *S. peruvianum*, *S. corneliomuelleri*, *S. huylasense* e *Solanum arcanum* do tipo I, II, V, VI e VII, *Solanum pimpinellifolium* do tipo II, IV, V e VI (13,20), *S. cheesmaniae* e *S. galapagense* do tipo V, *S. chilense* do tipo IV, V e VII, *S. chmielewski* e *S. neorickii* do tipo V e VI (13).

A resistência à artrópodes é frequentemente associada com altas densidades de tricomas tipo IV e VI (19). As moscas brancas ficam presas no exsudado das glândulas tricomas do tipo VI, e também são impedidas de transmitirem o vírus do enrolamento da folha do tomateiro. Assim, pode ser possível também controlar a transmissão de doenças do tomateiro, criando plantas com certos tipos de tricomas, especialmente do tipo VI (21). Os tricomas glandulares dos tipos IV e I, particularmente os tricomas longos, também têm um efeito benéfico na resistência as moscas brancas (22).

Imagens de microscopia eletrônica permitiram observar uma junção entre as células da cabeça e a célula intermediária de tricomas do tipo VI em *S. habrochaites*, que podem facilitar a liberação de metabólitos. Quando os tricomas são fisicamente

danificados, por exemplo por herbívoros, ocorre o rompimento entre as quatro células da “cabeça” e a célula intermediária, sendo verificado que a “cabeça” do tricoma separada aparentam estar colapsadas, com as paredes celulares entre as células glandulares. No entanto, isso não ocorre nos estágios iniciais de desenvolvimento da planta, quando a “cabeça” contém apenas uma ou duas células que permanecem presas à célula intermediária, portanto, só ocorre em tricomas maduros (23).

Os tricomas possuem diversas funções, além de protegerem as plantas contra o ataque de pragas. Tanto os simples quanto os glandulares, podem atuar na regulação de temperatura, aumento da reflectância de luz, reduzir perda de água, reduzir a abrasão mecânica, atuar na dispersão de semente e estabelecimento, coleta e dispersão de pólen, etc. Além destas, os tricomas glandulares possuem a capacidade de imobilizar os insetos, atrair polinizadores, reter ou reduzir a água em sementes, absorver água e nutrientes (16).

Resumindo, ambos os tipos de tricomas influenciam nas funções das plantas em virtude de suas propriedades físicas (tamanho, densidade), embora os tricomas glandulares também secretam fitoquímicos que podem promover resistência à pragas (16). Estas substâncias são metabólitos secundários produzidos tanto em tricomas glandulares do tomate cultivado, quanto nas espécies selvagens (24), conhece-los irá permitir que os pesquisadores explorem o potencial biotecnológico dessas estruturas e o desenvolvimento de plantas que exibam maior resistência a pragas ou que produziram compostos de produtos industriais e farmacêuticos (25).

METABÓLITOS SECUNDÁRIOS

Os tricomas sintetizam, armazenam e secretam grandes quantidades e vários tipos de metabólitos secundários especializados que vão desde néctares ou sais que atraem insetos até substâncias altamente tóxicas (26). O reino vegetal fabrica mais de 200.000 compostos químicos distintos, muitos dos quais surgem do metabolismo secundário. Esses compostos desempenhem papéis importantes na competição e defesa entre espécies, e muitos têm sido explorados para uso como medicamentos, fragrâncias, nutrientes, repelentes e corantes (27).

Os metabólitos secundários, como os terpenoides, acilaçúcares, compostos fenólicos e metilcetonas, presentes em tricomas glandulares tem um papel importante na defesa da planta contra herbívoros e organismos patogênicos (12). No entanto, possam apresentar dupla função, como exemplo os fenilpropenos que atuam tanto na defesa contra herbívoros quanto na atração de polinizadores (13), assim como, os flavonoides que atuam como moduladores químicos importantes da comunicação das plantas com insetos e micróbios, atraindo polinizadores por meio da cor da flor e indução da nodulação da raiz por colônias de rizóbio fixadoras de nitrogênio simbióticas, sendo responsável pelas respostas defensivas da fitoalexina à infecção e herbivoria (28).

Os acilaçúcares consistem em ácidos graxos de cadeia ramificada esterificados em grupos hidroxila de glicose ou sacarose. A concentração é altamente variável, podendo ser diferente entre plantas da mesma espécie e cultivadas na mesma região (29). Os acilaçúcares, como o glicopídeo, pode ser exsudado da célula terminal dos tricomas

glandulares encontrados nas folhas, caules, pedúnculos, cálices e frutos de *S. pennellii* (30). Este metabólito secundário, em grandes quantidades, deixa a superfície vegetal pegajosa e fornece um forte impedimento para os insetos (26).

No tomate cultivado (*Solanum lycopersicum*), acilglicosos são encontrados principalmente nos tricomas do tipo I, enquanto os tricomas do tipo VI desta espécie contêm terpenoides (13). Em *S. galapagense* a resistência à mosca-branca foi associada a presença de tricomas do tipo IV e por caracteres adicionais, como tamanho, longevidade e pela produção de exsudatos específicos como os acilaçúcares que são pegajosos e/ou tóxicos (31). Um estudo com os acessos de *S. galapagense* e *S. cheesmaniae* apontou 39 tipos de acilaçúcares, todos com estrutura de sacarose, sendo que 23 destes eram pelo menos 100 vezes mais abundantes em *S. galapagense* do que em *S. cheesmaniae*. Além disso, *S. galapagense* apresentou resistência maior à mosca-branca (*Trialeurodes vaporariorum*), tripes (*Frankliniella occidentalis*), lagarta (*Spodoptera exigua*) e ao pulgão (*Myzus persicae*) (32).

LA-1401 é um acesso de *S. galapagense*, constantemente utilizado em estudos como um dos genitores em cruzamentos interespecíficos, devido seu elevado teor de açúcar acíclico, fortemente associado a uma alta densidade do tipo IV. Genótipos derivados do cruzamento de uma cultivar comercial de *S. lycopersicum* com o acesso LA-1410, apresentaram alta densidade de tricomas glandulares do tipo IV e maior teor de acilaçúcares, resultando na redução do número de ninfas e de adultos do pulgão *M. persicae* nos folíolos dos genótipos de tomate, ou seja, a alta densidade de tricomas glandulares do tipo IV promoveu a menor preferência de *M. persicae* (33).

O zingibereno associado a tricomas glandulares do tipo IV e VI encontrados em genótipos de tomate, ocasiona efeitos deletérios na biologia do ácaro rajado *T. urticae*, aumentando o tempo de incubação de ovos, a mortalidade de ninfas e reduzindo a taxa de fecundidade (34). Os tricomas glandulares dos tipos I, IV e VI também foram associados a baixa taxa de oviposição de fêmeas do ácaro-aranha-vermelho *T. evansi* em genótipos de tomates sul-americanos quando comparados variedades africanas que apresentavam uma maior densidade de tricomas não glandulares (35).

CONCLUSÕES

A cultura do tomateiro é de grande importância alimentícia, econômica e social, no entanto o seu cultivo é dificultado por vários fatores bióticos, principalmente por artrópodes pragas. Geralmente, o controle é realizado quimicamente embora possa gerar riscos ao meio ambiente, à saúde humana e de animais. As plantas, por si só, apresentam mecanismos de defesa, como os tricomas glandulares e metabólitos secundários que podem ser explorados no melhoramento genético para o desenvolvimento de novas cultivares mais resistentes, no entanto, o produtor também deve estar atento a estas características durante a escolha da cultivar que irá utilizar, podendo influenciar diretamente na produtividade e no uso de defensivos agrícolas.

REFERÊNCIAS

1. FAOSTAT. Food and Agriculture Statistics; 2020 [acesso em 12 de setembro de 2022]. Disponível em: <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL>
2. IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - Levantamento Sistemático da Produção Agrícola, Estatística da Produção Agrícola; 2021;150.
3. Rajam MV, Yogindran S. Chapter 10 - Engineering Insect Resistance in Tomato by Transgenic Approaches. Em: Wakil W, Brust GE, Perring TM, organizadores. Sustainable Management of Arthropod Pests of Tomato. San Diego: Academic Press. 2018; p. 237–52.
4. Bai Y, Lindhout P. Domestication and Breeding of Tomatoes: What have We Gained and What Can We Gain in the Future? *Ann Bot.* 2007;100(5):1085–94.
5. Linn MB, Luckmann WH. *Tomato Diseases & Insect Pests: Identification & Control.* Illinois: Urbana; 1967. 56 p.
6. Wang F, Park YL, Gutensohn M. Glandular trichome-derived sesquiterpenes of wild tomato accessions (*Solanum habrochaites*) affect aphid performance and feeding behavior. *Phytochemistry.* 2020;180:112532.
7. Mitchell C, Brennan RM, Graham J, Karley AJ. Plant Defense against Herbivorous Pests: Exploiting Resistance and Tolerance Traits for Sustainable Crop Protection. *Frontiers in Plant Science.* 2016; 7:1132: 1-8.
8. Tiffin P. Mechanisms of tolerance to herbivore damage: what do we know? *Evolutionary Ecology.* 2000;14(4):523–36.
9. Moreira X, Abdala-Roberts L, Gols R, Francisco M. Plant domestication decreases both constitutive and induced chemical defences by direct selection against defensive traits. *Sci Rep.* 2018; 8:12678; 1-11.
10. Jaccard C, Cuny MAC, Bustos-Segura C, Arce CCM, Giollo L, Glauser G, et al. Squash varieties domesticated for different purposes differ in chemical and physical defense against leaf and root herbivores. *Frontiers in Agronomy.* 2021; 3: 683936; 1-15.
11. Andrade MC, da Silva AA, Neiva IP, Oliveira IRC, De Castro EM, Francis DM, et al. Inheritance of type IV glandular trichome density and its association

- with whitefly resistance from *Solanum galapagense* accession LA1401. *Euphytica*. 2017;213(2):52.
12. Kortbeek RWJ, Xu J, Ramirez A, Spyropoulou E, Diergaarde P, Otten-Bruggeman I, et al. Chapter Twelve - Engineering of tomato glandular trichomes for the production of specialized metabolites. Em: O'Connor SE, organizador. *Methods in Enzymology*. Academic Press; 2016. p. 305–31. (Synthetic Biology and Metabolic Engineering in Plants and Microbes Part B: Metabolism in Plants; vol. 576).
 13. Glas JJ, Schimmel BCJ, Alba JM, Escobar-Bravo R, Schuurink RC, Kant MR. Plant glandular trichomes as targets for breeding or engineering of resistance to herbivores. *Int J Mol Sci*. 2012;13(12):17077–103.
 14. Payne WW. A Glossary of Plant Hair Terminology. *Brittonia*. 1978;30(2):239–55.
 15. Lange BM, Wildung MR, Stauber EJ, Sanchez C, Pouchnik D, Croteau R. Probing essential oil biosynthesis and secretion by functional evaluation of expressed sequence tags from mint glandular trichomes. *Proc Natl Acad Sci USA*. 2000;97(6):2934–9.
 16. Wagner GJ, Wang E, Shepherd RW. New approaches for studying and exploiting an old protuberance, the plant trichome. *Ann Bot*. 2004;93(1):3–11.
 17. Schillmiller A, Shi F, Kim J, Charbonneau AL, Holmes D, Jones AD, et al. Mass spectrometry screening reveals widespread diversity in trichome specialized metabolites of tomato chromosomal substitution lines. *The Plant Journal*. 2010;62(3):391–403.
 18. Luckwill LC. *The genus Lycopersicon: A historical, biological and taxonomic survey of the wild and cultivated tomato*. Aberdeen: The University Press; 1943. 1–44 p.
 19. Simmons AT, Gurr GM. Trichomes of *Lycopersicon* species and their hybrids: effects on pests and natural enemies. *Agricultural and Forest Entomology*. 2005;7(4):265–76.
 20. McDowell ET, Kapteyn J, Schmidt A, Li C, Kang JH, Descour A, et al. Comparative Functional Genomic Analysis of *Solanum* Glandular Trichome Types. *Plant Physiology*. 2011;155(1):524–39.

21. Channarayappa C, Shivashankar G, Muniyappa V, Frist RH. Resistance of *Lycopersicon* species to *Bemisia tabaci*, a tomato leaf curl virus vector. *Can J Bot.* 1992;70(11):2184–92.
22. Zhang Y, Song H, Wang X, Zhou X, Zhang K, Chen X, et al. The roles of different types of trichomes in tomato resistance to cold, drought, whiteflies, and botrytis. *Agronomy.* 2020;10(3):411.
23. Bergau N, Bennewitz S, Syrowatka F, Hause G, Tissier A. The development of type VI glandular trichomes in the cultivated tomato *Solanum lycopersicum* and a related wild species *S. habrochaites*. *BMC Plant Biol.* 2015; 15:289.
24. Wang F, Park YL, Gutensohn M. Glandular trichome-derived sesquiterpenes of wild tomato accessions (*Solanum habrochaites*) affect aphid performance and feeding behavior. *Phytochemistry.* 2020;180:112532.
25. Huchelmann A, Boutry M, Hachez C. Plant glandular trichomes: natural cell factories of high biotechnological interest. *Plant Physiology.* 2017;175(1):6–22.
26. Schilmiller AL, Last RL, Pichersky E. Harnessing plant trichome biochemistry for the production of useful compounds. *The Plant Journal.* 2008;54(4):702–11.
27. Pyne ME, Narcross L, Martin VJJ. Engineering plant secondary metabolism in microbial systems1[OPEN]. *Plant Physiol.* 2019;179(3):844–61.
28. Ferrer JL, Austin MB, Stewart C, Noel JP. Structure and function of enzymes involved in the biosynthesis of phenylpropanoids. *Plant Physiology and Biochemistry.* 2008;46(3):356–70.
29. Luu VT, Weinhold A, Ullah C, Dressel S, Schoettner M, Gase K, et al. O-acyl sugars protect a wild tobacco from both native fungal pathogens and a specialist herbivore. *Plant Physiology.* 2017;174(1):370–86.
30. Fobes JF, Mudd JB, Marsden MPF. Epicuticular Lipid Accumulation on the Leaves of *Lycopersicon pennellii* (Corr.) d’Arcy and *Lycopersicon esculentum* Mill. *Plant Physiology.* 1985;77(3):567–70.
31. Firdaus S, van Heusden AW, Hidayati N, Supena EDJ, Mumm R, de Vos RCH, et al. Identification and QTL mapping of whitefly resistance components in *Solanum galapagense*. *Theor Appl Genet.* 2013;126(6):1487–501.

32. Vosman B, van't Westende WPC, Henken B, van Eekelen HDLM, de Vos RCH, Voorrips RE. Broad spectrum insect resistance and metabolites in close relatives of the cultivated tomato. *Euphytica*. 6 de fevereiro de 2018;214(3):46.
33. Silva AA da, Carvalho R de C, Andrade MC, Zeist AR, Resende JTV de, Maluf WR. Glandular trichomes that mediate resistance to green peach aphid in tomato genotypes from the cross between *S. galapagense* and *S. lycopersicum*. *Acta Sci, Agron*. 2019;41.
34. de Oliveira JRF, de Resende JTV, Maluf WR, Lucini T, de Lima Filho RB, de Lima IP, et al. Trichomes and allelochemicals in tomato genotypes have antagonistic effects upon behavior and biology of *Tetranychus urticae*. *Frontiers in Plant Science*. 2018;9.
35. Savi PJ, Moraes GJD, Junior ALB, Melville CC, Carvalho RF, Lourenção AL, et al. Impact of leaflet trichomes on settlement and oviposition of *Tetranychus evansi* (Acari: *Tetranychidae*) in African and South American tomatoes. *Systematic and Applied Acarology*. 2019;2559–76.

DOI: <https://doi.org/10.53934/9786585062039-51>

CAPÍTULO 51

ESTABILIDADE FÍSICO-QUÍMICA DE GRUMIXAMA PASSAS

Joice Any Alves Urzêda¹ *; Fellype Alves Rodrigues¹ ; Ellen Godinho Pinto² 
; Wiaslan Figueiredo Martins ; Ana Paula Stort Fernandes ; Dayana Silva
Batista Soares 

¹ Estudante do Técnico em Alimentos do Instituto Federal Goiano – Campus Morrinhos, Goiás.

² Docente do Instituto Federal Goiano – Campus Morrinhos, Goiás.

*Autor correspondente (Corresponding author) – Email:
ellen.godinho@ifgoiano.edu.br

Resumo: O Brasil possui uma ampla diversidade de frutas nativas devido a sua grande extensão territorial. Entre elas destaca-se a grumixama (*Eugenia brasiliensis* Lamarck), fruto nativo da mata atlântica. Considerando a escassez de estudos sobre o fruto da grumixama, alta perecibilidade da fruta e a sazonalidade, este trabalho teve por objetivo realizar a secagem para a obtenção da grumixama passas e realizar a avaliação da estabilidade físico-química por 30 dias. Foram realizadas análises de pH, umidade, teor de sólidos solúveis, vitamina C por titulação com Iodato de Potássio e antocianinas totais nos frutos in natura e após a secagem a 60°C, nos tempos 0, 7, 15 e 30 dias. Os frutos de grumixama se destacam pelo alto teor de vitamina C na forma in natura e observa-se que o teor de antocianinas totais aumentou após a secagem, porém a partir do 15 dia observou-se um leve decréscimo do mesmo.

Palavras-Chave: antocianina; secagem; vitamina C

Abstract: Brazil has a wide diversity of native fruits due to its large territorial extension. Among them is the grumixama (*Eugenia brasiliensis* Lamarck), native fruit of the Atlantic forest. Considering the scarcity of studies on the grumixama fruit, the high perishability of the fruit and the seasonality, this work aimed to perform the drying process to obtain the dried grumixama and to evaluate the physicochemical stability for 30 days. Analyses of pH, humidity, soluble solids content, vitamin C by titration with potassium iodate and total anthocyanins were performed in the fruits in natura and after drying at 60°C, at 0, 7, 15 and 30 days. The fruits of grumixama stand out for the high content of vitamin C in the fresh form and it is observed that the content of total anthocyanins increased after drying, but from the 15th day it was observed a slight decrease of the same

Key Words: anthocyanin; drying; vitamin C

INTRODUÇÃO

A Mata Atlântica possui alta diversidade de espécies frutíferas que ainda são consumidas em pequena escala devido ao desconhecimento da população em geral. Esses frutos apresentam cor, sabor e aroma característicos e atrativos e, em alguns casos, destacam-se por suas propriedades nutricionais e antioxidantes e altos teores de compostos fenólicos e carotenoides (1, 2).

Neste contexto, a *Eugenia brasiliensis* Lamarck, popularmente conhecida por grumixama, cumbixaba, ibaporoiti e cerejeira brasileira, pertencente ao gênero *Eugenia* na família das Myrtaceae, é uma planta nativa oriunda da mata pluvial Atlântica, encontrada desde o Sul da Bahia até Santa Catarina (3)

Embora existam pesquisas limitadas sobre a composição fitoquímica da grumixama fruta, é conhecida por ter um grande polifenol perfil e capacidade antioxidante, o que pode contribuir promover a saúde, reduzindo o risco de doenças crônicas (4).

Este trabalho teve como objetivo avaliar a estabilidade físico-química, do fruto de grumixama, submetidas ou não a secagem e mantidas por 30 dias embalada em temperatura ambiente.

MATERIAL E MÉTODOS

Os frutos foram colhidos na cidade Morrinhos-Goiás, e levados ao Laboratório de Panificação do Instituto Federal Goiano. Foi realizada a sanitização dos frutos a 100 ppb por 15 minutos, após a sanitização foi realizada a separação para a realização das análises in natura e para a desidratação, em um secador de circulação forçada a 60°C.

Foram realizadas as seguintes análises físico-químicas nos frutos in natura e nos frutos desidratados: umidade a 105°C, pH, sólidos solúveis totais (SST) e teor de vitamina C segundo a metodologia (5); e a análise de antocianinas de acordo com (6), pesou-se 1 g da polpa do fruto de grumixama em recipiente de aço inox, adicionando-se cerca de 30 mL de solução extratora de etanol 95% + HCl 1,5 N (85:15). A amostra foi triturada em homogeneizador de tecidos tipo "turrax", por dois minutos em velocidade "1", e transferida para balão volumétrico de 50 mL, envolto em papel alumínio, sendo o volume completado com solução extratora. Para a extração, deixou-se o material por uma noite em refrigerador. Em seguida, filtrou-se para um Becker de 100 mL, também envolto em alumínio. Imediatamente, procedeu-se à leitura da absorbância, a 535 nm, com os resultados expressos em mg/100 g de polpa e calculados através da fórmula: fator de diluição x absorbância/98,2.

As análises físico-químicas foram realizadas no fruto in natura, após a secagem nos tempos 0, 7, 15 e 30 dias.

Os dados físico-químicos foram submetidos a análise de variância (ANOVA) e a comparação de médias feita pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, utilizando-se o *Past* 4.3.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A grumixama in natura apresentou-se teor de umidade de 69,27%, sendo este valor inferiores ao analisado por (7), isso deve ter ocorrido devido os frutos deste estudo terem sido congelados antes das análises.

Após a secagem pode-se observar que o teor foi reduzindo com o tempo sendo que ao afinal de 30 dias embalado a umidade foi de 4,73%, ocorrendo uma redução de primeiro quase 20% do primeiro dia seco (Tabela 1).

Tabela 1. Caracterização físico química do grumixama in natura e passas.

Parâmetros	In natura	0 dias	7 dias	15 dias	30 dias
Umidade (%)	69,27 ±0,62a	25,73 ±1,34b	7,67 ±0,49c	7,20 ±0,43c	4,73 ±0,80c
pH	3,86 ±0,17 a	3,61 ±0,03 ab	3,26 ±0,01c	3,47 ±0,02b	3,50 ±0,01b
SST (° Brix)	8,23 ±0,23b	50 ±0,00a	50 ±0,00a	50 ±0,00a	50 ±0,00a
Vitamina C (mg de ácido ascórbico/100 de polpa)	93,27 ± 9,25a	56,47±14,35a	9,55 ±2,36bb	8,99 ±2,31b	7,77 ±1,37b
Antocianinas	0,035 ±0,03b	0,144 ±0,02a	0,144 ±0,02a	0,132 ±0,02a	0,132 ±0,02a

O teor de pH in natura de 3,86 ficou próximo ao encontrado por (1), porém teve uma leve oscilação tendo um declínio da in natura até o 7 dia e a partir do 15 dia começou a ter um leve acréscimo, diferindo estatisticamente dos primeiros dias após a secagem.

Com a secagem como já era esperada, teve um aumento de mais de 6 vezes, o teor de sólidos solúveis no fruto in natura, sendo que as amostras secas não tiveram diferença significativa.

A quantidade de ácido ascórbico (vitamina C) foi inferior ao encontrado por (1) pode ter sido pela amostra ter sido congelada antes das análises in natura. Mesmo com está diferença encontrada é superior a outras frutas do cerrado como a cagaita (*E. dysenterica*: 10,63), cajuzinho-do-cerrado (*Anacardium othonianum*: 5,48) e gabirola (*Campomanesia adamantium*: 61,49) (8); para a Amazônia como o bacuri (*Platonia insigni*: 75,04); cupuaçu (*Theobroma grandiflorum*: 54,23); e para a Mata Atlântica como o cambuci (*Campomanesia phaea*: 3,16), feijoa (*Feijoa sellowiana*: 3,16), uvaia (*E. pyriformis*: 85,40) (2), todos em mg de ácido ascórbico/100g de polpa. Isso reforça a grumixama como uma excelente fonte de vitamina C ainda pouco conhecida pela população em geral.

Os resultados obtidos para antocianinas in natura neste estudo foram inferiores ao encontrado por (9), isso pode ter acontecido devido ao solvente utilizado, a metodologia empregada e vários outros fatores. Podemos verificar que após a secagem teve concentração do teor antocianina, porém o tempo de armazenamento não teve diferença significativa neste parâmetro.

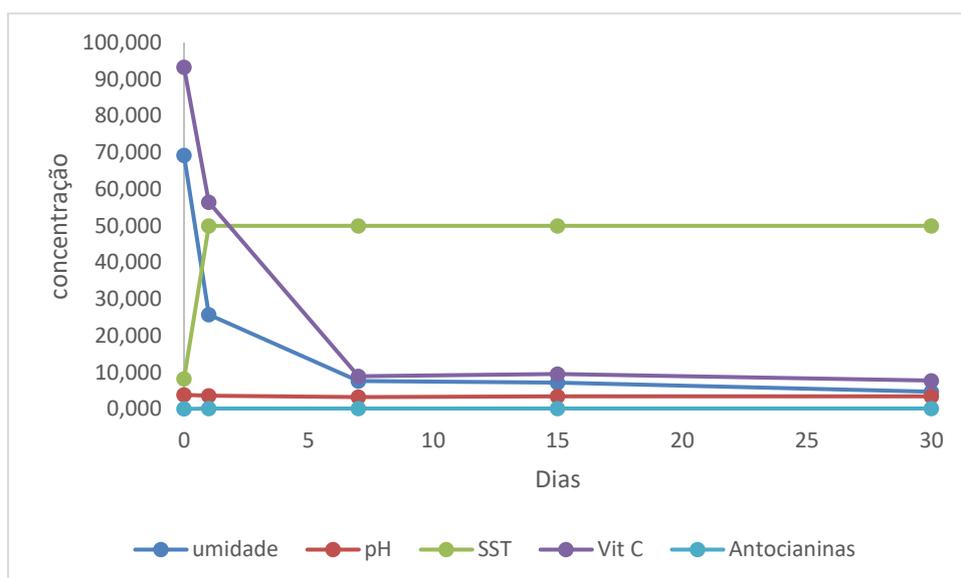


Figura 1. Parâmetros físico-químico da grumixama in natura e passas armazenada por 30 dias

CONCLUSÕES

A grumixama é um fruto promissor devido ao seu alto teor de vitamina C. Portanto, conclui-se que com a secagem houve uma redução do mesmo como já era esperado. Pode-se também observar que a secagem teve uma concentração no teor de antocianina, sendo um atributo importante para o consumo.

Acredita-se que o seu consumo possa ser ampliado desde que sejam realizadas pesquisas básica e tecnológica nessa cultura.

AGRADECIMENTOS

Agradecimento ao IFGoiano e ao PIBIC-EM pela colaboração nas pesquisas.

REFERÊNCIAS

1. Barros BLA, Zucoloto M, Moreira SL, Godinho TO, Buffon SB, Morais AL. Physicochemical quality of araçauína and grumixama at different ripening stages. *Rev. Bras. Frutic., Jaboticabal*, 2020, v. 42, n. 6, 2020.

2. Castelucci ACL, Silva PPM, Spoto MHF. Bioactive compounds and *in vitro* antioxidant activity of pulps from fruits from the Brazilian atlantic forest. *Acta Scientiarum Technology*, Maringá, v.42, e44503, 2020.
3. Lorenzi H, Lacerda MTC, Bacher LB. Frutas no Brasil nativas e exóticas: de consumo in natura. São Paulo: Instituto Plantarum de Estudos da Flora, 2015. 768 p.
4. Xu K, Santos AM, Dias T, Naves MMV Grumixama (*Eugenia brasiliensis* Lam.) cultivated in the Cerrado has high content of bioactive compounds and great antioxidant potential. *Ciência Rural*, Santa Maria, v. 50, n.4, 2020.
5. IAL. Métodos químicos-físicos para análises de alimentos. 4ª. ed. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 1ª ed. digital, 2008.
6. Araújo PGL, Figueiredo RW, Alves RE, Maia GA, Paiva JR. β -caroteno, ácido ascórbico e antocianinas totais em polpa de frutos de aceroleira conservada por congelamento durante 12 meses. *Ciênc. Tecnol. Aliment.*, Campinas, v.27, n.1, p. 104-107, 2007.
7. Nehring P. Avaliação da capacidade antioxidante e compostos fenólicos em diferentes estádios de maturação da grumixama (*Eugenia brasiliensis* Lamarck). Dissertação Universidade Federal de Santa Catarina, 2016.
8. Alves AM; Dias T.; Hassimotto NMA; Naves MMV Ácido ascórbico e teores fenólicos, capacidade antioxidante e composição de flavonoides de frutas nativas do Cerrado. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, Campinas, v.37, n.4, p.564-569, 2017.
9. Teixeira LL, Bertoldi FC, Lajolo FM, Hassimotto NMA. Identification of ellagitannins and flavonoids from *Eugenia brasilienses* Lam. (Grumixama) by HPLC-ESI-MS/MS. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, v. 63, p. 5417-5427, 2015.

DOI: <https://doi.org/10.53934/9786585062039-52>

CAPÍTULO 52

DESAFIOS NA PRODUÇÃO E MELHORAMENTO GENÉTICO DO MORANGUEIRO: REVISÃO DE LITERATURA

Cristiane Hauck Wendel *¹; Marcela Padilha Iastremski² 

^{1,2} Universidade Estadual do Centro-Oeste (UNICENTRO)

*Autor correspondente (Corresponding author) – Email: hauckwendel@hotmail.com

Resumo: A cultura do morango no Brasil vem se destacando nos últimos anos, com grande potencial de consumo, permitindo ao produtor uma alta rentabilidade. O morango apresenta características que agradam o consumidor devido ao seu paladar apreciado, cor atraente e odor característico. A aquisição de mudas importadas é um dos principais gargalos na cadeia produtiva, pois são cotadas em dólar, tornando o cultivo com elevado custo de produção. Além disso, as mudas importadas podem apresentar incidência de pragas e doenças, devido a qualidade fitossanitária. O potencial produtivo das mudas utilizadas, está relacionado com a adaptabilidade às condições edafoclimáticas da região a ser cultivada, podendo interferir negativamente na produtividade e nas características físico-química na pós-colheita, consequentemente reduzindo a rentabilidade. Os programas de melhoramento genético buscam desenvolver cultivares nacionais adaptadas as condições edafoclimáticas, com resistência a pragas e doenças, boa qualidade físico-química, maior produtividade e rentabilidade, reduzindo a dependência de cultivares importadas. A eficiência nos programas de melhoramento está no conhecimento da variabilidade genética de um banco de germoplasma, sendo realizado pela caracterização genética dos genótipos, podendo ser elucidados por marcadores moleculares, os quais baseiam-se na análise do DNA. O objetivo do trabalho é verificar que o cultivo de morango no Brasil vem aumentando significativamente anualmente, porém há uma dificuldade enfrentada pelos produtores rurais durante aquisição das mudas, pois estas, são oriundas de importação. Diante isso, destaca-se a importância dos programas de melhoramento genético, os quais possuem como ferramenta, o uso de marcadores moleculares, os quais auxiliam nos cruzamentos de genótipos promissores.

Palavras-chave: adaptabilidade; *Fragaria* L.; marcadores moleculares; mudas; produtividade

Abstract: The strawberry crop in Brazil has been highlighted in recent years, with great potential for consumption, allowing the producer a high profitability. The strawberry has characteristics that please the consumer due to its appreciated taste, attractive color and

characteristic odor. The acquisition of imported seedlings is one of the main bottlenecks in the production chain, as they are quoted in dollars, making the cultivation with a high production cost. In addition, imported seedlings may present incidence of pests and diseases, due to phytosanitary quality. The productive potential of the seedlings used is related to the adaptability to the soil and climate conditions of the region to be cultivated, which can negatively affect productivity and physical-chemical characteristics in the post-harvest, consequently reducing profitability. Genetic improvement programs seek to develop national cultivars adapted to soil and climate conditions, with resistance to pests and diseases, good physical-chemical quality, greater productivity and profitability, reducing dependence on imported cultivars. The efficiency in breeding programs lies in the knowledge of the genetic variability of a germplasm bank, being carried out by the genetic characterization of genotypes, which can be elucidated by molecular markers, which are based on DNA analysis. The objective of the work is to verify that the strawberry cultivation in Brazil has been increasing significantly annually, but there is a difficulty faced by rural producers during the acquisition of seedlings, as these are imported. In view of this, the importance of genetic improvement programs is highlighted, which have as a tool, the use of molecular markers, which help in the crossing of promising genotypes.

Key Word: adaptability; *Fragaria* L.; molecular markers; seedlings; yield

INTRODUÇÃO

A cultura do morango (*Fragaria X ananassa*) apresenta grande importância no cenário socioeconômico do Brasil e do mundo, sendo produzido, em pequena a média escala, desde a agricultura familiar até grandes sistemas produtivos com altas tecnologias. A cultura destaca-se devido à alta rentabilidade e demanda de mão-de-obra, possibilitando a geração de empregos (1). O morango possui grande aceitação no mercado consumidor, pois o fruto contém características atrativas como coloração, paladar apreciado com sabor excepcional, odor característico, e versatilidade de uso.

Amplamente cultivado no mundo, a produção mundial do morango está em torno de 8.871.255 toneladas, sendo a China com 3.336.690 toneladas, Estados Unidos com 1.055.963 toneladas, Egito com 597.029 toneladas e México com 557.514 toneladas (2). A produção no Brasil, foi em torno de 218.881 toneladas, com cerca de 5.279 hectares de áreas cultivada, apresentando uma produtividade de 41 t ha⁻¹. Os estados de Minas Gerais, Paraná, Rio Grande do Sul e São Paulo são líderes em produção, representando aproximadamente 85% da produção nacional. No Paraná, a produção total atingiu 30.000 toneladas, com 861 hectares de área cultivada. As cidades com maiores áreas de cultivos de morango, localizam-se na Região Metropolitana de Curitiba (Araucária, Colombo, São José dos Pinhais, Almirante Tamandaré, Contenda), seguido de Norte Pioneiro (Jaboti, Pinhalão e Conselheiro Mairink), Umuarama, Ponta Grossa, Maringá, Cascavel,

Francisco Beltrão, Londrina e Campo Mourão. O estado de São Paulo, a produção total atingiu 13.801 toneladas, com 421 hectares de área cultivada (3–6).

Atualmente, produtores brasileiros realizam a aquisição das mudas de cultivares importadas da Argentina e Chile para o cultivo do morango, as quais provêm de programas de melhoramento genético dos Estados Unidos, Itália e Espanha. O uso dessas cultivares importadas no Brasil, na maioria das vezes, apresentam baixa adaptabilidade as condições edafoclimáticas do país, resultando na baixa produtividade e diminuição da rentabilidade dos agricultores. Os riscos fitossanitários podem interferir na eficácia das mudas importadas, pois pode ocorrer a presença de patógenos nas mudas. Além disso, a necessidade do uso de mudas importadas no Brasil, que são cotadas em dólar, ocasiona a elevação dos custos de produção (7,8).

Outra questão que está relacionado a aquisição de mudas importadas, é atraso na entrega dessas mudas, comprometendo o plantio dentro da sazonalidade climática. Dessa forma, o principal objetivo dos programas de melhoramento genético no Brasil, é o desenvolvimento de cultivares nacionais adaptadas as condições edafoclimáticas com resistência a pragas e doenças, que obterão uma maior produtividade, oferecendo maior viabilidade ao produtor de morango, devido a redução dos custos de produção (8).

O morango é uma espécie octaploide, e possui uma extensa variabilidade genética. A eficiência nos programas de melhoramento é o conhecimento da variabilidade genética em um banco de germoplasma. A caracterização genética dos genótipos, podem ser elucidado por marcadores moleculares, os quais baseiam-se na análise do DNA e por descritores morfológicos e agrônômicos, que possibilitam analisar as diferenças fenotípicas entre os genótipos. A associação das informações obtidas pelos marcadores moleculares e caracterização morfoagronômica auxiliam nos programas de melhoramento genético para a decisão dos genitores mais eficazes ao desenvolvimento dos genótipos superiores (9–11).

Diante do aumento significativo do cultivo de morango no Brasil que ocorre anualmente, e das dificuldades enfrentadas pelos produtores rurais durante aquisição das mudas, pois estas, são oriundas de importação. O objetivo dessa revisão é destacar a importância dos programas de melhoramento genético, os quais utilizam como ferramenta, o uso de marcadores moleculares, auxiliando nos cruzamentos de genótipos promissores, possibilitando o desenvolvimento de cultivares brasileiras.

IMPORTÂNCIA ECONÔMICA E SOCIAL DO MORANGO

A cultura do morango vem ganhando destaque atualmente, como uma das principais frutas plantadas e consumidas no Brasil e no mundo, ocasionando uma crescente demanda na comercialização. Na sua composição, possui característica que agrada ao consumidor, apresentando paladar apreciado, cor atraente, odor característico e tem versatilidade de uso. Além disso, o fruto apresenta fonte de compostos fenólicos como antocianinas, vitamina C e E, β -caroteno e compostos bioativos. O pseudofruto é consumido in natura ou industrializado, com diversidade de uso como geleias, sorvetes, chocolates, biscoitos, iogurtes, entre outros (12,13).

Apresenta grande importância socioeconômica em escala mundial, sendo produzido em pequena a média escala, desde a agricultura familiar até sistemas produtivos altamente tecnificados. Devido a necessidade de grande quantidade de mão-de-obra, em especial durante a colheita, possibilita altos números de empregos na região que se desenvolve. No Brasil, a cultura do morango tem papel fundamental na agricultura familiar, diversificando as propriedades rurais e aumentando a fonte de renda do pequeno agricultor (14–16).

A produção de morango obteve um aumento significativo no mundo nos últimos anos, conseqüentemente houve um acréscimo não somente em áreas cultivadas, como em adoções de novas tecnologias, promovendo assim, um maior rendimento. A produção de morango no Brasil expande-se anualmente, representando cerca de 40% da área total de produção na América do Sul e as propriedades que o cultivam, apresentam uma área média que variam de 0,5 a 1,0 hectares. Embora, também são verificadas grandes empresas que possuem áreas maiores de 15 hectares contínuos de plantio de morango.

Os estados brasileiros com maior área de cultivo e produtividade, são Minas Gerais com 2100 ha e 84.000 toneladas, Paraná 861 ha e 30.000 toneladas, Rio Grande do Sul com 518 ha e 21.763 toneladas, São Paulo com 421 ha e 13.801 toneladas, Espírito Santo com 247 ha e 8.510 toneladas, Santa Catarina com 225 ha e 9.900 toneladas e Distrito Federal com 200 ha com 7.400 toneladas, respectivamente. O estado de Minas Gerais, Paraná, Rio Grande do Sul e São Paulo são responsáveis por 85% da produção nacional, sendo o estado de Minas Gerais líder em produção, com 50% da produção brasileira (3,6).

No Paraná, a produção total foi de 30 mil toneladas, com produções superiores localizadas nos municípios da Região Metropolitana de Curitiba (São José dos Pinhais, Colombo, Araucária, Almirante Tamandaré, Mandirituba, Contenda e Lapa), Norte Pioneiro (Jaboti), e nas cidades de Umuarama, Ponta Grossa, Maringá, Cascavel, Francisco Beltrão, Londrina e Campo Mourão (4). O estado de São Paulo apresentou aumentos significativos de produção na década de 60, pois o Instituto Agrônomo de Campinas (IAC) foi o pioneiro no Programa de Melhoramento Genético de Morangos, com o lançamento da cultivar Campinas. Sendo assim, a produção aumentou seis vezes mais, devido ao cultivo de clones e técnicas de produção de matrizes isentas de vírus e adaptadas a condições de clima e solo do Brasil. Após alguns anos, novas cultivares foram lançadas como Guarani, Monte Alegre, Princesa Isabel, porém há mais de 30 anos não lança uma nova cultivar (17).

Alguns fatores são limitantes em relação a produção do morango no Brasil, dificultando o aumento na produção nacional. Dentre eles, destacam-se o uso de mudas importadas, causando um impacto econômico na cadeia produtiva do morango, devido ao elevado custo, que são cotadas em dólares. Sendo assim, a aquisição de mudas importadas consiste em 80 % do valor do custo de produção por unidade de área. Além disso, com a alta do dólar, também houve alta nos preços dos insumos agrícolas (fertilizantes, fitossanitários), filme plásticos, embalagens utilizadas na cultura do morango. A alta dos juros nos investimentos em insumos produtivos, tornaram-se inviáveis, o que resulta na escassez de créditos e diminuindo os programas que incentivam à cultura do morango.

Agricultores relatam que algumas empresas importadoras não cumprem com o prazo correto na entrega das mudas, interferindo de forma negativa, pois não conseguem efetuar o plantio dentro da sazonalidade climática. Os produtores também observaram que a aquisição de mudas importadas, apresentaram a introdução de doenças e pragas que até então não eram relatadas no Brasil, resultando em maiores danos ao sistema produtivo, devido a necessidade do uso com maior frequência de agrotóxicos, causando baixas produtividades e comprometendo a rentabilidade do produtor com prejuízos.

ASPECTOS FISIOLÓGICOS E GENEALOGIA DAS CULTIVARES

Os fatores ambientais como a temperatura e fotoperíodo, influenciam no comportamento fisiológico da cultura, podendo interferir de forma negativa o desenvolvimento vegetativo, determinando a produção de estolões, tamanho da folha e comprimento do pecíolo, indução floral e qualidade dos frutos (18,19). De acordo com a resposta das plantas em relação a esses fatores ambientais, há cultivares sensíveis ao fotoperíodo, e são classificadas como cultivares de dia curto, dias longos e dias neutros. Cultivares de dias longos não são utilizadas no Brasil, somente as cultivares de dias curtos e dias neutros. As cultivares de dias curtos, necessitam de um período de luz inferior a 14 horas e temperaturas inferiores a 15 °C para que haja a indução floral. As cultivares de dias neutros, independem do fotoperíodo, porém a eficácia da produção, está relacionada com a temperatura. Sendo assim, sob condições de temperaturas mais elevadas, ocorre o favorecimento do desenvolvimento vegetativo, ou seja, a emissão dos estolhos (20).

Cultivares que foram submetidas a diferentes condições de fotoperíodo e temperatura, obtiveram resultados eficientes relacionados a emissão dos estolões em temperaturas mais elevadas e dia longo. Altas temperaturas além de favorecer o desenvolvimento de estolões, afetam a frutificação, comprometendo as características físico-químicas do fruto, apresentando maior acidez, baixa firmeza e pobre em sabor (19,21).

Temperaturas noturnas mais baixas e maior variação diárias de temperatura, são fundamentais para a floração. Outros fatores também influenciam na resposta ao fotoperíodo como o genótipo, temperatura e frigorificação das mudas. O comportamento fisiológico do morango está extremamente relacionado com temperatura e fotoperíodo, pois a medida que a temperatura e o fotoperíodo decrescem, a atividade fisiológica vai diminuindo até entrar em dormência, a qual só é quebrada quando atinge um determinado número de horas de frio, variando de pouco mais de cem horas até mil horas, variando conforme a cultivar, com temperaturas abaixo de 7,2 °C (22,23).

Cultivares de dia curto, não supre a produção de morangos nos meses mais quentes do ano, sendo assim, a utilização das cultivares de dias neutros vem aumentando significativamente. O cultivo de morango pode ser tanto em regiões frias quanto em regiões de climas tropicais e subtropicais, devido ao desenvolvimento de cultivares com diferentes graus de adaptação ecológica, fotoperíodo diferenciado e sistemas diferentes de manejo. A adaptabilidade de uma cultivar em uma determinada região é expressa pela interação genótipo-ambiente (23,24). A utilização de cultivares adaptadas para cada

região é um fator de extrema importância para o cultivo do morango, sendo um fator limitante, devido suas exigências ao fotoperíodo, número de horas de frio e temperatura, que variam em função do material genético. Portanto a escolha da cultivar é a questão-chave para a eficácia de produção de morangos em diferentes sistemas de cultivos e adaptabilidade ao local a ser cultivado (21).

As principais cultivares que vem sendo utilizadas no Brasil são provenientes de programas de melhoramento de outros países como, Estados Unidos, Itália e Espanha. Entre as cultivares de dias curtos mais plantadas no Brasil estão Camarosa, Camino Real, Oso Grande, Festival Florida, Palomar, Mercedes, Fronteras e as cultivares de dia neutro são Aromas, Albion e San Andreas, além de Portola e Monterey, entre outras (8,25).

MELHORAMENTO GENÉTICO DO MORANGUEIRO

O morango que é cultivado na atualidade (*Fragaria x ananassa*) teve origem por hibridização entre as espécies americanas *F. chiloensis* e *F. virginiana*, que houve de forma espontânea na França, quando as espécies foram cultivadas lado a lado no mesmo jardim, possibilitando a polinização cruzada. Sendo assim, resultou-se em frutos com o gosto ácido do abacaxi, aromáticas, maior tamanho, firmeza do fruto e polpa vermelha, características diferenciadas dos morangos que vinham sendo cultivados (26–28).

O primeiro pesquisador que trabalhou com melhoramento genético foi Antoine Nicolas Duchesne, em 1766, razão pela qual, ficou conhecida como *Fragaria x ananassa* Duchesne (Duch). O biólogo e pesquisador descreveu 18 variedades de morango cultivados na Europa e mais de 10 espécies: *Fragaria x ananassa* Duch., *F. semperflorence*, *F. vesca*, *F. hortensis*, *F. efflagellis*, *F. monophylla*, *F. viridis*, *F. moschata*, *F. chiloensis* e *F. virginiana* (29,30).

O morango apresenta 7 cromossomos básicos, são comuns em todas as espécies e quatro níveis de ploidia: diploides, tetraploides, hexaploides e octoploides. Na América do Norte, são encontradas espécies octoplóides, na Europa e Ásia as espécies diploides, tetraploides e hexaploides (31). Os diferentes níveis de ploidia dificulta a compreensão da filogenia de *Fragaria*. A primeira fórmula genômica (AABBBBCC), foi apresentada por Federova (1946), e na sequência (AAA'A'BBBB) por Senanayake e Bringhurst (1967) e (AAA'A'BBB'B) por Bringhurst (1990). De acordo com base em sequências de genes cloroplastos e características morfológicas em estudos recentes, a fórmula genômica pode ser representada por (YYY'Y'ZZZZ/YYYYZZZZ) (32). O morango comercial octaploide possui em seu genoma 813.4 megabases (Mb), distribuídas em 28 pseudocromossomos, com 108.87 genes codificadores de proteínas e 30.703 genes que codificam RNAs (33).

Em 1817, na Inglaterra, Thomas A. Knight, utilizou as espécies *F. virginiana* e *F. chiloensis*, e obteve as duas primeiras cultivares comerciais 'Downton' e 'Elton'. A partir deste período, o melhoramento expandiu-se para França, Alemanha e Estados Unidos. Vários países europeus dão ênfase ao programa de melhoramento genético, sendo os mais importantes na França, Itália, Holanda, Espanha e Reino Unido. Nos países americanos,

os programas de melhoramento situam-se nos Estados Unidos, na Universidade da Califórnia e na Universidade da Flórida (5,34).

No Brasil, o Instituto Agronômico de Campinas (IAC), foi o pioneiro no programa de melhoramento genético de morangos, tendo início em 1941. Com aumentos significativos de produção na década de 60, devido ao cultivo de clones e técnicas de produção de matrizes isentas de vírus, adaptadas a condições de solo e clima do Brasil, a produção aumentou aproximadamente seis vezes mais, sendo essa época o lançamento das cultivar Campinas. Após alguns anos, houve o lançamento das cultivares Guarani, Monte Alegre, Princesa Isabel. Na região sul do país, o programa de melhoramento teve início em 1950, na Estação Experimental de Pelotas, atual Embrapa Clima Temperado, onde foram importados mudas e aquênios dos Estados Unidos, dando origem as cultivares Konvoy, Princesa e Cascatas. Em 1990, novas cultivares foram lançadas Vila Nova, Santa Clara e Burkley (17).

O programa de melhoramento da Embrapa foi suspenso na década de 1990 e retomado em 2008. O IAC conservou seu programa ativo, porém não houve o lançamento de novas cultivares. Atualmente, as cultivares utilizadas no Brasil, são de programas de melhoramento genético de outros países, o que leva uma grande dependência e uma imensa vulnerabilidade do setor. Em 2014, a Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC-CAV) em conjunto com o CREA-FRF (Council for Agricultural Research and Economics, Fruit Tree Research Unit of Forlì) deram início a um novo programa de melhoramento genético do morango com o intuito de lançar cultivares adaptadas as condições edafoclimáticas das regiões brasileiras (7).

Algumas instituições brasileiras como Universidade Federal de Lavras (UFLA), Universidade Estadual do Centro-Oeste do Paraná (UNICENTRO), Universidade Estadual de Londrina (UEL), Universidade do Oeste Paulista (UNOESTE) e Embrapa Clima Temperado tem desenvolvido genótipos adaptados a condições climáticas e de solo (8). Em 2016, foi registrado no Ministério da Agricultura uma nova cultivar, denominada PRA Estiva, cruzamento convencional entre as cultivares Diamante x Cartuno x Aromas, a qual foi desenvolvida por um agricultor da região do Sul de Minas Gerais.

As características de extrema importância que são consideradas no programa de melhoramento genético no morangueiro são: produtividade, vigor, resistência a pragas e doenças, capacidade de adaptação as condições edafoclimáticas da região de cultivo e aos diferentes sistemas de produção, produzindo frutos com firmeza, uniformes, cor vermelho intenso com alto teor de sólidos solúveis (8,35). A hibridização entre as cultivares é o principal método utilizado no melhoramento genético do morango para a obtenção de genótipos com alto desempenho e características desejáveis (36).

Na sequência dos cruzamentos, os genótipos são estudados, clonados e realizados sucessivos cruzamentos para aperfeiçoar a frequência de alelos favoráveis. Finalmente os clones selecionados são submetidos a testes de adaptabilidade e estabilidade, definindo quais serão lançados no mercado (37). O conhecimento das informações genéticas do germoplasma é fundamental no programa de melhoramento genético sendo obtido pelo estudo de divergência genética, utilizando métodos de caracteres morfoagronômicos e marcadores moleculares (38).

MARCADORES MOLECULARES NO MELHORAMENTO GENÉTICO

A caracterização de genótipos com marcadores moleculares, com base no DNA, proporciona maior conhecimento do germoplasma, possibilitando a determinação do nível de divergência genética e padrão molecular para cada cultivar, auxiliando no delineamento racional de cruzamentos para obtenção de cultivares superiores em curto prazo (39). A divergência genética permite no programa de melhoramento genético, a caracterização dos genótipos possibilitando a identificação de genes envolvidos em características agronômicas de interesse, como aumento da produtividade, adaptação as condições edafoclimáticas, qualidade dos frutos (40). Essa caracterização pode ser estimada com base em métodos preditivos através de marcadores agronômicos, morfológicos, bioquímicos e moleculares. Mesmo sendo utilizados em programas de melhoramento, os marcadores agronômicos são limitantes, pois são facilmente influenciados pelo ambiente (41,42).

A eficácia no programa de melhoramento está relacionada com conhecimento da diversidade genética do germoplasma, disponibilizando ao melhorista condições para desenvolver novas cultivares que possuem caracteres desejáveis tais como a resistência a pragas e doenças, adaptabilidade e alta produtividade. A diversidade genética permite selecionar genótipos superiores para serem utilizados como progenitores no programa de hibridação (43).

O uso de marcadores moleculares concede a identificação de polimorfismo com base na amplificação de sequências de DNA de diferentes tamanhos, permitindo uma discriminação eficiente, inclusive entre indivíduos morfológicamente idênticos, porém geneticamente diferentes. Sendo assim, é possível verificar a diversidade genética entre as cultivares, independente do estágio fisiológico ou órgão da planta avaliado (44,45).

Atualmente, vários marcadores moleculares são utilizados para o estudo da caracterização dos genótipos, como o Randon Amplified Polimorphic DNA (RAPD), Amplified fragment length polymorphism (AFLP), Inter simple sequence repeat (ISSR) e microssatélites (Simple Sequence Repeat – SSR). Os marcadores RAPD são mais viáveis a serem utilizados, porém apresentam problemas de repetibilidade (46). Nos marcadores AFLP, é necessário alta repetibilidade com custos elevados. No entanto, os marcadores ISSR e SSR são amplamente utilizados para estudos de genética molecular do morango (47,48).

Os marcadores ISSR são baseados na técnica de PCR (reação de cadeia de polimerase), envolvendo a amplificação de fragmentos de DNA, variando de tamanho, com regiões genômicas de 100 a 3000 pb. Nesse método, é utilizado um único primer (16 a 25 pb de comprimento) constituídos a partir de duas regiões de microssatélites repetidos e opostas. Gera um alto nível de polimorfismo, por ser um marcador dominante e utilizar sequências simples repetida como oligonucleotídeos iniciador. Estes marcadores, apresentam vantagens, pois geram quantidade significativa de banda informativa, sendo desnecessário o conhecimento prévio da sequência do DNA do material a ser estudado. Além disso, consiste em alta repetibilidade, custo médio, obtendo resultados rápidos, com eficácia e confiabilidade (39,49).

Os marcadores SSR são os mais polimórficos e constituem de partes de DNA formado de seqüências de um a cinco nucleotídeos que se repetem. As seqüências repetitivas são flanqueadas em seqüências únicas. Para a utilização como marcadores, primers complementares às seqüências únicas que flanqueiam os microssatélites são utilizados em PCR, onde os primers consistem de 18 a 24 nucleotídeos, um número considerável grande para que este primer não agrupe-se com outra seqüência complementar que não a do microssatélite (50). A vantagem desses marcadores sobre os demais, é por apresentar expressão co-dominante, onde ambos os alelos de um indivíduo heterozigoto são visualizados e apresentam com alta frequência, uma distribuição uniforme permitindo uma cobertura ao longo de todo genoma (51).

Em estudos de valores de similaridade verificado em dados de marcadores ISSR foram maiores quando comparados com RAPD em 24 cultivares de morango, mesmo apresentando resultados semelhantes em ambas as técnicas (52). Alguns autores mencionam que para alcançar valores semelhantes de similaridade entre os marcadores, foi preciso um número de seis vezes a mais de primers RAPD (53). Ao utilizarem 11 cultivares de morango, foi verificado que as médias de similaridades dos marcadores ISSR e RAPD foram de 62% e 46%, respectivamente (38). Segundo pesquisas com polimorfismo, foi observado 75,2% de polimorfismo em 44 cultivares e clones de morango, utilizando seis pares de primers AFLP (9), enquanto que outros autores, em estudos realizados com 10 pares de primers AFLP, constataram 58,8 % de polimorfismo entre 70 amostras de morango (54).

Ao verificar três cultivares, quatro híbridos e nove genótipos silvestres, foi observado a média de 16 fragmentos amplicados por primer ISSR com 95% de polimorfismo (55). Ao utilizar 14 primers UBC-ISSR autores observaram a média da taxa de banda polimórfica de 80,14% em 52 genótipos de morangos derivados de F1, sendo verificados com seus genitores similaridade de 20% entre o grupo das cultivares e o grupo dos híbridos (56).

CONCLUSÃO

O cultivo de morango tende a aumentar cada vez mais com o decorrer dos anos e como os produtores rurais são dependentes de mudas importadas, há uma necessidade de que os programas de melhoramento genéticos busquem desenvolver cultivares nacionais com características de adaptabilidade as condições edafoclimáticas, resistência a pragas e doenças, qualidade físico-química, que resulta em maior produtividade e rentabilidade. Sendo assim, os programas de melhoramento genético na cultura do morango apresentam uma extrema importância para o desenvolvimento de genótipos promissores.

REFERÊNCIAS

1. Khatun M, Rashid MA, Khandoker S, Kundu ND, Matin MA. Resource use efficiency analysis in strawberry production in selected areas of Bangladesh. SAARC Journal of Agriculture. 2019;17(1):189–200.

2. FAOSTAT [Internet]. Produção mundial de morango. [citado 12 de setembro de 2022]. Disponível em: <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL>
3. Fagherazzi AF, Grimaldi F, Kretschmar AA, Molina AR, Gonçalves MA, Antunes LEC, et al. Strawberry production progress in Brazil. *Acta Hort.* 2017;(1156):937–40.
4. SEAB/DERAL, Secretaria da Agricultura e do Abastecimento & Departamento de Economia Rural. Valor Bruto da Produção Agropecuária 2018. 2018;57.
5. Zawadneak MAC, Schuber JM, Mórgor AF. Como produzir morangos. Curitiba: UFPR; 2014.
6. Antunes LEC, Bonow S, Reisser Junior C. Morango: crescimento constante em área e produção. Embrapa Clima Temperado (ALICE), 2020.
7. Fagherazzi AF, Bortolini AJ, Zanin DS, Bisol L, Dos Santos AM, Grimaldi F, et al. New strawberry cultivars and breeding activities in Brazil. *Acta Hort.* 2017;(1156):167–70.
8. Zeist AR, Resende JTV de. Strawberry breeding in Brazil: current momentum and perspectives. *Hortic Bras.* 2019;37:7–16.
9. Rugienius R, Šikšnianienė JB, Frercks B, Stanienė G, Stepulaitienė I, Haimi P, et al. Characterization of strawberry (*Fragaria* × *ananassa* Duch.) cultivars and hybrid clones using SSR and AFLP markers. *Zemdirbyste-Agriculture.* 2015;102(2):177–84.
10. Sánchez-Sevilla JF, Horvath A, Botella MA, Gaston A, Folta K, Kilian A, et al. Diversity Arrays Technology (DART) marker platforms for diversity analysis and linkage mapping in a complex crop, the octoploid cultivated strawberry (*Fragaria* × *ananassa*). *PLOS ONE.* 2015;10(12):e0144960.
11. Bonow S, Oliveira ACB de. Marcadores moleculares em morangueiro. - Portal Embrapa [Internet]. 2012 [citado 14 de setembro de 2022]. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/977694/marcadores-moleculares-em-morangueiro>
12. Sanhueza RMV, A Hoffmann, Antunes LEC, Freire J de M. Sistema de produção de morango para mesa na região da serra gaúcha e encosta superior do Nordeste. Vol. 6. Embrapa Uva e Vinho; 2005.

13. Oszmiański J, Wojdyło A. Comparative study of phenolic content and antioxidant activity of strawberry puree, clear, and cloudy juices. *Eur Food Res Technol.* 2009;228(4):623–31.
14. Madail JCM, Antunes LE, C BL, Silva BA da, Gardin JA. Avaliação econômica dos sistemas de produção de morango: convencional, integrado e orgânico. Comunicado técnico 181. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2007.
15. Cunha Junior LC, Jacomino AP, Ogassavara FO, Trevisan MJ, Parisi MC. Armazenamento refrigerado de morango submetido a altas concentrações de CO₂. *Hortic Bras.* 2012;30(4):688–94.
16. Richter AF, Faguerazzi AF, Zanin DS, Camargo SS, Arruda AL, Kretschmar AA, et al. Produtividade e qualidade do morango sob cultivo de solo e semi-hidropônico. *Revista Científica Rural.* 2018;20(1):193–203.
17. Castro RL. Melhoramento genético do morangueiro: avanços no Brasil. Em: *Simpósio Nacional do Morango, 2º Encontro de Pequenas Frutas e Frutas Nativas do Mercosul.* Pelotas: Embrapa Clima Temperado; 2004. p. 21–35.
18. Santos AD, Medeiros ARM, Herter FG. Exigências de clima e solo. *Morango: Produção.* Pelotas: Embrapa Clima Temperado; 2003. 18–21 p.
19. Durner EF. Photoperiod and temperature conditioning of ‘Sweet Charlie’ strawberry (*Fragaria* × *ananassa* Duch.) plugs enhances off-season production. *Scientia Horticulturae.* 2016;201:184–9.
20. Wrege MS, Junior CR, Antunes LEC, Oliveira RP de, Herter FG, Steinmetz S, et al. Zoneamento agroclimático para produção de mudas de morangueiro no Rio Grande do Sul. Pelotas: Embrapa Clima Temperado; 2007. 27 p.
21. Gabriel A, Resende JT de, Zeist AR, Resende LV, Resende NC, Zeist RA. Phenotypic stability of strawberry cultivars based on physicochemical traits of fruits. *Hortic Bras.* 2019;37:75–81.
22. Oliveira ACB de, Bonow S. Novos desafios para o melhoramento genético da cultura do morangueiro no Brasil. 268º ed. Vol. 33. Belo Horizonte: Informe Agropecuário; 2012. 21–26 p.
23. Resende JTV de, Gabriel A, Moreira AFP, Gonçalves LSA, Resende NCV, Goes CDM de, et al. Aplicação de modelos mistos no estudo da adaptabilidade e estabilidade de cultivares de morangueiro de dia curto e dia neutro. *Research, Society and Development.* 2020;9(5).

24. Costa AF, Leal NR, Ventura JA, Gonçalves LS, Júnior AT do A, Costa H. Adaptability and stability of strawberry cultivars using a mixed model. *Acta Scientiarum Agronomy*. 2015;37(4):435–40.
25. Gonçalves MA, Antunes LEC. Mudanças Sadias - O início do sucesso no cultivo de morango. Uberlândia: Campo&Negócio - Hortifruti; 2018. 114–115 p. (156).
26. Darrow GM. The strawberry. History, breeding and physiology. New York: Holt, Rinehart & Winston; 1966; 447 p.
27. Hancock JF. Plant Evolution and the Origin of Crop species. 3^o ed. Cambridge: Cabi; 2012. 245 p.
28. Vergauwen D, Smet ID. The Strawberry Tales: Size Matters. *Trends in Plant Science*. 2019;24(1):1–3.
29. Baruzzi G. Selezione e valutazione di nuovi genotipi di fragola (*Fragaria x ananassa* Duch.) rifiorente con carattere 'Day Neutral'. [Ancona]: Università Politecnica Delle Marche; 2005.
30. Bucci A, Faedi W, Baruzzi G. La Fragola: origine ed evoluzione. Em: La Fragola. Bologna: Script; 2010. p. 1–11.
31. Hoffmann A, Antunes LEC. Pequenas frutas: o produtor pergunta, a Embrapa responde. 2^o ed. Brasília: Embrapa; 2013.
32. Rousseau-Gueutin M, Gaston A, Ainouche A, Ainouche ML, Olbricht K, Staudt G, et al. Tracking the evolutionary history of polyploidy in *Fragaria* L. (strawberry): New insights from phylogenetic analyses of low-copy nuclear genes. *Molecular Phylogenetics and Evolution*. 2009;51(3):515–30.
33. Edger PP, Poorten TJ, VanBuren R, Hardigan MA, Colle M, McKain MR, et al. Origin and evolution of the octoploid strawberry genome. *Nat Genet*. 2019;51(3):541–7.
34. Mezzetti B, Giampieri F, Zhang Y, Zhong C. Status of strawberry breeding programs and cultivation systems in Europe and the rest of the world. *Journal of Berry Research*. 2018;8(3):205–21.
35. Rios S de A. Melhoramento genético do morangueiro. Belo Horizonte: EPAMIG; 2007. 14–19 p. (236; vol. 28).

36. Barth E, de Resende JTV, Zeist AR, Mariguele KH, Zeist RA, Gabriel A, et al. Yield and quality of strawberry hybrids under subtropical conditions. *Genet Mol Res.* 2019;18(2).
37. Zawadneak MAC, Schuber JM, Mórgor AF. Como produzir morangos. 2º ed. Curitiba: UFPR; 2019. 296 p.
38. Morales RGF, Resende JTV, Faria MV, Andrade MC, Resende LV, Delatorre CA, et al. Genetic similarity among strawberry cultivars assessed by RAPD and ISSR markers. *Sci agric.* 2011;68:665–70.
39. Ferreira ME, Grattapaglia D. Introdução ao uso de marcadores moleculares em análise genética. Brasília: Embrapa-Cenargem; 1998. 220 p.
40. Gonçalves LS, Rodrigues R, Sudré CP, Bento C dos S, Moulin MM, Araújo ML de, et al. Divergência genética em tomate estimada por marcadores RAPD em comparação com descritores multicategóricos. *Hortic Bras.* 2008;26(3):364–70.
41. Shimoya A, Cruz CD, Ferreira R de P, Pereira AV, Carneiro PCS. Divergência genética entre acessos de um banco de germoplasma de capim-elefante. *Pesq agropec bras.* 2002;37:971–80.
42. Salla MFS, Ruas CDF, Ruas PM, Carpentieri-Pípulo V. Uso de marcadores moleculares na análise da variabilidade genética em acerola (*Malpighia emarginata* D.C.). *Rev Bras Frutic.* 2002;24:15–22.
43. Bhandari H, Bhanu AN, Srivastava K, Singh M, Hemantaranjan A, Shreya. Assessment of genetic diversity in crop plants - an overview. *Advances in Plants & Agriculture Research.* 2017;7(3).
44. Brammer SP. Marcadores moleculares: princípios básicos e uso em programas de melhoramento genético vegetal. Passo Fundo: Embrapa Trigo; 2000.
45. Nunes CF, Ferreira JL, Generoso AL, Dias MSC, Pasqual M, Cançado GM de A. The genetic diversity of strawberry (*Fragaria ananassa* Duch.) hybrids based on ISSR markers. *Acta Sci, Agron.* 2013;35:443–52.
46. Borém A, Neto R. Biotecnologia aplicada ao melhoramento de plantas. Viçosa: Suprema; 2013. 336 p.
47. Yoon MY, Moe KT, Kim DY, Rho IR, Kim S, Kim KT, et al. Genetic diversity and population structure analysis of strawberry (*Fragaria x ananassa* Duch.) using SSR markers. *Electronic Journal of Biotechnology.* 2012;15(2):6–6.

48. Bonow S, Oliveira ACB. Marcadores moleculares. Em Brasília: Embrapa Clima Temperado; 2016. p. 111–24.
49. Lorenzoni RM, Soares TCB, Santiago VF, Silva JA da, Coelho RI. Utilização de marcadores ISSR na avaliação da divergência genética entre acessos de biribazeiro. *Rev Bras Frutic.* 2014;36:251–7.
50. Hoffmann LV, Barroso PAV. Marcadores moleculares como ferramentas para estudos de genética de plantas. Campina Grande: Embrapa Algodão; 2006. 36 p.
51. Caixeta ET, Oliveira ACB de, Brito GGD, Sakiyama NS. Tipos de marcadores moleculares. Em: Marcadores Moleculares. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa; 2009. p. 9–78.
52. Kuras A, Korbin M, Żurawicz E. Comparison of suitability of RAPD and ISSR techniques for determination of strawberry (*Fragaria×ananassa* Duch.) relationship. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture.* 2004;79(2):189–93.
53. Korbin M, Kuras A, Żurawicz E. Fruit plant germplasm characterisation using molecular markers generated in RAPD and ISSR-PCR. *Cell Mol Biol Lett.* 2002;7(2B):785–94.
54. Peng M, Zong X, Wang C, Meng F. Genetic diversity of strawberry (*Fragaria ananassa* Duch.) from the Motuo County of the Tibet Plateau determined by AFLP markers. *Biotechnology & Biotechnological Equipment.* 2015;29(5):876–81.
55. Kaleybar BS, Nematzadeh GA, Ghasemi Y, Hamidreza S, Petroudi H. Assessment of genetic diversity and fingerprinting of strawberry genotypes using inter simple sequence repeat marker. *Horticulture International Journal.* 2018;2(5).
56. Erdem SO, Cekic C. The genetic relationship between some strawberry cultivars and F₁ population derived from these cultivars. *Acta Hortic.* 2020;(1297):627–34.

CAPÍTULO 53

COMPOSTOS FENÓLICOS EM NOZ PECAN: UMA REVISÃO

Tatiane Jéssica Siebeneichler *

Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos (PPGCTA) – (UFPel)

**Autor correspondente (Corresponding author) – Email: tatijs1@hotmail.com*

Resumo: A noz pecan é um fruto seco reconhecido como fonte de gorduras mono e poli-insaturados e compostos bioativos. Dentre os bioativos, os compostos fenólicos são os principais responsáveis pela alta atividade antioxidante em nozes e possuem inúmeras atividades biológicas comprovadas. Considerando a importância dos compostos fenólicos, o presente trabalho apresenta uma revisão sobre os fenólicos identificados e quantificados em nozes pecan e as atividades biológicas relacionadas. De acordo com os resultados, os compostos fenólicos podem estar em formas livres ou complexadas a açúcares. A composição depende de uma série de fatores intrínsecos (cultivares, estágio de amadurecimento) e extrínsecos (agronômicos, ambientais), além da forma como são processadas e armazenadas. A torrefação da noz reduziu os níveis de ácido 3,4-dihidroxibenzoico, 1,2-dihidroxibenzeno, ácido siríngico, catequina, rutina, ácido *p*-cumárico, ácido *trans*-ferúlico, quercetina, ácido *trans*-cinâmico e kaempferol. Diversas atividades biológicas já foram testadas com os compostos presentes em pecan, a maior parte estão associados com atividade antioxidante, propriedades antimicrobianas, anti-inflamatórias, antitumorais e cardioprotetoras. Embora pesquisas ainda sejam necessárias, há um consenso de que há altos níveis de compostos fenólicos em noz pecan e estudos com esses compostos demonstram importantes benefícios para saúde humana.

Palavras-chave: compostos bioativos; polifenóis; noqueira pecan

Abstract: The pecan nut is a dried fruit recognized for its health benefits. These benefits are mainly attributed to the lipid composition and bioactives. Among the bioactives, phenolic compounds are the main responsible for the high antioxidant activity in nuts and have numerous proven biological activities. Considering the importance of phenolic compounds, the present work presents a review on the phenolics identified and quantified in pecan nuts and the related biological activities. According to the results, the phenolic compounds can be in free forms or complexed with sugars. The composition depends on a series of intrinsic (cultivars, ripening stage) and extrinsic (agronomic, environmental) factors, in addition to the way they are processed and stored. Pecan roasting reduced the levels of 3,4-dihydroxybenzoic acid, 1,2-dihydroxybenzene, syringic acid, catechin, rutin, *p*-coumaric acid, *trans*-ferulic acid, quercetin, *trans*-cinnamic acid and kaempferol.

Several biological activities have already been tested with compounds present in pecan, most of which are associated with antioxidant activity, antimicrobial, anti-inflammatory, antitumor and cardioprotective properties. Although research is still needed, there is a consensus that there are high levels of phenolic compounds in pecan nut and studies with these compounds show important benefits for human health.

Key Word: bioactive compounds; polyphenols; pecan

INTRODUÇÃO

A noqueira pecan [*Carya illinoensis* (Wangenh) K. Koch] é uma espécie originária da América do norte e até hoje essa região é a maior produtora. No último século, os emigrantes estadunidenses introduziram a espécie em outros locais do planeta, ajudando a difundir e aumentar a produção dessa noz. O Sul do Brasil tem se destacado na produção de noz pecan em virtude do incremento anual de novos pomares favorecidos pela adaptação edafoclimática e pelo estímulo do consumo (1–3).

A noz pecan é reconhecida como uma fonte rica em ácidos graxos monoinsaturados e poli-insaturados (1–3). Os benefícios da ingestão desses ácidos graxos estão relacionados, principalmente, aos fatores de risco de doenças cardiovasculares, como níveis de colesterol, lipoproteína de baixa densidade e alta densidade, níveis de triacilgliceróis e demais perfis de lipoproteínas (4–6). Além da composição lipídica, a noz também possui compostos bioativos interessantes, com destaque para os compostos fenólicos. Em um estudo com mais de 100 alimentos consumidos rotineiramente nos Estados Unidos, descobriram que a noz pecan possui o maior teor de compostos fenólicos totais e maior capacidade antioxidante entre o grupo de nozes e superior a muitas frutas e legumes (7).

A forte capacidade antioxidante da pecan se deve pelo teor de compostos fenólicos presentes. Os fenólicos são moléculas capazes de neutralizar radicais livres para reduzir o risco de doenças crônicas, incluindo câncer, diabetes, doenças cardiovasculares. Diversos estudos identificaram e quantificaram ácidos fenólicos, flavonoides, proantocianidinas e taninos em noz pecan. Considerando a importância dos compostos fenólicos, o presente trabalho apresenta uma revisão sobre os fenólicos identificados e quantificados em nozes pecan e as atividades biológicas relacionadas.

METODOLOGIA

Para o desenvolvimento desta revisão foi realizada uma pesquisa bibliográfica nas plataformas de busca *Science Direct*, *Scopus* e *Google Scholar*, utilizando as seguintes palavras: “pecan” “phenolic” “*Carya illinoensis*”. Os critérios de exclusão foram: com temática discordante e estudos sem identificação dos compostos fenólicos.

COMPOSTOS FENÓLICOS EM NOZ PECAN

Os compostos fenólicos compõem um grupo quimicamente heterogêneo, são distribuídos em ácidos fenólicos, cumarinas, flavonoides, estilbenos, taninos e lignanas(8). A estrutura química é caracterizada por conter um anel aromático contendo uma ou mais hidroxilas. São classificados em fenóis simples ou em polifenóis, dependendo do número de unidades fenólicas (Figura 1) (9).

Na natureza, os compostos fenólicos normalmente ocorrem conjugados com mono e polissacarídeos. São sintetizados por plantas como forma de defesa contra patógenos, herbívoros ou condições ambientais adversas, por exemplo, radiação ultravioleta, déficit hídrico, temperaturas extremas (calor ou frio) e excesso de salinidade no solo, ou até mesmo danos físicos. Eles conferem sabor amargo devido à sua interação com a glicoproteína salivar e agregam cor aos vegetais.

Os primeiros estudos em pecan identificaram um pequeno número de compostos fenólicos, majoritariamente ácidos gálico, elágico e *p*-hidroxibenzóico (10). Os avanços das metodologias de extração e o uso de cromatografia de alta eficiência associada a detectores DAD, MS ou MS/MS têm possibilitado a identificação de um grande número de compostos fenólicos. Os principais compostos fenólicos encontrados em noz pecã são: o ácido hidroxibenzóico, ácido elágico, ácido gálico, ácidos hidroxicinâmicos e derivados desses ácidos (Figura 1). Além desses foram identificados flavonoides, antocianidinas e taninos (Tabela 1). Esses compostos estão listados na Tabela 1 e as vias biossintéticas dos principais compostos estão resumidas em um esquema biossintético na Figura 2. Essa composição pode sofrer alterações dependendo da cultivar avaliada, das condições climáticas, técnicas de cultivo e localização geográfica em que a noqueira foi cultivada (11–13). Além desses fatores, foi observado que durante os estádio de desenvolvimento e amadurecimento, o perfil e os níveis de compostos fenólicos são dinâmicos na noz pecan. Por exemplo, a catequina foi o fenólico mais abundante em nozes imaturas, seguido de epicatequina, ácido elágico e ácido gálico, mas à medida que a noz amadureceu os níveis desses fenólicos diminuíram (12). Esta queda pode ser atribuída à sua conversão em outras formas a jusante, como formas esterificadas ou glicosiladas, juntamente com o desenvolvimento da pecan. Além disso, a catequina pode converter-se em moléculas maiores e mais complexas, como proantocianidinas e proantocianidinas oligoméricas (12).

A aplicação de processamento térmico, como a torrefação, é muito comum em nozes e castanhas, pois desenvolve características sensoriais apreciadas pelos consumidores. O aumento da temperatura ativa reações químicas que geram compostos responsáveis pelo sabor, cor e aroma característicos. Entretanto, o aumento da temperatura também pode provocar a perda de compostos de interesse, como de compostos fenólicos, que em geral, são mais instáveis a altas temperaturas. Em pecan, a torrefação em forno convencional e micro-ondas causou o decréscimo dos teores de ácido 3,4-dihidroxibenzóico, 1,2-dihidroxibenzeno, ácido siríngico, catequina, rutina, ácido *p*-cumárico, ácido *trans*-ferúlico, quercetina, ácido *trans*-cinâmico e kaempferol (14). A torrefação por forno a partir de 70 °C durante 1h causou reduções significativas de alguns

compostos fenólicos. De modo geral, essas perdas foram intensificadas em temperaturas superiores a 130 °C. Por outro lado, os níveis de ácido gálico aumentaram com o tratamento térmico, principalmente em micro-ondas a 520 W (14). Esse aumento de ácido gálico pode estar relacionado com a clivagem de galotaninos.

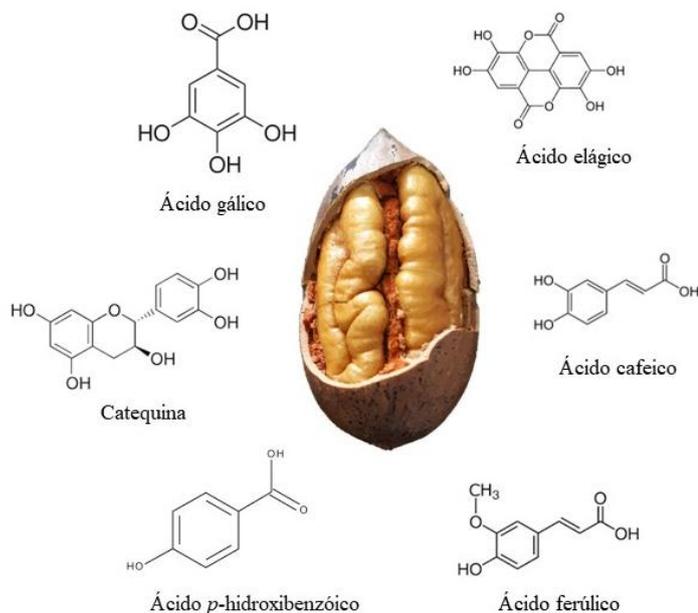


Figura 1- Alguns fenólicos frequentemente encontrados em noz pecan. Fonte: Autor

Fenólicos de pecan são geralmente encontrados em maior concentração na película que recobre a noz e podem estar associados a outros componentes, como carboidratos e proteínas. A força da ligação de fenólicos aos carboidratos aumenta à medida que o número de grupos de OH nas moléculas de polifenóis aumenta. Além disso, polifenóis de alto peso molecular estão frequentemente envolvidos em complexos com proteínas (15). Por essas condições, a escolha do método de extração dos compostos é fundamental para obter uma extração eficaz.

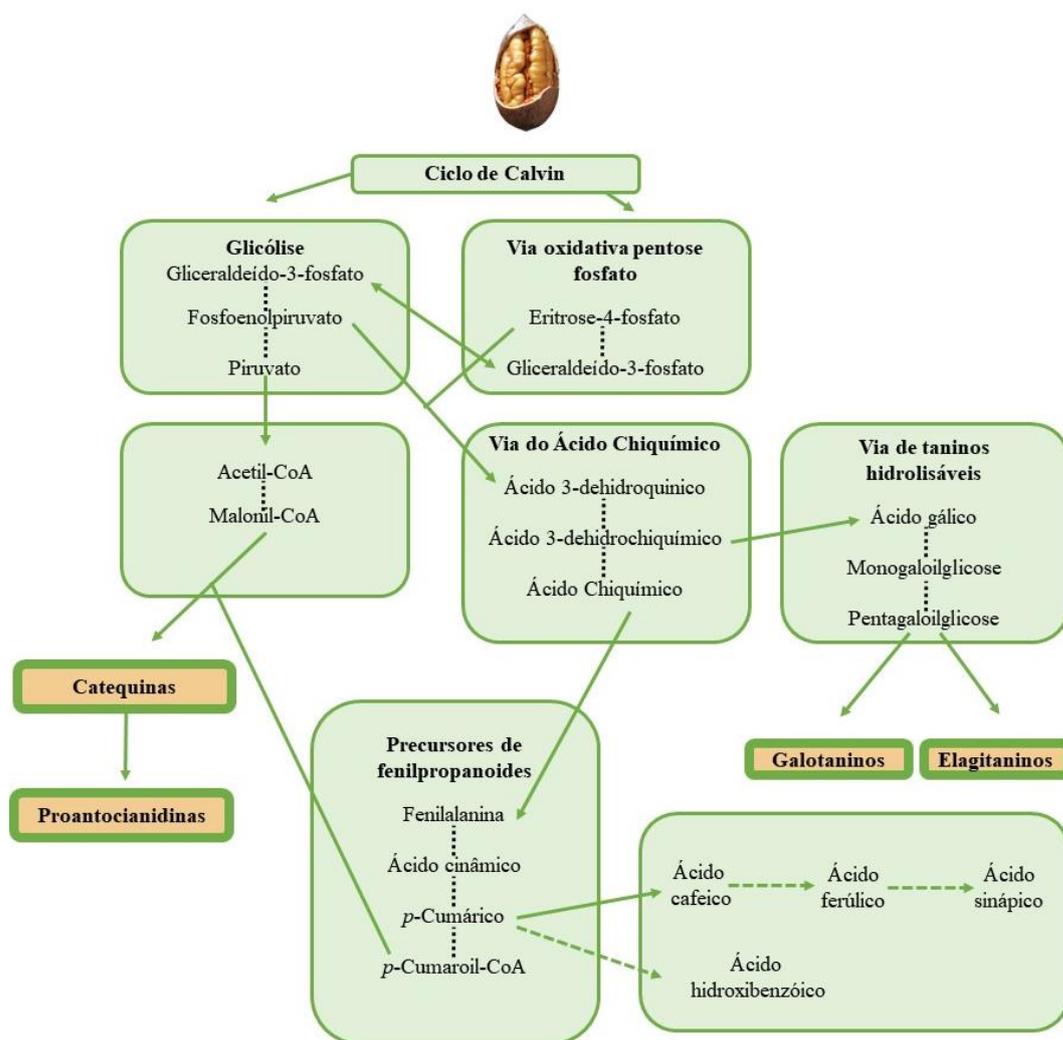


Figura 2 – Esquema biossintético com os pontos de ramificação na biossíntese dos principais fenólicos presentes em noz pecan. Fonte: adaptado de Salminen et al. (2011)(16)

Tabela 1 – Compostos fenólicos quantificados em noz pecan

Compostos	Quantificação	Referências
Ácido hidroxibenzóico e derivados		
<i>p</i> -hidroxibenzóico	29,0-90,1 µg g ⁻¹	La Rosa et al., (2011) (10)
	28,64-49,16 µg g ⁻¹	Robbins et al., (2015) (17)
	3,0 µg g ⁻¹	Gong & Pegg, (2017) (18)
Ácido protocatecuico	13,3-30,5 µg g ⁻¹	La Rosa et al., (2011) (10)
	20,99-24,08 µg g ⁻¹	Robbins et al., (2015) (17)
	14,46-32,71 mg 100 g ⁻¹	Juhaimi et al., (2017) (14)
Ácido protocatecuico-hexosídeo	3,3 µg g ⁻¹	Gong & Pegg, (2017) (18)
Ácido gálico	189-274,5 µg g ⁻¹	La Rosa et al., (2011) (10)
	7,6 µg g ⁻¹	Gong & Pegg, (2017) (18)
	11,8-34,9 mg 100 g ⁻¹	Juhaimi et al., (2017) (14)
	11,9-27,67 µg g ⁻¹	Bouali et al., (2020) (19)
	0,13-0,24 mg g ⁻¹	Rodrigues et al., (2022) (20)
Ácido siríngico	6,58-10,76 mg 100 g ⁻¹	Juhaimi et al., (2017) (14)
Derivados de ácido gálico		
Monogaloil hexosídeo	4,6-10,4 µg g ⁻¹	Gong & Pegg, (2017) (18)
Digaloil hexosídeo	0,3 µg g ⁻¹	Gong & Pegg, (2017) (18)
	1,5 µg g ⁻¹	Gong & Pegg, (2017) (18)
Metil galato	0,35 mg g ⁻¹	Rodrigues et al., (2022) (20)
Ácido elágico e derivados		
Ácido elágico	4,6-5,5 µg g ⁻¹	La Rosa et al., (2011) (10)
	32,1-132,0 µg g ⁻¹	Robbins et al., (2015) (17)
	86,4 µg g ⁻¹	Gong & Pegg, (2017) (18)
	154,01-291,45 µg g ⁻¹	Bouali et al., (2020) (19)
	0,89-1,07 mg g ⁻¹	Rodrigues et al., (2022) (20)
Ácido elágico-pentosídeo	5,86-9,30 µg g ⁻¹	Robbins et al., (2015) (17)
	8,3 µg g ⁻¹	Gong & Pegg, (2017) (18)
	2,9 µg g ⁻¹	Gong & Pegg, (2017) (18)
Isômeros de metil e dimetil ácido elágico	3,09-7,35 µg g ⁻¹	Robbins et al., (2015) (17)
	4,8 µg g ⁻¹	Gong & Pegg, (2017) (18)
Ácido elágico metilado e glicosilado	0,8-17,7 µg g ⁻¹	Gong & Pegg, (2017) (18)
Derivados de ácido elágico-galoil	5,81-8,46 µg g ⁻¹	Robbins et al., (2015) (17)
	2,1 µg g ⁻¹	Gong & Pegg, (2017) (18)
Ácido elágico-galoil-pentosídeo	8,3-12,0 µg g ⁻¹	Gong & Pegg, (2017) (18)
HHDP-hexosídeos	2,4-7,0 µg g ⁻¹	Gong & Pegg, (2017) (18)
HHDP-galoil-hexosídeos	0,3-9,6 µg g ⁻¹	Gong & Pegg, (2017) (18)
Ácido valoneico-dilactona	7,71-262,4 µg g ⁻¹	Robbins et al., (2015) (17)
	48,2 µg g ⁻¹	Gong & Pegg, (2017) (18)

(continua na próxima página)

Tabela 1 – Continuação

Compostos	Quantificação	Referências
Ácidos hidroxicinâmicos e derivados		
Ácido <i>p</i> -cumárico	0,73-1,26 mg 100 g-1	Juhaimi et al., (2017) (14)
Ácido cafeico	2,1 µg g-1	Gong & Pegg, (2017) (18)
	6,27-8,48 mg 100 g-1	Juhaimi et al., (2017) (14)
Ácido cafeico hexosídeo	4,19-6,74 µg g-1	Robbins et al., (2015) (17)
Ácido ferúlico	4,50-11,54 mg 100 g-1	Juhaimi et al., (2017) (14)
Ácido sinapoilquínico	11,71-14,71 µg g-1	Robbins et al., (2015) (17)
Outros não-flavonóides		
1,2-di-hidroxibenzeno	13,38-28,77 mg 100 g-1	Juhaimi et al., (2017) (14)
Resveratrol	1,21-3,11 mg 100 g-1	Juhaimi et al., (2017) (14)
Flavonóides		
Catequina	10,6-82,3 µg g-1	Robbins et al., (2015) (17)
	9,9 µg g-1	Gong & Pegg, (2017) (18)
	18,3-47,6 mg 100 g-1	Juhaimi et al., (2017) (14)
	128,11-231,55 µg g-1	Bouali et al., (2020) (19)
Epicatequina hexosídeo	10,7 µg g-1	Gong & Pegg, (2017) (18)
Epicatequina	2,8 µg g-1	Gong & Pegg, (2017) (18)
	2,44-12,37 µg g-1	Bouali et al., (2020) (19)
Epicatequina-3-galato	2,0-4,2 µg g-1	Gong & Pegg, (2017) (18)
Polímeros de flavan-3-ols		
Dímeros procianidina tipo B	3,93-6,03 µg g-1	Robbins et al., (2015) (17)
	1,3-31,42 µg g-1	Gong & Pegg, (2017) (18)
Dímeros procianidina tipo A	4,47-8,49 µg g-1	Robbins et al., (2015) (17)
	0,7-3,0 µg g-1	Gong & Pegg, (2017) (18)
Trímeros procianidina tipo B	18,34 µg g-1	Gong & Pegg, (2017) (18)
Tetrameros procianidina tipo B	7,08 µg g-1	Gong & Pegg, (2017) (18)
Pentameros procianidina tipo B	5,53 µg g-1	Gong & Pegg, (2017) (18)
Hexameros procianidina tipo B	1,62 µg g-1	Gong & Pegg, (2017) (18)
Heptameros procianidina tipo B	0,41 µg g-1	Gong & Pegg, (2017) (18)
Flavonóis		
Kaempferol	2,68-5,21 mg 100 g-1	Juhaimi et al., (2017) (14)
Quercetina	3,67-10,01 mg 100 g-1	Juhaimi et al., (2017) (14)
Isorhamnetina	1,67-4,55 mg 100 g-1	Juhaimi et al., (2017) (14)
Rutina	6,71-12,67 mg 100 g-1	Juhaimi et al., (2017) (14)
Antocianidinas		
Delfinidina	0,14 mg g-1	Rodrigues et al., (2022) (20)
Cianidina	0,39 mg g-1	Rodrigues et al., (2022) (20)
Peonidina	0,04 mg g-1	Rodrigues et al., (2022) (20)

(continua na próxima página)

Tabela 1 – Continuação

Compostos	Quantificação	Referências
Fenóis totais	12,57-23,52 mg GAE g ⁻¹ FW	Bouali et al., (2019) (19)
	11,70-12,50 mg GAE g ⁻¹ FW	La Rosa et al., (2011)(10)
	1,72-2,20 mg g ⁻¹	Rodrigues et al., (2022) (20)
Flavonóides totais	8,64-16,07 mg CE g ⁻¹ FW	Bouali et al., (2019) (19)
	5,80-6,40 mg CE g ⁻¹ FW	La Rosa et al., (2011) (10)
Flavonóis totais	3,16-6,33 mg CE g ⁻¹ FW	Bouali et al., (2019) (19)
Taninos condensados totais	43,43-78,84 mg CE g ⁻¹ FW	Bouali et al., (2019) (19)
<i>o</i>-difenóis totais	1,80-3,70 mg CAE g ⁻¹ FW	Bouali et al., (2019) (19)
Antocianidinas totais	20,30-26,70 mg CE g ⁻¹ FW	La Rosa et al., (2011) (10)

EXTRAÇÃO DE COMPOSTOS FENÓLICOS DE NOZ PECAN

A matriz da noz é complexa em termos de composição e devido à natureza dos complexos formados entre os compostos fenólicos com polissacarídeos e proteínas e diferenças de solubilidade, não há procedimento de extração universal adequado para a obtenção de todos os fenólicos em uma única extração. O extrato fenólico pode apresentar um certo grau de variabilidade no perfil de compostos e quantificação, dependendo das técnicas de extração e dos solventes utilizados (5,12,14,21–23). Nesse aspecto, a extração é determinada principalmente por fenômenos de solubilidade. Em geral, os compostos fenólicos naturais têm um alto número de locais doadores de hidrogênio e locais de aceitação de hidrogênio. Isso significa que eles podem estabelecer interações intermoleculares (atrações eletrostáticas e ligações de hidrogênio) com moléculas de solventes mostrando essas características (15).

O coeficiente de distribuição fornece uma medida de afinidade molecular entre solventes e compostos fenólicos. Por exemplo, os coeficientes de distribuição (valores de $\log D$) da maioria dos compostos fenólicos e polifenóis presentes na noz pecan têm valores de $\log D$ baixos ou negativos (24). Isso indica que eles podem distribuir-se melhor na água (um solvente muito polar com uma alta constante dielétrica) do que em solventes não polares.

A presença de hidroxila na estrutura dos compostos fenólicos e na molécula de água favorece as solubilidades mútuas. Ademais, o aumento do número de hidroxilas presentes nos compostos fenólicos, em geral, aumenta a solubilidade em água. Como resultado, a maioria dos glicosídeos fenólicos são mais solúveis em água do que as agliconas correspondentes (15). Fenólicos também são solúveis em álcoois de baixo peso molecular, como metanol e etanol. Outros solventes orgânicos com capacidade de ligação de hidrogênio, também foram empregados para extração de compostos fenólicos de noz, o mais utilizado é acetona (10,12,21). A maioria dos estudos adotam misturas desses solventes. Recentemente um estudo de otimização de extração de compostos fenólicos obteve um extrato etanólico com altos teores de ácido elágico, para a otimização foi utilizada a metodologia de superfície de resposta. As condições ideais de extração foram com 40% de etanol, 85° C e 60 ml/g (20).

ATIVIDADES BIOATIVAS

O consumo de nozes tem sido associado a prevenção de doenças cardiovasculares e câncer. Esses benefícios são atribuídos, principalmente, à composição lipídica e de bioativos presentes na noz, ambos com comprovada biodisponibilidade em humanos (25).

Conforme revisado por Larrosa et al. (2010)(26) o ácido elágico e os elagitaninos, como aqueles presentes em pecan, podem desempenhar papéis importantes na prevenção de doenças cardiovasculares e mortalidade por câncer. Os mecanismos pelos quais o ácido elágico pode proteger contra essas doenças são diversas e incluem diminuição síntese de moléculas inflamatórias, e redução da expressão do fator nuclear κ B (NF- κ B), que é um fator de transcrição envolvido no controle da expressão de diversos genes ligados à resposta inflamatória. Estudos de digestibilidade mostram que os elagitaninos são hidrolizados durante o processo digestório e que as formas hidrolizadas, como o ácido elágico, são melhor absorvidas do que os elagitaninos (27).

Além desse grupo de compostos, o ácido gálico e seus derivados também são reconhecidos como bioativos, que fornecem diversos benefícios à saúde, incluindo antioxidante, anti-inflamatório e antineoplásicos (28). Da mesma forma, as procianidinas, abundantes em pecan, exibem atividades biológicas variadas: antioxidante, anticâncer, antiaterosclerose, melhora da vasodilatação, prevenção de diabetes, antiobesidade, prevenção da doença de Alzheimer, melhora da insônia, antivírus, neuroproteção e anti-inflamatório (29). Já os flavonoides, estão associados, principalmente, com atividade antioxidante, propriedades antimicrobianas, anti-inflamatórias, antitumorais e cardioprotetores (30).

CONCLUSÕES

Um grande número de compostos fenólicos foi identificado em noz pecan, o que se deve, principalmente, pelos avanços com o uso de cromatografia de alta eficiência associada a detectores DAD, MS ou MSMS. Entretanto, devido à complexidade da matriz, ainda não há um método de extração capaz de extrair todos os compostos simultaneamente. Embora pesquisas ainda sejam necessárias, há um consenso de que há altos níveis de compostos fenólicos em noz pecan e que esses compostos presentes aportam importantes benefícios para saúde humana.

AGRADECIMENTOS

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pelo apoio e concessão de bolsa.

REFERÊNCIAS

1. Ribeiro SR, Ribeiro QM, Klein B, Santos ID dos, Forgiarini S, Hamann JJ, et al. Effect of low oxygen on quality attributes of 'Barton' pecan nuts after long-term

- storage at different temperatures. *Sci Hortic (Amsterdam)* [Internet]. 2020;263(December 2019):109098. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2019.109098>
2. Ribeiro SR, Klein B, Santos ID dos, Thewes FR, Brackmann A, Both V, et al. Effects of controlled atmosphere and storage temperature on the quality of shelled ‘ Barton ’ pecan nuts during long-term storage. *Food Res Int* [Internet]. 2022;158(June):111498. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2022.111498>
 3. Thewes FR, Both V, Thewes FR, Brackmann A, Wagner R, Ribeiro SR, et al. Pecan storage: Effects of 1-MCP on the overall quality and volatile compounds profile of shelled and unshelled pecans. *Lwt* [Internet]. 2021;145(March):111298. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.111298>
 4. Domínguez-Avila JA, Alvarez-Parrilla E, López-Díaz JA, Maldonado-Mendoza IE, Gómez-García MDC, De La Rosa LA. The pecan nut (*Carya illinoensis*) and its oil and polyphenolic fractions differentially modulate lipid metabolism and the antioxidant enzyme activities in rats fed high-fat diets. *Food Chem*. 2015;168:529–37.
 5. Tanwar B, Modgil R, Goyal A. Nutritional and phytochemical composition of pecan nut [*Carya illinoensis* (Wangenh.) K. Koch] and its hypocholesterolemic effect in an animal model. *Br Food J*. 2021;123(4):1433–48.
 6. Guarneiri LL, Paton CM, Cooper JA. Pecan-enriched diets decrease postprandial lipid peroxidation and increase total antioxidant capacity in adults at-risk for cardiovascular disease. *Nutr Res* [Internet]. 2021;93:69–78. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.nutres.2021.07.004>
 7. Wu X, Beecher GR, Holden JM, Haytowitz DB, Gebhardt SE, Prior RL. Lipophilic and hydrophilic antioxidant capacities of common foods in the United States. *J Agric Food Chem*. 2004;52(12):4026–37.
 8. Khoddami A, Wilkes MA, Roberts TH. Techniques for analysis of plant phenolic compounds. *Molecules*. 2013;18(2):2328–75.
 9. Stromsnes K, Correias AG, Lehmann J, Gambini J, Olaso-gonzalez G. Anti-inflammatory properties of diet: Role in healthy aging. *Biomedicines*. 2021;9(8):1–28.
 10. De La Rosa LA, Alvarez-Parrilla E, Shahidi F. Phenolic compounds and antioxidant activity of kernels and shells of Mexican pecan (*Carya illinoensis*). *J Agric Food Chem*. 2011;59(1):152–62.
 11. Jia X, Luo H, Xu M, Wang G, Xuan J, Guo Z. Investigation of nut qualities of pecan cultivars grown in China. *J Plant Sci*. 2019;7(5):117–24.
 12. Jia X, Luo H, Xu M, Zhai M, Guo Z, Qiao Y, et al. Dynamic changes in phenolics and antioxidant capacity during pecan (*Carya illinoensis*) kernel ripening and its phenolics profiles. *Molecules*. 2018;23(2).
 13. Ribeiro SR, Klein B, Ribeiro QM, Santos ID dos, Genro ALG, Ferreira DDF, et al. Chemical composition and oxidative stability of eleven pecan cultivars produced in southern Brazil. *Food Res Int* [Internet]. 2020;136(August):109596.

- Available from: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109596>
14. Juhaimi F Al, Özcan MM, Uslu N, Doğu S. Pecan walnut (*Carya illinoensis* (Wangenh.) K. Koch) oil quality and phenolic compounds as affected by microwave and conventional roasting. *J Food Sci Technol*. 2017;54(13):4436–41.
 15. Bodoira R, Maestri D. Phenolic Compounds from Nuts: Extraction, Chemical Profiles, and Bioactivity. *J Agric Food Chem*. 2020;68(4):927–42.
 16. Salminen JP, Karonen M, Sinkkonen J. Chemical ecology of tannins: Recent developments in tannin chemistry reveal new structures and structure-activity patterns. *Chem - A Eur J*. 2011;17(10):2806–16.
 17. Robbins KS, Gong Y, Wells ML, Greenspan P, Pegg RB. Reprint of “Investigation of the antioxidant capacity and phenolic constituents of U.S. pecans.” *J Funct Foods* [Internet]. 2015;18:1002–13. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jff.2015.05.026>
 18. Gong Y, Pegg RB. Separation of Ellagitannin-Rich Phenolics from U.S. Pecans and Chinese Hickory Nuts Using Fused-Core HPLC Columns and Their Characterization. *J Agric Food Chem*. 2017;65(28):5810–20.
 19. Bouali I, Tsafouros A, Ntanos E, Albouchi A, Boukhchina S, Roussos PA. Inter-cultivar and temporal variation of phenolic compounds, antioxidant activity and carbohydrate composition of pecan (*Carya illinoensis*) kernels grown in Tunisia. *Hortic Environ Biotechnol* [Internet]. 2020;61(1):183–96. Available from: <https://doi.org/10.1007/s13580-019-00188-8>
 20. Rodrigues NP, Pechina BDR, Sarkis JR. A comprehensive approach to pecan nut valorization: Extraction and characterization of soluble and insoluble-bound phenolics. *JAOCs, J Am Oil Chem Soc*. 2022;(July):1–12.
 21. Villarreal-Lozoya JE, Lombardini L, Cisneros-Zevallos L. Phytochemical constituents and antioxidant capacity of different pecan [*Carya illinoensis* (Wangenh.) K. Koch] cultivars. *Food Chem*. 2007;102(4):1241–9.
 22. Kureck I, Policarpi P de B, Toaldo IM, Maciel MV de OB, Bordignon-Luiz MT, Barreto PLM, et al. Chemical Characterization and Release of Polyphenols from Pecan Nut Shell [*Carya illinoensis* (Wangenh.) C. Koch] in Zein Microparticles for Bioactive Applications. *Plant Foods Hum Nutr*. 2018;73(2):137–45.
 23. Gong Y, Pegg RB, Kerrihard AL, Lewis BE, Cruces L, Heerema RJ. Pecan Kernel Phenolics Content and Antioxidant Capacity Are Enhanced by Mechanical Pruning and Higher Fruit Position in the Tree Canopy. 2020;145(3):193–202.
 24. Labuckas D, Maestri D, Lamarque A. Molecular characterization, antioxidant and protein solubility-related properties of polyphenolic compounds from walnut (*Juglans regia*). *Nat Prod Commun*. 2016;11(5):637–40.
 25. Hudthagosol C, Haddad EH, McCarthy K, Wang P, Oda K, Sabaté J. Pecans acutely increase plasma postprandial antioxidant capacity and catechins and decrease ldl oxidation in humans¹⁻³. *J Nutr*. 2011;141(1):56–62.
 26. Larrosa M, García-Conesa MT, Espín JC, Tomás-Barberán FA. Ellagitannins, ellagic acid and vascular health. *Mol Aspects Med* [Internet]. 2010;31(6):513–39. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.mam.2010.09.005>

27. Ros E, Izquierdo-Pulido M, Sala-Vila A. Beneficial effects of walnut consumption on human health: Role of micronutrients. *Curr Opin Clin Nutr Metab Care*. 2018;21(6):498–504.
28. Kahkeshani N, Farzaei F, Fotouhi M, Alavi SS, Bahramsoltani R, Naseri R, et al. Pharmacological effects of gallic acid in health and disease: A mechanistic review. *Iran J Basic Med Sci*. 2019;22(3):225–37.
29. Yang H, Tuo X, Wang L, Tundis R, Portillo MP, Simal-Gandara J, et al. Bioactive procyanidins from dietary sources: The relationship between bioactivity and polymerization degree. *Trends Food Sci Technol* [Internet]. 2021;111:114–27. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.02.063>
30. Prakash M, Basavaraj B V., Chidambara Murthy KN. Biological functions of epicatechin: Plant cell to human cell health. *J Funct Foods* [Internet]. 2019;52(October 2018):14–24. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.jff.2018.10.021>

DOI: <https://doi.org/10.53934/9786585062039-54>

CAPÍTULO 54

UTILIZAÇÃO DO MÉTODO DE REDE *CHECK-ALL-THAT-APPLY* (CATA) E ACEITAÇÃO SENSORIAL DE CHIPS DE COCO CONDIMENTADOS

Maria de Fatima de Medeiros Garcia* ; Maíra Felinto Lopes ; Rayane Nobrega Lima ; Valkiria Gonçalves de Lima ; Vitória Larissa Melquíades da Silva 

*Autor correspondente – Email: fatimamedeirosgarcia@gmail.com

Resumo: Os coqueiros foram introduzidos no Brasil através da Bahia, denominados Coco-da-baía, e inicialmente se expandiram ao longo do litoral nordestino, onde estão localizados os principais produtores nacionais Bahia, Sergipe e Ceará. Além disso, desse fruto se aproveita da casca à polpa, onde encontra-se diversos nutrientes. O objetivo do trabalho foi elaborar diferentes formulações de chips de coco com adição de especiarias e avaliar sua aceitação sensorial. As polpas dos cocos foram cortadas em chips, temperados em quatro formulações diferentes, sendo elas F1 (Tempero Dona Lita) F2 (Orégano + Curry), F3 (Chimichurri + Páprica doce) e F4 (Tempero Dona Lita + Páprica), submetidos a desidratação em estufa a 140°C durante 40 minutos. O perfil sensorial foi determinado através do método CATA. O teste de aceitação sensorial foi avaliado utilizando escala hedônica para os atributos sensoriais cor, aparência, aroma, sabor, textura e aceitação global. A preferência entre as amostras foi avaliada por teste de ordenação, a intenção de compra utilizando-se a escala de cinco pontos, em que 5 representa “certamente consumiria” e 1 “certamente não consumiria”. Os chips de coco condimentado foi bem aceito sensorialmente, sendo as quatro formulações aceitas pelos provadores com notas superiores a 7 em todos os parâmetros. Para o teste CATA a formulação F1 apresentou com maior frequência os atributos de aparência temperada e sabor de tempero, F2 aroma salgado e agradável, F3 a textura ideal, aroma de tempero, sabor de tempero e picante e a F4 apetitosa, sabor agridoce, agradável e textura mole.

Palavras-chave: *Cocos nucifera*; especiarias, métodos descritivos.

Abstract: Coconut trees were introduced in Brazil through Bahia, called Coco-da-baia, and initially expanded along the northeastern coast, where the main national producers are located in Bahia, Sergipe, and Ceará. In addition, the fruit can be used from its shell to its pulp, where several nutrients are found. The objective of this work was to elaborate different formulations of coconut chips with the addition of spices and to evaluate their sensorial acceptance. The coconut pulp was cut into chips, seasoned in four different

formulations, being them F1 Dona Lita Seasoning (10g) F2 Oregano (5g) + Curry (10g), F3 Chimichurri (5g) + Sweet Paprika (10g) and F4 Dona Lita Seasoning (5g) + Paprika (5g), submitted to dehydration in an oven at 140°C for 40 minutes. The sensory acceptance test was evaluated using a nine-point structured hedonic scale for the sensory attributes color, appearance, aroma, flavor, texture and overall acceptance. The preference among the samples was evaluated by ordination test, the purchase intention using a five point scale, where 5 represents "would certainly consume" and 1 "certainly would not consume" and, finally, a quick descriptive test, the CATA, was performed. The salted coconut chips were a sensorially well accepted product, being the four formulations accepted by the tasters with grades higher than 7 in all parameters. For the CATA test the formulation F1 was closer to the attributes of spicy appearance and flavor, F2 salty and pleasant aroma, F3 ideal texture, aroma of spice, flavor of spice and spicy and F4 was closer to appetizing, bittersweet flavor, pleasant and soft texture.

Key Word: *Cocos nucifera*, spices, sensory.

INTRODUÇÃO

O Brasil é um dos países que apresenta um dos maiores biomas do mundo, sendo o coco, *Cocos nucifera*, uma fruta típica deste país. Logo, os coqueiros foram introduzidos no Brasil através da Bahia, denominados Coco-da-baía, e inicialmente se expandiram ao longo do litoral nordestino, onde estão localizados os principais produtores nacionais Bahia, Sergipe e Ceará. Depois disso, espalhou-se por quase todo o país, exceto Amapá, Distrito Federal, Santa Catarina e Rio Grande do Sul. (1)

Os cocos secos e verdes podem ser produzidos e vendidos o ano todo, gerando renda e empregando mão de obra durante todo o ano. (1). Além disso, desse fruto se aproveita da casca à polpa, onde encontra-se diversos nutrientes, desde carboidratos, vitaminas e substâncias com propriedades antioxidantes, é rico em ácido láurico, um componente essencial para o sistema imunológico. (2)

Desse modo, a busca por uma alimentação a base de produtos in natura e com baixo teor de sódio tem aumentado nos últimos tempos, nesse contexto, a indústria alimentícia vem trabalhando para desenvolver produtos que atendam às necessidades dos consumidores. Dessa forma, os condimentos e temperos são utilizados em todo o mundo para conferir palatabilidade ou para melhorar as propriedades organolépticas dos alimentos (sabores) e para fins de conservação devido às suas propriedades antimicrobianas e antioxidantes. (3)

Diante do exposto, o presente trabalho visou desenvolver a quatro formulações de chips de coco com adição de especiarias, agregar valor nutricional, reduzir a quantidade de sódio e ainda melhorar as propriedades organolépticas, conferindo ao consumidor uma experiência sensorial diferente, já que os chips de coco comercialmente encontrado são doces. Dessa forma a realização de uma avaliação sensorial de aceitação e intenção de

compra é essencial e deve ser considerada para que qualquer produto seja conduzido ao mercado e obtenha êxito.

MATERIAL E MÉTODOS

Elaboração dos *chips* de coco

Os frutos de coco foram obtidos na cidade de Sousa no estado da Paraíba no período de julho de 2022. Após a obtenção, as amostras foram descascadas e colocadas em forno a 180 °C por um tempo de 10 minutos para melhor desprendimento da polpa, em seguida fez-se os cortes em forma de lascas finas de maneira uniforme com a utilização de descascadores manuais. Todo o processo foi realizado no laboratório de Análise Sensorial de Alimentos da UFCG campus Pombal/PB.

Os chips foram temperados em quatro formulações diferentes, de acordo com a tabela 1.

Tabela 1: Quantidades de condimentos adicionadas em cada formulação para 500 g de chips de coco antes da desidratação.

Formulação	Tempero (g) + Coco (g)
F1	Tempero Dona Lita (10g)
F2	Orégano (5g) + Curry (10g)
F3	Chimichurri (5g) + Páprica doce (10g)
F4	Tempero Dona Lita (5g) + Páprica (5g)

*Tempero Dona Lita: Cominho, pimenta, coentro, orégano, alho, cebola, açafrão e sal rosa.

Após serem temperados com as quantidades adequadas de tempero para cada formulação elaborada, os chips foram desidratados em estufa de circulação de ar a uma temperatura de 140°C durante 40 minutos.

Ao final da secagem, os chips foram retirados e codificados para posterior análise sensorial.

Análise Sensorial

As análises sensoriais foram realizadas com 60 provadores não treinados, onde 66% correspondiam a mulheres e 34% a homens, 56,6% dos provadores responderam que já haviam provado chips de coco. As amostras foram entregues com 6g para cada formulação sendo apresentada aos consumidores a temperatura ambiente, com códigos de três dígitos. Os provadores foram selecionados de acordo com o consumo do produto, entre eles docentes, técnicos, terceirizados e alunos da UFCG, bem como outras pessoas de fora da Instituição aptas e com interesse em realizar a análise.

Por meio do teste de aceitação foram avaliados os atributos sensoriais cor, aparência, aroma, sabor, textura e aceitação global, utilizando escala hedônica estruturada

de nove pontos na qual 9 corresponde a “gostei muitíssimo”, 5 “nem gostei/nem desgostei” e 1 a “desgostei muitíssimo”, escala desenvolvida por Jones, Peryam e Thurstone em (1955) (4).

A preferência entre as amostras foi avaliada por teste de ordenação, de acordo com a norma ISO 8587:2006, onde os provadores classificaram as amostras da mais preferida para menos preferida (ordem decrescente), e os resultados calculados por meio do teste de Frideman com auxílio das tabelas de Christensen e colaboradores (2006) (5). Para a intenção de compra, seguindo a metodologia de Teixeira (2009) (6), será utilizada a escala de cinco pontos, em que 5 representa “certamente consumiria” e 1 “certamente não consumiria”.

Ainda foi realizado um teste descritivo rápido, o CATA (*Check All That Apply*), segundo Dutcosky (2013) (7) permite aos consumidores escolher todos os atributos possíveis para descrever o produto, a partir de uma lista apresentada. Os atributos foram pré-definidos a partir de características perceptíveis. Além disso, os descritores não são limitados aos atributos sensoriais do produto, mas também podem estar relacionados ao uso do produto ou ao conceito em que se encaixam.

Além da ficha impressa e/ou o link para o formulário utilizando o *google forms*, os julgadores receberam o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido.

Análise estatística

Os resultados obtidos nas análises sensoriais de aceitação e intenção de compra foram analisados estatisticamente através da ANOVA (análise de variância) seguida por teste de Tukey ($p < 0,05$).

Os resultados para o teste de preferência foram avaliados estatisticamente pelo teste de Friedman, usando a tabela de Newell e Mac Farlene, para verificar a diferença significativa de preferência entre as amostras.

Já para análise e interpretação dos dados obtidos pelo CATA foi aplicado o teste Q de Cochran ($p < 0,05$) e análise de correspondência.

Foram utilizados o programa R Version 4.2.0 (8).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A tabela 2 relata as médias e desvio padrão dos atributos sensoriais (odor, textura, cor, aparência e sabor), de intenção de compra, preferência e aceitação global para as quatro formulações analisadas, sendo perceptível que apenas os atributos de Cor e Aparência foram significativos estatisticamente ao nível de 5% de probabilidade e isso pode ser explicado devido serem amostras contendo condimentos diferentes, diferindo assim nos aspectos visuais de cada formulação.

Em relação aos atributos de Odor, Textura e sabor, estes não apresentaram diferença significativa, mostrando que as quatro amostras obtiveram boa aceitabilidade desses parâmetros. Ademais, resultados semelhantes aos encontrados neste trabalho foram visualizados em pesquisa com chips de coco não condimentado (9).

Além disso, os condimentos foram bem aceitos sensorialmente em todos os parâmetros, pois obtiveram notas superiores a 7. Na aceitação global, observa-se que as formulações não apresentaram diferença significativa, isto é, ambas as amostras foram aceitas pelos provadores.

Também é possível observar nesta tabela os resultados para intenção de compra, não obtendo diferença estatística, onde há possibilidade de os provadores comprarem qualquer uma das amostras analisadas. Outrossim, observando o teste de Preferência das amostras, este também não diferiu estatisticamente e apresentou notas semelhantes entre ambas as formulações, ou seja, as quatro formulações analisadas foram preferidas pelos provadores.

Tabela 2. Médias e desvio padrão das análises sensoriais para as quatro formulações de chips de coco condimentado.

Parâmetros	Amostras			
	F1	F2	F3	F4
Cor	6,92±2,15 ^b	7,57±1,68 ^{ab}	7,70±1,55 ^a	7,79±1,71 ^a
Aparência	6,96±1,95 ^b	7,43±1,60 ^a	7,70±1,74 ^a	7,57±1,39 ^a
Odor	7,32±1,41 ^a	7,38±1,51 ^a	7,58±1,27 ^a	7,45±1,63 ^a
Sabor	7,08±1,90 ^a	6,96±1,75 ^a	7,36±1,77 ^a	7,06±2,01 ^a
Textura	7,36±1,65 ^a	7,40±1,38 ^a	7,36±1,45 ^a	7,47±1,67 ^a
Aceitação global	7,17±1,70 ^a	6,94±1,65 ^a	7,34±1,60 ^a	7,13±2,05 ^a
Intenção de compra	3,62±1,26 ^a	3,57±1,32 ^a	3,92±1,16 ^a	3,66±1,36 ^a
Preferência	122 ^a	145 ^a	125 ^a	138 ^a

F1= Tempero Dona Lita (10g); F2= Orégano (5g) + Curry (10g); F3= Chimichurri (5g) + Páprica doce (10g); F4= Tempero Dona Lita (5g) + Páprica (5g). As médias seguidas pela mesma letra na mesma linha não diferem estatisticamente entre si pelo Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Fonte: elaborado pelo autor, 2022.

A tabela 3 apresenta os resultados para o teste sensorial CATA aplicando o teste estatístico Q de Cochran, em um nível de significância de 95%. Não houve diferença significativa para atributos de “aparência bonita”, “aroma desagradável” e “salgado”, “sabor agradável”, “agridoce” e “salgado”, “textura mole” entre as formulações. Para o atributo de aparência apetitosa houve diferença significativa entre as formulações F1 e F2 (tempero dona lita e orégano com curri) em relação a F3 e F4 (chimichurri com páprica doce e tempero dona lita com páprica doce), tendo as últimas maior frequência de escolha. Já para o atributo de aparência temperada o resultado foi inverso, onde a formulação F1 e F2 (tempero dona lita e orégano com curri) obtiveram maior frequência de escolha que F3 e F4 (chimichurri com páprica doce e tempero dona lita com páprica doce), sendo observado essa diferença estatística entre esses.

Tabela 3- Frequência de escolha de cada atributo para chips de coco e resultado do teste Q de Cochran para o questionário *check-all-that-apply* (CATA).

	Atributo	Amostras			
		F1	F2	F3	F4
Aparência	Apetitosa	18 ^b	17 ^b	24 ^a	26 ^a
	Bonita	25 ^a	25 ^a	23 ^a	22 ^a
	Temperada	33 ^a	30 ^a	23 ^b	21 ^b
Aroma	Agradável	36 ^a	36 ^a	31 ^b	36 ^a
	Desagradável	1 ^a	2 ^a	1 ^a	3 ^a
	De Tempero	22 ^a	17 ^b	23 ^a	18 ^b
	Salgado	4 ^a	7 ^a	6 ^a	5 ^a
	Picante	4 ^{bc}	5 ^b	7 ^a	3 ^c
	Agradável	24 ^a	26 ^a	25 ^a	27 ^a
Sabor	Agridoce	5 ^a	6 ^a	6 ^a	6 ^a
	Amargo	3 ^b	7 ^a	2 ^b	3 ^b
	Salgado	12 ^a	12 ^a	10 ^a	11 ^a
	De Tempero	21 ^a	16 ^c	20 ^a	18 ^b
	Crocante	21 ^a	19 ^b	17 ^c	20 ^{ab}
Textura	Mole	10 ^a	13 ^a	12 ^a	12 ^a
	Seco	11 ^a	9 ^b	11 ^a	7 ^c
	Ideal	18 ^b	16 ^c	20 ^a	19 ^{ab}

Fonte: Elaborado pelo autor, (2022).

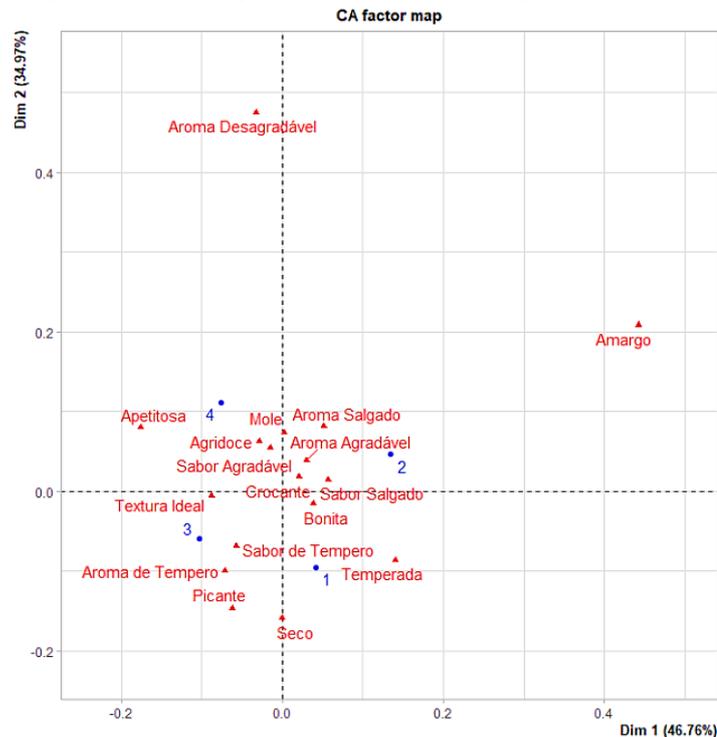
Com relação ao parâmetro de aroma agradável é observado diferença estatística da F3 (chimichurri com páprica doce) com relação as demais formulações, sendo essa a que obteve menor frequência de escolha. Em relação ao aroma de tempero as amostras F1 e F3 (tempero dona lita e chimichurri com páprica doce) obtiveram maior frequência de escolha e diferiram das F2 e F4 (orégano com curri e tempero dona lita com páprica doce).

Para o atributo picante a formulação F3 apresentou maior frequência de escolha possivelmente pela presença do chimichurri com páprica doce, enquanto que a F4 foi a menos escolhida a que tinha como condimento tempero dona lita com páprica doce. Já o atributo amargo a F2 (orégano com curri) diferiu das demais, apresentando maior frequência de escolha. E o atributo de tempero as F1 e F2 (tempero dona lita e orégano com curri) obtiveram maior frequência de escolha e diferiram das demais.

Com relação ao parâmetro de textura foi observado que os atributos crocante, seco e ideal diferiram estatisticamente, onde F1 (tempero dona lita) obteve maior frequência de escolha, para o atributo seco as F1 e F3 (tempero dona lita e chimichurri com páprica doce) foram as que obtiveram maior frequência de escolha, e para o atributo ideal a formulação mais escolhida foi a F3 (chimichurri com páprica doce).

A figura 1 apresenta os resultados para a análise de correspondência para o teste sensorial CATA. É perceptível que a formulação F1 está mais próxima dos atributos de aparência temperada e sabor de tempero, possivelmente por conter tempero dona lita. A formulação F2 relaciona-se a aroma salgado e agradável, essa que continha orégano com curri. Na F3 está enfatizada a textura ideal, aroma de tempero, sabor de tempero e picante, isso é motivado pela presença dos condimentos de chimichurri com páprica doce. Já a F4 relacionou-se a aparência apetitosa, sabor agridoce, agradável e textura mole, causada pela presença de tempero dona lita com páprica doce.

Figura 1- Análise de correspondência obtida para o teste CATA em chips de coco.



Fonte: Elaborado pelo autor, (2022).

CONCLUSÕES

Mediante o apresentado, os chips de coco salgado foi um produto bem aceito sensorialmente, sendo as quatro formulações aceitas pelos provadores com notas superiores a 7 em todos os parâmetros.

Conclui-se que o perfil sensorial dos chips de coco baseado no teste CATA foram para os atributos de aparência temperada recebendo destaque para a formulação com tempero dona lita, aroma e sabor agradável entre ambas e textura crocante. Dessa forma, pode ser considerado um produto de boa qualidade e inovador no mercado, principalmente para os consumidores desse tipo de alimento.

AGRADECIMENTOS

A cooperativa de Coco do perímetro irrigado de Souza pela doação dos frutos.

REFERÊNCIAS

1. BRAINER, Maria Simone de Castro Pereira. Coco: produção e mercado. Caderno Setorial. 2018; Nº 61 Páginas 2 – 3.
2. GONÇALVES, Débora Prado; DE SOUZA, Rosana da Silva. Coco: análise do seu aproveitamento e utilização na gastronomia. Revista de Gastronomia, 2019; v. 1: n. 1.
3. G.M. MENDES R.G; RODRIGUES-DAS-DORES L.; C. CAMPIDELI. Avaliação do teor de antioxidantes, flavonoides e compostos fenólicos em preparações condimentares. Revista Brasileira de Plantas Mediciniais. Jun. 2015; Volume 17: Nº 2 Páginas 297 – 304.
4. JONES, L. V., & THURSTONE, L. L. The psychophysics of semantics: Na experimental investigation. JAP, 1955; 39, 31–36.
5. CHRISTENSEN, U.; STOVING, N.; SCHULTZ-LARSEN, K.; SCHROLL, M.; AVLUND, K. Functional ability at age 75: is there an impact of physical inactivity from middle age to early old age? SJMSS. 2006;16: 245-251.
6. TEIXEIRA, L.V. Sensory analysis in the food industry. Rev. Inst. Latic. 2009.
7. DUTCOSKY, S. D. Análise sensorial de alimentos. 4ª ed. Curitiba: Champagat, 2013.

8. R Project. The R Project for Statistical Computing. 2022 [30/06/2022]. Disponível em: <https://www.r-project.org/>
9. Alvez Maylin Lopes da Silva, Marques Henrique Marcondes A., Zamith Thiago Panaro, Lima Elaine Cristina de Souza, Freitas Maria Cristina de Jesus, Sabaa-Srur Armando Ubirajara Oliveira. Acta Tecnológica. Elaboração e caracterização química de chips de coco (cocos nucífera L) branqueado e desidratado. 2014;

DOI: <https://doi.org/10.53934/9786585062039-55>

CAPÍTULO 55

PERFIL MINERAL DE *BLEND* DE POLPAS DE MELANCIA E ACEROLA

Leiliane Silva Lopes Lima *; Joan Carlos Alves Pereira ; Thalís Leandro Bezerra de Lima ; Daniela Dantas de Farias Leite ; Rossana Maria Feitosa de Figueirêdo ; Alexandre José de Melo Queiroz 

*Autor correspondente (Corresponding author) – Email: leilianelopes@gmail.com

Resumo: A mistura das frutas apresenta-se como uma boa proposta para suprir algumas vitaminas e minerais de algumas frutas, se consumida separadamente. Este trabalho objetivou determinar o perfil mineral de *blend* composto pelas polpas de melancia e acerola na proporção de 50% de melancia e 50% de acerola. Para caracterização mineralógica, antes foi determinado o teor de cinzas, onde as amostras foram submetidas à incineração em mufla a 550 °C. Com o material remanescente da análise de cinzas, foi traçado o perfil mineral das amostras em espectrômetro de fluorescência de raios-X por energia dispersiva, através da determinação da composição química semi-quantitativa de distribuição do tamanho das partículas por difração a laser. Os micronutrientes nas diferentes formulações variaram, sendo que o potássio foi o mineral que se sobressaiu, com teores expressivos tanto nas polpas de melancia, acerola e no *blend*. Foi concluído que a mistura das polpas de melancia e acerola resultou em valores intermediários, com exceção do Ca, que se sobressaiu no *blend* das frutas. Para os demais minerais, o *blend* das frutas não obtiveram valores expressivos, sendo recomendada a complementação para os minerais estudados com outros alimentos.

Palavras-chave: frutas tropicais; *Citrullus lanatus* (Thunb) Mansf; *Malpighia emarginata* D.C; mistura

Abstract: The mixture of fruits is presented as a good proposal to supply some vitamins and minerals of some fruits, if consumed separately. This work aimed to determine the mineral profile of a blend composed of watermelon and acerola pulps in the proportion of 50% watermelon and 50% acerola. For mineralogical characterization, the ash content was previously determined, where the samples were submitted to muffle incineration at 550 °C. With the remaining material from the ash analysis, the mineral profile of the samples was traced in an energy dispersive X-ray fluorescence spectrometer, through the determination of the semi-quantitative chemical composition of particle size distribution by laser diffraction. The micronutrients in the different formulations varied, with potassium being the mineral that stood out, with expressive contents both in the watermelon pulp, acerola and in the blend. It was concluded that the mixture of

watermelon and acerola pulps resulted in intermediate values, with except for Ca, which stood out in the fruit blend. For the other minerals, the fruit blend did not obtain expressive values, being recommended the complementation for the studied minerals with other foods.

Key Word: tropical fruits; *Citrullus lanatus* (Thunb) Mansf; *Malpighia emarginata* D.C; mixture

INTRODUÇÃO

Vitaminas são compostos orgânicos que não podem ser sintetizados em quantidades suficientes pelo organismo humano e por isso devem ser adquiridos ou suplementados pela dieta. São de grande importância para o correto funcionamento do corpo humano e homeostasia, segundo Champe et.al. (1). Os minerais são elementos inorgânicos distribuídos por toda a natureza e que, no organismo, desempenham uma variedade relevante de funções. Frutas e hortaliças são importantes fontes de elementos essenciais como os minerais. Segundo Hardisson (2), estes desempenham uma função vital no desenvolvimento e boa saúde do corpo humano e as frutas e hortaliças são consideradas as principais fontes de minerais necessários na dieta humana.

A melancia contém antioxidantes com diversos benefícios relatados para a saúde. É rica em carotenóides como o licopeno e β -caroteno (3). Além disso, é uma excelente fonte de vitamina C e E em vitaminas do complexo B, principalmente B1 e B6, bem como sais minerais, designadamente potássio, magnésio, cálcio e ferro (4).

A acerola merece destaque devido à presença de elevados teores de vitamina C e de polifenóis extraíveis totais, fazendo desta fruta uma das principais no campo das funcionais, pela habilidade desses compostos reter radicais livres no organismo humano. Além da vitamina C, a acerola também contém vitaminas do complexo B e grandes quantidades de betacaroteno, minerais como: cálcio; fósforo; ferro; magnésio e manganês (5).

Apesar de existirem mais de 50 minerais no organismo, somente os minerais cálcio (Ca), fósforo (P), magnésio (Mg), potássio (K), sódio (Na), cloro (Cl), enxofre (S), ferro (Fe), cobalto (Co), cobre (Cu), iodo (I), manganês (Mn), zinco (Zn) e selênio (Se) são essenciais aos processos metabólicos e por isso mesmo devem estar presentes na alimentação. Por isso, é muito importante para saúde que a alimentação deva ser selecionada, priorizando-se os alimentos saudáveis como as frutas.

No ritmo das inovações e na busca de sabores exóticos e ao mesmo tempo atrativo e funcional, pensou-se na mistura das polpas das frutas acerola com melancia, procedimento também conhecido como *mix* ou *blend* de sucos ou néctares. Nesse contexto, este trabalho objetivou determinar o perfil mineral de *blend* composto pelas polpas de melancia e acerola na proporção de 50% de melancia e 50% de acerola.

MATERIAL E MÉTODOS

As matérias-primas utilizadas, melancia (*Citrullus lanatus* (Thunb) Mansf.) e acerola (*Malpighia emarginata* D.C), foram adquiridas no comércio local de Campina Grande-PB, em estágio de maturação maduras. As frutas foram devidamente acondicionadas e transportadas ao Laboratório de Armazenamento e Processamento de Produtos Agrícolas (LAPPA), da Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola (UAEA), da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG). Em seguida, foram lavados em água corrente e sanitizados em solução clorada a 50 ppm durante 10 minutos. As amostras de acerola foram despulpadas em despulpadeira horizontal de aço inoxidável com capacidade aproximada de 400 Kg/h e as melancias foram cortadas manualmente para retirada da polpa, com o auxílio de faca de aço inoxidável, sendo dispensadas as cascas e as sementes. Em seguida, a polpa foi homogeneizada na despulpadeira. Ambas as polpas foram acondicionadas em embalagens de polipropileno transparente e armazenadas a -18 °C, até o momento dos experimentos.

As polpas foram descongeladas e homogeneizadas em liquidificador doméstico para elaboração do *blend*, na proporção de 50% de polpa de melancia e 50% de polpa de acerola.



Figura 1 – Polpa de melancia (a); polpa de acerola (b)

Para a caracterização mineralógica, foi realizada primeiramente a determinação do teor de cinzas das amostras, onde as mesmas foram submetidas à incineração em mufla a 550 °C e os resultados expressos em porcentagem (6). A partir destes resultados e do material remanescente da análise de cinzas, foi realizada a caracterização dos minerais através da determinação da composição química semi-quantitativa de distribuição do tamanho das partículas por difração a laser, em Espectrômetro de fluorescência de raios-X por energia dispersiva da marca SHIMADZU, modelo EDX-720.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O resultado do perfil mineral das polpas de melancia e acerola e do *blend* das polpas está descrito na Tabela 1.

Tabela 1 – Perfil mineral do *blend* das polpas de melancia e acerola

Minerais (mg /100 g)	Polpa de melancia	Polpa de acerola	<i>Blend</i> das polpas
Potássio	140,32	232,36	164,43
Cálcio	15,31	-	20,64
Fósforo	9,82	11,60	10,40
Enxofre	3,15	4,45	3,58
Ferro	0,50	0,67	0,46
Rubídio	0,04	0,12	0,05
Cobre	0,09	0,17	0,12
Zinco	0,52	0,61	0,28
Zircônio	0,21	-	-

De acordo com os resultados da Tabela 1, observa-se que a polpa de acerola foi a que obteve maiores concentrações da maioria dos minerais em estudo, com destaque ao potássio e fósforo. O potássio é um elemento largamente distribuído nos alimentos por ser um dos principais constituintes essenciais das células vegetais. O teor obtido na polpa de acerola para esse mineral foi de 232,36 mg/100g, superior ao valor referenciado pelo United States Department of Agriculture (USDA), de 146 mg/100g e pela Tabela Brasileira de Composição de Alimentos (TACO), de 221 mg/100g (7); (8). Para polpa de melancia, o teor encontrado de potássio foi de 140,32 mg/100g, valor superior ao referenciado pela TACO, de 104 mg/100g e por Costa (2017), para melancias da cultivar Manchester (81,87 mg/100g) e Smile (73,81 mg/100g) e potássio. A mistura das polpas resultou em um teor de 164,43 mg/100g, embora seja um valor menor do que da polpa de acerola, mas ainda assim, ficou acima dos valores de referência da USDA e da TACO.

Os resultados encontrados para polpa de melancia para os minerais: cálcio, fósforo e ferro foram 15,31; 9,82 e 0,50 mg/100g, respectivamente. Costa (9), encontrou em seu trabalho para melancia da cultivar Smile os teores de Ca (5,00 g.kg⁻¹), P (5,85 mg.kg⁻¹) e Fe (52,32 mg.kg). Os valores encontrados para a mistura das polpas foram satisfatórios para o cálcio e para o fósforo, se comparado ao valor da polpa de melancia. Neste sentido, pode-se inferir que a mistura das polpas de melancia e acerola resultou em valores intermediários, com exceção do Ca, que se sobressaiu no *blend* das frutas (Tabela 1). O cálcio é muito importante para o corpo humano e a sua carência promove muitos efeitos negativos refletidos também pela carência da Vitamina D. O efeito mais pronunciado da deficiência de vitamina D no corpo humano é a diminuição da absorção de cálcio e fósforo, levando a uma hipocalcemia. Nos adultos e idosos isso faz com que os ossos se tornem frágeis, levando à osteoporose, e nas crianças e adolescentes pode ocorrer raquitismo e deformidade dos ossos, sendo a perda de massa óssea muito notável. Outro fator decorrente da deficiência de vitamina D é o hiperparatireoidismo (10). A grande preocupação em relação a deficiência de ferro é porque, frequentemente, leva a anemia chamada de ferropriva. A anemia ferropriva resulta de longo período de balanço negativo entre a quantidade de ferro biologicamente disponível e a necessidade orgânica desse

micronutriente (11). A ingestão de alimentos ricos em ferro é muito importante para manutenção da saúde.

O fósforo na polpa de acerola foi inferior ao valor reportado pela TACO (13 mg/100g). Em relação ao ferro, o valor encontrado nesse trabalho para polpa de acerola foi e superior, de 0,6 mg/100g se comparado ao valor referenciado pela TACO (0,2 mg/100g).

O enxofre é um micronutriente cuja necessidade individual recomendada é de 700 mg/dia na alimentação, pois a sua presença é essencial para construção de proteínas e vitaminas do coágulo sanguíneo, podendo ser encontrado em vários alimentos, como frutas, verduras, carne, leite e alho. As quantidades de enxofre nas amostras analisadas das polpas de melancia e acerola, respectivamente, foram 3,15 e 4,45 mg/100g. O valor do *blend* das polpas foi de 3,58 mg/100g, sendo recomendado a complementação deste mineral com outros alimentos.

As concentrações para cobre para as polpas de melancia e acerola foram 0,09 e 0,17 mg/100g, respectivamente. Em relação ao zinco, as concentrações foram de 0,52 e 0,61 mg/100g, para as polpas de melancia e acerola, respectivamente.

Andrade et al. (2004) encontraram teor médio de cobre (0,75 mg/100g) e zinco (3,2 mg/100g) em amostras cruas de leguminosas, ou seja, valores superiores ao deste trabalho. Esses micronutrientes participam de diversas reações no organismo, diretamente ou como cofatores de enzimas, sendo considerados essenciais. Os teores destes elementos encontrados tanto nas polpas quanto no *blend* foram inferiores se comparados aos das leguminosas determinadas por Andrade et al. (12), portanto, não se enquadram como uma boa fonte destes minerais, necessitando a complementação com outros alimentos.

Santos et al. (13), as características químicas e dos minerais das frutas de uma determinada espécie variam em razão de, além do fator genético, do local, dos tratamentos culturais, da época de colheita, do estágio de maturação. O papel dos minerais na nutrição tem grande importância, considerando que esses compostos se encontram em equilíbrio dinâmico, permanente nos tecidos animais e vegetais e que representam cerca de 4% dos tecidos de um indivíduo adulto (14).

Segundo Pereira (15), a concentração dos minerais nas fontes alimentares, principalmente os dos grupos microminerais e elementos traços, depende muito da fonte original do mineral, como o solo em que foram plantadas e, nas fontes alimentares de origem animais, da dieta a que estes foram submetidos.

O rubídio apresentou valores de 0,04 e 0,12 mg/100g para as polpas de melancia e acerola, respectivamente. O *blend* das polpas para estes minerais foi semelhante ao valor da polpa de melancia. O zircônio apresentou valores de 0,21 apenas para polpa de melancia mg/100g.

CONCLUSÕES

Conclui-se que a mistura das polpas de melancia e acerola resultou em valores intermediários, com exceção do Ca, que se sobressaiu no *blend* das frutas. Para os demais minerais, o *blend* das frutas não obtiveram valores expressivos, sendo recomendada a

complementação para os minerais estudados com outros alimentos. O potássio foi o mineral que se sobressaiu, tanto nas polpas quanto no *blend*.

REFERÊNCIAS.

1. Champe, P. C.; Harvey, R. A.; Ferrier, D. R. Vitaminas, In:_____, *Bioquímica Ilustrada*, 3ª ed., Porto Alegre: Artmed, p. 271-272, 2006. Cap. 28.
2. Hardisson, A. et al. Mineral composition of the banana (*Musa acuminata*) from the island of Tenerife. *Food Chemistry*, 2001, vol. 73, p. 153-161.
3. Tlili, I., Hdider, C., Lenucci, M.S., Riadh, I., Jebari, H., Dalessandro, G. Bioactive compounds and antioxidant activities during fruit ripening of watermelon cultivars. *Journal of Food Composition and Analysis*, 24: 923-928, 2011
4. Tlili, I., Hdider, C., Lenucci, M. S., Ilahy, R., Jebari, H., Dalessandro, G. Bioactive compounds and antioxidant activities of different watermelon (*Citrullus lanatus* (Thunb.) Mansfeld) cultivars as affected by fruit sampling area. *Journal of Food Composition and Analysis*, v. 24, p. 307-314, 2011
5. Chitarra, M.I.F.; Chitarra, A.B. Pós-colheita de frutos e hortaliças: fisiologia e manuseio. Lavras: ESAL/FAEPE, 2005. 785p.
6. INSTITUTO ADOLFO LUTZ. Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz: métodos químicos e físicos para análises de alimentos. São Paulo: IAL, p.313, 2008.
7. United States Departamento of Agriculture. National Nutrient Database for Standard. Release 16, july 2003. Disponível em: . Acesso em: 15 jun 2022.
8. TACO. Tabela Brasileira de Composição Nutricional de Alimentos. 3.ed.Campinas: Núcleo de estudo e pesquisas em alimentação, p.114, 2011.
9. Costa, A, B. Compostos fenólicos, capacidade antioxidante e minerais em cascas de melancias ‘manchester’ e ‘smile’ provenientes de resíduos de processamento. 2017. 45 folhas Tese [Doutorado] – Programa de Pós-graduação em Nutrição Humana, Departamento de Nutrição, Faculdade de Ciências da Saúde, UNB, Brasília, 2017.
10. Premaor, M O.; Furlanetto, T. W. Hipovitaminose D em adultos: entendendo melhor a apresentação de uma velha doença. *Arquivos Brasileiros de Endocrinologia & Metabologia* [online], [s.l.], v. 50, n. 1, p. 25-37, fev. 2006.
11. Jordão, R. E.; Bernardi, J. L.; Filho, A. A. Prevalência de anemia ferropriva no Brasil: uma revisão sistemática. *Rev Paul Pediatr* [online], [s.l.], v. 27, n. 1, p. 90-98, 2009.
12. ANDRADE, E.C.B.; BARROS, A M.; MAGALHÃES, A.C. P.; CASATROS , L.L.C.; TAKESEI, I. Comparação dos teores de cobre e zinco em leguminosas cruas e após serem processadas termicamente em meio salino e aquoso. *Ciência e Tecnologia de Alimento*, Campinas, v.24, n.3, p.316-318, 2004
13. Santos, M.B.S.; Cardoso, R.L.C.; Fonseca, A.A.O.; Conceição, M.N.C. Caracterização e qualidade de frutos de umbu-cajá (*Spondias tuberosa* X S.

- mombin*) provenientes do Recôncavo Sul da Bahia. Revista Brasileira de Fruticultura Jaboticabal - SP, v. 32, n. 4, p. 1089-1097, 2010.
14. CHITARRA, M.I.F.; CHITARRA, A.B. Pós-colheita de frutos e hortaliças: fisiologia e manuseio. Lavras: ESAL/FAEPE, 2005. 785p.
 15. PEREIRA, J. C. Nutrição e Alimentação: Parte específica. Boletim do Criadouro Campo das Caviúnas. Cruzeiro, São Paulo, 2005.

CAPÍTULO 56

ANÁLISE SOBRE A CADEIA PRODUTIVA DO BIODIESEL A PARTIR DA MAMONA NO ESTADO DO TOCANTINS

Caio Felipe Cavalcante Dantas^{ID}*; Cibelle Christine Brito Ferreira^{ID}; Flávia Naiane de Macedo Santos^{ID}; Rosilene da Costa Porto de Carvalho^{ID}; Thiago Magalhães de Lázari^{ID}; Severino José de Paulo Neto^{ID}

*Graduando em Engenharia Agrônômica - UNITINS. E-mail: caiodantas@unitins.br

Resumo: a mamona (*Ricinus communis*) é uma oleaginosa, de hábito arbustivo, perene e xerófila. Estas características permite a mamona se adaptar em condições edafoclimáticas adversas, como a região semiárida brasileira, onde a maioria das outras espécies não conseguem se desenvolver normalmente. Possui características singulares, como o alto teor de óleo de rícino extraído das sementes, do qual é possível produzir diversos produtos e subprodutos. Este óleo é massivamente usado na indústria cosmética, mas também é usado como matéria-prima para o biodiesel. Diante dessas vantagens, o cultivo da mamona torna-se totalmente viável, uma vez que a cultura tem papel integrador na inclusão social por assistir diretamente as classes econômicas mais baixas e contém diversos benefícios agrônômicos, sendo um potencial a ser melhor aproveitado no âmbito da produção agrícola do Brasil. Destarte, o presente estudo de revisão de literatura tem como objetivo discutir sobre a cadeia produtiva da mamona no estado do Tocantins, sobretudo, na produção de biodiesel, quais são suas limitantes e suas oportunidades.

Palavras-chave: biodiesel; cadeia produtiva; mamona

Abstract: castor bean (*Ricinus communis*) is an oilseed, shrubby, perennial and xerophilous. These characteristics allow the castor bean to adapt to adverse edaphoclimatic conditions, such as the Brazilian semiarid region, where most other species cannot develop normally. It has unique characteristics, such as the high content of castor oil extracted from the seeds, from which it is possible to produce various products and by-products. This oil is massively used in the cosmetic industry, but it is also used as a raw material for biodiesel. In view of these advantages, the cultivation of castor bean becomes totally viable, since the culture has an integrating role in social inclusion by directly assisting the lower economic classes and contains several agronomic benefits, being a potential to be better used in the context of production. agriculture in Brazil. Thus, the present study of literature review aims to discuss the production chain of castor bean in the state of Tocantins, especially in the production of biodiesel, what are its limitations and its opportunities.

Key words: biodiesel; productive chain; castor

INTRODUÇÃO

A mamoneira (*Ricinus communis*) (Figura 1) é uma oleaginosa cuja produção está centralizada na Índia e China, produzindo mais de 90% da produção mundial (1). O principal produto negociado no mercado internacional é o óleo, de interesse pela indústria ricinoquímica, e também nos biocombustíveis. Tecnicamente, os biocombustíveis existem desde que o homem descobriu o fogo, quando se utilizava a combustão a vapor. Os biocombustíveis, isto é, o biodiesel, o bioetanol, o biometano, etc. surgem diante do desejo de diminuir a dependência exclusivamente de petróleo, por razões de segurança de suprimento ou até mesmo impacto na balança de pagamentos. Mas também da necessidade de se produzir em larga escala e, simultaneamente, reduzir significativamente danos causados ao meio ambiente, já que os combustíveis fósseis emitem gases causadores do efeito estufa em excesso e isto intensifica diretamente o aquecimento global (2). Logo, os pesquisadores estudam cada vez mais maneiras de se extrair combustível das biomassas dos vegetais.

Desta maneira, a mamona se insere nesse cenário como uma alternativa a ser utilizada, pois suas sementes possuem um rendimento em aproximadamente 50% de óleo (3), o que a torna mais rentável que a soja nesse quesito e a uma forte aliada para o desenvolvimento sustentável no mundo. Há, ainda, outros setores que o óleo de rícino é bastante utilizado, como na indústria cosmética – em hidratantes para cabelo - ou na indústria farmacêutica, em laxantes para tratar prisão de ventre. Ademais, existem formas de aproveitamento dos subprodutos como adubos, alimentação animal e lubrificantes. Entretanto, embora essas amplas utilizações a tornem um potencial, a mamona ainda possui um papel socioeconômico fundamental, isto porque ela pode ser cultivada em regiões semiáridas – onde a grande maioria das outras espécies utilizadas na agroenergia não conseguiriam se desenvolver pelas condições edafoclimáticas adversas, como a baixa fertilidade do solo e poucos índices pluviométricos - que, conseqüentemente, tornam-se locais menos favorecidos economicamente e, ainda, permite ser cultivada em consórcio com demais culturas que assistem diretamente os agricultores familiares, como feijão, milho e amendoim. Não à toa as regiões Norte e Nordeste dominam a produção nacional. Diante dos fatos supracitados, tem-se a importância de se discutir qual posição o promissor estado do Tocantins ocupa dentro deste cenário e como fomenta a produção. O presente estudo de revisão de literatura tem como objetivo discutir o desenvolvimento da cadeia produtiva da mamona no Estado com o intuito de fortalecer a exploração da cultura.



Figura 1 - Mamoneira.

BIODIESEL DA MAMONA NO TOCANTINS

Segundo a Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustível (4), “biodiesel é um combustível renovável obtido a partir de um processo químico denominado transesterificação”. Através desta reação, os lipídeos presentes nas biomassas vegetais (ou gorduras animais) reagem com o álcool metanol, ou também o etanol, produzindo éster e glicerina, como exemplificado na figura 2 (5). O éster é o biodiesel propriamente dito, embora precise ser purificado para sua comercialização.

Essa biomassa vegetal citada pode ser traduzida como algas ou plantas. A soja, o dendê, o girassol, a canola, etc. são alguns exemplos de culturas que são utilizadas.

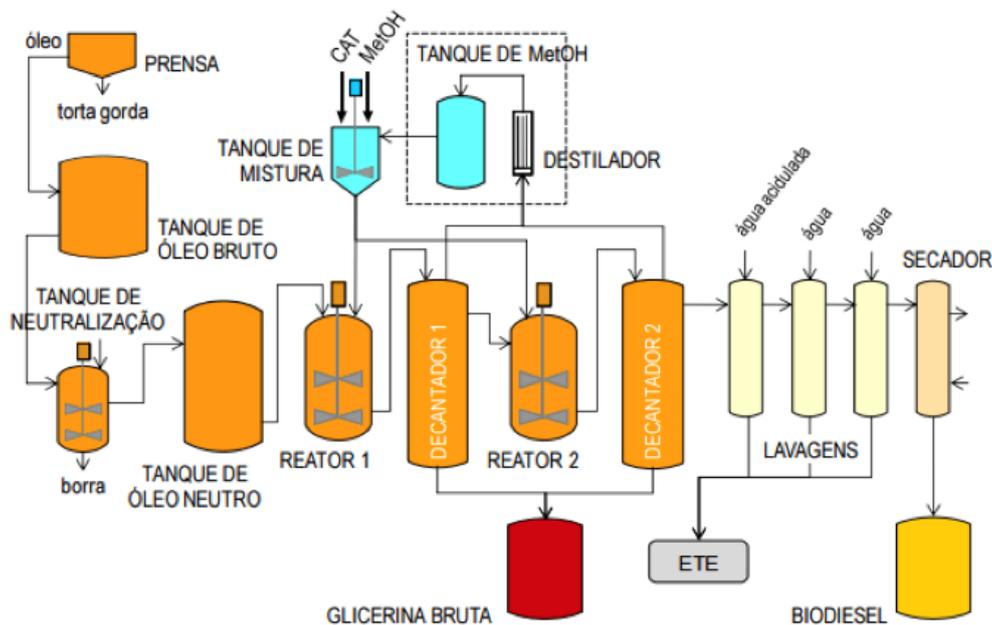


Figura 2. Fluxograma simplificado para o processo para produção de biodiesel via catálise homogênea em meio alcalino. Castellaneli, 2016.

Assim, a mamona pode ser usada como matéria-prima para a obtenção de biodiesel devido ao seu bom rendimento de óleo vegetal (rícinio) presente nos frutos, cerca de 50%. Sua composição se dá majoritariamente pelos ácido ricinoleico 84% a 91 %; ácido linoleico 2,9% a 6,5% (6), que são ácidos graxos insaturados. A tabela 1 expõem os ácidos graxos que compõem o óleo da mamona.

Tabela 1: Variação do teor de ácidos graxos no óleo de mamona

ÁCIDO GRAXO	PORCENTAGEM
ÁCIDO RICINOLEICO	84,0 – 91,0
ÁCIDO LINOLEICO	2,9 – 6,5
ÁCIDO OLEICO	3,1 – 5,9
ÁCIDO ESTEÁRICO	1,4 – 2,1
ÁCIDO PALMÍTICO	0,9 – 1,5

Cangemi, 2010.

No Tocantins, o biodiesel surgiu como uma pequena revolução no cenário de combustíveis e energia. Começou a ser produzido no Estado em 2007, com a instalação de duas usinas nas cidades de Paraíso do Tocantins e Porto Nacional, com o objetivo de impulsionar a produção através de pequenas colheitas e, com isso, incentivar a agricultura familiar e os demais produtores.

Primeiramente, é necessário também esclarecer o que é uma cadeia produtiva. Cadeia produtiva é uma sequência de operações articuladas e conjuntas que estão presentes desde a extração de matéria-prima, na transformação da matéria-prima em produto, na distribuição deste produto final, até a sua comercialização (7). Ou seja, desde

o plantio da mamona até o biodiesel pronto para ser usado nos veículos, por exemplo na figura 3 (8).

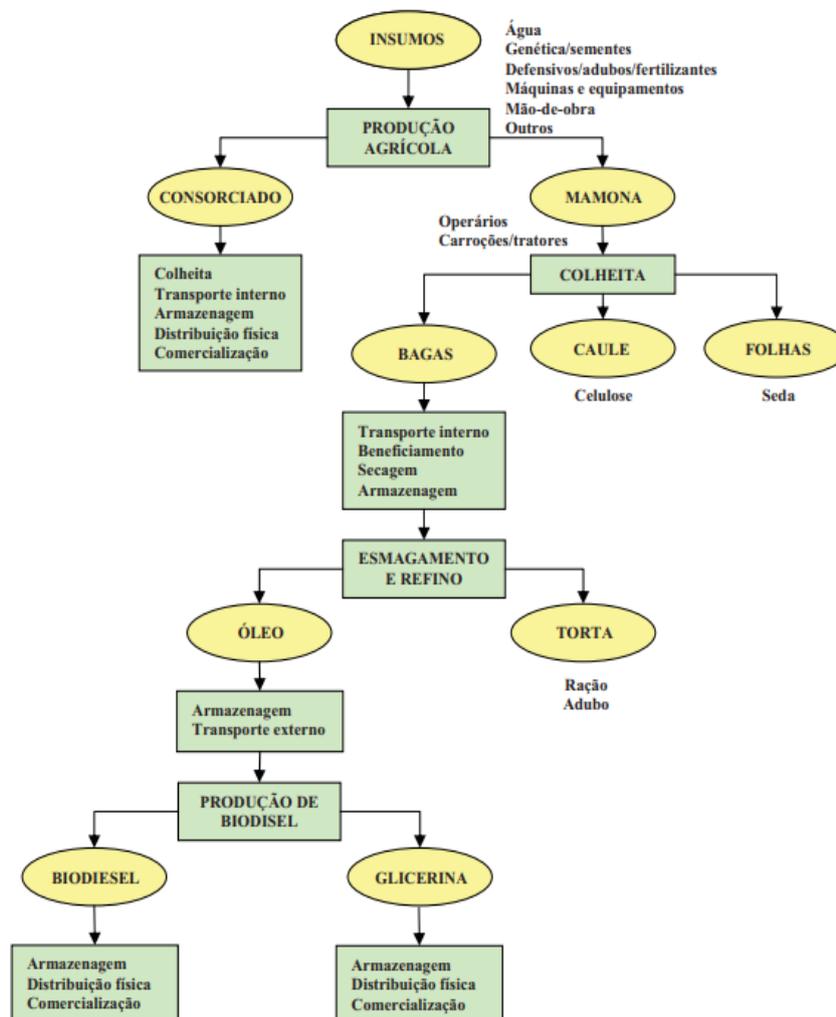


Figura 3. Diagrama da cadeia produtiva do biodiesel da mamona.
Prata, 2007.

No Brasil, a mamona chegou em meados dos séculos 16, quando os portugueses trouxeram com o intuito de usar seu óleo para lubrificar os eixos das carroças. Mas foi em 2004 que a espécie obteve maior importância, com o Programa Nacional de Produção e uso do Biodiesel (PNPB), lançado pelo Governo Federal (9).

O PNPB trouxe uma série de benefícios socioeconômicos, como isenção em tributos e geração de renda, aos agricultores familiares. Isto fomentou a produção das espécies utilizadas para a produção de biodiesel em grande escala. Todavia, embora o cenário favorável e promissor, desde o ano de 2010 a área de mamona cultivada vem

decrecendo segundo os dados da Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB) (10), como é notado na figura 4.

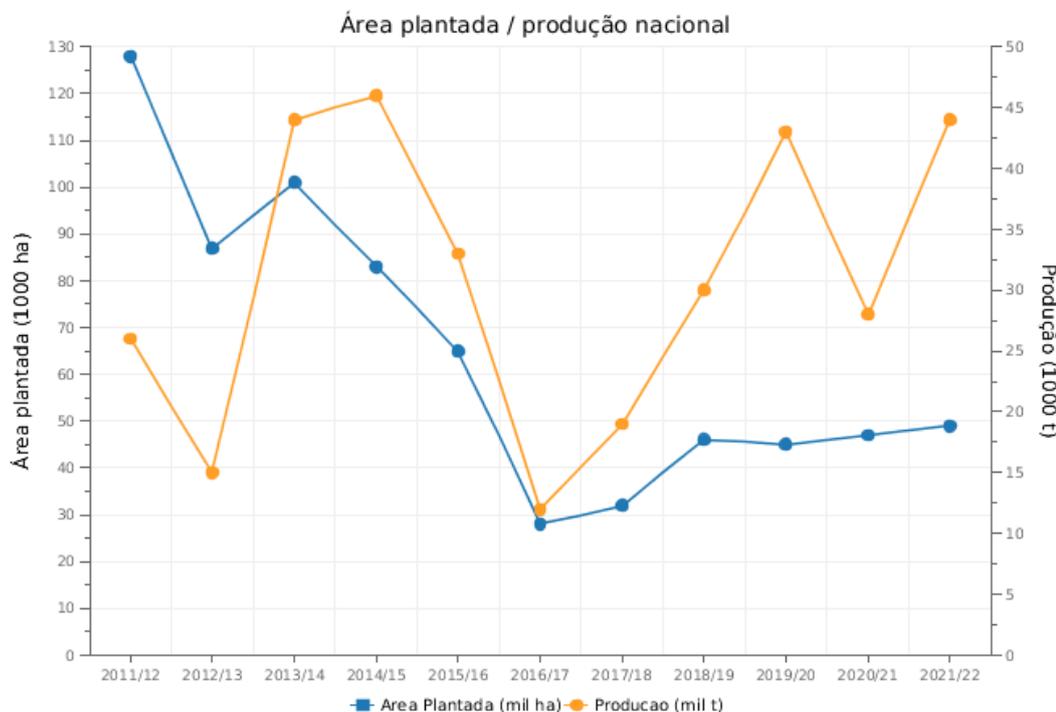


Figura 4. Área planta e produção nacional da mamona. CONAB (10)

Atualmente, na safra 2021/2022, o maior produtor é o estado da Bahia, onde concentram-se 97,34% dos 48,9 mil hectares da cultura. Isto é aproximadamente 60% a menos do que se cultivava há uma década atrás. Além da Bahia, apenas Ceará e Mato Grosso completam o ranking (10). Na mesma safra, a produtividade estimada é 894 quilos por hectares. Sabe-se que o Tocantins, beneficiado diretamente pelo PNPB, iniciou o plantio da mamona por volta de 2006. Contudo, a exemplo da CONAB que não traz em sua conjuntura de dados precisos do Tocantins na produção nacional, pouco ou nada se tem dados disponíveis publicamente sobre áreas estaduais cultivadas e suas respectivas produções, havendo, assim, a necessidade de se realizar estudos locais com intuito de proporcionar e fortalecer a produção.

A cadeia produtiva da mamona abrange a produção agrícola, a produção agroindustrial do óleo e produção industrial do biodiesel e da glicerina; pode ser segmentada em três elos de sistemas produtores, sejam eles: pré-empresa familiar, empresa familiar e empresa capitalista (11). À exceção da empresa capitalista, as demais carecem de maiores participações no mercado e de tecnologias dentro do campo para auxiliá-los no plantio, nos tratamentos culturais e na colheita, mantendo sempre a segurança dos trabalhadores. O que é um impasse passível de correção, pois essa cadeia possui ciclo renovável e cheio de vantagens, dentre elas: a reutilização da biomassa vegetal como

cobertura de solo; a utilização de suas folhas para a alimentação do bicho-da-seda; a mistura das folhas com forragem para a alimentação do gado a fim de aumentar sua produção de leite; a utilização do óleo extraído para fabricação de hidratantes capilares, biodiesel e afins; o resíduo da extração do óleo das semente utilizado na agricultura orgânica como nematicida ou fonte de nutrientes (12) e seu óleo pode até mesmo substituir o petróleo na síntese de alguns produtos.

O cultivo da mamona depende de parâmetros climáticos menos exigentes, por exemplo 500 a 700 mm de chuva por ano, altitude entre 300 a 1.200 metros e temperaturas entre 20° C a 30° C. Logo, infere-se que a cultura pode promover a inclusão social daqueles que estão mais afastados dos grandes centros urbanos e que residem em áreas menos agricultáveis, ou seja, menos assistidos pelo governo, por se adaptar em locais áridos. O Cerrado tocantinense abrange esses aspectos e possibilita sua implantação em larga escala. Entretanto, em seu trabalho intitulado “Agricultura familiar no Tocantins e o Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel (PNPB): Qual a realidade da inclusão social?”, Ribeiro (13) afirma que “o PNPB não é eficaz como uma política que de fato contribui para o fenômeno da inclusão social, uma vez que não insere na cadeia produtiva os agricultores familiares relativamente mais pobres e eventualmente excluídos da sociedade e que particularmente necessitariam de maiores oportunidades para serem incluídos socialmente”. Também no mesmo viés, em um debate com representantes do Ruraltins e das empresas Agroquima e Kaiima, agricultores familiares da região de Aparecida do Rio Negro solicitaram ao governo estadual assistência técnica para o fortalecimento da cadeia produtiva da mamona (14). Assim, interpreta-se que é necessário também o assistencialismo do governo tocantinense, que está em contato mais próximo a esses agricultores, a fim de fazer valer as diretrizes do PNPB.

LIMITANTES E OPORTUNIDADES PARA O DESEMPENHO DA CADEIA PRODUTIVA DA MAMONA NO TOCANTINS

O comércio da mamona é rentável e amplo, mas ainda precisa ser estruturado. De fato, a ausência de políticas destinadas a esse público limita a competitividade dos produtores da mamoneira. O governo estadual não se demonstra motivado a fomentar a produção e ganhar espaço no cenário dos combustíveis renováveis, uma vez que não assume a competência de zonear o cultivo da mamona nos seus respectivos municípios. Saber o que se tem é fundamental para projetar o futuro, logo, o mapeamento dos municípios propícios ao plantio ou que já produzem permite uma tomada de decisão mais precisa. A inacessibilidade aos créditos rurais por inadimplência e o baixo grau tecnológico presente nos municípios tocantinenses limitam significativamente a produção.

Dentre as oportunidades a serem melhores aproveitadas, está o fato de que o Tocantins está localizado geograficamente no centro do Brasil – posição privilegiada, o que certamente diminuiria o custo de escoamento para o mercado consumidor. Ainda, a organização do comércio dos produtos e subprodutos que a mamona proporciona em maiores escalas para outros consumidores geraria renda para as mais de 160 mil famílias

tocantinenses que vivem na linha da pobreza após a crise provocada pela pandemia de Covid-19 (15), promovendo a inclusão socioeconômica das classes baixas.

CONCLUSÕES

O fortalecimento do arranjo produtivo de mamona no Tocantins é uma forma de combater diretamente a linha da pobreza, promover o desenvolvimento socioeconômico de assentamentos, pequenos municípios e, conseqüentemente, do Estado, visto que a cultura assiste com geração de renda os pequenos e médios produtores. Logo, surge-se como uma oportunidade de o Tocantins se adentrar no comércio nacional e internacional de biocombustíveis, produtos farmacêuticos e demais produtos afins, que se faz cada dia mais promissor, tornando-o mais competitivo economicamente em relação aos demais estados.

Para tal inserção, nota-se que é preciso assistência técnica governamental, isto é, ajuda profissional na produção, maquinários, mecanização, estudos de casos, mapeamentos e zoneamentos de risco da produção estadual, bem como incentivos fiscais específicos à compra de insumos e comercialização dos produtos. Estruturar sua cadeia produtiva com elos e processos intrínsecos ao desenvolvimento e que sejam adaptados ao público local certamente beneficiaria o Tocantins tanto no aspecto econômico como no âmbito social de seu território.

REFERÊNCIAS

- 1 - Faostat. Global Food and Agriculture Statistics of FAO. 2019. [Cited in: 2022 jul 11]. Available from: faostat3.fao.org/home/
- 2 – Leite RCC, Leal MR. Biocombustível no Brasil. *Novos Estudos*. 2007; 78 (2). p15-21.
- 3 - Carneiro RAF. A produção do biodiesel na Bahia. *Revista Conjuntura e planejamento*. Salvador: SEI. n.112, 2003. p.35-43.
- 4 – Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustível. 2020. [cited 2022 jul 11]. Available from: <https://www.gov.br/anp/pt-br/assuntos/producao-e-fornecimento-de-biocombustiveis/biodiesel/apresentacao>
- 5 – Castellanelli CA. Confiabilidade humana em plantas de produção de biodiesel: Análise e prevenção de falhas e erros. *Revista Espacios*. 2016. Available from: <https://www.revistaespacios.com/a16v37n35/16373527.html>
- 6 - Cangemi JM, Santos AM, Neto SC. A revolução verde da mamona. *Quimica Nova na Escola*. 2010; 32. p3-8. [cited 2022 ago. 11]. Available from: http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc32_1/02-QS-1209.pdf
- 7 – Ploomes. Cadeia Produtiva: quais são os processos de distribuição? 2022. [cited 2022 jul 11]. Available from: <https://blog.ploomes.com/cadeia-produtiva/>
- 8 – Prata BA. Controle supervisorio da cadeia produtiva do biodiesel da mamona baseado em redes de petri [mestrado]. Fortaleza: Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Ceará. 2007. 135p.

- 9 - Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel (PNPB). 2019 [cited in 2022 jul 11]. Availabe from: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/agricultura-familiar/biodiesel/programa-nacional-de-producao-e-uso-do-biodiesel-pnpb>
- 10 - Conab. Série histórica dos grãos. Brasília: CONAB. 2022. [cited in 2022 ago 03]. Availabe from: <https://portaldeinformacoes.conab.gov.br/safra-serie-historica-graos.html>
- 11- Silva MFMM, Lima SMV, Castro AMG, Kouri J. Cadeia produtiva da mamona: uma proposta de segmentação para o processo produtivo. III Congresso Brasileiro de Mamona: Energia e Ricinoquímica. 2008. 6p.
- 12 – Beltrão NEM, Oliveira MIP. Detoxicação e Aplicações da Torta de Mamona. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2009. 35p. Availabe from: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/513552/1/DOC217.pdf>
- 13 – Ribeiro VS. Agricultura familiar no Tocantins e o Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel (PNPB): Qual a realidade da inclusão social? 2022. 139p.
- 14 – Orla Notícias. Produtores rurais do Tocantins discutem os benefícios do plantio da mamona na descompactação do solo e no combate a nematoide, como opção de plantio para a safrinha. 2022. [cited 2022 ago 15]. Availabe from: <https://orlanoticias.com.br/produtores-rurais-do-tocantins-discutem-os-beneficios-do-plantio-da-mamona-na-descompactacao-do-solo-e-no-combate-a-nematoide-como-opcao-de-plantio-para-a-safrinha/>
- 15 – G1 Tocantins. Mais da metade das famílias inscritas no CadÚnico no Tocantins vive na linha da pobreza. 2022. [Cited in 2022 jul 28] Availabe from: <https://g1.globo.com/to/tocantins/noticia/2022/05/10/mais-da-metade-das-familias-inscritas-no-cadunico-no-tocantins-vive-na-linha-da-pobreza.ghtml>

DOI: <https://doi.org/10.53934/9786585062039-57>

CAPÍTULO 57

EMBALAGENS NA CONSERVAÇÃO DE FRUTAS E HORTALIÇAS MINIMAMENTE PROCESSADAS

Laura Martins Fonseca ^{*1}; Elder Pacheco da Cruz ¹; Felipe Nardo dos Santos ¹; Juliani Buchveitz Pires ¹; Alvaro Renato Guerra Dias ¹; Elessandra da Rosa Zavareze ¹

¹Laboratório de Biopolímeros e Nanotecnologia em Alimentos, Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal de Pelotas – DCTA/FAEM – UFPel

**Laura Martins Fonseca – Email: laura_mfonseca@hotmail.com*

Resumo: No setor de alimentos de origem vegetal as frutas e hortaliças minimamente processadas vêm crescendo no interesse de consumidores por serem ricas nutricionalmente e, ainda, por sua praticidade e conveniência. Entretanto, esses alimentos apresentam curta vida útil devido as etapas que sofrem no seu processamento, como corte e descascamento. Com isso, novas tecnologias de conservação vêm sendo aplicadas, como o uso de embalagens com atmosfera modificada e embalagens ativas. Essas, promovem a conservação dos produtos de origem vegetal que passam por processamento mínimo, mantendo seu valor nutricional, seu teor de compostos bioativos e suas características sensoriais, retardando processos oxidativos e o desenvolvimento de microrganismos deteriorantes e patogênicos. Esta revisão bibliográfica traz uma contextualização sobre frutas e hortaliças minimamente processadas, embalagens com atmosfera modificada e embalagens ativas compilando pesquisas que abordem a aplicação dessas técnicas, bem como perspectivas futuras a cerca deste assunto.

Palavras-chave: Alimentos de origem vegetal; Embalagem ativa; Atmosfera modificada; Processamento mínimo.

Abstract: In the food sector, minimally processed fruits and vegetables have been growing in interest by consumers for their nutrition-rich value and for being practical and economical. However, these processed foods have reduced shelf life due to processing steps such as cutting and peeling. As a result, new preservation technologies are being applied, such as the use of modified atmosphere packaging and active packaging. These packages promote the preservation of fruits and vegetable, which go through the minimum process, by maintaining their nutritional value, its bioactive compound content and sensory characteristics, delaying oxidative processes and the development of

pathogenic and spoilage microorganisms. This bibliographic review brings a contextualization regarding minimally processed fruits and vegetables, modified atmosphere packaging, and active packaging. It also brings together research that addresses the application of these techniques, as well as future perspectives.

Key Word: Foods of plant origin; Active packaging; Modified atmosphere packaging; Minimal processing.

INTRODUÇÃO

Os produtos de origem vegetal são ricos em micronutrientes, fibras, entre outros compostos, sendo o suprimento de grande parte da alimentação humana [1]. Eles apresentam alto impacto socioeconômico no mundo e no Brasil, gerando empregos, atendendo as demandas de alimentos e matérias-primas para o mercado interno, além de representarem parte das exportações de produtos do nosso país. Dentre os produtos de origem vegetal, destacam-se as frutas e hortaliças. Estas podem ser consideradas como matérias-primas para produção de polpas, sucos, sopas e diferentes doces, como geleias e balas e, ainda, podem ser minimamente processadas. O beneficiamento de frutas e hortaliças agrega valor à matéria-prima e permite que estas sejam comercializadas por um período maior [1],[2].

Atualmente, em resposta às demandas dos consumidores, o chamado grupo de alimentos minimamente processados ou prontos para o consumo (do inglês “*ready to eat*”), como frutas e hortaliças frescas embaladas e refeições pré-cozidas, está se tornando cada vez mais populares em todo o mundo. Alimentos como saladas, cenoura, abóbora, misturas de legumes salteados, saladas de frutas e frutas cortadas como abacaxi, melão e maçã, são apenas alguns exemplos desse tipo de produto [2]-[4].

As frutas e hortaliças frescas são altamente recomendadas na dieta humana, uma vez que apresentam rica composição em vitaminas, minerais, compostos fenólicos e fibras, os quais contribuem na prevenção de diversas doenças. Entretanto, quando frescas são altamente perecíveis, e quando minimamente processadas, apresentam ainda menor vida útil. Isso ocorre pois, em geral, as etapas de corte e descascamento causam injúrias que podem levar ao estresse oxidativo, contaminação e aumento na taxa de respiração. Isso tudo desencadeia reações bioquímicas relacionadas às mudanças na cor, aroma, textura e qualidade nutricional [1], [3], [4].

Essa problemática pode ser solucionada pelo uso de embalagens com atmosfera modificada ou embalagens ativas, que apresentem principalmente propriedades antioxidantes e antimicrobianas, utilizadas para conservar e prolongar a vida útil de produtos alimentícios, mantendo seu valor nutricional e sensorial [4], [5]. Neste contexto, os compostos bioativos de origem natural contribuem beneficentemente quando aplicados como agentes antioxidantes, principalmente devido à sua capacidade de eliminar radicais oxidantes causadores de deterioração nos alimentos ou ainda aqueles que, quando agem no organismo, causam doenças ao ser humano [1],[6]. Ainda, como agente antimicrobiano retardam ou reduzem o ataque de microrganismos deteriorantes ou patogênicos [4], [7].

Neste contexto, essa revisão da literatura aborda a aplicação de diferentes sistemas de embalagens aplicadas na conservação de frutas e hortaliças minimamente processadas, trazendo pesquisas atuais na área.

FRUTAS E HORTALIÇAS MINIMAMENTE PROCESSADAS

Produtos minimamente processados são definidos como qualquer vegetal que foi fisicamente modificado da forma original (sanitizado, descascado ou cortado), mas que permanece no "estado fresco"[8]. O mercado de alimentos minimamente processados mostrou um crescimento substancial nas últimas décadas [3]. As principais razões são: (I) reivindicações dos consumidores por alimentos frescos e seguros, (II) facilidade do consumo de frutas e vegetais e (III) conveniência devido à falta de tempo para cozinhar. Isto ocorre porque os alimentos minimamente processados requerem pouco tempo de processamento e, além disso, mantêm suas propriedades nutricionais [2].

A conservação de frutas e hortaliças frescas ou minimamente processadas é um dos maiores desafios para indústrias e cientistas. Isto, por serem produtos que respiram e devem permanecer vivos ao longo de toda a cadeia produtiva. Para retardar alterações fisiológicas e bioquímicas, a redução da respiração é uma alternativa muito utilizada que auxilia prolongando sua vida útil. Ainda, esses vegetais são susceptíveis à deterioração microbiana e oxidativa, o que é agravado pelo processamento mínimo [2],[3].

A substituição do uso de aditivos sintéticos em alimentos está cada vez mais em alta e existe uma grande demanda do consumidor por produtos frescos, práticos, de conveniência, seguros e com maior vida útil. Neste contexto, a conservação de frutas e hortaliças frescas ou minimamente processadas constitui um dos ramos mais desafiadores devido sua alta perecibilidade [2], [3], [9]. Assim, novas técnicas de conservação vêm sendo utilizadas, havendo um crescimento na indústria de embalagens de alimentos, as quais vem desenvolvendo soluções inovadoras que atendam a conservação, prolongando sua vida útil, mantendo sua qualidade e segurança.

EMBALAGENS NA CONSERVAÇÃO DE FRUTAS E HORTALIÇAS MINIMAMENTE PROCESSADAS

A comercialização de frutas e hortaliças minimamente processadas apesar de conveniente, tem a problemática da curta vida útil desses vegetais por uma série de alterações fisiológicas associadas ao estresse por injúria, aumentando as taxas de respiração e a produção de etileno (C_2H_4). Com isso, seu amadurecimento é acelerado, promovendo o escurecimento da superfície cortada, aumentando a produção de metabólitos secundários e sabores estranhos. Ainda, observa-se a degradação da parede celular e amolecimento. Para controlar essas alterações, diferentes técnicas vêm sendo alvo de pesquisas e aplicadas pelas indústrias, alguns exemplos são: pré-resfriamento, embalagem com atmosfera modificada e embalagens ativas, como as com emissores de compostos antimicrobianos ou absorvedores de etileno [9]-[11].

Segundo Alvarez et al. [9] a mistura de frutas na preparação de minimamente processados leva a alterações fisiológicas que modificam atributos de qualidade e composição antioxidante. Estes autores avaliaram um mix de frutas cortadas embaladas (kiwi, manga, laranja e abacaxi) de acordo com a qualidade e as alterações hormonais durante um período de 6 dias em armazenamento refrigerado. O corte das frutas levou a perdas rápidas de teor de água e firmeza, aumentando como consequência as taxas de respiração. Quanto a mistura das frutas, esta alterou os parâmetros de qualidade, retardando a perda de firmeza em mangas, laranjas e abacaxis, e aumentando a relação açúcar/ácidos ao longo do tempo. O teor de vitamina C em manga e laranja na mistura aumentou, enquanto o teor de fenóis totais em laranja e abacaxi diminuiu [9]. Com isso, os autores enfatizam a necessidade de técnicas para conservação de mix de frutas prontas para consumo, assim o uso de embalagens inovadoras é promissor.

Diversas pesquisas são encontradas na literatura abordando o uso de embalagens na conservação de frutas e hortaliças minimamente processadas, como embalagens com atmosfera modificada passiva utilizando diferentes polímeros [10], [11], embalagens com atmosfera modificada ativa [2], [12], [13] e embalagens ativas [3], [7], [14], [15]. Estes estudos são sumarizados na Tabela 1 e expostos nos tópicos a seguir.

Tabela 1: Estudos de embalagens na conservação de vegetais minimamente processados.

Embalagem	Vegetal minimamente processado	Referência
Atmosfera modificada passiva	Tomate cereja (<i>Lycopersicon esculentum</i>)	[13]
	Brócolis (<i>Brassica oleracea</i>)	[12]
Atmosfera modificada ativa e passiva	Morangos (<i>Fragaria x ananassa</i>)	[11]
	Arilos de romã (<i>Punica granatum</i>)	[16]
Atmosfera modificada ativa	Berinjelas (<i>Solanum melongena</i>)	[17]
	Pepino (<i>Cucumis sativus</i>)	[8]
	Alface (<i>Lactuca sativa</i>)	[3]
Embalagem ativa	Melão (<i>Cucumis melo</i> L.)	[14]
	Repolho (<i>Brassica oleracea</i>)	[18]
	Alface (<i>Lactuca sativa</i>)	[15]

EMBALAGENS COM ATMOSFERA MODIFICADA NA CONSERVAÇÃO DE FRUTAS E HORTALIÇAS MINIMAMENTE PROCESSADAS

Embalagens com atmosfera modificada formam uma combinação de gases, sendo os mais comuns o oxigênio (O₂), o dióxido de carbono (CO₂) e o nitrogênio (N₂). Estas embalagens visam promover uma respiração mais lenta de produtos frescos ou minimamente processados e retardar sua deterioração. Vale ressaltar que não existe uma atmosfera única recomendada para produtos de origem vegetal, uma vez que as condições ambientais ideais variam de acordo com a espécie, variedade e processamento [2], [19].

Para acondicionamento de alimentos em embalagens com atmosfera modificada, são utilizadas máquinas de acondicionamento eficientes e materiais de embalagem com permeabilidade seletiva e controlada, mantendo os gases em proporções constantes ou

dentro de determinados limites [12],[19]. As embalagens com atmosfera modificada são classificadas em passivas e ativas. A modificação passiva é mais utilizada para alimentos de origem vegetal frescos, uma vez que esses apresentam, no geral, uma taxa de respiração alta. Assim, é formado um sistema com alta concentração de CO₂ e baixa de O₂ e esses gases vão evoluindo passivamente dentro da embalagem devido a respiração do produto. Essa abordagem faz uso de polímeros com permeabilidade ao gás onde o O₂ suficiente pode entrar na embalagem para ocorrência de respiração anaeróbica, e o excesso de CO₂ se difunde da embalagem para evitar níveis perigosamente altos [13],[19].

Em contrapartida, para as com atmosfera modificada ativa, mais de um método é aplicado. Pode ser promovida pela remoção do ar dentro da embalagem usando um vácuo seguido da adição de uma mistura de gases desejada. Ainda, pode ser aplicada sem a utilização de vácuo e com uma mistura de gases injetada na embalagem onde o ar é varrido ou expelido imediatamente antes da vedação, resultando em níveis residuais de O₂ de 2 à 5%. As embalagens de atmosfera passiva levam tempos mais longos (em torno de uma semana) para atingir a composição gasosa, enquanto as com atmosfera ativa a modificação ocorre imediatamente [2], [19].

Paulsen et al. [13], avaliaram tomates cereja minimamente processados embalados em atmosfera modificada passiva. Foram retirados os pedúnculos e logo os tomates foram lavados, sanitizados em solução de hipoclorito de sódio (NaClO) 100 mg.L⁻¹, enxaguados, secos e embalados em atmosfera modificada passiva. Os materiais utilizados para as embalagens foram diferentes filmes poliméricos: polietileno (PE), polietileno perfurado (PEp) e polipropileno perfurado (PPp). Os filmes contendo os tomates foram selados com injeção de ar e armazenados no escuro a 7 °C por 21 dias, sendo feitas avaliações em 0, 7, 14 e 21 dias de armazenamento.

Na pesquisa de Paulsen et al. [13], as embalagens atingiram concentrações de equilíbrio entre 14–19 kPa e 2–3 kPa de O₂ e CO₂, respectivamente. Uma modificação moderada da atmosfera foi suficiente para reduzir a taxa de respiração, refletindo na conservação pós-colheita do tomate cereja pronto para consumo. Foram obtidas reduções na perda de peso e na deterioração sensorial em relação ao controle (tomate não embalado). Os parâmetros de cor e firmeza, foram mantidos com a firmeza permanecendo constante nos tomates acondicionados nas embalagens com atmosfera modificada (parâmetro que mostrou uma perda de 37% para os tomates controle). Ainda, as menores concentrações de O₂ obtidas com embalagens de PE (14,2 kPa) resultaram na maior retenção de firmeza e maior redução da taxa de respiração. Quanto à qualidade sensorial, os tomates cereja embalados em PE apresentaram vida útil de pelo menos 21 dias a 7 °C, sendo essa a condição que os autores indicam para armazenamento refrigerado pós-colheita de tomate cereja [13].

Paulsen et al. [12] avaliaram o efeito da temperatura no teor de glicosinolatos e na vida útil de brócolis minimamente processados embalados em atmosfera modificada passiva. Os brócolis foram lavados, desinfetados, embalados em PP e armazenados a diferentes temperaturas de 4, 8 e 15 °C por 21 dias. Foram avaliadas a perda de peso, composição da atmosfera da embalagem, taxa de respiração, cor, textura, teor de glicosinolatos, capacidade antioxidante e atributos sensoriais. Ao final dos 21 dias, a

temperatura de armazenamento de 4 °C conservou a qualidade sensorial, textura, conteúdo de glicosinolatos total e capacidade antioxidante. Quando armazenados a 15 °C ocorreu a perda de conteúdo total de glicosinolatos e o brócolis apresentou qualidade sensorial inaceitável. A utilização de embalagem com atmosfera modificada controlou os efeitos da temperatura de armazenamento, sendo promissora na temperatura de 8 °C, a qual mostrou retenção do conteúdo total de glucosinolatos e valores mais elevados de capacidade antioxidante. Assim, a atmosfera modificada é uma tecnologia apropriada para prolongar a vida útil de brócolis minimamente processados [12].

A vida útil de morangos minimamente processados foi avaliada por Paulsen et al. [11] utilizando embalagens com baixo custo produzidas em seis diferentes condições: polímeros polietileno (PE), polipropileno (PP) e polietileno tereftalato (PET) em sistemas de atmosferas passiva e ativa (controlando O₂, CO₂ e N₂) à temperatura de armazenamento de 5 °C. Os morangos foram lavados, cortados para remover a haste e desinfetados com NaClO. Durante o tempo de armazenamento a atmosfera interna da embalagem, os atributos gerais de qualidade e a estabilidade microbiológica foram acompanhados. Os três polímeros resultaram em embalagens adequadas, sendo que, tanto para a atmosfera passiva quanto ativa, os morangos alcançaram vida útil de até 9 dias, avaliada por atributos sensoriais ou crescimento fúngico. Ademais, os resultados mostraram que o uso de atmosfera modificada ativa não apresentou aumento na vida útil em comparação com a atmosfera passiva [11].

A qualidade de arilos de romã minimamente processados foi avaliada por Moradinezhad et al. [16] utilizando revestimento de ácido ascórbico combinado com o uso de embalagem com atmosfera modificada (ativa e passiva). Os arilos de romã foram tratados com e sem o uso de revestimento com posterior armazenamento em recipientes de PP. Para a embalagem ativa, foram utilizadas combinações de O₂, CO₂ e N₂ em diferentes concentrações. Para todos os tratamentos, foram utilizadas temperaturas de refrigeração (3 °C) e as amostras foram avaliadas durante 25 dias de armazenamento. Como resultados, os autores relataram que o uso de embalagem com atmosfera modificada ativa (maiores concentrações de O₂ ou CO₂ com revestimento de ácido ascórbico) mantiveram a qualidade sensorial e prolongaram a vida útil de arilos de romã em até 20 dias de armazenamento a 3 °C, apresentando números aceitáveis em relação às análises sensorial e antimicrobiana.

O efeito de diferentes concentrações dos gases O₂ e CO₂ na conservação de berinjelas minimamente processadas foi alvo do estudo de Nasser et al. [17] formando uma embalagem com atmosfera modificada ativa. As berinjelas foram higienizadas, processadas e embaladas em nylon e polietileno transparente, mantidas em refrigeração e umidade relativa controlada, por 10 dias. Diante dos resultados, a atmosfera com maior concentração de CO₂ (8%) reduziu intensamente a taxa respiratória das berinjelas minimamente processadas e as mantidas a 4% O₂ + 6% CO₂ apresentaram melhores notas na análise visual e intenção de compra no período de 10 dias. Para as que foram embaladas somente a vácuo houve intenção de compra mais baixa.

Revestimento de quitosana combinado com o uso de embalagem com atmosfera modificada ativa para pepino minimamente processado foram avaliados por Olawuyi et

al. [8]. A quitosana foi utilizada nas concentrações de 0, 1 e 2% para a elaboração dos revestimentos, os tratamentos foram embalados em embalagem modificada com presença de ar, N₂ ou argônio (Ar) durante 12 dias de armazenamento a 5 °C. Os autores relataram que a quitosana teve efeito significativo em relação a qualidade do pepino e que o uso de embalagem modificada a base de Ar foi mais eficaz em relação às embalagens modificadas a base de ar ou N₂. O uso de ar retardou a respiração dos tecidos, alterações fisiológicas e alteração de cor, bem como aumentou a vida útil do pepino minimamente processado durante os 12 dias de armazenamento.

EMBALAGENS ATIVAS NA CONSERVAÇÃO DE FRUTAS E HORTALIÇAS MINIMAMENTE PROCESSADAS

As embalagens ativas de alimentos vêm sendo estudadas por protegerem e interagirem com os alimentos, aumentando sua vida útil [7], [20]. Essas embalagens são formadas com a inserção de sachês ou etiquetas contendo agentes bioativos ou pela incorporação desses agentes diretamente na matriz polimérica da embalagem, como pelo uso de filmes bioativos ou ainda revestimentos comestíveis. Diversos tipos de agentes bioativos podem ser utilizados, como óleos essenciais, extratos fenólicos ou compostos bioativos isolados. Sua ação pode ser por contato direto com o alimento ou pela ação dos voláteis [4], [7]. Ainda, esses agentes bioativos podem ser obtidos pelo aproveitamento de subprodutos vegetais como a elaboração de extrato fenólico da casca de pinhão [21], [22] e óleo essencial da casca de laranja [20], ambos com atividades antioxidante e antimicrobiana.

Os compostos bioativos apresentam alta degradação frente a elementos externos, assim sua encapsulação é uma alternativa promissora prolongando sua ação, sendo essa mais efetiva quando em comparação com o composto aplicado na forma livre [21]–[23].

As embalagens ativas antimicrobianas são uma das principais inovações aplicadas na conservação de alimentos, sendo utilizadas para frutas e hortaliças minimamente processadas [4], [7]. Um exemplo disto é o estudo de Viacava et al. [3] que microencapsularam óleo essencial de tomilho para formação de embalagem ativa para conservação de alface minimamente processada. Para encapsulação foi utilizado um complexo de inclusão formado pelo óleo essencial e β -ciclodextrina, o qual foi preparado pela técnica de co-precipitação. A alface foi armazenada na embalagem ativa sob refrigeração por 12 dias. A aplicação de embalagem ativa aumentou a vida útil da alface e ao longo do tempo de armazenamento notou-se aumento do conteúdo fitoquímico e da atividade antioxidante. O óleo essencial de tomilho microencapsulado apresentou efeito bacteriostático frente a bactérias mesófilas e psicrófilas e redução da contagem de Enterobacteriaceae, leveduras e bolores durante todo o período de armazenamento [3].

Chen et al. [14] utilizaram óleo essencial de gengibre em nanoemulsões para conservação de melões minimamente processados. As nanoemulsões foram produzidas pela técnica de ultrassom e o óleo essencial de gengibre foi incorporado na concentração de 0,5% e aplicado como revestimento. Os revestimentos apresentaram excelente estabilidade e a adição de óleo essencial nas emulsões manteve os atributos de qualidade

durante o armazenamento do melão minimamente processado a 4 °C. O teor de sólidos solúveis totais e a perda de peso foram reduzidos em 6,4% e 3,7%, respectivamente. A capacidade antioxidante e o teor de vitamina C no melão aumentaram mais de 56%. Além disso, foi inibido o desenvolvimento microbiano após 10 dias de armazenamento [14].

Kim e Min [18] investigaram a inativação de *Salmonella* em repolho minimamente processado acondicionado em PET usando um tratamento integrado na embalagem com plasma frio e peróxido de hidrogênio (H₂O₂). No estudo, as fatias de repolho foram cortadas sendo retirada a porção branca. As fatias foram lavadas com NaClO a 300 ppm por 3 min, enxaguadas com água destilada e secas em capela de risco biológico antes da inoculação com *Salmonella*. Para elaboração da embalagem, o H₂O₂ foi adicionado em almofadas de PP nas concentrações de 3, 10, 20 e 30%, respectivamente, as quais foram incorporadas na embalagem de PET. O sistema de tratamento de plasma frio por descarga em barreira dielétrica à pressão atmosférica foi aplicado nas fatias de repolho por 1, 2 e 3 min para determinar os efeitos do tempo de tratamento na inativação de *Salmonella*. Com o aumento no tempo de tratamento ocorreu uma redução nas contagens de *Salmonella* e, com o aumento na quantidade de H₂O₂ aplicada, maior foi a redução. Foi encontrado aumento na concentração de malondialdeído nas fatias e não houve influência na atividade antioxidante nem na cor [18].

O uso de embalagem ativa na conservação de alface minimamente processada foi estudado por Llana-Ruíz-Cabello [15]. A embalagem foi elaborada com ácido polilático (PLA) e succinato de polibutileno (PBS) por extrusão incorporando diferentes concentrações de óleo essencial de orégano (0, 2, 5 e 10%). A alface foi armazenada nas embalagens a 4 °C por 8 dias. Os autores avaliaram o teor de ácidos graxos poliinsaturados e fitoesteróis dietéticos, os quais foram mantidos quando a alface foi acondicionada na embalagem ativa contendo 5 e 10% de óleo essencial de orégano até os 8 dias de armazenamento [15].

É crescente o uso de embalagens com atmosfera modificada e ativas para acondicionamento de alimentos tanto de origem vegetal quanto animal. Frente ao exposto pelas pesquisas supracitadas, podemos observar que essas embalagens são promissoras para serem inseridas no mercado na conservação de frutas e hortaliças minimamente processadas aumentando sua vida útil.

CONCLUSÕES E PERSPECTIVAS FUTURAS

Produtos minimamente processados geralmente apresentam vida útil reduzida, com isso novas tecnologias vêm sendo desenvolvidas afim de preservar as características relacionadas a esses produtos. O uso de embalagens ativas e com atmosfera modificada (tanto ativa quanto passiva) mostrou-se efetivo para a conservação de frutas e hortaliças minimamente processadas, aumentando a vida útil e mantendo suas características o mais próximo do vegetal fresco. Diversos estudos foram relatados nessa revisão bibliográfica e todos demonstram alta efetividade das embalagens aplicadas, apresentando poucas alterações em relação as propriedades bioquímicas e microbiológicas após o período de

armazenamento e sob refrigeração, resultando em um produto minimamente processado com vida útil prolongada.

Além de aumentar a vida útil, muitos desses sistemas de embalagens não agregam custo elevado ao produto. Com isso, espera-se o crescimento das pesquisas nessa área e a aplicação dessas embalagens no comércio de frutos e hortaliças. Pesquisas futuras relacionadas ao desenvolvimento de novas embalagens para produtos minimamente processados devem ser mais exploradas. Sugere-se o desenvolvimento de filmes biodegradáveis incorporados com agentes bioativos naturais, tanto na sua forma livre ou encapsulada, podendo ser uma alternativa promissora e eficaz de substituição do uso de filmes plásticos convencionais para embalagens desses produtos.

AGRADECIMENTOS

Agradecimentos à Universidade Federal de Pelotas, UFPel, à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES (001), Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPQ (306378/2015-9) e Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio Grande do Sul (BR) - FAPERGS (17/255100009126).

REFERÊNCIAS

- [1] Khan MR, Di Giuseppe FA, Torrieri E, Sadiq MB. “Recent advances in biopolymeric antioxidant films and coatings for preservation of nutritional quality of minimally processed fruits and vegetables” *Food Packag. Shelf Life*, 2021; 30:100752.
- [2] Martín-Belloso O, Soliva-Fortuny R. *Advances in Fresh-Cut Fruits and Vegetables Processing*. CRC Press - Taylor & Francis Group, 2016.
- [3] Viacava GE, Ayala-Zavala JF, González-Aguilar GA, Ansorena MR. “Effect of free and microencapsulated thyme essential oil on quality attributes of minimally processed lettuce,” *Postharvest Biol. Technol.*, 2018; 145:125–133
- [4] Barros-Velazquez J. *Antimicrobial food packaging*, no. 8. Elsevier, 2016.
- [5] Wen P, Zhu D-H, Wu H, Zong M-H, Jing Y-R, Han S-Y. “Encapsulation of cinnamon essential oil in electrospun nanofibrous film for active food packaging” *Food Control*, 2016; 59:366–376
- [6] Bruni GP, Acunha TS, Oliveira JP, Fonseca LM, Silva FT, Guimarães VM, *et al.*, “Electrospun protein fibers loaded with yerba mate extract for bioactive release in food packaging,” *J. Sci. Food Agric.*, 2020; 100: 3341–3350.
- [7] Tao M, Chen J, Huang K. “Bio-based antimicrobial delivery systems for improving microbial safety and quality of raw or minimally processed foods” *Curr. Opin. Food Sci.*, 2021; 41:189–200.
- [8] Olawuyi IF, Park JJ, Lee JJ, Lee YW. “Combined effect of chitosan coating and modified atmosphere packaging on fresh-cut cucumber,” *Food Sci. Nutr.*, 2019; 7:1043–1052.

- [9] Alvarez C. “Mixing fruits in ready-to-eat packaging leads to physiological changes that modify quality attributes and antioxidant composition,” 2022; 140.
- [10] Nicolosi E, Ferlito F, Amenta M, Russo T, Rapisarda P. “Changes in the quality and antioxidant components of minimally processed table grapes during storage,” *Sci. Hortic. (Amsterdam)*. 2017; 232:175–183.
- [11] Paulsen E, Barrios E, Lema, P. “Production of packaged ready – to – eat whole strawberries (cv. San Andreas): Packaging conditions for shelf-life extension,” *Food Packag. Shelf Life*, 2021; 29: 100696.
- [12] Paulsen E, Barrios S, Baenas N, Moreno DA, Heinzen H, Lema P. “Effect of temperature on glucosinolate content and shelf life of ready-to-eat broccoli florets packaged in passive modified atmosphere,” *Postharvest Biol. Technol.*, 2018; 138:125–133.
- [13] Paulsen E, Barrios S, Lema P. “Ready-to-eat cherry tomatoes: Passive modified atmosphere packaging conditions for shelf life extension,” *Food Packag. Shelf Life*, 2019; 22: 100407.
- [14] Chen F, Kowaleguet GGM, Shi W, Zhang S, Dai J, Ban Z, *et al.*, “Associating chitosan and nanoemulsion as a delivery system of essential oil; the potential on quality maintenance of minimally processed produce,” *LWT*, 2022; 155: 112925.
- [15] Llana-Ruíz-Cabello M, Puertoa M, Pichardoa S, Jiménez-Morillo NT, Bermúdez JM, Aucejo S, *et al.*, “Preservation of phytosterol and PUFA during ready-to-eat lettuce shelf-life in active bio-package,” *Food Packag. Shelf Life*, 2019; 22: 100410.
- [16] Moradinezhad F, Ansarifar E, Moghaddam MM. “Extending the shelf life and maintaining quality of minimally-processed pomegranate arils using ascorbic acid coating and modified atmosphere packaging,” *J. Food Meas. Charact.*, 2020; 14: 3445–3454
- [17] Nasser MD, Mariano-Nasser FAC, Borges CV, Kovalski TR, Furlaneto KA, Vieites RL. “The use of active modified atmosphere for the conservation of minimally processed eggplant,” *Hortic. Bras.*, 2018; 36: 439–445, 2018
- [18] Kim YE, Min SC. “Inactivation of Salmonella in ready-to-eat cabbage slices packaged in a plastic container using an integrated in-package treatment of hydrogen peroxide and cold plasma,” *Food Control*, 2021; 130: 108392.
- [19] N. Jorge. Embalagens para alimentos. Cultura Acadêmica : Universidade Estadual Paulista, Pró-Reitoria de Graduação, 2013.
- [20] Evangelho JA, Crizel RL, Chaves FC, Prietto L, Pinto VZ, Miranda MZ, *et al.*, “Antibacterial activity , optical , mechanical , and barrier properties of corn starch films containing orange essential oil,” *Carbohydr. Polym.*, 2019; 222: 114981.
- [21] Cruz EP, Fonseca LM, Radünz M, Silva FT, Gandra EA, Zavareze ER, *et al.*, “Pinhão coat extract encapsulated in starch ultrafine fibers: Thermal, antioxidant, and antimicrobial properties and in vitro biological digestion,” *J. Food Sci.*, 2021; 86: 2886–2897
- [22] Fonseca LM, Oliveira JP, Crizel RL, Silva FT, Zavareze ER, Borges CD. “Electrospun Starch Fibers Loaded with Pinhão (*Araucaria angustifolia*) Coat

- Extract Rich in Phenolic Compounds,” *Food Biophys.*, 2020; 15: 355–367.
- [23] Fonseca LM, Cruxen CES, Bruni GP, Fiorentini, AM, Zavareze ER, *et al.*, “Development of antimicrobial and antioxidant electrospun soluble potato starch nanofibers loaded with carvacrol,” *Int. J. Biol. Macromol.*, 2019; 139: 1182–1190.

DOI: <https://doi.org/10.53934/9786585062039-58>

CAPÍTULO 58

INFLUÊNCIA DAS CARACTERÍSTICAS NÃO SENSORIAIS NA ACEITAÇÃO SENSORIAL DE ALIMENTOS E BEBIDAS

Vanessa Caroline de Oliveira *; Érica Nascif Rufino Vieira 

*Autor correspondente (Corresponding author) – Email: vanessa.c.oliveira@ufv.br

Resumo: A influência de um alimento e bebida é ditado por uma combinação complexa de fatores como a aceitabilidade e a preferência do consumidor em relação as características sensoriais do alimento. Mas fatores não sensoriais também envolvem o processo de aceitabilidade do produto. Esta revisão bibliográfica teve como objetivo apresentar os como os fatores não-sensoriais influenciam na aceitabilidade sensorial de alimentos e bebidas. Um dos fatores não-sensoriais como as marcas, aquelas que são mais conhecidas tem maior poder de impulsionar as experiências de sabor dos consumidores e a aceitabilidade do alimento. As informações contidas nos rótulos dos alimentos (conservantes, corantes, aromatizantes) também são considerados fatores não sensoriais, são percebidas pelos consumidores como alimentos não naturais. Os fatores culturais e familiares também influenciam o gosto e preferência do consumidor. Os efeitos culturais com o alimento começa desde a infância. A exposição repetida aos alimentos aumenta a familiaridade e a preferência alimentar. A alegação “orgânica” informa explicitamente os consumidores sobre o método de produção de alimentos. Com base nessa afirmação, as pessoas geralmente normalmente inferem ao alimento a legalidade de serem saudáveis. Conclui-se que os fatores considerados não-sensoriais tem um grande impacto na aceitabilidade de alimentos e bebidas. O conhecimento sobre a marca do produto e a alegação orgânica aumentou a preferência e gosto geral pelos alimentos. É importante levar em consideração todos esses fatores não-sensoriais em pesquisas futuras e empregar principalmente medidas de emoções alimentares que sejam sensíveis e bem estabelecidas para mostrar as diferenças dos consumidores em relação a aceitabilidade dos alimentos.

Palavras-chave: Análise sensorial; Cultura alimentar; Fatores transculturais

Abstract: The influence of a food and beverage is dictated by a complex combination of factors such as acceptability and consumer preference for the sensory characteristics of the food. But non-sensory factors also involve the process of product acceptability. This literature review aimed to present how non-sensory factors influence the sensory acceptability of foods and beverages. One of the non-sensory factors like brands, those that are best known have the greatest power to drive consumers' taste experiences and food acceptability. The information contained on food labels (preservatives, colorings,

flavorings) are also considered non-sensory factors, they are perceived by consumers as unnatural foods. Cultural and family factors also influence consumer taste and preference. The cultural effects with food starts from childhood. Repeated exposure to food increases familiarity and food preference. The “organic” claim explicitly informs consumers about the food production method. Based on this assertion, people generally infer from food the legality of being healthy. It is concluded that non-sensory factors have a great impact on the acceptability of food and beverages. Knowledge about the product brand and the organic claim increased the general preference and taste for the food. It is important to take all these non-sensory factors into account in future research and to employ mainly sensitive and well-established measures of food emotions to show consumers' differences in food acceptability.

Key Word: Sensory analysis. Food culture. Cross-cultural factors.

INTRODUÇÃO

A aceitação de um alimento ou bebida é determinado pelas suas características sensoriais e também pelo papel relevante de outras características não sensoriais. Uma compreensão completa das reações humanas aos alimentos depende de um contexto de das suas influências alimentares e também não alimentares (1).

A compra, recompra, escolha, aceitabilidade e preferência do consumidor estão envolvidas no processo de formação que envolve as características sensoriais do produto, que são fortemente decisivas para a aceitação do consumidor (2,3).

Além disso, fatores não sensoriais influenciam na escolha e aceitabilidade do consumidor. Fatores como a marca do alimento (4,5), a rotulagem, características do ambiente em que o alimento é servido (6), a cultura de determinada população (7) e sobre a atribuição de valores saudáveis e sustentáveis e a classificação de um produto como orgânico (8, 9, 10) influenciam positivamente ou negativamente as impressões e a aceitabilidade das pessoas sobre um alimento.

O objetivo deste trabalho foi apresentar os como os fatores não-sensoriais influenciam na aceitabilidade sensorial de alimentos e bebidas.

MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi realizada em formato de artigo de revisão tipo narrativa. As fontes de dados utilizados foram ResearchGate, Scielo, Capes Periódicos e ScienceDirect no período de 2005-2022. Os descritores utilizados foram: “análise sensorial”, “cultura alimentar”, “fatores transculturais” e “fatores não-sensoriais” e a pesquisa foi realizada com os termos em português e em inglês.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Marca

A familiaridade alimentar corresponde as características extrínsecas do alimento como a marca. A familiaridade com a marca dá aos consumidores uma confiança e comprometimento com marcas específicas (11) e facilita sua preferência (4). A marca de um alimento ou bebida é um dos fatores que mais afetam a aceitação dos consumidores (12).

Os efeitos da familiaridade com a marca já começam em tenra idade, como demonstrado por Robinson et al. (2020) (13), como os efeitos da marca de fast-food afeta nas preferências de gosto de crianças pequenas. Concluíram que a marca de alimentos e bebidas influencia percepção do paladar das crianças pequenas, indicando que as crianças preferiram os sabores de alimentos e bebidas se eles pensassem que eram de McDonalds.

O efeito da marca de quatro leites fermentados probióticos comerciais (A, B, C e D) foram avaliados sobre o gosto geral (5). As informações sobre a marca e a alegação de probióticos tiveram pouco impacto no gosto geral dos leites fermentados probióticos comerciais. Mas o conhecimento sobre a marca aumentou o gosto geral apenas para um produto, bem como reduziu o risco relativo de dois produtos receberem notas abaixo de cinco na escala hedônica de nove pontos.

O impacto direto e indireto dos valores alimentares foram analisados (14), norma subjetiva e amor à marca na lealdade comportamental em relação a restaurantes de fast food no México. Os pesquisadores concluíram que o amor à marca é a variável que exerceu maior impacto direto na lealdade comportamental.

Os efeitos da frequência do uso de molho de soja, os níveis de neofobia alimentar e especificidade da marca no gosto de um sabor relativamente desconhecido em um estudo na Holanda foram investigados (15). Os pesquisadores concluíram que a apresentação da marca do molho de soja aos provadores funcionou como modulador do gosto. Os molhos de soja que foram reconhecidos corretamente com a marca familiar dos participantes, receberam classificações de gosto 50% mais altas que outros molhos de soja.

Rotulagem do alimento

A rotulagem de um alimento pode influenciar o provador na sua resposta hedônica quanto a diferenciação de um produto, independente de suas propriedades sensoriais (16). A rotulagem de um alimento é um fator importante na aceitabilidade de alimentos. Os consumidores têm uma clara desconfiança de ingredientes listados na rotulagem que não conhecem ou que não reconhecem seus nomes (por exemplo farinha de sorgo) ou aqueles ingredientes que são descritos por números ou nomes químicos, interferindo na escolha pelo alimento (17).

A naturalidade percebida pelos consumidores sobre os corantes e aromatizantes listados nos rótulos dos produtos como ingredientes foi estudada por Murley e Chambers (2019). Os resultados indicaram que o produto alimentício (bebida) foi mais importante

em relação aos ingredientes e corantes e aromatizantes, bem como outros ingredientes nos rótulos, influenciaram a percepção de naturalidade dos consumidores (18).

As diferenças nas atitudes dos consumidores europeus, asiáticos e norte-americanos em relação aos alimentos rotulados como sustentáveis foram verificadas em um estudo por Sánchez-Bravo et al. (2020). Os principais resultados encontrados se referem ao conhecimento da sustentabilidade alimentar e as preocupações com problemas relacionados diferiam entre as culturas e os níveis de idade e educação (19).

Características do ambiente

Dependendo do contexto de consumo, crenças ou expectativas prévias dos consumidores em relação ao local e a qualidade da comida servida pode predispor a um estado de espírito diferente, levando os consumidores a um comportamento e avaliação diferentes (20).

Um estudo preliminar de grupo focal sobre crenças sobre a comida servida em diferentes contextos de consumo foi realizado (21). Concluíram que os consumidores associam diferentes locais de alimentação a diferentes níveis de qualidade, preço e tipos de produtos. Além disso, também associam os locais de alimentação a modos de preparo diferentes: universidades ou cantinas de empresas, restaurantes de fast-food são fortemente associados a produtos prontos, enquanto brasseries (restaurante com um ambiente descontraído) e restaurantes gastronômicos estão associados a preparações “caseiras

Em uma pesquisa sobre as influências ambientais na ingestão de alimentos e na escolha de alimentos (22), tiveram como resultados, os fatores ambientais (por exemplo, o número de pessoas presentes, locais de alimentação, iluminação, distração das pessoas, etc.) interferem na escolha e consumo de alimentos.

O contexto físico de como um fator que poderia influenciar na escolha do alimento foi investigado (23). Avaliaram uma bebida familiar (bebida de chá de ervas) em um refeitório escolar e um laboratório. Os resultados deste estudo mostraram uma menor magnitude geral da saciedade sensorial-específica (SSS) olfativa no ambiente da cafeteria, sugerindo que as variáveis contextuais (ambiente) pode afetar a SSS.

Os efeitos dos fatores do ambiente como a trilha sonoras personalizadas congruentes com o gosto dos alimentos na aceitabilidade alimentar foi avaliado (24). conforme indicado pelos movimentos dos olhos, os pesquisadores descobriram que os consumidores chineses e dinamarqueses se fixavam mais em comida salgada enquanto tocavam música 'salgada', e fixou-se mais em comida doce enquanto tocava música 'doce', independentemente da cultura.

Valores Culturais

O fator cultural é um elemento-chave que influencia as escolhas alimentares dos consumidores e suas crenças e atitudes relacionadas à alimentação (7). a cultura modula o nosso comportamento, orienta nossas preferências, e ajusta nosso paladar. desse modo, o fator cultural influencia a maneira de representação dos grupos sociais e de indivíduos (25).

Na Figura 1, estão apresentadas algumas relações esquemáticas dos fatores considerados nesses estudos transculturais.

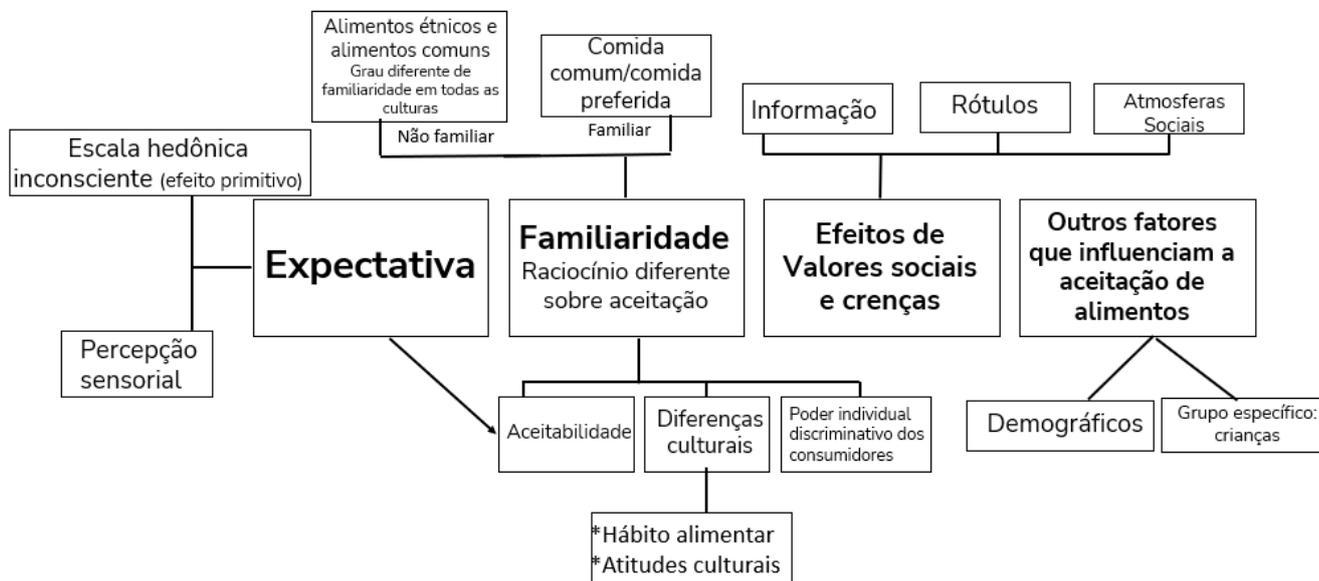


Figura 1 – Relações dos fatores transculturais na aceitabilidade de alimentos e bebidas
 Fonte: Adaptado (7).

A expectativa de um indivíduo sobre determinados alimentos e bebidas, é considerada um fator cultural. A influência dos utensílios de chá nas expectativas e percepções foi verificada (26). Como resultados, os participantes chineses expressaram diferenças percebidas na amargura e adstringência dependendo das xícaras usadas, enquanto as expectativas dos participantes dos EUA não diferiram. Isso provavelmente ocorre porque os participantes chineses baseavam suas expectativas de sabor do chá no tipo de xícara usada para servi-lo, que é baseado em suas experiências anteriores.

Os efeitos da familiaridade no poder discriminativo dos consumidores revela que esses critérios influenciam na capacidade de aceitabilidade e diferenciação de amostras (7). O quanto consumidores gostavam de molhos étnicos em um contexto transcultural foi avaliado (27). Os participantes dos Emirados Árabes que não estavam acostumados a alimentos condimentados classificaram todas as amostras de molho picante feitas com o produto de pasta de pimenta fermentada *gochujang* muito maior em intensidade de especiarias em comparação com os consumidores coreanos participantes, que já estão acostumados esse estímulo gustativo com frequência.

As informações contidas nos rótulos podem influenciar a aceitabilidade de um alimento diante do consumidor que pode ser independente das características sensoriais daquele alimento sendo um efeito de valores sociais ou crenças. Os consumidores podem considerar aquelas informações na rotulagem como fator de escolha. A aceitação de barras de cereais feitas a partir do aproveitamento de grãos gastos de cervejaria da Itália foram avaliadas (28). Concluíram que a rotulagem atraente, destacando as características

não-sensoriais importantes, teve um efeito positivo significativo na intenção de compra ao fornecer informações nutricionais (conteúdo de fibra) ou sustentabilidade (uso de ingredientes naturais “reciclados”).

A cultura também pode influenciar a aceitabilidade de alimentos pelas crianças. Pesquisadores afirmam que a exposição alimentar é um fator fundamental no desenvolvimento das preferências alimentares (29, 30). Mas a exposição em si não garante um aumento na sua aceitação alimentar (31). Isso acontece porque as preferências alimentares tendem a se desenvolver em contextos positivos (32), que também podem ser dependentes da cultura. Em um estudo com crianças chilenas, chinesas e norte-americanas (33) revelou que a cultura foi um fator importante que influenciou as preferências vegetais dos participantes. Especificamente, as crianças na China apresentaram pontuações gerais de gosto mais altas do que as crianças nos EUA, e nos EUA, mais altas do que no Chile. A idade e o sexo das crianças não influenciaram o gosto geral por vegetais das crianças nos três países.

Atribuição de valores saudáveis e sustentáveis e a classificação de um produto como orgânico

A origem do produto impõe quais as atitudes dos consumidores em potencial sobre questões ambientais e de saúde. Como por exemplo, pessoas com atitudes mais positivas em relação ao meio ambiente ou à saúde tendem a avaliar os produtos de forma mais positiva quando há a informação que esses produtos são orgânicos (34, 35).

A alegação orgânica informa os consumidores sobre o método de produção de alimentos. Esta alegação representa um conjunto de atributos que vai além das características específicas da produção (por exemplo, uso de fertilizantes, manejo de pragas e tratamento do solo). Em termos específicos os produtos orgânicos estão associados a preocupações com meio ambiente e saúde, princípios éticos, aspectos de nutrição e segurança alimentar (36). Os consumidores veem os alimentos orgânicos de uma forma mais positiva quando se compara com os alimentos convencionais (37).

Em dois estudos, o impacto da alegação orgânica na avaliação do produto foi avaliado em dimensões avaliativas diferentes, incluindo propriedades sensoriais, julgamentos nutricionais e juízos de valor. Quando comparado aos alimentos convencionais, alimentos orgânicos são percebidos como tendo melhores qualidades nutricionais (38, 39), e neste estudo como ambientalmente mais amigável (40).

CONCLUSÕES

Conclui-se que os fatores considerados não-sensoriais tem um grande impacto na aceitabilidade de alimentos e bebidas. O conhecimento sobre a marca do produto e a alegação orgânica aumentou a preferência e gosto geral pelos alimentos. É importante levar em consideração todos esses fatores não-sensoriais em pesquisas futuras e empregar principalmente medidas de emoções alimentares que sejam sensíveis e bem estabelecidas para mostrar as diferenças dos consumidores em relação a aceitabilidade dos alimentos.

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).

REFERÊNCIAS

1. Rozin P, Tuorila H. Simultaneous and temporal contextual influences on food acceptance. *Food Quality and Preference*, 1993; 4:11-20.
2. Tuorila, H, Cardelo A. Consumers response to an off-flavor in juice in the presence of specific health claims. *Food Quality and Preference*. 2002; 13:561-569.
3. Sabbe S, Verbeke W, Van Damme P. Confirmation/disconfirmation of consumers' expectations about fresh and processed tropical fruits products. *International Journal of Food Science and Technology*. 2009; 44:539-551.
4. Paasovaara R, Luomala HT, Pohjanheimo T, Sandel M. Understanding consumers' brand-induced food taste perception: a comparison of 'brand familiarity' – and 'consumer value-brand symbolism (in) congruity'- accounts. *Journal of Consumer Behaviour*. 2012; 11:11-20.
5. Conti-Silva AC, Souza-Borges PK. Sensory characteristics, brand and probiotic claim on the overall liking of commercial probiotic fermented milks: which one is more relevant? *Food Research International*. 2019; 116:184-189.
6. Edwards JSA, Meiselman HL, Edwards A, Leshner L. The influence of eating location on the acceptability of identically prepared foods. *Food Quality and Preference*. 2003; 14:647-652.
7. Jeong S, Lee J. Effects of cultural background on consumer perception and acceptability of foods and drinks: a review of latest cross-cultural studies. *Current Opinion in Food Science*. 2021; 42:248-256.
8. Hemmerling S, Obermowe T, Canavari M, Sidali, K. L.; Stolz H, Spiller A. Organic food labels as a signal of sensory quality-insights from a cross-cultural consumer survey. *Organic Agriculture*. 2013; 3:57-69.
9. Silva AR de A, Bioto AS, Efraim P, Queiroz, G de C. Impact of sustainability labeling in the perception of sensory quality and purchase intention of chocolate consumers. *Journal of Cleaner Production*. 2017; 141:11-21.

10. Pambo KO, Okello JJ, Mbeche RM, Kinyuru JN, Alemu, MH. The role of product information on consumer sensory evaluation, expectations, experiences and emotions of cricket-flour-containing buns. *Food Research International*. 2018; 106:532-541.
11. Ashley C, Leonard H. Betrayed by the buzz? Covert content and consumer-brand relationships. *Journal of Public Policy and Marketing*. 2009; 28:212-220.
12. Gadioli IL, Pineli LLO, Rodrigues JSQ, Campos AB, Gerolim IQ, Hiarello MDC. Evaluation of packing attributes of orange juice on consumers' intention to purchase by conjoint analysis and consumer attitudes expectation. *Journal of Sensory Studies*. 2013; 28:57-65.
13. Robinson TN, Borzekowski DL, Matheson DM, Kraemer HC. Effects of fast-food branding on young children's taste preferences. *Archives of Pediatrics and Adolescent Medicine*. 2007; 161:792-797.
14. Izquierdo-Yusta, A, Martínez-Ruiz MP, Pérez-Villareal, HH. Studying the impact of food values, subjective norm and brand love on behavioral loyalty. *Journal of Retailing and Consumer Services*. 2022; 65:102885.
15. Ushiana S, Vingerhoeds MH, Kanemura M, Kaneko D, RENE, Wijk RA de. Some insights into the development of food and brand familiarity: The case of soy sauce in the Netherlands. *Food Research International*. 2021; 142:110200.
16. Li T, Dando R. Impact of common food labels on consumer liking in vanilla yogurt. *Foods*. 2019; 8:584.
17. Chambers VE, Tran T, Chambers IV E. Natural: A \$75 billion word with no definition – Why not? *Journal of Sensory Studies*. 2019; 34:12501.
18. Murley T, Chambers E. The influence of colorants, flavorants and product identity on perceptions of naturalness. *Food*. 2019; 8:317.
19. Sánchez-Bravo P, Chambers IV E, Noguera-Artiaga, L, López-Lluch D, Carbonell-Barrachina ÁA, Sendra, E. Consumers' attitude towards the sustainability of different food categories. *Foods*. 2020; 9:1608.
20. Galiñanes Plaza AG, Saulais L, Blumenthal D, Delarue J. Eating location as a reference point: differences in hedonic evaluation of dishes according to consumption situation. *Food Quality and Preference*. 2019; 78:103738.

21. Galiñanes Plaza A, Saulais L, Delarue J. Can consumers' beliefs towards food preparation explain hedonic differences between consumption contexts? In 8th European Conference on Sensory and Consumer Research (2–5 September). Verona, Italy, 2018.
22. Stroebele N, De Castro JM. Effect of ambience on food intake and food choice. *Nutrition*. 2004; 20:821-838.
23. Garcia-Burgos D, Secchiari F, Calviño, A. Is sensory-specific satiety for a bitter-sweet infusion modulated by context? *Physiology & Behavior*. 2015; 140:180-187.
24. Peng-Li D, Byrne DV, Chan RC, Wang QJ. The influence of taste-congruent soundtracks on visual attention and food choice: a cross-cultural eye-tracking study in Chinese and Danish consumers. *Food Quality and Preference*. 2020; 82:103962.
25. Gómez-Corona C, Valentin D. Na experimental culture: a review on user, product, drinking and eating experiences in consumer research. *Food Research International*. 2019; 115:328-337.
26. Li X, Qi Y, Spence C, Wan X. Influence of teaware on subjective ratings of, and taste expectations concerning tea. *Food Quality and Preference*, vol. 80, p. 103834, 2020.
27. Kim MR, Chung SJ, Adhikari K, Shin H, Cho H, Nam Y. Cross-cultural consumer acceptability for ethnic fermented sauce products: comparisons among Korean, UAE, and US consumers. *Foods*. 2020; 9:1463.
28. Stelick A, Sogari G, Rodolfi M, Dando R, Paciulli, M. Impact of sustainability and nutritional messaging on Italian consumers' purchase intent of cereal bars made with brewery spent grains. *Journal of Food Science*. 2021; 86:531-539.
29. HARRIS, G. Development of taste and food preferences in children. *Current Opinion in Clinical Nutrition and Metabolic Care*. 2008; 11:315-319.
30. Barends C, Vries J de, Mojet J, Graaf C de. Effects of repeated exposure to either vegetables or fruits in infant's vegetable and fruit acceptance at the beginning of weaning. *Food Quality and Preference*. 2013; 29:157-165.
31. Newman J, Taylor, A. Effect of a means-end contingency on young children's food preferences. *Journal of Experimental Child Psychology*. 1992; 53:200-216.

32. Marty L, Chambaron S, Nicklaus S, Monnery-Patris, S. Learned pleasure from eating: An opportunity to promote healthy eating in children? *Appetite*. 2018; 120:265-274.
33. Estay K, Pan S, Zhong F, Capitaine C, Guinard JX. A cross-cultural analysis of children's vegetable preferences. *Appetite*. 2019; 142:104346.
34. Annett LE, Muralidharan V, Boxall PC, Cash SB, Wismer WV. Influence of health and environmental information on hedonic evaluation of organic and conventional bread. *Journal of Food Science*. 2008; 73:50-57.
35. Poelman A, Mojet J, Lyon D, Sefa-Dedeh S. The influence of information about organic production and fair trade on preferences for and perception of pineapple. *Food Quality and Preference*. 2008; 19:114-121.
36. Fernqvist F, Ekelund L. Credence and the effect on consumer liking of food – A review. *Food Quality and Preference*. 2014; 32:340-353.
37. Olson EL. The rationalization and persistence of organic food beliefs in the face of contrary evidence. *Journal of Cleaner Production*. 2017; 140:1007–1013.
38. Lee WJ, Shimizu M, Kniffin KM, Wansink B. You taste what you see: Do organic labels bias taste perceptions? *Food Quality and Preference*. 2013; 8:33–39.
39. Sörqvist P, Haga A, Langeborg L, Holmgren M, Wallinder M, Nörtl A, Seager, PB, Marsh JE. The green halo: Mechanisms and limits of the eco-label effect. *Food Quality and Preference*. 2015; 43:1–9.
40. Lazzarini GA, Zimmermann J, Visschers, VHM, Siegrist M. Does environmental friendliness equal healthiness? Swiss consumers' perception of protein products. *Appetite*. 2016; 105:663–673.

DOI: <https://doi.org/10.53934/9786585062039-59>

CAPÍTULO 59

ELABORAÇÃO DE KOMBUCHA ADICIONADA DE PIMENTA DEDO-DE-MOÇA (*Capsicum baccatum*) COM HIBISCO (*Hibiscus sabdariffa* L.) E ERVA-MATE (*Ilex paraguariensis*): AVALIAÇÃO DO SEU POTENCIAL FÍSICO QUÍMICO E ANTIOXIDANTE

Isac Gonçalves de Oliveira *; Julia Fagundes Trojahn ; Fernanda Gubert de Souza ; Gabriela Avello Crepaldi ; Maria Lauren Deferrari Arrojo Freitas ; Pamela Haissa de Oliveira Sampaio ; Andressa Carolina Jacques 

*Isac Gonçalves de Oliveira – Email: isacoliveira.aluno@unipampa.edu.br

Resumo: Considerada saudável e que vem se tornando popular em hábitos alimentares, a Kombucha é uma bebida fermentada à base de chá verde e/ou chá preto, açúcar e uma colônia simbiótica de leveduras e bactérias chamada SCOBY (culture of bacteria and yeast). A utilização de frutos com compostos bioativos para a realização da segunda fermentação é um dos principais objetivos de tornar a bebida kombucha funcional. A pimenta dedo-de-moça (*Capsicum baccatum*), possui uma substância chamada capsaicina, além de ser rica nas vitaminas A, B1, B2, C, E, possui benefícios energéticos, antioxidantes e analgésicos. As PANC's (Plantas Alimentícias Não Convencionais) são utilizadas na alimentação de diversas formas, porém não são produzidas ou comercializadas em grande escala, dentre elas, destaca-se o hibisco (*Hibiscus sabdariffa* L.), planta herbácea do gênero *Hibiscus* da família Malvaceae. A erva-mate (*Ilex paraguariensis*) possui em sua composição compostos bioativos como a cafeína, polifenóis, xantinas, taninos, vitaminas, entre outros. Com base nos efeitos benéficos e antioxidantes da erva mate e da pimenta dedo-de-moça que o presente trabalho tem por objetivo elaborar bebidas kombuchas adicionadas destes insumos e quantificar os compostos bioativos, tais como atividade antioxidante, compostos fenólicos, além de analisar os parâmetros físico químicos exigidos pela legislação, para esta bebida. Para as determinações físico-químicas (pH, sólidos solúveis, acidez total titulável e teor de álcool), foram utilizadas metodologias oficiais. A atividade antioxidante e os compostos fenólicos totais, foram determinados por método espectrofotométrico. Sendo assim, neste estudo evidencia-se o potencial antioxidante e a presença de compostos fenólicos nas kombuchas elaboradas a base de erva-mate, pimenta dedo-de-moça e hibisco, destacando-se a bebida adicionada de erva-mate. Também destaca-se que todas as bebidas, tiveram seus parâmetros físico-químicos conforme exigidos pela legislação.

Palavras-chave: Bebida funcional; Fenóis; Fermentação; Fontes vegetais.

Abstract: Considered healthy and becoming popular in dietary habits, Kombucha is a fermented beverage made from green tea and/or black tea, sugar and a symbiotic colony of yeast and bacteria called SCOBY (culture of bacteria and yeast). The use of fruits with bioactive compounds to carry out the second fermentation is one of the main objectives of making the kombucha drink functional. The girl's finger pepper (*Capsicum baccatum*), has a substance called capsaicin, in addition to being rich in vitamins A, B1, B2, C, E, has energy benefits, antioxidants and analgesics. The PANC's (Unconventional Food Plants) are used in food in different ways, but they are not produced or commercialized on a large scale, among them, the hibiscus (*Hibiscus sabdariffa* L.), herbaceous plant of the Hibiscus genus of the Malvaceae family. Yerba mate (*Ilex paraguariensis*) has in its composition bioactive compounds such as caffeine, polyphenols, xanthines, tannins, vitamins, among others. Based on the beneficial and antioxidant effects of yerba mate and dedo-de-moça pepper, the present work aims to elaborate kombucha drinks added with these inputs and quantify the bioactive compounds, such as antioxidant activity, phenolic compounds, in addition to analyzing the parameters physicochemicals required by legislation for this drink. For the physicochemical determinations (pH, soluble solids, total titratable acidity and alcohol content), official methodologies were used. The antioxidant activity and the total phenolic compounds were determined by spectrophotometric method. Thus, this study highlights the antioxidant potential and the presence of phenolic compounds in kombuchas made from yerba mate, finger pepper and hibiscus, highlighting the beverage added with yerba mate. that all beverages had their physico-chemical parameters as required by legislation.

Key Word: Functional drink; Phenols; Fermentation; vegetable sources

INTRODUÇÃO

Uma das bebidas consideradas saudáveis e que vem se tornando popular é a Kombucha, uma bebida fermentada a base de chá verde e/ou chá preto, açúcar e uma colônia simbiótica de leveduras e bactérias chamada SCOBY (Symbiotic Culture of Bacteria and Yeasts) e como resultado tem-se uma bebida com propriedades antioxidantes e funcionais, podendo potencializar sua característica antioxidante, a partir de uma segunda fermentação adicionando sucos naturais, chás, extratos de frutos e especiarias (1).

De acordo com a instrução normativa N°41, de 17 de setembro de 2019, para ser considerado bebida kombucha, a primeira fermentação deve ser elaborada a partir da infusão ou extrato aquoso com chás provenientes da espécie *Camellia sinensis*, no qual possui substâncias tais como teofilina, cafeína, taninos e flavonoides. Alguns parâmetros analíticos também devem ser levados em consideração, como o pH, graduação alcoólica, acidez volátil e pressão atmosférica (quando adicionada CO₂). Para a realização da segunda fermentação, denominada savorização, podem ser utilizados sucos naturais ou extratos (2).

A utilização de frutos com compostos bioativos (carotenóides, compostos fenólicos, óleos essenciais, polifenóis, vitaminas) para a realização da segunda fermentação é um dos principais objetivos de tornar a bebida kombucha funcional e nutracêutica, além de torná-la sensorialmente mais aceita. Dentre as possibilidades de espécies vegetais para agregar valor a esta bebida, tem-se a pimenta, as PANC's (Plantas Alimentícias Não Convencionais) e a Erva mate.

A pimenta dedo-de-moça (*Capsicum baccatum*), considerada uma das mais populares no Brasil e com valor nutricional considerado alto, possui uma substância chamada capsaicina, além de ser rica nas vitaminas A, B1, B2, C, E. Além dos benefícios energéticos, antioxidantes e analgésicos. Seu uso tradicionalmente é em conservas, saladas ou temperos na alimentação humana, porém com os novos hábitos alimentares, seu uso em novos produtos vem agregando valor nutricional visto que as pimentas possuem ação antioxidante que ajudam no combate ao envelhecimento precoce, oxidando os radicais livres e ações anti inflamatórias (3).

As PANC's (Plantas Alimentícias Não Convencionais) são utilizadas na alimentação, como verduras, hortaliças, especiarias, frutas, castanhas, porém elas não são produzidas ou comercializadas em grande escala, das quais o cultivo pode ser esquecido. Os benefícios nutricionais das PANC's variam de acordo com sua espécie, mas grande parte dessas plantas são fonte de nutrientes, sais minerais e vitaminas, e também possuem características antioxidantes, anti-inflamatórias e terapêuticas (4). O hibisco (*Hibiscus sabdariffa L.*) é considerado uma PANC, planta herbácea do gênero *Hibiscus* da família Malvaceae. Sua utilização como substrato na pré-saborização da kombucha seria devido a sua cor vermelha, trazendo características atrativas ao consumidor (5).

A erva-mate (*Ilex paraguariensis*) é originária da América do Sul, consumida tradicionalmente na forma de chimarrão entre os gaúchos. Na sua composição pode-se destacar alguns compostos bioativos bem como a cafeína, polifenóis, xantinas, taninos, vitaminas, entre outros. Esses compostos atuam com a ação antioxidante, antibacteriano, antifúngico e ajudam na digestão apresentando um potencial uso na elaboração de novos subprodutos assim como a kombucha (6).

Com base nos efeitos benéficos e antioxidantes da erva mate e da pimenta dedo-de-moça combinada com a PANC Hibisco, o presente trabalho tem por objetivo elaborar bebidas kombuchas adicionadas destas espécies vegetais e quantificar seu potencial antioxidante e fenólico além de analisar os parâmetros exigidos pela legislação desta bebida.

MATERIAL E MÉTODOS

Material: Para o desenvolvimento da Kombucha, foram utilizados os ingredientes chá verde açúcar cristal, obtidos do comércio local, além do SCOBY que foi obtido de fornecedor previamente selecionado. As pimentas *Capsicum baccatum* var. *pendulum*

foram obtidas de um produtor da cidade de Capão do Leão/RS. A PANC hibisco foi obtida de floricultura local no RS e a Erva Mate, do comércio local em Bagé/RS. Os materiais foram conduzidos até o laboratório de Desenvolvimento Tecnológico e Inovação, situado na Universidade Federal do Pampa – Campus Bagé, onde foram armazenados, sendo as flores selecionadas, higienizadas à 100ppm de Cloro e liofilizadas. As pimentas, após a seleção e higienização, foram congeladas à -10°C e a Erva Mate armazenada em temperatura ambiente.

Métodos: Elaboração da bebida Kombucha: Inicialmente foi preparada 3L da primeira fermentação, na proporção 1L de água para 50g de açúcar e 5g de chá verde juntamente com o SCOBY (Symbiotic Culture of Bacteria and Yeasts) e 400mL de starter (bebida já fermentada, também chamada de chá de arranque). A água foi fervida entre 80 e 90°C e realizada a infusão do chá com o açúcar por 15 minutos e após o resfriamento do chá foi adicionado o starter e o SCOBY e armazenado em incubadora B.O.D (Demanda Bioquímica de Oxigênio) com temperatura controlada à 25°C. Após 7 dias foi realizada a primeira medição de pH, devendo obedecer a faixa de 2,5 e 3,5, para realização da saborização da kombucha. Para o preparo dos extratos foram utilizados a proporção 10g/L de erva mate, 5g/L de pimenta *in natura* e 5g/L de hibisco. As kombuchas foram saborizadas, envasadas e armazenadas em incubadora B.O.D. por mais 4 dias no qual foram realizadas as determinações físico químicas, antioxidantes e compostos fenólicos.

Avaliações físico químicas: As análises de pH foram determinadas a partir da leitura direta de 10 mL de amostra, estando o equipamento previamente calibrado com soluções tampão de pH 4 e pH 7. O teor de sólidos solúveis foi determinado por refratômetro de bancada do tipo Abé, sendo sua escala em °Brix à 20°C. O teor alcoólico foi determinado a partir de densímetro Gay Lussac, indicando somente a concentração do álcool em volume, à temperatura de 20 °C. O teor de acidez titulável foi realizado por titulação com hidróxido de sódio 0,1N, até o ponto de viragem com o indicador fenolftaleína, conforme método Instituto Adolfo Lutz (5), sendo calculado de acordo com a equação 1.

$$\% \text{ de acidez} = (v \times f \times M \times 100) / P \quad [1]$$

Onde v: n° de mL da solução de hidróxido de sódio gasto na titulação, f :fator de correção da solução de hidróxido de sódio, P :massa da amostra em g ou volume pipetado em mL, M :molaridade da solução de hidróxido de sódio.

Para a determinação de compostos fenólicos totais, foi utilizado o método Singleton e Rossi (7), utilizando-se 1 mL do extrato de cada amostra, 10 mL de água, 0,5 mL de Folin-Ciocalteu e 1,5 mL de carbonato de sódio 20 %. Após o repouso da amostra por 2 horas no escuro, a leitura foi realizada no espectrofotômetro no comprimento de onda de 765 nm. Os resultados foram obtidos expressos em mg de ácido gálico. O teor de fenóis totais foi obtido através de curva- padrão expressa pela equação 2.

$$y = 0,0085x + 0,025 \quad R^2 = 0,9926 \quad [2]$$

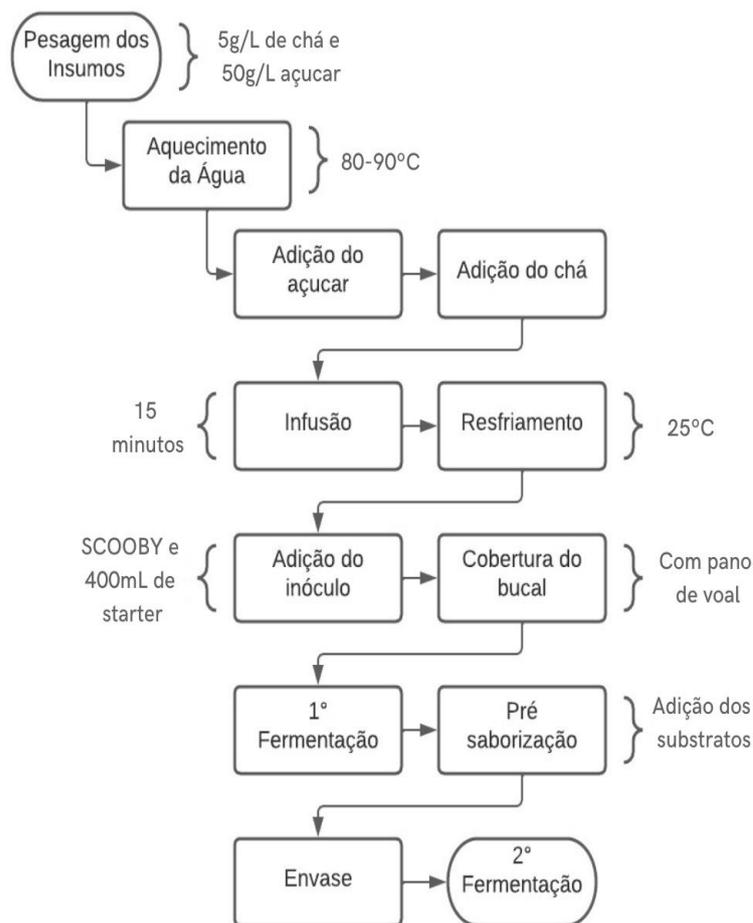
Para a análise de atividade antioxidante foi utilizada a metodologia descrita por Brand-Williams, Cuvelier e Berser (8) , utilizando-se 0,1 mL do extrato com 3,9 mL de solução DPPH em repouso por 1 hora em escuro. A leitura foi realizada no espectrofotômetro no comprimento de onda de 517 nm. O resultado foi expresso em percentual de inibição de acordo com a equação 3.

$$\% \text{Inibição} = (A_{\text{branco}} - A_{\text{amostra}}) / A_{\text{branco}} \quad [3]$$

Onde: A_{branco} é a leitura em absorbância no espectrofotômetro apenas com metanol e A_{amostra} a absorbância da amostra.

A figura 1 esquematiza as etapas de processo da produção da bebida kombucha para primeira fermentação e segunda fermentação com adição dos substratos pimenta dedo de moça com hibisco e erva-mate.

Figura 1: Fluxograma preparo e produção da 1ª e 2ª fermentação da kombucha



Fonte: Autor adaptado de Anshau (2022)

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados a seguir estão divididos em análises físico-químicas (Tabela 1) no qual são exigidas pela legislação e análises de compostos bioativos (Tabela 2).

Tabela 1 – Análises físico-químicas

Parâmetros	pH	° Brix	Teor Alcoólico (%)	Acidez titulável (%)
Kombucha Controle	2,74	6,7	0	3,09
Kombucha Erva-Mate	3,32	7,4	0	4,00
Kombucha Pimenta/Hibisco	2,88	5,1	0	3,35

Fonte (Autor, 2022)

Os resultados de pH das amostras de kombucha são enquadrados dentro da variação mínima de 2,5 e a máxima de 4,2 no qual a Instrução Normativa N° 41, de 17 de setembro de 2019 exige (2). A formação dos ácidos orgânicos durante o processo de fermentação, bem como o substrato usado na pré-saborização são fatores que podem interferir na diminuição do pH da bebida.

Durante o processo de fermentação, é esperado a diminuição dos sólidos solúveis (° Brix), visto que as bactérias e leveduras consomem todo (ou parte dele) açúcar presente na kombucha, tornando assim a bebida menos doce e mais ácida, o que sensorialmente é o aceitável entre o público que deseja adquirir a bebida.

O teor alcoólico de todas as kombuchas foi de 0%. Estudos de alguns autores, (9) comprovam que a presença do ácido acético na produção da kombucha podem oxidar o etanol, tornando assim a kombucha uma bebida não alcoólica, porém, dependendo do substrato usado na pré saborização da mesma, pode-se ter uma kombucha alcoólica, com níveis aceitáveis de até 8% permitido pela legislação.

A determinação da acidez titulável é importante para quantificar a porcentagem da acidez presente na amostra, onde grande parte dos benefícios associados a kombucha, são os ácidos formados durante os processos de fermentações que estão presentes na mesma, dentre eles os ácidos glucorônico, glucônico, láctico, málico, cítrico, tartárico, fólico, malônico, oxálico, pirúvico e úsnico, pois eles tornaram o sabor da bebida mais adstringente (10). A kombucha de erva-mate obteve um maior valor de acidez quando comparado ao estudo de (11) onde obteve como resultado 2,48, o que evidencia a maior presença de ácidos presentes na kombucha elaborada.

Tabela 2 – Análises dos compostos bioativos

Análises compostos bioativos	Atividade Antioxidante (%)	Compostos fenólicos totais (mg ácido gálico.100g-1 de bebida)
Kombucha Controle	20,86 ^c ± 1,38	104,87 ^b ±18,28
Kombucha Erva-Mate	63,90 ^a ± 2,58	177,55 ^a ±8,59
Kombucha Pimenta/Hibisco	38,96 ^b ± 3,61	91,72 ^b ±8,94

Fonte: (Autor, 2022)

Onde, ^{a,b,c} são letras distintas sobrescritas na mesma coluna que diferiram estatisticamente pelo Teste de Tukey (p=0,05).

Quando compara-se as bebidas kombuchas adicionadas das diferentes espécies vegetais, a que se destaca, tanto para atividade antioxidante como para compostos fenólicos, é a kombucha de erva-mate, com 63,9 % de inibição para os radicais livres e 177,55 mg.ácido gálico.100g-1 de compostos fenólicos totais. A partir dos dados, pode-se observar que provavelmente a maior contribuição no potencial de inibição da bebida adicionada de erva-mate, foram dos compostos fenólicos, porém vale ressaltar que a erva-mate também possui outros compostos, como cafeína, teobromina, teofilina e alcalóides. Segundo alguns estudos, (12) esses compostos atuam como estimulantes no sistema nervoso central e possuem efeitos no sistema cardiovascular. Estudos evidenciam a cafeína como o composto majoritário na erva-mate, conhecida por estimular o metabolismo, bem como fornecer energia, tornando assim a bebida kombucha de erva-mate funcional com aspecto energético (13).

Não houve diferença estatística entre os compostos fenólicos da kombucha controle e da kombucha dedo-de-moça com hibisco, podendo estar relacionado com a baixa concentração dos extratos de pimenta dedo-de-moça e hibisco adicionada a kombucha, interferindo diretamente no resultado dos compostos fenólicos totais, já a bebida adicionada de extrato de erva mate, destacou-se apresentando o valor mais elevado.

Outro composto bioativo associado à bebida kombucha, é a catequina, um composto fenólico da classe dos flavan-3-óis, abundante em chás provenientes da *camellia sinensis*, como chá verde, chá preto, chá mate, entre outros (14). Como o chá verde foi utilizado no preparo da primeira fermentação da kombucha, pode-se associar sua presença na bebida, devendo ser feitos testes de compostos fenólicos individuais para ter sua quantificação. Existem poucos estudos sobre a atividade antioxidante da kombucha quando adicionada de pimenta e hibisco em conjuntos na mesma proporção.

A kombucha de hibisco (*Hibiscus sabdariffa*) elaborada por autores (5), encontrou resultados superiores para a atividade antioxidante e valores inferiores para compostos fenólicos quando comparada a kombucha elaborada neste trabalho. Fatores ambientais influenciam nessa diferença de resultados, visto que os compostos oriundos do metabolismo secundário, como os com atividade antioxidante, são formados durante

diferentes situações de exposição que a planta sofre, como: clima, altitude e temperatura (15).

Estudos sobre a ação antioxidante da pimenta dedo-de-moça (*Capsicum baccatum*), mais precisamente do composto presente nela, a capsaicina, demonstram que novos produtos com sua utilização como é o caso da kombucha elaborada, vem se tornando um atrativo para quem está em busca de novas fontes de bebidas funcionais, sendo a pimenta desta espécie, possuir cerca de quatro vezes mais vitamina C do que a fruta laranja (3).

Embora existam dúvidas quanto à origem da capacidade antioxidante da bebida kombucha, é comprovada a sua presença, uma vez que o chá da primeira fermentação e o substrato usado na pré saborização possuem diversas propriedades antioxidantes e bioativas.

CONCLUSÕES

Sendo assim, neste estudo evidencia-se o potencial antioxidante e a presença de compostos fenólicos nas kombuchas elaboradas a base de erva-mate, pimenta dedo-de-moça e hibisco, destacando-se a bebida adicionada de erva-mate. Também pode-se concluir que todas as bebidas apresentaram seus parâmetros físico-químicos de acordo com o que preconiza a legislação. As bebidas analisadas apresentaram características bioativas e físico-químicas compatíveis com as fontes vegetais e ingredientes utilizados, tendo em vista que as kombuchas resultantes apresentam ácidos e compostos antioxidantes benéficos à saúde, podendo suprir algumas necessidades nutricionais. Estudos mais avançados devem ser realizados a fim de entender melhor como os compostos bioativos presentes nessas fontes vegetais atuam no metabolismo, tornando assim a bebida kombucha funcional e eficaz nutricionalmente.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos a Universidade Federal do Pampa (UNIPAMPA), ao Laboratório Desenvolvimento Tecnológico de Inovação Aplicados aos Olivais da Região da Campanha onde foram realizadas todas as análises deste estudo e ao grupo de pesquisa Elaboração de Kombucha a partir de diferentes fontes vegetais.

REFERÊNCIAS

1. CHEN, C.; LIU, B. Y. Changes in major components of tea fungus metabolites during prolonged fermentation. *Journal of Applied Microbiology*, England, v. 89, n. 5, p. 834-839, 2000.
2. Brasil. Instrução Normativa Nº 41, de 17 de setembro de 2019. *Diário Oficial da União*. 18 set de 2019. Seção 1.

3. BONTEMPO, M. Pimenta e seus benefícios à saúde. São Paulo: Editora Alaúde, 2007.
4. RANIERI, G. R. et al. Guia Prático de PANC Plantas Alimentícias Não Convencionais. Instituto Kairós ed. v. 01, p. 7-71, 2017. Disponível em: <https://institutokairos.net/wp-content/uploads/2017/08/Cartilha-Guia-Pr%C3%A1tico-de-PANC-Plantas-Aliment%C3%A1cias-Nao-Convencionais.pdf>. Acesso em: 25 agosto de 2022.
5. JANUÁRIO, J.B. MOREIRA, B.R. PARAISO, C.M. MIZUTA, A.G. MADRONA, G.S. Kombucha à base de Hibiscus sabdariffa L: avaliação tecnológica para produção de uma nova bebida. Braz. J. of Develop., Curitiba, v. 6, n. 1, p. 3720-3732, jan. 2020.
6. ETGETON, S.A.P. ZANETTE, C.M. Desenvolvimento de kombucha: caracterização microbiológica, físico-química e aspectos de mercado. Brazilian Journal of Food Research, Campo Mourão, v. 11, n. 4, p. 1-14. 2020.
7. IAL, Instituto Adolfo Lutz. Métodos Físico-químicos para análise de alimentos. 1 ed. digital. p. 98- 99; p. 105; 2008.
8. Singleton VL, Rossi JA. Colorimetric of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. Am J Enol Vitic 1965; 16 (3): 144-6.
9. BRAND-WILLIAMS, W.; CUVELIER, M.; BERSET, C. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. Food Sci. Technol. 1995; 28 (1): 25–30
10. MAY, A. NARAYANAN, S. ALCOCK, J. VARSANI, A. MALEY, C. AKTIPIIS, A. Kombucha: a novel model system for cooperation and conflict in a complex multi-species microbial ecosystem. National Library Of Medicine. 2019.
11. PALUDO, N. Desenvolvimento e caracterização de kombucha obtida a partir de chá verde e extrato de erva-mate: processo artesanal e escala laboratorial. Porto Alegre. 2017.
12. CROGE, C. P.; CUQUEL, F. L.; PINTRO, P. T. M. Yerba mate: cultivation systems, processing and chemical composition. a review. Scientia Agricola, [S.L.], v. 78, n. 5, p. 1-11, 2021.
13. Turmina, J. Carli, E.M.D. Elaboração de kombucha de erva-mate e chá verde e caracterização de compostos fenólicos e atividade antioxidante. Seminário De Iniciação Científica E Seminário Integrado De Ensino, Pesquisa E Extensão, e25729. 2020.

14. Ecycle. Camellia sinensis: o que é e para que serve [Internet]. [Acesso em 18 ago 2022] Disponível em: <https://www.ecycle.com.br/camellia-sinensis/>
15. NETO, L.G. LOPES, N.P. Plantas medicinais: Fatores de influência no conteúdo de metabólitos secundários. Scielo. 2007.

DOI: <https://doi.org/10.53934/9786585062039-60>

CAPÍTULO 60

EXTRAÇÃO DE ÓLEO ESSENCIAL DA CASCA DE LARANJA 'PERA' (*Citrus sinensis* L. Osbeck) POR HIDRODESTILAÇÃO: AVALIAÇÃO DE RENDIMENTO E ATIVIDADE ANTIOXIDANTE

Fernanda Gubert de Souza *; Gabriela Avello Crepaldi ; Isac Gonçalves de Oliveira ; Pamela Haissa Oliveira Sampaio ; Rayssa Ferreira Rosso ; Caroline Costa Moraes ; Andressa Carolina Jacques 

* fernandagubert.aluno@unipampa.edu.br

Resumo: O óleo essencial é um composto volátil de substâncias lipofílicas, líquidas e odoríferas, o qual possui aroma, cor e sabor únicos. Um dos principais métodos de extração utilizado é o de hidrodestilação, sendo que este processo varia conforme o objetivo de extração e a matéria prima utilizada. A laranja 'Pera' faz parte do grupo de laranjas comuns e se destaca como uma importante variedade entre citros no Brasil, apresentando uma ótima atividade antioxidante e propriedades anti-inflamatórias e antitumorais. Devido à alta produção da fruta no Brasil, tem-se uma grande quantidade de resíduos industriais gerados, provenientes principalmente da indústria de suco e entre esses, destaca-se a casca. Diante do exposto, este trabalho tem por objetivo realizar a extração do óleo essencial da casca da laranja por hidrodestilação, avaliando seu rendimento e atividade antioxidante. A extração foi realizada por hidrodestilação utilizando o aparelho Clevenger e o rendimento foi determinado através da relação entre a massa de fruta utilizada e a massa de óleo obtido. A atividade antioxidante foi analisada pela capacidade da amostra em sequestrar o radical DPPH. O rendimento do óleo essencial obtido foi de 1,9% m/m e a atividade antioxidante foi de 2,59%. Conclui-se que o óleo essencial da casca da laranja 'Pera' apresentou rendimento satisfatório, porém, há necessidade de avaliar a atividade antioxidante de uma quantidade maior de amostra do que avaliado no presente estudo.

Palavras-chave: reaproveitamento; conservante natural; resíduo; clevenger; DPPH.

Abstract: The essential oil is a volatile compound of lipophilic, liquid and odoriferous substances, which has unique aroma, color and flavor. One of the main extraction methods used is hydrodistillation, and this process varies according to the extraction objective and the raw material used. The Pera orange is part of the common orange group and stands out as an important variety among citrus fruits in Brazil, presenting an excellent antioxidant activity and anti-inflammatory and anti-tumor properties. Due to the high production of this fruit in Brazil, there is a large amount of industrial waste

generated, mainly from the juice industry and, among these, the peel stands out. In view of the above, this work aims to perform the extraction of essential oil from orange peel by hydrodistillation, evaluating its yield and antioxidant activity. The extraction was performed by hydrodistillation using a Clevenger apparatus and the yield was determined by the ratio between the mass of fruit used and the mass of oil obtained. The antioxidant activity was analyzed by the capacity of the sample to sequester the DPPH radical. The yield of the essential oil obtained was 1.9% and the antioxidant activity was 2.59%. It is concluded that the essential oil from the 'Pera' orange peel presented satisfactory yield, however, there is a need to evaluate the antioxidant activity of a larger amount of sample than evaluated in this study.

Key Word: reuse; natural preservative; waste; clevenger; DPPH.

INTRODUÇÃO

O óleo essencial é definido, segundo a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), como um composto volátil obtido por partes de plantas aromáticas principalmente através da destilação por arraste a vapor d'água (1). São misturas complexas de substâncias lipofílicas, líquidas e odoríferas, possuindo aroma, cor e sabor únicos, assim como inúmeras características biológicas e físico-químicas (2). Além de suas funções ecológicas, que englobam a proteção contra predadores durante a germinação, a atração de polinizadores e a proteção contra a perda de água, os óleos essenciais são utilizados como matéria-prima em várias áreas industriais, como cosmética, farmacêutica, alimentícia e de materiais de limpeza (3). Segundo Lupe (2) os métodos de extração variam de acordo com a localização do óleo na planta, entre os mais utilizados estão: enfleurage; arraste por vapor d'água; extração com solventes orgânicos; prensagem; extração com dióxido de carbono supercrítico.

Dentre as espécies de plantas aromáticas, ricas em óleos essenciais, tem-se que a laranja (*Citrus sinensis* L. Osbeck), que está entre as frutas mais consumidas da população brasileira. Além de ter baixo custo, possui nutrientes como vitaminas C, A e B, minerais, fibras e compostos antioxidantes (4). O Brasil lidera como maior produtor de laranja do mundo e no ano de 2020, a produção chegou a 12.955.120 milhões de toneladas de laranja. O estado de São Paulo, região destinada à produção de sucos, corresponde a cerca de 80% da produção nacional (5).

O consumo de laranja apresenta benefícios para saúde como prevenção de inflamações, hidratação, controle da glicemia, benefícios para o intestino, entre outros (6). A alta produção de laranja no país também promove uma elevada geração de resíduo, proveniente das indústrias de suco, que geralmente é utilizado como ração animal ou descartado e acumulado no solo, agravando problemas ao meio ambiente (7). Os resíduos da laranja correspondem a cerca de 50% do peso do fruto, contendo na casca uma composição rica em carboidratos solúveis e insolúveis que a tornam uma matéria-prima com alto valor agregado (8). Algumas das alternativas para o aproveitamento destes subprodutos é a utilização dos mesmos como substrato para produção de proteínas

microbianas, enzimas e materiais adsorventes, assim como em novos processos como produção de produtos orgânicos, fertilizantes, pectina, biocombustível e óleos essenciais (9).

O método de extração de óleos essenciais por hidrodestilação é muito efetivo e amplamente utilizado comercialmente no Brasil. A extração consiste na imersão da planta aromática com a água fervente, podendo essa estar flutuando ou imersa. Através do contato da matéria vegetal com a água em ebulição, as paredes celulares do fruto se abrem e o óleo que está entre as células evapora devido ao vapor. O óleo evaporado é arrastado junto com a água, e vai para o condensador, onde é resfriado e separado devido a diferença de densidade (10). O aparelho utilizado na hidrodestilação é o Clevenger, que consiste em três partes: um balão de fundo redondo, onde é adicionado o material a ser extraído e água; um separador, onde o óleo é separado do destilado em um tubo graduado, auxiliando na leitura da quantidade de óleo; e um condensador. A hidrodestilação deve ser conduzida em um ritmo lento, para evitar a saída de vapores no condensador e perda do óleo essencial (11).

Sabe-se que compostos antioxidantes, como os presentes em óleos essenciais, auxiliam na prevenção ou diminuição de danos oxidativos, reagindo com radicais livres e restringindo efeitos negativos ao organismo. Nas frutas cítricas, as substâncias antioxidantes ajudam a diminuir doenças cardiovasculares e inflamações, assim como a retardar o envelhecimento precoce. A vitamina C e os flavonóides são os principais compostos antioxidantes presentes em frutas cítricas, como a laranja (12). Nesse contexto, são variadas as possíveis aplicações para o óleo essencial da casca da laranja, que a partir do reaproveitamento de um resíduo industrial, tem potencial para contribuir com diversos benefícios à saúde do consumidor.

Portanto, o presente trabalho tem como objetivo realizar a extração do óleo essencial da casca da laranja por hidrodestilação, avaliando rendimento e atividade antioxidante. Para executar o objetivo geral, os seguintes objetivos específicos foram definidos:

- Realizar extração do óleo essencial da casca da laranja ‘Pera’ por hidrodestilação utilizando Clevenger;
- Determinar o rendimento de óleo obtido, em razão mássica;
- Avaliar a atividade antioxidante do óleo essencial obtido por DPPH.

MATERIAL E MÉTODOS

Foram utilizados os resíduos de laranja obtidos através do processamento de suco de uma rede de supermercados da cidade de Bagé - RS. As frutas foram cultivadas em Santa Margarida do Sul, no Rio Grande do Sul, e colhidas em julho de 2022. O resíduo consiste nas laranjas cortadas ao meio, com o suco da fruta já extraído, restando apenas o epicarpo (casca) e mesocarpo. O resíduo foi conduzido para o Laboratório de Desenvolvimento Tecnológico de Inovação Aplicados aos Olivais da Região da

Campanha, localizado na Universidade Federal do Pampa - Campus Bagé, onde foi feito o descascamento da laranja, separando o epicarpo e mesocarpo, a fim de se obter apenas as cascas (epicarpo) da fruta. As cascas foram selecionadas, higienizadas com água destilada e armazenadas sob refrigeração (4 °C) até o momento da extração.

O óleo essencial da laranja foi obtido através do método de hidrodestilação, utilizando-se o aparelho Clevenger, como apresentado pela figura 1. As cascas da laranja foram moídas em moinho analítico (marca IKA A11) com velocidade de 28000rpm, e 80 g desse material foram adicionadas a um balão de fundo redondo de 1 L, com 800 mL de água destilada. A hidrodestilação ocorreu em temperatura constante, à 100°C, por 3 horas. Após, o óleo obtido foi pesado e congelado a -20°C.

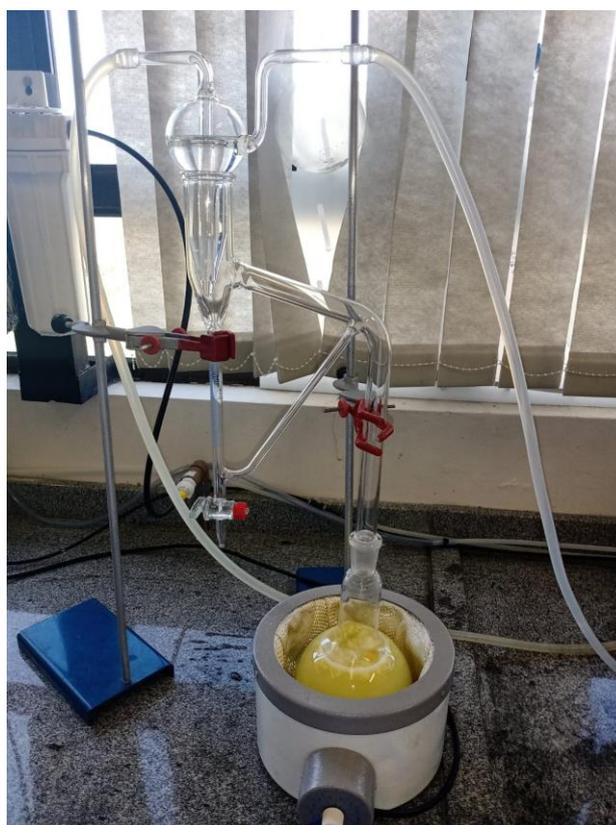


Figura 1 - Extração do óleo essencial da casca da laranja por hidrodestilação utilizando o aparelho Clevenger.

O rendimento do óleo essencial de laranja foi determinado através da relação entre a massa de casca utilizada (m_1) e a massa de óleo obtido (m_2), conforme Dannenberg *et al.* (13). O cálculo foi realizado através da Equação 1.

$$x = \frac{m_2}{m_1} * 100 \quad [1]$$

A capacidade antioxidante do óleo essencial foi determinada em triplicata através da capacidade dos compostos presentes nas amostras em sequestrar o radical DPPH (2,2-difenil-1-picrilhidrazila), segundo Brand-Williams, Cuvelier e Berset (14). Para a extração dos compostos com atividade antioxidante, pesou-se 0,5 g de amostra em um tubo Falcon de 50 mL, e diluiu-se com 1,7 mL de metanol PA. A solução foi homogeneizada até consistência uniforme. Após, armazenada por 24 horas em temperaturas de 3 a 4°C, seguido de centrifugação por 15 minutos. As alíquotas da solução de óleo foram transferidas para um tubo de ensaio e adicionado 1 mL da solução de DPPH. Os tubos foram mantidos por 60 minutos no escuro. O consumo do DPPH foi analisado a 517 nm em espectrofotômetro calibrado com metanol. O resultado foi expresso em porcentual de inibição de acordo com a Equação 2.

$$\%Inibição = \frac{(A_{branco} - A_{amostra})}{A_{branco}} * 100 \quad [2]$$

Onde:

Abranco: absorbância apenas com metanol

Aamostra: absorbância da amostra

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos após a extração do óleo essencial de laranja ‘Pera’ estão na Tabela 1.

Tabela 1 – Rendimento e atividade antioxidante do óleo essencial de laranja

Amostra de óleo essencial de laranja	Rendimento (%)	Atividade Antioxidante (%)
1	1,9	2,59±0,0

Fonte: Autores, 2022

O rendimento do óleo essencial da casca da laranja (*Citrus sinensis L. Osbeck*) foi de 1,9%. Levando-se em consideração a quantidade de matéria prima utilizada, o rendimento foi superior quando comparado ao apresentado por Simas *et al* (15), que para 150 g de casca de laranja, o óleo extraído apresentou rendimento de 2,03%. Esta diferença pode ser devido à purificação que o autor utilizou após a extração, eliminando a possibilidade da presença de água proveniente da extração. Muitos trabalhos com frutos cítricos têm apresentado bom rendimento na extração de óleos essenciais, como o apresentado por Filho (16), onde a extração do óleo essencial de limões verdes e maduros, apresentou rendimento de 2,63 e 3,4%, respectivamente.

A hidrodestilação é um método de extração muito utilizado em plantas frescas, como cascas e folhas de frutos (2). A fragmentação da matéria prima colabora para um maior rendimento do óleo essencial, como apresentado por Fernandes (18), que realizou a extração do óleo essencial da casca da laranja com a amostra inteira e triturada e seu

melhor rendimento, igual a 2,62%, foi obtido quando o autor utilizou 1 kg do flavedo da fruta triturado.

Deste modo, observa-se que o método de hidrodestilação proporciona um produto de alta qualidade, devido a não utilização de solventes na sua extração, não havendo grandes perdas na sua composição química. Portanto, com o controle da temperatura durante a extração e a realização da fragmentação da matéria prima, esse método apresenta resultados positivos para aplicação industrial.

A atividade antioxidante observada através do método DPPH, se dá devido ao declínio da coloração dessa solução, que indica a redução do DPPH pela substância antioxidante da amostra utilizada, por conta da alta habilidade de doação de hidrogênio pelos compostos antioxidantes (12). A atividade antioxidante do óleo essencial da casca da laranja se dá por parte da sua composição não volátil, composta principalmente por carotenóides e flavonóides, e por conta das classes terpenóides, aromáticas e alifáticas presentes (3).

As amostras de óleo essencial de laranja 'Pera' apresentaram uma baixa atividade antioxidante. E, este resultado possivelmente ocorreu em razão da baixa concentração de óleo utilizado na realização das análises, como observado também por Filho (16), onde não foi encontrada ação antioxidante nas concentrações inferiores a 5 mg.mL⁻¹. O óleo essencial é um composto extremamente volátil, sendo sensível às condições de armazenamento, como a presença de luz e a influência da temperatura, parâmetros que podem ter influenciado também no resultado obtido.

Dados apresentados por Santos (17), para a atividade antioxidante de óleo essencial de laranja doce (*Citrus aurantium var. dulcis*) foram baixos quando comparados ao presente estudo, sendo apenas de 0,64%. Devido as diferentes diluições utilizadas para as amostras nas análises antioxidantes, se torna mais difícil a comparação dos resultados, pois cada amostra apresentará um potencial antioxidante diferente (12).

CONCLUSÕES

O óleo essencial da casca da laranja apresentou um rendimento satisfatório e esperado, de 1,9% m/m. Além disso, apresentou uma capacidade antioxidante de 2,59%, resultado esperado devido a quantidade de óleo essencial que foi utilizada. A obtenção do óleo essencial da casca da laranja a partir do reaproveitamento de resíduos torna-se uma ótima possibilidade para utilização deste subproduto proveniente da indústria de suco. Para trabalhos futuros, é importante levar em consideração os parâmetros de armazenamento do óleo essencial para evitar perdas na sua composição e qualidade, assim como realizar a avaliação da capacidade antioxidante com uma quantidade maior de óleo essencial.

AGRADECIMENTOS

Nosso agradecimento vai para Universidade Federal do Pampa, pelo auxílio e incentivo à pesquisa, e ao Laboratório de Desenvolvimento Tecnológico de Inovação Aplicados aos Olivais da Região da Campanha, onde as análises foram realizadas.

REFERÊNCIAS

1. ANVISA. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. 2007. Resolução da Diretoria Colegiada - RDC N° 2, DE 15 DE JANEIRO DE 2007, dispõe sobre o Regulamento Técnico sobre Aditivos Aromatizantes. Diário Oficial da União, Poder Executivo, Brasília, DF, 15 de janeiro.
2. LUPE, F. A. Estudo da composição química de óleos essenciais de plantas aromáticas da Amazônia [Mestrado]. Campinas: Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Química; 2007.
3. BAKKALI, F., AVERBECK, S., AVERBECK, D., IDAOMAR, M. Biological effects of essential oils – a review. *Food Chem. Toxicol.* 2008; 46 (2): 446–475
4. MELÉNDEZ-MARTÍNEZ, A. J., BRITTON, G., VICARIO, I.M., HEREDIA, F.J. The complex carotenoid pattern of orange juices from concentrate. *Food Chem.* 2008; 109 (3): 546–553
5. IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - Produção Agrícola - Lavoura Permanente. 2020. São Paulo
6. CITRUSBR. Associação Nacional dos Exportadores de Sucos Cítricos [Internet]. 2009 [26 de junho de 2022]. Disponível em: <https://citrusbr.com>.
7. GUERRERO, C.C. BRITO, J.C., LAPA, N., OLIVEIRA, J.F.S. Re-use of industrial orange wastes as organic fertilizers. *Bioresour. Technol.* 1995; 53 (1): 43–51
8. RIVAS, B. TORRADO, A., TORRE, P., CONVERTI, A., DOMÍNGUEZ, J.M. Submerged citric acid fermentation on orange peel autohydrolysate. *J. Agric. Food Chem.* 2008; 56 (7): 2380–2387
9. ABECITRUS. Associação Brasileira dos Exportadores de Cítricos [Internet]. 2009 [26 de junho de 2022]. Disponível em: <https://www.abecitrus.com.br/sobre/>.
10. SILVA, M. G. F. D. Atividade antioxidante e antimicrobiana in vitro de óleos essenciais e extratos hidroalcoólicos de manjerona (*Origanum majorana* L.) e

- manjeriço (*Ocimum basilicum* L.) [Trabalho de conclusão de curso]. Pato Branco: Universidade Tecnológica Federal do Paraná; 2011.
11. CLEVINGER, J. Apparatus for the determination of volatile oil. *J. Am. Pharm. Assoc.* 1928; 17 (4): 345–349
 12. COUTO, M.A.L., CANNIATTI-BRAZACA, S.G. Quantificação de vitamina C e capacidade antioxidante de variedades cítricas. *Ciênc. Tecnol. Aliment.* 2010; 30 (1): 15-19
 13. DANNENBERG, G. da S., FUNK, G.D., MATTEI, F.J., SILVA, W.P., FIORENTINI, A.M. Antimicrobial and antioxidant activity of essential oil from pink pepper tree (*schinus terebinthifolius raddi*) in vitro and in cheese experimentally contaminated with *listeria monocytogenes*. *Innov Food Sci Emerg Technol.* 2016; 36: 120–127
 14. BRAND-WILLIAMS, W.; CUVELIER, M.; BERSET, C. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *Food Sci. Technol.* 1995; 28 (1): 25–30
 15. SIMAS, D.L.R., AMORIM, S.H.B.M., OLIVEIRA, J.M., ALVIANO, D.S., SILVA, A.J.R. Caracterização dos óleos essenciais de frutas cítricas. *Citrus R&T.* 2015; 36 (1): 15-26
 16. FILHO, A.C.P.M. Avaliação química e atividades antifúngica e antioxidantes dos óleos essenciais dos frutos verdes e maduros de *Citrus limonia Osbeck* (Limão-china). *Global sci-tech.* 2020; 13(3): 1-11
 17. SANTOS, A.O., FREIRE, J.A.S.F., CARVALHO, T.D., BARBOSA, T.C., PRATES, R.P., SILVA, J.C.R.L. *et al.* Atividade antibacteriana e antioxidante de óleos essenciais cítricos com potencialidade para inclusão como aditivos em alimentos. *Cad. Ciênc. Agrá.* 2016; 8(3): 15-21
 18. FERNANDES, I. J., KIELING, A. G., BREHM, F. A., AGOSTI, A., MORAES, C. A. M. Avaliação da Extração de Óleo Essencial do Resíduo Casca de Laranja. *Fórum Internacional de Resíduos Sólidos.* 2013

DOI: <https://doi.org/10.53934/9786585062039-61>

CAPÍTULO 61

ELABORAÇÃO DE FARINHA A PARTIR DA CASCA DE LARANJA PERA (*Citrus sinensis* L Osbeck) E SEU POTENCIAL PARA DESENVOLVIMENTO DE NOVOS PRODUTOS: TEOR DE FIBRAS E ATIVIDADE ANTIOXIDANTE

Gabriela Avello Crepaldi *; Pamela Haissa de Oliveira Sampaio ; Isac Gonçalves de Oliveira ; Maria Lauren Deferrari Arrojo Freitas ; Rayssa Ferreira Rosso ; Catarina Motta de Moura ; Andressa Carolina Jacques 

*Gabriela Avello Crepaldi – Email: gabrielacrepaldi.aluno@unipampa.edu.br

Resumo: O aproveitamento de resíduos agroindustriais tem ganhado relevância nas pesquisas nos últimos anos, pois devido à alta quantidade produzida, a sua destinação adequada faz-se necessária para reduzir impactos ambientais negativos. Esses resíduos podem ser utilizados na elaboração de novos produtos, como farinhas não convencionais para produção de pães, massas, biscoitos e barras de cereais, agregando valor nutricional aos produtos e reduzindo a quantidade de matéria orgânica descartada no solo. No processamento de suco de laranja, mais da metade do fruto (em peso) é destinada como resíduo. Diante do exposto, o presente trabalho objetivou elaborar uma farinha a partir de cascas de laranja Pera (*Citrus sinensis* L. Osbeck) provenientes do processamento de suco, com diferentes temperaturas de secagem (60, 70 e 80°C), realizando sua caracterização granulométrica e avaliando sua umidade, teor de fibras, e atividade antioxidante. As cascas foram obtidas em um supermercado localizado na cidade de Bagé/Brasil. A caracterização granulométrica foi realizada com peneiras Tyler, calculando o diâmetro de Sauter. As análises de umidade e fibras seguiram metodologia oficial e a atividade antioxidante foi determinada através de análise espectrofotométrica com o radical livre DPPH. Os resultados mostraram que as farinhas elaboradas obtiveram umidade dentro do padrão estabelecido pela RDC - Resolução da Diretoria Colegiada nº 54 de 2012 (máximo 15%), apresentaram alto teor de fibras e alta capacidade antioxidante, não havendo diferenças estatísticas entre as temperaturas utilizadas, se enquadrando em farinha do tipo fina. Pode-se concluir que a elaboração de farinha a partir de casca de laranja Pera é uma ótima alternativa para aumentar o valor nutricional de produtos, pois possui alto teor de fibras e é rica em compostos antioxidantes, apresentando-se como uma alternativa de destino adequado para estes resíduos agroindustriais.

Palavras-chave: Aproveitamento; Co-produto; Resíduo

Abstract: The use of agroindustrial residue gained relevance in research in recent years, because due to the high amount produced, its proper disposal is necessary to reduce negative environmental impacts. These residues can be used in the elaboration of new products, such as non-organic flours for the production of bread, pasta, cookies and cereal bars, adding nutritional values to the products used and adding the amount of matter discarded in the soil. In the processing of orange juice, more than half of the fruit (weight by weight) is treated as waste, so the present work aimed to prepare a flour from Pera (*Citrus sinensis* L. Osbeck) orange peels from the juice processing, with different temperatures drying (60, 70 and 80°C), doing the granulometric characterization, moisture, fiber content and antioxidant activity. The orange peels were obtained from a local supermarket in Bagé/Brazil and the granulometric characterization was performed with Tyler sieves, calculating the Sauter diameter. Moisture and fiber analyzes followed official methodology and antioxidant activity was determined through spectrophotometric analysis with the free radical DPPH. The results showed that the elaborated flours obtained moisture within the standard RDC - Maximum Resolution of the Board of Directors nº54/2012 (maximum of 15%), having a high fiber content and high antioxidant capacity, with no statistical differences between the temperatures used, fitting in fine type flour. It can be concluded that the elaboration of flour from Pera orange peel is a great alternative to increase the nutritional value of products, as it has a high fiber content and is rich in antioxidant compounds, presenting itself as an alternative of suitable destination. for these agro-industrial residues.

Key Word: Use; Co-product; Residue

INTRODUÇÃO

Anualmente, mais de 1,3 bilhões de toneladas de alimentos são desperdiçados no mundo todo, sendo que em torno de 20% da quantidade total de alimentos desperdiçados são oriundos da América Latina e Caribe. Algumas causas podem ser atribuídas a esse desperdício, como falta de planejamento do consumidor, compras excessivas de alimentos e também perdas na colheita e processamento dos alimentos (1).

Estudos sobre o aproveitamento de resíduos agroindustriais mostram-se de extrema relevância, visto que a maior parte da população não sabe destinar corretamente e nem aproveitar o resíduo gerado, o qual pode ser destinado à alimentação animal, extração de óleo essencial e também extração de compostos de interesse para indústria alimentícia, como pigmentos e compostos bioativos com atividades biológicas. Também esses resíduos podem ser utilizados na elaboração de novos produtos, como farinhas para produção de pães, massas, biscoitos e barras de cereais, agregando valor nutricional ao alimento e, simultaneamente, reduzindo a quantidade de matéria orgânica descartada no solo (2).

Dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) apontam que o maior produtor e exportador de laranja é o Brasil, sendo que em 2021, a produção de laranjas alcançou em torno de 15 milhões de toneladas, ocupando o ranking das dez

melhores *commodities* do país. (3;4). Em relação ao processamento da laranja na forma de sucos, o Brasil também detém mais da metade da produção, sendo um fator economicamente satisfatório, porém, ambientalmente, nem tanto, devido à alta geração de resíduos durante o processamento do suco. Esses resíduos, como a casca, bagaço e sementes, por exemplo, representam aproximadamente metade do fruto (em peso) e podem ser utilizados como fontes de fibras e compostos bioativos, por exemplo, com ação antioxidante (5;6).

A partir dos resíduos do processamento da laranja, diversos produtos podem ser gerados, como doces, óleos essenciais, celulose, farinhas, essências aromáticas, pães, biscoitos, bolos, geleias, entre outros (6). Com relação ao desenvolvimento de farinhas a partir de casca de laranja, destaca-se o alto conteúdo de polifenóis, além do teor de fibra bruta, que é cerca de cinco vezes maior quando comparada à farinha de trigo, portanto, sendo essa farinha classificada como um potente antioxidante e alimento funcional. (7)

Segundo a Resolução da Diretoria Colegiada - RDC nº 263 de 2005 da Agência Nacional de Vigilância Sanitária, farinhas são produtos obtidos de partes comestíveis de uma ou mais espécies de cereais, leguminosas, frutos, sementes, tubérculos e rizomas por moagem e ou outros processos tecnológicos considerados seguros para produção de alimentos (8). Por terem baixo custo de aquisição e elevado valor nutricional, a utilização de cascas de vegetais para elaboração de farinhas não convencionais se torna uma alternativa atrativa, podendo ser utilizada na substituição parcial da farinha de trigo em produtos de panificação (9).

Dentre os compostos bioativos, os que possuem ação antioxidantes são os que se destacam por retardarem a oxidação de lipídios e outras células. A capacidade antioxidante está ligada majoritariamente a propriedade redox, que permite atuar como agentes redutores, resultando na eliminação dos radicais livres. Dentre os benefícios de consumir alimentos ricos em antioxidantes, pode-se citar a capacidade antimicrobiana, antifúngica, redução de riscos de câncer ou doenças cardiovasculares (10).

As fibras são um grupo de substâncias quimicamente parecidas com os carboidratos, porém apenas animais ruminantes conseguem digerir esses compostos. As fibras estão presentes em alimentos derivados de plantas, com a função de fornecer volume à dieta, com baixo potencial calórico, fornecendo saciedade e aumentando o trânsito intestinal. O consumo regular de fibras apresenta diversos benefícios à saúde, dentre eles a redução do risco de câncer, melhora da digestão e redução nos índices de colesterol e glicose (11;12).

A preocupação em relação a qualidade de vida vem aumentando cada vez mais na população e, com isso, a demanda por alimentos que trazem benefícios à saúde tem aumentado também. Por outro lado, os custos dos produtos com certas quantidades nutricionais são elevados. Ainda, o tratamento dos resíduos sólidos e líquidos também representa um alto gasto para as indústrias de alimentos. Desta forma, surgem alternativas, como a produção de alimentos, com a utilização de resíduos, a exemplo de casca, talos e folhas, que são ricos em fibras e pode trazer benefícios ao consumidor (13;14).

Diante do exposto, o presente trabalho objetivou elaborar uma farinha a partir de cascas de laranja Pera provenientes do processamento de suco, com diferentes temperaturas de secagem (60, 70 e 80°C), realizando sua caracterização granulométrica, avaliando a umidade, seu teor de fibras e atividade antioxidante.

MATERIAL E MÉTODOS

As cascas de laranja Pera (*Citrus sinensis L. Osbeck*) foram obtidas de um supermercado local da cidade de Bagé-RS/Brasil e foram cultivadas na região de Santa Margarida do Sul – RS, colhidas em julho de 2022. Foram encaminhadas ao laboratório de Desenvolvimento Tecnológico de Inovação Aplicados aos Olivais da Região da Campanha, localizado na Universidade Federal do Pampa - Campus Bagé, onde após a higienização (150 ppm de cloro por 10 minutos), foram secas em três temperaturas diferentes (60, 70 e 80°C), em estufa com circulação forçada de ar (modelo 400 – 4ND marca Ethik Technology), com velocidade de ar igual a 2 m.s⁻¹. Após, as cascas foram moídas em um moinho analítico (marca IKA A11) com velocidade de 28000rpm, dando origem a farinha de casca de laranja.

Caracterização granulométrica

A caracterização granulométrica das farinhas obtidas a partir de casca de laranja foi realizada a partir da metodologia de Neto (16) através de peneiramento, com o auxílio de peneiras de mesh n° 48, 60, 80, 100, 150 e 200, as quais foram acopladas em um agitador eletromagnético (Marca MBL modelo AGMAGB) e submetidas a 10 minutos de agitação. Após, foi determinado o diâmetro médio de Sauter, a partir da Equação 1.

$$Ds = \frac{1}{\sum \frac{xi}{dp}} \quad [1]$$

Onde xi= fração retida na peneira (g); dp= diâmetro médio da peneira (mm)

Umidade

A determinação de umidade das amostras seguiu metodologia oficial descrita pelo Instituto Adolfo Lutz (15), onde as amostras foram secas em estufa (Tecnal modelo TE393/2) à 105°C até o peso constante e o resultado expresso em % de umidade, através da Equação 2:

$$U (\%) = N/P * 100 \quad [2]$$

Onde N = n° de gramas de umidade (perda de massa em g); P = n° de gramas da amostra

Fibra Bruta

A determinação de fibra bruta (FB) seguiu metodologia descrita pela Association of Official Analytical Chemists (AOAC) (18), onde foi realizada uma digestão ácida das amostras com ácido tricloroacético, ácido nítrico e ácido acético, seguida de uma filtração a quente com vácuo. O filtrado foi seco em estufa (Tecnal modelo TE393/2) por 3 horas a 105°C e após, foi feita a incineração das amostras em mufla a 600°C. O cálculo da fibra bruta está descrito através da Equação 3.

$$FB (\%) = \frac{\text{peso da amostra após estufa (g)} - \text{peso da amostra pós mufla (g)}}{\text{peso da amostra inicial (g)}} \quad [3]$$

Onde FB = teor de fibra bruta na amostra em %

Atividade Antioxidante

A atividade antioxidante das farinhas foi determinada através do método proposto por Brand-Williams, Cuvelier e Berset (17), o qual baseia-se na capacidade dos compostos presentes nas amostras em sequestrar o radical livre DPPH (2,2-difenil-1-picrilhidrazila). A leitura das amostras após a reação foi realizada em um espectrofotômetro a 517 nm e o resultado foi expresso em % de inibição, conforme a Equação 4.

$$\%Inibição = \frac{(A_{branco} - A_{amostra})}{A_{branco}} * 100 \quad [4]$$

Onde A_{branco}: absorvância apenas com metanol; A_{amostra}: absorvância da amostra

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir da metodologia utilizada, obteve-se os resultados do diâmetro de Sauter através da análise granulométrica, umidade, teor de fibras e atividade antioxidante das farinhas elaboradas a partir de casca de laranja Pera (*Citrus sinensis L. Osbeck*).

A Tabela 1 demonstra o resultado da caracterização granulométrica, teor de umidade, fibras e atividade antioxidante das farinhas secas em diferentes temperaturas.

Tabela 1: Caracterização granulométrica, umidade, teor de fibra e atividade antioxidante para as farinhas de casca da laranja Pera

Amostra	Diâmetro de Sauter (µm)	Umidade (%) ± Desvio	FB (%) ± Desvio	AA (% inibição) ± Desvio
Farinha seca a 60°C	207,3	10,97±0,6 ^a	9,63±0,7 ^a	92,02±0,17 ^a
Farinha seca a 70°C	227,7	9,92±0,06 ^b	10,26±0,99 ^a	91,93±0,26 ^a
Farinha seca a 80°C	190,5	9,59±0,4 ^b	10,93±1,25 ^a	92,22±0,06 ^a

Fonte: Autores, 2022.

Onde FB é o teor de fibra bruta na amostra; AA é atividade antioxidante da amostra. Letras diferentes na mesma coluna indicam diferença estatística entre si ao nível de 5% de significância pelo Teste Tukey.

Após a caracterização granulométrica realizada com a série de peneiras Tyler, os diâmetros de Sauter encontrados foram 207,3; 227,7 e 190,5 µm para as farinhas secas a 60, 70, e 80°C, respectivamente. Essa pequena diferença de diâmetro entre as farinhas possivelmente pode ser resultado do processo de moagem com moedor analítico, onde não há um controle exato do tamanho final da partícula.

Um estudo que realizou a caracterização granulométrica da farinha de trigo, relatou diâmetro de Sauter igual a 405,92 µm (19). O diâmetro de Sauter encontrado para as farinhas elaboradas a partir da casca de laranja Pera está de acordo com o resultado encontrado na literatura para farinha de trigo, mostrando ainda que as farinhas de casca de laranja possuem granulometria menor, podendo ser classificadas como farinha fina (19). Sabe-se que o tamanho de partícula é de extrema relevância para o processamento de alimentos, em especial para produtos de panificação, sendo desejado partículas mais finas (> 0,6 mm), pois tal fator influencia diretamente na capacidade de absorção de água, textura da massa, dispersão da farinha na massa, sabor e outras características sensoriais (20).

Os teores de umidade encontrados nas farinhas elaboradas a 60, 70 e 80°C foram iguais a 10,97, 9,92 e 9,59%, respectivamente. Segundo a RDC n° 263, de 22 de setembro de 2005 (8), a qual regulamenta os produtos cereais, amidos, farinhas e farelos, estipula-se que o teor máximo permitido de umidade para farinhas seja igual a 15,00%. Assim sendo, os três valores encontrados estão de acordo com a legislação brasileira vigente.

Observa-se também que a farinha seca a 60°C possui uma umidade mais elevada em relação às outras duas amostras, embora esteja dentro do padrão permitido.

O controle de umidade é um dos principais fatores para a conservação de alimentos (21), pois alguns microrganismos, como fungos, bactérias e leveduras, necessitam de umidade para seu crescimento, afetando diretamente a qualidade e segurança dos alimentos (22). Também, o teor de umidade influencia no tipo de embalagem na qual o produto vai ser acondicionado e no tipo de transporte e estocagem, afetando diretamente sua vida de prateleira (23).

Os teores de fibras encontrados para as farinhas secas a 60, 70 e 80°C foram iguais a 9,63, 10,26 e 10,93%, respectivamente, não diferindo entre si ao nível de 5% de significância. Outros estudos que realizaram análise de fibra bruta da farinha de casca e albedo da laranja obtiveram resultados similares, iguais a, aproximadamente, 11,67% de fibra bruta (24;25).

Considerando a RDC n° 54, de 12 de novembro de 2012 (26), que regulamenta sobre informação nutricional complementar, o conteúdo encontrado nas farinhas é de alto teor de fibras, pois as mesmas possuem acima de 6,00%, conforme determinado pela legislação, apontando que as farinhas de casca de laranja Pera podem ser incluídas na dieta como alimento fonte de fibras, pois quando comparada a farinha de trigo, por exemplo, a Tabela Brasileira de Composição de Alimentos (TACO) relata que a mesma apresenta um teor de fibras de 2,30%.

Em relação à atividade antioxidante das farinhas de casca de laranja, foram encontrados valores de 92,02, 91,93 e 92,22% de inibição dos radicais livres DPPH para as farinhas elaboradas a 60, 70 e 80°C, respectivamente, não apresentando diferenças estatísticas entre si (ao nível de 5% de significância). Dados da literatura mostraram que a atividade antioxidante para extrato da casca do limão resultou em 76% de inibição, enquanto a casca de laranja obteve-se um resultado de 74,4% de inibição e, ainda, o trigo demonstrou 50% de inibição dos radicais livres DPPH. Esses dados são inferiores aos resultados encontrados para as farinhas de casca de laranja, visto que as três amostras analisadas obtiveram atividades antioxidantes mais elevadas, em torno a 92%. Alguns fatores podem explicar esta diferença, como o estágio de maturação do fruto, a cultivar estudada, a época de colheita, o tratamento da amostra e as condições de armazenamento (27).

Tais dados corroboram com a escolha de elaborar farinha a partir de casca de laranja para desenvolvimento de novos produtos, pois além de ter alto teor de fibras, ajudando na flora intestinal, possui uma elevada atividade antioxidante, contribuindo para o combate aos radicais livres. Ressalta-se que a utilização de diferentes temperaturas (60, 70 e 80°C) para a secagem das cascas de laranja Pera (*Citrus sinensis L. Osbeck*) não influenciou no resultado das análises realizadas no presente trabalho (caracterização granulométrica, umidade, teor de fibra bruta e atividade antioxidante).

CONCLUSÕES

Conclui-se que a elaboração de farinha a partir de casca de laranja Pera (*Citrus sinensis L. Osbeck*) é uma ótima alternativa para aumentar o valor nutricional de produtos, por exemplo, como pães e massas, pois possui alto teor de fibras e é rica em compostos antioxidantes. Ainda, a partir da caracterização granulométrica, pode-se concluir que as farinhas elaboradas são do tipo fina e apresentam teores de umidade dentro dos padrões estabelecidos em legislação vigente no Brasil, país onde foi desenvolvido esse estudo. Ainda, o reaproveitamento das cascas para elaboração de farinha contribui como alternativa para destinação adequada destes resíduos que são gerados em grande escala durante o processamento de sucos.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos a Universidade Federal do Pampa - Campus Bagé (UNIPAMPA), ao Laboratório Desenvolvimento Tecnológico de Inovação Aplicados aos Olivais da Região da Campanha, onde foram realizadas todas as análises deste estudo, e ao grupo de pesquisa sobre Aproveitamento de Resíduos Domésticos no Desenvolvimento de Novos Produtos.

REFERÊNCIAS

1. FAO, FIDA, OMS, PMA & UNICEF . El estado de la seguridad alimentaria y la nutrición en el mundo 2019. Protegerse frente a la desaceleración y el debilitamiento de la economía. Roma, FAO. 256 p. 2019.
2. EMBRAPA. Co-produtos, 2016. Disponível em: <<https://www.ipe.br/co-produtos>>. Acesso em: 22 ago 2021
3. FAO. Food and Agriculture of the United Nations. Statistical Databases. 2020. Disponível em: <http://www.fao.org/faostat/en/#rankings/commodities_by_country> Acesso em: 22 ago 2022.
4. IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Produção Agrícola . Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pesquisa/15/0> . Acesso em: 22 ago 2021.
5. FRANCO, A. S. M. Análise Conjuntural: O suco de laranja brasileiro no mercado global. v.38. n.11-12, 2016.

6. BENELLI, P. Agregação de valor ao bagaço de laranja (*Citrus sinensis* L. Osbeck) mediante obtenção de extratos bioativos através de diferentes técnicas de extração. Dissertação de mestrado, Programa de Pós-graduação em Engenharia de Alimentos, Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, Brasil e 25-10-2012. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/93869>. Acesso em: 12 maio 2022.
7. URRUTIA, M et al. Formulação de bolos enriquecidos com farinhas produzidas com subprodutos da laranja. *FAG JOURNAL OF HEALTH (FJH)*, v. 1, n. 2, p. 121-129, 31 jul. 2019. Acesso em: 2 jun. 2022.
8. BRASIL. Resolução RDC nº 263, de 22 de setembro de 2005. Regulamento Técnico para produtos de cereais, amidos, farinhas e farelos. Diário Oficial da União da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 23 set. 2005. Seção 1, p.368.
9. EL-DASH, A; GERMANI, R Tecnologia de farinhas mistas. Brasília: EMBRAPA. 1994b. v. 6 (Uso de farinha mista na produção de biscoitos). 47p.
10. MOO-HUCHIN, V et al. Determination of some physicochemical characteristics, bioactive compounds and antioxidante activity of tropical fruits from Yucatan, Mexico. *Food Chemistry*. v.152, p. 508–515, 2014.
11. FENNEMA, O. R.; DAMODARAN, S.; PARKIN, K. L. Química de Alimentos de Fennema – 4ª ed. - Editora Artmed, 2010.
12. FOOD INGREDIENTS BRASIL. Dossiê de fibras alimentares. Revista-FI. n. 30, p. 42-65, 2014. Disponível em: https://revista-fi.com/upload_arquivos/201606/2016060405772001464892824.pdf . Acesso em: 29 ago. 2022.
13. LAUFENBERG, G.; KUNZ, B.; NYSTROEM, M. Transformation of vegetable waste into value added products: (A) the upgrading concept; (B) practical implementations. *Bioresource Technology*, v. 87, p. 167-197, 2003.
14. LUPATINI, A. L. et al. Desenvolvimento de Biscoitos com Farinha de Casca de Maracujá-amarelo e Okara. *Revista Ciências Exatas e Naturais*, v. 13, n. 3, 2011.
15. INSTITUTO ADOLFO LUTZ. Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz. v. 1: Métodos químicos e físicos para análise de alimentos, 3. ed. São Paulo: IMESP, 1985. p. 21-22.

16. NETO, A. A. C. Desenvolvimento de massa alimentícia mista de farinhas de trigo e mesocarpo de babaçu (*Orbignya sp.*). Dissertação (Pós-graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos). Instituto de Tecnologia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2012).
17. BRAND-WILLIAMS, W.; CUVELIER, M.; BERSET, C. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *Food Sci. Technol.* 1995; v. 28 (1): 25–30
18. AOAC. Crude Fiber Analysis in Feeds by Filter Bag Technique Ba6a-5.2009
19. BRESSIANI, J. B. J. Redução do tamanho de partícula de farinha de grão inteiro e alterações nas propriedades de pasta. In: XXV Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia de Alimentos, Gramado, 2016.
20. BORGES, J.T.S. et. al. Propriedades de cozimento e caracterização físico-química de macarrão pré-cozido à base de farinha integral de quinoa e de farinha de arroz (*Oryza sativa*, L) polido por extrusão termoplástica. do Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos, v.21, n.2, p.303-322, jul./dez. 2003.
21. FONSECA, H.; CANTARELLI, P. R. Princípios e métodos gerais de conservação de alimentos pelo controle da umidade, por preservativos e por radiações: embalagens. In: CAMARGO, R.; FONSECA, H. Tecnologia dos produtos agropecuários: alimentos. São Paulo: Nobel, 1984. p. 97- 112.
22. GAVA, A. J. Princípios de Tecnologia dos Alimentos. São Paulo: Nobel. 2002.
23. PINTO, J.V. Elaboração de manual prático para determinação de vida-de-prateleira de produtos alimentícios. 2015. 66 f. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Instituto de Ciência e Tecnologia de Alimentos, Curso de Engenharia de Alimentos. Porto Alegre, 2015.
24. TOZATTI, P et al. Utilização de resíduo de laranja na elaboração de biscoitos tipo cracker. *RECEN* 2013;15(1):135-50. <https://doi.org/10.5935/recen.2013.01.08>
25. CINTRA et al. Farinha de banana e de albedo: opções de enriquecimento alimentar para comunidades carentes. Centro de Ciências da Saúde/Departamento de Nutrição/PROBEX 2007. p.1-6.
26. BRASIL. Resolução de Diretoria Colegiada – RDC nº 54, de 12 de novembro de 2012. Dispõe sobre o regulamento técnico sobre informação nutricional complementar. Diário Oficial da União da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 2012.

27. OLIVEIRA, M. S. et al. Atividade Antioxidante e Antifúngica de Extratos Vegetais. *Alim. Nutr.*, Araraquara v.18, n.3, p. 267-275, jul./set. 2007.

DOI: <https://doi.org/10.53934/9786585062039-62>

CAPÍTULO 62

MOUSSE COM PROPRIEDADES PREBIÓTICAS ELABORADO A PARTIR DA BIOMASSA DE BANANA VERDE E CONSTRUÇÃO DE SUA TABELA DE INFORMAÇÃO NUTRICIONAL

Rayssa Ferreira Rosso *; Júlia Fagundes Trojahn ; Isac Gonçalves de Oliveira ; Maria Lauren Deferrari Arrojo Freitas ; Pamela Haissa Sampaio ; Andressa Carolina Jacques 

*Autor correspondente – Email: rayssarosso.aluno@unipampa.edu.br

Resumo: Os alimentos funcionais são aqueles que, além de fornecerem a nutrição básica, promovem a saúde. Dentre eles, pode-se citar os compostos prebióticos, que são carboidratos não digeríveis, que afetam benéficamente a saúde humana, estimulando seletivamente a proliferação de bactérias desejáveis. A biomassa de banana verde é um produto prebiótico por possuir amido resistente, o qual apresenta nutrientes importantes para saúde humana, podendo ser utilizado na elaboração de produtos com teores de açúcares e lipídeos reduzidos. Diante disso, o objetivo do presente trabalho foi realizar a produção de um mousse de chocolate incorporado com a biomassa de banana verde, para se realizar a construção de sua informação nutricional. A elaboração da tabela nutricional foi realizada a partir de cálculos teóricos com base nas legislações em vigor. A IN 75/2020 da ANVISA, que vigora a partir de outubro de 2022, RDC 429/2020, RDC 54/2012 e RDC 26/2015 também foram consultadas. Como resultado, obteve-se um produto de massa homogênea e textura adequada, com rendimento de 520 gramas, podendo ser consumido por celíacos e alérgicos ao ovo e à soja, e excelente no controle da microbiota intestinal.

Palavras-chave: Alimentos Funcionais; Sobremesa; Bactérias Desejáveis; Rotulagem Nutricional

Abstract: Functional foods are those that, in addition to providing basic nutrition, promote health. Among them, we can mention the prebiotic compounds, which are non-digestible carbohydrates, which beneficially affect human health, selectively stimulating the proliferation of desirable bacteria. Green banana biomass is a prebiotic product because it has resistant starch, which has important nutrients for human health, and can be used in the preparation of products with reduced sugar and lipid levels. Therefore, the objective of the present work was to carry out the production of a chocolate mousse incorporated with green banana biomass, to carry out the construction of its nutritional information. The elaboration of the nutritional table was carried out from theoretical

calculations based on the legislation in force. ANVISA's IN 75/2020, effective from October 2022, RDC 429/2020, RDC 54/2012 and RDC 26/2015 were also consulted. As a result, a product with a homogeneous mass and adequate texture was obtained, with a yield of 520 grams, which can be consumed by celiacs and those allergic to egg and soy, and excellent in controlling the intestinal microbiota.

Key Word: Functional Foods; Dessert; Desirable Bacteria; Nutritional Labeling

INTRODUÇÃO

Os alimentos funcionais são aqueles que concedem benefícios a uma ou mais funções do corpo humano, além de possuir adequados efeitos nutricionais, sendo relevantes para o bem-estar e para redução de riscos a doenças (1). Os alimentos funcionais corrigem distúrbios metabólicos a partir da combinação de produtos comestíveis com moléculas biologicamente ativas, resultando na redução dos riscos de doenças e fazendo a manutenção da saúde (2;3).

Os alimentos ou ingredientes funcionais podem ser classificados quanto à fonte, de origem animal ou vegetal, ou quanto aos benefícios que oferecem, atuando no sistema cardiovascular, gastrointestinal, nas reações bioquímicas de substratos, no crescimento, desenvolvimento e classificação celular, no desempenho das funções fisiológicas e como antioxidantes (4).

Os mesmos devem ser consumidos na dieta normal/usual, devem ser compostos por componentes naturais, devem ter efeitos positivos além do valor básico nutritivo, a alegação da propriedade funcional deve ter embasamento científico e pode ter alguma modificação em um ou mais componentes (1).

Em relação às classes dos alimentos ou compostos funcionais, tem-se a divisão em probióticos e prebióticos. Os probióticos consistem em microrganismos vivos que podem ser agregados como suplementos alimentares, afetando de forma favorável e estimulando o desenvolvimento da flora intestinal (5). Já os prebióticos, são oligossacarídeos fermentáveis e não digeríveis, cuja função é mudar a atividade e composição da microbiota intestinal, com o intuito de promover a saúde. Os prebióticos mais eficientes são aqueles que reduzem a atividade de organismos potencialmente patogênicos (6;1).

Para a seleção de microrganismos probióticos deve-se levar em consideração sua origem, não serem patogênicos, apresentarem tolerância ao trato gastrointestinal, possuírem habilidade de sobreviver aos processos tecnológicos, permanecerem viáveis durante o shelf life (vida-de-prateleira) e terem os benefícios à saúde constatados. Para que uma substância possa ser definida como prebiótica, a mesma deve ser de origem vegetal, formar parte de um conjunto heterogêneo de moléculas complexas, não ser digerida por enzimas digestivas, ser, em parte, fermentada por uma colônia de bactérias e ser osmoticamente ativa (7).

Dentre os alimentos com características de prebióticos, tem-se a biomassa de banana verde, a qual é resistente à ação de enzimas, não calórica e estimulante ao crescimento de bactérias, como os *Lactobacillus*. A mesma consiste na polpa da banana verde cozida e processada, apresentando altos teores de vitaminas, minerais e fibras.

No Brasil, a produção de banana é de aproximadamente 8 milhões de toneladas ao ano. Porém, cerca de 60% da colheita se perde antes de chegar ao consumidor final, em decorrência de falhas oriundas de técnicas inadequadas de colheita e também pós-colheita, bem como de falhas nos sistemas de transporte, distribuição e armazenamento, que comprometem a qualidade do produto final. Por outro lado, a banana verde possui uma vida útil mais longa, o que tem despertado o interesse por sua industrialização (8).

A banana está inserida no grupo de alimentos funcionais do tipo prebióticos, principalmente quando verde e cozida. A mesma possui amido resistente, o qual é de grande interesse para indústria alimentícia, por apresentar nutrientes importantes para saúde e podendo ser utilizada na elaboração de produtos com teores de açúcares e lipídeos reduzidos, além de auxiliar no tratamento de distúrbios intestinais e controlar a glicemia e o colesterol (9).

A banana verde possui alta concentração de vitaminas, sais minerais, amido resistente e baixas concentrações de açúcares. A biomassa de banana verde pode ser incorporada como ingrediente na preparação de outros produtos alimentícios, como o mousse de chocolate, uma vez que a mesma não apresenta sabor ou aroma característico, mas confere ao produto qualidades funcionais e nutricionais.

O mousse não contém um padrão fixo na legislação brasileira, ou seja, não existe uma definição técnica para ele. Porém, o mesmo é reconhecido como uma sobremesa láctea que apresenta características de espuma estável, formada pela incorporação de bolhas de oxigênio a uma massa (10).

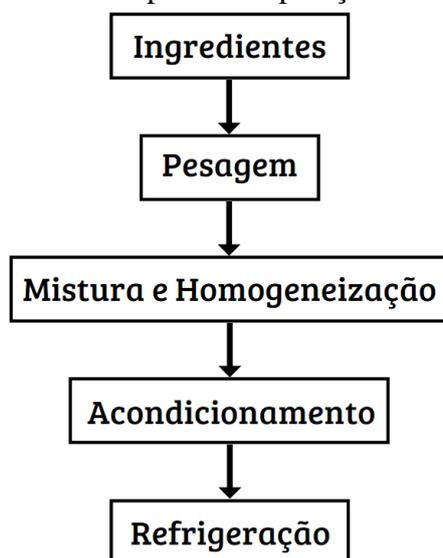
Diante do exposto, o presente trabalho tem como objetivo produzir um mousse de chocolate incorporado com a biomassa de banana verde e executar a construção de sua tabela nutricional a partir dos ingredientes utilizados, da Tabela Brasileira de Composição de Alimentos (TACO), da plataforma FatSecret e do Padrão de Referência Nacional da Base de Dados de Nutrientes do Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (USDA) (11;12;13).

MATERIAL E MÉTODOS

Material: Foram utilizados para a elaboração do mousse os seguintes ingredientes: 330 g de biomassa de banana verde, 40 g de chocolate meio amargo, 40 g de açúcar cristal e 155 g de leite de vaca integral, todos obtidos no comércio local. A biomassa de banana verde foi elaborada a partir de seis bananas verdes, retiradas da penca sem romper a casca e higienizadas com água corrente para retirar as sujidades. Em seguida foram colocadas em uma panela de pressão e cobertas com água fervente. Após pegar pressão (cerca de 10 minutos) a uma temperatura de aproximadamente 120°C, as mesmas foram cozidas por oito minutos. Posteriormente, foram descascadas, ainda quentes, e a polpa foi triturada no liquidificador até formar uma pasta cremosa.

Desenvolvimento do produto: O fluxograma a seguir apresenta as etapas para elaboração do mousse.

Figura 1 - Fluxograma das Etapas de Preparação do Mousse:



Fonte: Autores, 2022.

Todos os ingredientes foram misturados e homogeneizados no liquidificador por 2 minutos até se obter uma mistura cremosa e lisa. Em seguida foram acondicionados em um recipiente e levados ao refrigerador (5°C).

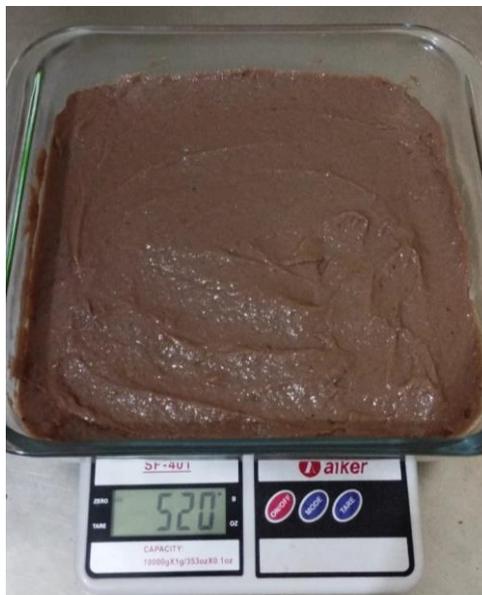
Com base nos ingredientes utilizados, o produto desenvolvido está de acordo com a Resolução nº 26 de julho de 2015, que trata sobre os alimentos que causam alergias alimentares, neste caso, o produto ficará isento de trigo, ovos e soja (14).

Elaboração da Tabela de Informações Nutricional: A partir dos ingredientes utilizados e com o auxílio da Tabela Brasileira de Composição de Alimentos (TACO) (11), plataforma FatSecret (12) e Tabela USDA (13), foi desenvolvida a tabela nutricional do produto. A mesma foi elaborada com base na regulamentação que entrará em vigor no Brasil: a Instrução Normativa nº 75 de 08 de outubro de 2020 (15).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O produto desenvolvido apresentou massa homogênea e textura adequada, com rendimento de 520 gramas. A formulação do mesmo foi considerada simples e rápida, podendo ser facilmente reproduzida. A Figura 2 ilustra o produto final.

Figura 2 - Foto do Mousse de Chocolate incorporado com Biomassa de Banana Verde:



Fonte: Autores, 2022.

Com base nas informações da TACO (11), a composição centesimal dos ingredientes utilizados no preparo do mousse estão dispostos no quadro abaixo.

Quadro 1 - Composição Centesimal dos Ingredientes:

Ingredientes	Valor Energético	Prot.	Lip.	Carbo.	F.A.	Sódio
Açúcar	387 kcal	0,3 g	Tr	99,6 g	NA	Tr
Chocolate	475 kcal	4,9 g	29,9 g	62,4 g	4,9 g	9 mg
Leite Integral	60 kcal	3,22 g	3,25 g	4,52 g	NA	40 mg

Fonte: TACO.

A TACO não apresenta os valores nutricionais da biomassa de banana verde, dessa forma, as informações foram retiradas da plataforma FatSecret (12) e estão apresentadas no quadro abaixo. Há diferença nas quantidades de nutrientes presentes na polpa da banana verde, isto porque há vários fatores que influenciam nas quantidades de nutrientes presentes, como cultivo, nutrição do solo e condições às quais a fruta é submetida após a colheita.

Quadro 2 - Composição Centesimal da Biomassa de Banana Verde:

Ingredientes	Valor Energético	Prot.	Lip.	Carb.	F.A.	Sódio
Biomassa	64 kcal	1,32 g	0,23 g	14,35 g	1,9 g	3 mg

Fonte: FatSecret.

Os valores para os cálculos de açúcares adicionados e totais foram retirados da plataforma FatSecret (12) e da Tabela USDA (13), e estão dispostos no quadro abaixo.

Quadro 3 - Valores para o Cálculo de Açúcares Adicionados e Totais:

Ingrediente	Açúcar Adicionado	Açúcar Total
Açúcar Cristal	99,6 g	99,6 g
Chocolate Meio Amargo	0 g	54,5 g
Leite Integral	0 g	5,26 g
Biomassa de Banana Ver.	0 g	7,05 g

Fonte: FatSecret e Tabela USDA.

Levando em consideração que o mousse pode ser considerado uma sobremesa láctea, o valor da porção segundo a Instrução Normativa nº 75 de 08 de outubro de 2020, é de 120 g ou ml (1 xícara) (15).

Com base nos valores consultados na literatura e legislação, foram realizados os cálculos para a construção da Tabela de Informação Nutricional do mousse incorporado com biomassa de banana verde, e a mesma está apresentada na Figura 3.

Figura 3 - Tabela de Informação Nutricional do Mousse de Chocolate incorporado com Biomassa de Banana Verde:

INFORMAÇÃO NUTRICIONAL			
Porção: 120g (1 xícara)			
	100 g	120 g	%VD (*)
Valor Energético	127 kcal ou 531 kJ	152 kcal = 636 kJ	8%
Carboidratos Totais	22,5 g	27 g	9%
Açúcares Totais	18 g	21,5 g	-
Açúcares Adicionados	7,7 g	9,2 g	18%
Proteínas	2,2 g	2,6 g	5%
Gorduras Totais	3,4 g	4,1 g	6%
Gorduras Saturadas	1,8 g	2,2 g	11%
Gorduras Trans	0 g	0 g	-
Fibra Alimentar	1,6 g	1,9 g	7%
Sódio	14,5 mg	17,4 mg	1%

(*)% Valores Diários de referência com base em uma dieta de 2000 kcal ou 8400 kJ. Seus valores diários podem ser maiores ou menores dependendo de suas necessidades energéticas.

Fonte: Autores, 2022.

Conforme apresentado na tabela nutricional, o mousse contém, majoritariamente, carboidratos e lipídeos, seguido de proteínas e fibra alimentar, indicando o alto valor nutricional deste produto.

No que diz respeito à Informação Nutricional Complementar, de acordo com a RDC 54/2012 da ANVISA (16), se o alimento apresentar 2,5 g de fibras e 6 g de proteína por porção, o mesmo pode ser considerado fonte destes nutrientes. Sendo assim, o mousse elaborado não atinge as exigências para apresentar as alegações citadas.

Ressalta-se, ainda, que as empresas brasileiras já estão buscando adequar as formulações dos produtos, bem como os rótulos dos mesmos, conforme os novos regulamentos de rotulagem nutricional publicados no país, que entram em vigor a partir de outubro de 2022, de forma gradual para os diferentes setores da produção de alimentos.

Melo e colaboradores (2019) (17), realizaram a produção e caracterização físico-química da biomassa de banana verde. Em seus resultados, os mesmos obtiveram 12,8 g de proteínas, 27,4 g de fibra alimentar e 58,4 g de carboidratos. Comparados com os dados utilizados no presente trabalho, os valores do trabalho de Melo se apresentaram bem elevados, provando a qualidade nutricional do produto. As diferenças encontradas para este estudo, podem estar relacionadas às quantidades de ingredientes, em especial da biomassa, que foram adicionadas, visto que o produto apresentou valores nutricionais inferiores.

Outros produtos podem ser elaborados a partir da biomassa de banana verde, como bolos e doces, os quais foram desenvolvidos e apresentados no trabalho de de Leon, 2010

(18). Após a produção dos produtos, um teste de aceitabilidade foi feito, e o mesmo constatou 98% (muito bom e gostei) de aceitabilidade para o sabor do bolo de chocolate com biomassa de banana e 76% (muito bom e gostei) para o sabor do brigadeiro com biomassa.

Diante disso, constata-se que o desenvolvimento de alimentos incorporados com a biomassa, além de terem propriedades prebióticas, também apresentam boa aceitabilidade e assim podem ser comercializados, já que apresentam custos relativamente baixos.

CONCLUSÕES

A partir da bibliografia consultada, conclui-se que os alimentos funcionais são compostos que aumentam a expectativa de vida da população, além de diminuir os riscos de doenças crônicas. Porém, é necessário que mais pesquisas sejam realizadas a fim de elucidar seus efeitos na saúde humana.

A utilização da biomassa de banana verde na elaboração de um mousse de rápido preparo resultou em um alimento nutritivo e adequado para pessoas celíacas, além de ser isento de ovos e soja. O produto com concentrações significativas de amido resistente, caracterizado como prebiótico, contribui para o monitoramento dos níveis glicêmicos e de colesterol, beneficia o trânsito intestinal, além de favorecer a sensação de saciedade e contribuir na redução do acúmulo de gordura corporal.

Como sugestão para trabalhos futuros, fica a proposta de substituição do leite integral de vaca por algum leite vegetal, como o de soja, para que assim o produto possa ser consumido por intolerantes à lactose ou alérgicos à proteína do leite.

AGRADECIMENTOS

Agradecimentos a Universidade Federal do Pampa (UNIPAMPA) e ao Programa de Desenvolvimento Acadêmico (PDA Extensão e Pesquisa).

REFERÊNCIAS

1. ROBERFROID, M. Functional food concept and its application to prebiotics. *Digestive and Liver Disease*. v. 34, Suppl. 2, p. 105-10, 2002.
2. WALZEM, R. L. Functional Foods. *Trends in Food Science and Technology*. v. 15, p. 518, 2004.
3. ANJO, D. L. C. Alimentos funcionais em angiologia e cirurgia vascular. *Jornal Vascular Brasileiro*. v. 3, n. 2, p. 145- 154, 2004.

4. SOUZA, P. H. M.; SOUZA NETO, M. H.; MAIA, G. A. Componentes funcionais nos alimentos. Boletim da SBCTA. v. 37, n. 2, p. 127-135, 2003.
5. REIG, A. L. C.; ANESTO, J. B. Prebióticos y probióticos, una Relación Beneficiosa. Instituto de Nutrición e Higiene de los Alimentos. Revista Cubana de Alimentación e Nutrición. v. 16, n. 1, p. 63-8, 2002.
6. BLAUT, M. Relationship of prebiotics and food to intestinal microflora. European Journal of Nutrition. v. 41, supplement 1, p.1-16, 2002.
7. RODRÍGUEZ, M. B. S.; MEGÍAS, S. M.; BAENA, B. M. Alimentos Funcionales y Nutrición óptima. Revista da Espanha de Salud Pública. v. 77, n. 3, p. 317-331, 2003.
8. LAJOLO, F. M.; MENEZES, E. W. Bases Científicas e Tecnológicas para Produção de Alimentos Funcionais a Partir de Plátano/banana verde. São Paulo, 2009.
9. FREITAS, M. C. J.; TAVARES, D. Q. Caracterização do grânulo de amido de bananas. Ciência e Tecnologia de Alimentos, v. 25, n.02, p. 217-222, 2012.
10. FOLEGATTI, M.L.S, Estudo do efeito do uso de diferentes agentes aerantes e gelificantes e do processamento nas características físicas e sensoriais e na estabilidade do produto mousse de maracujá. 2001. 119 f. Dissertação (Doutorado em Tecnologia de Alimentos) - Universidade Estadual de Campinas, p.119, 2001.
11. Tabela Brasileira de Composição de Alimentos (TACO) 1ª ed. Campinas: NEPA – UNICAMP. 2004 [acesso em 2022 Agosto 26]. Disponível em: https://www.cfn.org.br/wp-content/uploads/2017/03/taco_4_edicao_ampliada_e_revisada.pdf
12. FatSecret Brasil. Biomassa de Banana Verde [Internet]. 2020 [acesso em 2022 Agosto 26]. Disponível em: <https://www.fatsecret.com.br/calorias-nutri%20A7%20A3o/gen%20A9rico/biomassa-de-banana-verde>
13. USDA National Nutrient Database for Standard Reference, Release 25. Tabela Brasileira de Composição de Alimentos (TBCA). Universidade de São Paulo (USP). Food Research Center (FoRC).

14. BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC nº 26, de 2 de julho de 2015. Requisitos para rotulagem obrigatória dos principais alimentos que causam alergias alimentares. Acesso em: 26 de agosto de 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/inspecao/produtos-vegetal/legislacao-1/biblioteca-de-normas-vinhos-e-bebidas/resolucao-rdc-no-26-de-2-de-julho-de-2015.pdf/view>
15. BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Instrução normativa nº 75, de 8 de outubro de 2020. Requisitos técnicos para declaração da rotulagem nutricional nos alimentos embalados. Acesso em: 26 de agosto de 2022. Disponível em: <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/instrucao-normativa-in-n-75-de-8-de-outubro-de-2020-282071143>
16. BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução nº 54, de 12 de novembro de 2012. Regulamento Técnico sobre Informação Nutricional Complementar. Acesso em: 26 de agosto de 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/inspecao/produtos-vegetal/legislacao-1/biblioteca-de-normas-vinhos-e-bebidas/resolucao-rdc-no-54-de-12-de-novembro-de-2012.pdf/view>
17. MELO, Aline Cristina Pinheiro Amorim et.al. Produção e Caracterização Físico-Química da Biomassa de Banana Verde. Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte - MG, Brasil, 2019.
18. DE LEON, Tainde Machado. Elaboração e Aceitabilidade de Receitas com Biomassa de Banana Verde. Curso de Nutrição da Universidade do Extremo Sul Catarinense, UNESC. Criciúma, dezembro de 2010.

DOI: <https://doi.org/10.53934/9786585062039-63>

CAPÍTULO 63

DESENVOLVIMENTO DE BARRAS DE CEREAIS ADICIONADAS DE FARINHA DE CASCA DE LARANJA *PERA* (*Citrus sinensis*) E AVALIAÇÃO DE SEU POTENCIAL ANTIOXIDANTE

Pamela Haissa de Oliveira Sampaio *; Gabriela Avello Crepaldi ; Maria Lauren Deferrari Arrojo Freitas ; Rayssa Ferreira Rosso ; Catarina Motta de Moura ; Andressa Carolina Jacques 

*Pamela Haissa de Oliveira Sampaio – Email:
pamelasampaio.aluno@unipampa.edu.br

Resumo: A utilização de subprodutos nas indústrias alimentícias vem ganhando espaço no desenvolvimento de novos produtos, além de reduzir o impacto ambiental. A produção de laranja no Brasil ocupa a 6ª posição das dez maiores *commodities*, com isso, havendo grande geração de resíduos da laranja como casca, sementes e polpas. A laranja (*Citrus sinensis* L. Osbeck) é o fruto a partir do cruzamento do pomelo (*Citrus máxima*) com a tangerina (*Citrus reticulata*). A adição de casca de laranja para desenvolvimentos de barras de cereais confere capacidade antioxidante, podendo prevenir o surgimento de algumas doenças. O presente trabalho teve como objetivo desenvolver barras de cereais com adição de farinha de cascas de laranja e avaliação do potencial antioxidante. Para isso, foram utilizadas cascas de laranja provenientes da cultivar *Pera*, cultivadas na região de Santa Margarida do Sul – RS, colhidas em julho de 2022. Para a obtenção da farinha das cascas, as mesmas foram secas à 70°C, por 5 h e adicionadas na elaboração das barras de cereais com 25 e 75% de substituição em relação à farinha de trigo. Em seguida, foi realizado avaliação do potencial antioxidante e teve como resultado esperado que o percentual de inibição das barras de cereais com diferentes formulações de farinha de formulações. Logo, a adição da casca de laranja *Pera* no enriquecimento das barras de cereais traz benefícios à saúde e, ainda, reduz o impacto ambiental com a utilização de resíduos agroindustriais.

Palavras-chave: Reaproveitamento; Impacto ambiental; Radicais livres; Resíduos agroindustriais; Subproduto

Abstract: The use of by-products in the food areas comes with efficiency in the development of new products, in addition to reducing the environmental impact. Orange production in Brazil occupies the 6th position of the ten largest commodities, with this, there is a large generation of orange residues such as peel, seeds and pulp. The orange (*Citrus sinensis* L. Osbe) is the fruit from the crossing of pomelo maxima (*Citrus*

reticulata) with tangerine (*Citrus reticulata*). The addition of orange peel to cereal bar developments confers antioxidant capacity, which can prevent the addition of some diseases. The objective of this work was to develop cereal bars with the addition of orange peel flour and evaluation of the antioxidant potential. For this, peels from the cultivar Pera, grown in the region of Santa Margarida do Sul - RS, in July 2022 were used. production of cereal bars with 25 and 75% replacement in relation to wheat flour. Then, the antioxidant potential and the percentage of evaluation of the weight bars with different formulations of flour formulations were performed. Therefore, in order not to impact the environmental impact of the *Pear* orange peel, the enrichment of cereal bars brings health benefits and also reduces the impact of the use of agro-industrial residues.

Key Word: Reuse; Environmental impact; Free radicals; Agro-industrial waste; by-product

INTRODUÇÃO

Segundo a Portaria nº 263, de 22 de setembro de 2005, da Secretaria de Vigilância Sanitária do Ministério da Saúde, no Brasil, os cereais processados são os produtos obtidos através de cereais cilindrados, extrudados, laminados, pré-cozidos, dentre outros processamentos tecnológicos, que são considerados seguros para produção de alimentos, havendo a possibilidade de conter outros ingredientes desde que não descaracterizem os produtos, podendo apresentar formato, textura e cobertura (1). Segundo Silva, Pante, Prudêncio e Ribeiro (2), podem ser adicionados outros ingredientes, além de aveia, arroz, trigo, agentes aglutinantes, frutas secas e castanhas, a fim de agregar valor nutricional, favorecendo a saúde do consumidor.

A busca pelo aproveitamento dos resíduos agroindustriais para o desenvolvimento de novos produtos vem ganhando grande importância devido ao índice elevado de desperdício aliado com a preocupação com os impactos ambientais. A partir das diversas possibilidades de evitar desperdícios causados pela cadeia de produção, a indústria de alimentos procura alternativas de aproveitamento e desenvolvimento de novos produtos saudáveis e com alta aceitabilidade (3). Dentre as alternativas, destaca-se a laranja, sendo uma opção viável para reaproveitamento, visto sua larga produção no país e seus benefícios à saúde, tais como capacidade anti-inflamatória e antioxidante, que demonstram potencial para prevenir o aparecimento de algumas doenças.

Tendo origem na antiguidade pelo cruzamento do pomelo (*Citrus máxima*) com a tangerina (*Citrus reticulata*), a laranja é um fruto híbrido (*Citrus sinensis* L. Osbeck) (4). A diferença entre as laranjas é o sabor, existindo duas espécies distintas. A primeira espécie, a laranja *Citrus sinensis*, reúne as de sabor doce, como laranja lima, pera, bahia e a seleta, sendo utilizadas para preparação de sucos, consumo “*in natura*” ou na elaboração de doces. A segunda espécie, a laranja, *Citrus aurantium*, é caracterizada como laranja azeda, já que se concentram os tipos ácidos, podendo ser utilizada para fabricação de doces, a partir de casca e polpa, enquanto as flores são utilizadas na extração

de perfumes (5).

A partir dos dados da Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura, a produção de laranja no Brasil no ano de 2020 foi de 16.707.897 toneladas, ocupando das dez melhores *commodities* do Brasil, a 6ª posição (6). Com a alta produção, tem-se também a geração de resíduos. Os resíduos de laranja que são gerados em sua composição se dão pela casca (flavado e albedo), pela polpa (resíduo do saco do suco), sementes e membranas. O flavado é formado pela casca amarela, conhecida como epicarpo e o albedo é a parte interior esbranquiçada, chamada mesocarpo, rico em pectina (7). A partir do processamento da laranja os resíduos são compatíveis à metade do peso de cada fruto utilizado, e uma parte do resíduo é empregado para elaboração de ração animal. Além disso, podem-se obter produtos como doces, óleos essenciais, celulose, essências aromáticas, pães, biscoitos, bolos, geleia, farinhas, entre outros (8).

Com base na avaliação da composição centesimal da farinha de casca de laranja, destaca-se o alto conteúdo de polifenóis, além do teor de fibra bruta que é cerca de cinco vezes maior quando comparada à farinha de trigo. Dessa maneira, classifica-se a farinha de casca de laranja como um potente antioxidante e alimento funcional (9).

Diante dos estudos citados, ressalta-se o potencial que os resíduos do processamento da laranja possuem, para elaboração de novos produtos, como por exemplo, o desenvolvimento de barras de cereais com adição da farinha da casca. Assim, o objetivo do presente estudo foi a elaboração de barra de cereal com adição de farinha de cascas de laranja, visando aumentar seu potencial antioxidante e, contribuir para a redução do impacto ambiental.

MATERIAL E MÉTODOS

Foram utilizadas cascas de laranja, provenientes da cultivar *Pera*, produzidas na região de Santa Margarida do Sul – RS/Brasil, colhidas em julho de 2022. As cascas foram conduzidas até o laboratório de Desenvolvimento Tecnológico e Inovação Aplicados aos Olivais da Região da Campanha situado na Universidade Federal do Pampa – Campus Bagé, onde foram selecionadas, higienizadas com solução clorada à 100ppm de cloro ativo por 15 minutos e mantidas sob refrigeração (4°C), até seu processamento. Para o desenvolvimento das barras de cereais, foram utilizados os ingredientes: açúcar mascavo, farinha de trigo, manteiga, xarope de glucose, flocos de arroz, granola, aveia e linhaça. Todos obtidos no comércio local, mantendo-se as marcas em todas as formulações, com exceção da farinha das cascas de laranja, que foram processadas no próprio local.

Elaboração da Farinha das cascas de Laranja Pera:

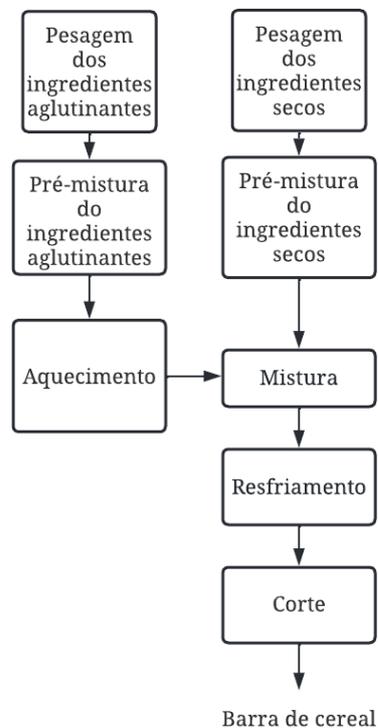
As cascas de laranja já na forma de resíduos (metades de frutos obtidas a partir do processamento de suco e já higienizadas com solução clorada à 100 ppm), foram secas em estufa com circulação forçada de ar (2 m.s^{-1}) numa temperatura de 70°C por 5 h. Logo

após foram trituradas em moinho analítico em 28.000 rpm por 10 min e peneiradas com abertura de malha de 250 μ m.

Desenvolvimento das barras de cereais:

Para elaboração das barras de cereais, foi realizado o procedimento ilustrado pela Figura 1 e Quadro 1. Primeiramente foi realizada a pesagem dos ingredientes aglutinantes e dos ingredientes secos. Após, os ingredientes aglutinantes foram levados ao fogo numa temperatura de 150°C até que se formasse o caramelo à 85 °Brix. Logo após, foram adicionados os ingredientes secos. A massa obtida foi enformada e refrigerada para posterior corte.

Figura 1- Fluxograma do processamento das barras de cereais



Quadro 1- Formulações utilizadas na elaboração das barras de cereais

INGREDIENTES (g)	Formulação A	Formulação b	Formulação c
Glicose	25	25	25
Açúcar mascavo	43	43	43
Farinha de trigo	8	6	2
Farinha de casca de laranja	0	2	6
Manteiga	5	5	5
Flocos de arroz	15	15	15
Granola	12	12	12
Aveia	20	20	20
Linhaça	8	8	8

Onde: Formulação A: padrão, com 100% da farinha de trigo (8g). Formulação B: substituição de 25% de farinha de trigo por farinha de casca de laranja. Formulação C: substituição de 75% de farinha de trigo por farinha de casca de laranja.

Capacidade antioxidante:

A capacidade antioxidante foi determinada através da capacidade dos compostos presentes na amostra em sequestrar o radical livre DPPH (1,1-difenil-2-picrilhidrazil), segundo o Brand-Williams, Cuvelier e Berset (10). Foram utilizadas 5 g de cada uma das formulações e adicionadas de metanol padrão P.A. Logo após, adicionou-se X mL da solução de radicais livres DPPH e foi deixada no escuro durante 1 hora. Foi realizada a leitura em espectrofotômetro à 517 nm.

O resultado foi expresso em percentual de inibição de acordo com a Equação 1.

$$\% \text{Inibição} = \frac{\text{Abranco} - \text{Aamostra}}{\text{Abranco}} * 100 \quad (1)$$

Onde *Abranco* é a leitura em absorbância no espectrofotômetro apenas com metanol e *Aamostra* a absorbância da amostra.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A formulação B, obtida após a adição de 25% de farinha da casca de laranja, está demonstrada na Figura 2. Os resultados para o potencial antioxidante das três diferentes formulações das barras de cereais estão reportados na Tabela 1.

Figura 2- Barra de cereal formulação B



Tabela 1 – Resultados obtidos para atividade antioxidante das diferentes formulações das barras de cereais

Barras de cereais	%Inibição±Desvio
Formulação A	20,5±1,2 ^c
Formulação B	26,3±2,9 ^b
Formulação C	30,5±0,4 ^a

Onde, ^{abc} são letras distintas sobrescritas na coluna que diferiram estatisticamente pelo Teste de Tukey (p=0,05). Formulação A: padrão, com 100% da farinha de trigo (8g). Formulação B: substituição de 25% de farinha de trigo por farinha de casca de laranja. Formulação C: substituição de 75% de farinha de trigo por farinha de casca de laranja.

Com relação ao desenvolvimento de barras de cereais utilizando resíduos agroindustriais, destaca-se a importância desse reaproveitamento, em função de questões ambientais e nutricionais. Outros autores (11) também já realizaram estudos neste contexto, onde foram desenvolvidas barras de cereais enriquecidas com a fibra do bagaço do caju e avaliada suas características sensoriais e físico-químicas, obtendo resultados positivos. Ainda avaliaram a utilização do resíduo de goiaba (casca e semente) na formulação de barras de cereais como uma fonte alternativa de fibras (12). Aproveitou a casca da banana para substituir os flocos de arroz e a farinha de aveia na composição de barras de cereais (13).

A partir dos resultados demonstrados na Tabela 1, pode-se observar que o percentual de inibição das barras de cereais com diferentes formulações de farinha de casca de laranja aumentou, conforme houve o aumento da adição da farinha de casca nas formulações. Visto que, quanto maior percentual de farinha de casca de laranja adicionada

à barra de cereal maior foi seu efeito antioxidante, sendo que a formulação C (75% de substituição de farinha de trigo por farinha de cascas de laranja) apresentou a maior porcentagem de inibição dos radicais livre DPPH.

Conforme os resultados, há a indicação de que os resíduos de laranja podem ser excelentes fontes de antioxidantes, possivelmente em razão da presença de compostos como ácido ascórbico e os compostos fenólicos. (14). Destaca-se ainda com os resultados obtidos, que a utilização de compostos, com apelo de substâncias naturais que apresentem propriedade antioxidante, são relevantes de modo a diminuir ou até mesmo substituir o uso de antioxidantes sintéticos, visto que alguns estudos evidenciam que os antioxidantes sintéticos podem acarretar desenvolvimento de diversas doenças, tornando-os inviáveis para utilização (15).

Outros estudos já vêm sendo realizados no sentido de aproveitar resíduos agroindustriais gerados, levando em consideração seu potencial antioxidante, tendo em vista que, a quantidade de resíduos produzidos pode ser significativamente reduzida através do recurso a novos métodos de processamento ou através do tratamento e reutilização dos mesmos (16). A partir disto, os autores avaliaram o potencial antioxidante das cascas e polpas da laranja, tangerina e limão, obtendo os resultados iguais a 67,58, 68,57 e 46,98%, respectivamente (17). Os resultados referem-se a as cascas sem processamento e servem apenas de parâmetro para o processamento e aproveitamento. Outro estudo (18) também avaliou a atividade antioxidante frente ao radical DPPH para extratos aquosos de farinha de casca de laranja e encontraram 41,5% de inibição, mais uma vez evidenciando a importância da utilização deste resíduo.

CONCLUSÕES

A partir do exposto, destaca-se a importância do aproveitamento dos resíduos gerados no processamento de frutos, como a laranja, utilizando-se suas cascas para elaboração de farinhas com potencial para adição em diversos produtos alimentícios. A elaboração de barras de cereais enriquecidas com farinha de casca de laranja *Pera* demonstrou aumento da capacidade antioxidante em relação a formulação composta apenas com farinha de trigo, trazendo potenciais benefícios à saúde do consumidor e agregando valor aos produtos desenvolvidos. Ainda, esse reaproveitamento de cascas de laranja auxilia na redução do descarte e conseqüente impacto ambiental.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos a Universidade Federal do Pampa - Campus Bagé (UNIPAMPA), ao Laboratório Desenvolvimento Tecnológico de Inovação Aplicados aos Olivais da Região da Campanha onde foram realizadas todas as análises deste estudo e ao grupo de pesquisa sobre Aproveitamento de Resíduos Domésticos no Desenvolvimento de Novos Produtos.

REFERÊNCIAS

1. BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Portaria n. 593, de 25 de agosto de 2000. Regulamento técnico para produtos de cereais, amidos, farinhas e farelos.
2. SILVA, D. F.; PANTE, F. C.; PRUDÊNCIO, H. A.; RIBEIRO, B. A. Elaboração de uma barra de cereal de quinoa e suas propriedades sensoriais e nutricionais. *Alim Nutr*, v.22, n.1, p.63-69, 2011.
3. ALVES, A.; JOSEFA, A.; CRISTINA, I.; LUCIA, M.; LUCIA, M.; MOTA, S.; SERGIO, P. Desenvolvimento De Biscoitos De Chocolate a E Albedo De Laranja. [S. l.: s. n.], 2010.
4. MATTOS JÚNIOR, D.; NEGRI, D. J.; FIGUEIREDO, O. J.; JUNIOR, P. J. Citros: principais informações e recomendações de cultivo. Instituto Agrônomo, 26 de abril de 2005.
5. COELHO, Y. D. S. Diferenças entre os tipos de laranja. Editora Abril.
6. FAO. (2020). Food and Agriculture of the United Nations. Statistical Databases.
7. BAMPIDIS, V. A.; ROBINSON, P. H. Citrus by-products as ruminant feeds: A review. *Animal Feed Science and Technology*, v. 128, n. 3–4, p. 175–217, 2006.
8. BENELLI, P. Agregação de valor ao bagaço de laranja (*Citrus sinensis* L. Osbeck) mediante obtenção de extratos bioativos através de diferentes técnicas de extração. Dissertação de mestrado, Programa de Pós-graduação em Engenharia de Alimentos, Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, Brasil e 25-10-2012.
9. URRUTIA, M.; RAMOS, A.; HORST, M.; SACKS, T.; BEDIN, B.; BERNARDI, D. Formulação de bolos enriquecidos com farinhas produzidas com subprodutos da laranja. *FAG JOURNAL OF HEALTH (FJH)*, v. 1, n. 2, p. 121-129, 31 jul. 2019.
10. BRAND-WILLIAMS, W.; CUVELIER, M. E.; BERSET, C. Use of a Free Radical Method to Evaluate Antioxidant Activity. *The Microflown E-Book*, [s. l.], v. 28, p. 25–30, 1995.
11. OLIVEIRA, C. F. P., MALTA, H. L., JESUS, A. C. L., CRUZ, R. S. CARDOSO, F. S. N. Desenvolvimento, avaliação sensorial e físico-química de barra de cereal

- de caju. *Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial*. v.7, n. 01, p. 934-942, 2013.
12. ROBERTO, B. S., SILVA, L. P., MACAGNAN, F. T., BIZZANI, M., BENDER, A. B. B. Qualidade nutricional e aceitabilidade de barras de cereais formuladas com casca e semente de goiaba. *Rev. Inst. Adolfo Lutz*, Ed. 74, v. 1, São Paulo, p. 39-48, 2015.
 13. CARVALHO, V. S. Aproveitamento da casca de banana na elaboração de barras de cereais: avaliação dos compostos bioativos, características físicas e sensoriais. Tese de Doutorado, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, São José do Rio Preto (SP), 2015.
 14. PELLEGRINI, N; COLOMBI, B; SALVATORE, S; BRENNNA, V. O; GALAVERN, G; RIO, D. D. Evaluation of antioxidant capacity of some fruit and vegetable foods: efficiency of extraction of a sequence of solvents. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, v. 87, n. 1, p. 103-111, 2007
 15. RAMALHO, R. C; JORGE, N. ANTIOXIDANTES UTILIZADOS EM ÓLEOS, GORDURAS E ALIMENTOS GORDUROSOS *Quim. Nova*, Vol. 29, No. 4, 755-760, 2006.
 16. MAKRIS, D. P; BOSKOU, G. e ANDRIKOPOLOUS, N. K. (2007). Polyphenolic content and in vitro antioxidant characteristics of wine industry and other agri-food solid waste extracts. *Journal of Food Composition and Analysis*, 20, pp. 125-132.
 17. AL-JUHAIMI, F. Y. (2014). Citrus fruits by-products as sources of bioactive compounds with antioxidant potential. *Pakistan Journal of Botany*, 46(4), pp. 1459-1462.
 18. KANG, H. J.; CHAWLA, S. P.; JO, C.; KWON, J. H.; BYUN, M. W. Studies on the development of functional powder from citrus peel. *Bioresource Technology*, v. 97, p. 614-20, 2006.

DOI: <https://doi.org/10.53934/9786585062039-64>

CAPÍTULO 64

DIETAS VEGETARIANAS E *PLANT-BASED*: PREVENÇÃO CONTRA AS DOENÇAS CRÔNICAS NÃO TRANSMISSÍVEIS?

Elke Shigematsu *; Jessica Daniele Rodrigues Aguiar ; Valdir de Oliveira dos Santos ; Claudia Dorta ; Juliana Audi Giannoni ; Alda Maria Machado Bueno Otoboni ; Silvana Pedroso de Góes Favoni 

*Autor correspondente (Elke Shigematsu) – elke_ds@hotmail.com

Resumo: O estilo *plant-based* é considerado saudável uma vez que os alimentos não são ultra processados destacando-se pelo maior aporte de nutrientes e compostos bioativos. Sendo assim possuem mais antioxidantes e ação anti-inflamatória, além do que é considerado um importante aliado na prevenção contra as doenças crônicas não transmissíveis (DCNT), merecendo futuras pesquisas e divulgações sobre seus benefícios em relação a qualidade de vida do indivíduo especificando seus atributos e limitações que possam ocorrer por conta de algumas carências nutricionais. Esses alimentos atendem um público que apresenta perfil heterogêneo, pois agregam consumidores com dieta vegetariana e aqueles que estão reduzindo o consumo de carne. Por meio de revisões de literatura relacionadas ao tema *plant-based* e dietas vegetarianas/veganas o tema abordou a possibilidade destas prevenir doenças não transmissíveis, como obesidade, diabetes, hipertensão e câncer colorretal, e os benefícios da inserção dessa nova dieta para os consumidores.

Palavras-chave: *Diabetes mellitus*; frutas e hortaliças; *plant-based*; vegano; vegetariano

Abstract: The plant-based style is considered healthy since the foods are not ultra-processed, standing out for the greater supply of nutrients and bioactive compounds. Thus, they have more antioxidants and anti-inflammatory action, in addition to being considered an important ally in the prevention of chronic non-communicable diseases (NCDs), deserving future research and disclosures about their benefits in relation to the quality of life of the individual, specifying their attributes. and limitations that may occur due to some nutritional deficiencies. These foods serve an audience with a heterogeneous profile, as they include consumers with a vegetarian diet and those who are reducing their meat consumption. Through literature reviews related to the plant-based theme, the study approached vegetarian and vegan diets with the possibility of preventing non-communicable diseases, such as obesity, diabetes, hypertension and colorectal cancer, and the benefits of inserting this new diet for consumers.

Key Word: *Diabetes mellitus*; fruits and vegetables; plant-based; vegan; vegetarian

INTRODUÇÃO

De acordo com a Embrapa (1), o consumidor brasileiro vem acompanhando uma enxurrada de lançamentos de produtos à base de ingredientes vegetais, conhecidos pelo termo inglês *plant-based*, com aparência, textura e sabor que se assemelham aos produtos feitos com proteína animal. São oferecidos de bebidas a sorvetes, hambúrgueres, empanados, almôndegas e até de produtos semelhantes a carne, peixe ou frango. Todos feitos à base de plantas, esta categoria de produtos substitutos da proteína animal não é nova no Brasil, mas antes estava muito restrita às populações veganas e vegetarianas e os produtos eram feitos quase que exclusivamente à base de soja.

Nos anos 70, o extrato de soja já era uma opção ao leite e era inclusive oferecido na merenda escolar para suprir o déficit nutricional que atingia a população com baixo poder aquisitivo. Produtos vegetais enlatados que se assemelhavam à carne animal também podiam ser vistos nas prateleiras dos supermercados, embora em poucas opções. As indústrias de alimentos estão em constante inovação, uma vez que os consumidores sempre buscam novos produtos, portanto, Giacomelli et al. (2) discorrem que as “carnes vegetais” apresentam-se como uma ótima alternativa de proteína análoga à animal.

De acordo com Johannesen et al. (3) as dietas baseadas principalmente em alimentos derivados de plantas, normalmente se referem a frutas, hortaliças, grãos, sementes, leguminosas, verduras e cogumelos, e estas dietas apresentam variações nos cardápios dependendo das limitações financeiras dos consumidores e a disponibilidade comercial para encontrar estes vegetais.

Os alimentos denominados de *plant-based* remonta aos anos de 1980 e referia-se, especificamente, a uma dieta com baixo teor de gordura e alta quantidade de fibras vegetais. Com o passar do tempo, o nome passou a abranger uma gama mais extensa de alimentos, não se restringindo apenas a alimentos vegetais integrais e naturais (4). Já as pessoas que se denominam veganas possuem hábitos que reduzem os maus tratos aos animais, sendo o termo uma ideologia, um estilo de vida, onde não excluem apenas alimentos de origem animal, mas também produtos que estejam ligados ao sofrimento, como exemplo cosméticos, roupas de couro, dentre outros diversos produtos e apesar de muitos ligarem o veganismo como um estilo de vida saudável, produtos industrializados são altamente consumidos nesse tipo de dieta, diferente do *plant-based* que busca diminuir o consumo de alimentos processados (5).

O termo vegetariano apresenta várias definições dependendo em qual área de estudo está pautada, pesquisadores buscam classificar os indivíduos vegetarianos de acordo com o relato da ingestão dietética do mesmo, dependendo da inclusão ou ingestão dos derivados de animais recebem uma terminologia diferente como os lactovegetarianos que ingerem leites e derivados, ovovegetarianos que consomem ovos e os ovolactovegetarianos que consomem ovos e laticínios, e apesar destas variações todos são considerados vegetarianos. Este termo é um dos mais conhecidos dentro da chamada alimentação saudável, sendo citado pela primeira vez no ano de 1847 pela organização filantrópica Britânica (6).

Segundo o IBOPE (7) aproximadamente 30 milhões de brasileiros se declararam vegetarianos, este número representa 14% da população e estes números vêm crescendo a cada ano, assim como a indústria e os produtos relacionados.

Portanto, a alimentação a base de hortifrutis ganhou força por seus benefícios, pois as dietas baseadas em plantas apresentam potenciais benéficos bem definidos como exemplo a redução da massa gorda, redução da incidência de doenças crônicas não transmissíveis, melhora da circulação cardiovascular, diminuição do estado depressivo e auxilia na prevenção do câncer (8).

Segundo Aleixo et al. (9) estudos têm evidenciado a relação entre características qualitativas e quantitativas da dieta e ocorrência de enfermidades crônicas, entre elas, as doenças cardiovasculares, e os hábitos alimentares apresentam-se como marcadores de risco, na medida em que o consumo elevado de colesterol, lipídios e ácidos graxos saturados somados ao baixo consumo de fibras, participam na etiologia das dislipidemias, obesidade, diabetes, hipertensão e câncer.

Independentemente do sexo ou idade alguns estudos relataram que a prevalência da obesidade é menor em vegetarianos e veganos, e que os indivíduos que seguem uma dieta baseada em vegetais são mais magros em geral do que onívoros. Contudo há fortes evidências que indicam que as recomendações dietéticas não estão sendo atendidas e que há um aumento global no consumo de “calorias vazias”, caracterizado pela ingestão de alimentos ricos em gorduras e açúcares (10). Diante disso, pesquisadores passaram a buscar padrões de dieta que, além de serem adequados, contribuem para a redução do risco de doenças crônicas não transmissíveis (DNCT), visando alcançar níveis mais elevados de qualidade de vida e longevidade (11).

As DCNT chamadas multifatoriais que ocorrem ao longo da nossa vida, apresentam longa duração, e geralmente geram limitações as pessoas acometidas por elas e uma das principais causas está diretamente ligada a alimentação e consumo de produtos de origem animal (carnes, ovos, peixes e laticínios), alimentos processados, gorduras e açúcares. Evidências científicas produzidas nas últimas décadas indicam que as dietas baseadas em vegetais e grãos com pouco ou nenhum alimento de origem animal são as mais indicadas para reduzir/prevenir o risco das doenças crônicas não transmissíveis (9).

A proteína e a gordura animal estão associadas ao agravamento da resistência à insulina e ao aumento do diabetes tipo 2. Estudos comprovam que a intervenção na dieta é mais eficaz que a metformina (agente de eleição no tratamento da diabetes) na eficácia para redução da gordura visceral e melhora da sensibilidade à insulina em comparação com as dietas tradicionais (12).

Em um estudo realizado por Lippi et al. (13), a qual relacionaram o consumo de carne vermelha com o surgimento de câncer encontraram associações positivas, entre sua maior ingestão e o surgimento de câncer com malignidades colorretais esofágicas e gástricas, o estudo concluiu que cada porção de 50 gramas de carnes processadas diariamente aumentou o risco de câncer colorretal em 18% e 100 gramas de carne vermelha consumida por dia elevou os riscos em 17%. Destaca-se ainda que a Agência Internacional de Pesquisa sobre o câncer emitiu um comunicado sobre a carcinogenicidade do consumo de carnes processadas, sendo que para carne vermelha foi

considerado mais de 800 estudos, que investigaram a associação do consumo de carne com vários tipos de câncer, com base na grande quantidade de dados, pesquisadores concluíram que a ingestão de carnes vermelhas é um provável carcinógeno para os humanos (14).

Em contrapartida um estudo realizado na Coreia do Sul constatou que o consumo total de frutas e hortaliças reduziram o risco de câncer colorretal e observou-se que a fibra dietética elimina o nitrito, um precursor das nitrososaminas cancerígenas através do aumento das fezes, ou seja, tem um menor contato entre carcinogênicos, sendo útil como substrato que geram ácidos graxos que tem propriedades anticancerígenas (15).

Portanto, o presente trabalho buscou investigar se as dietas vegetarianas e o novo estilo de vida chamado de *planted-based* interferem na prevenção das doenças crônicas não transmissíveis (DCNT).

TÓPICOS

Os dados coletados para a revisão de literatura foram obtidos através de artigos e publicações de cunho científico, sendo analisado os resultados oriundos de pesquisas recentes e correlatas ao tema proposto, entre os anos de 2006 à 2021, e está disponível em plataformas digitais nacionais e internacionais, em língua portuguesa ou estrangeira, como Google Acadêmico, *Scielo*, *Science direct.com*, *PubMed.Gov*, entre outros.

Estes dados demonstram o aumento na prevalência mundial de excesso de peso e de estilos de vida sedentários, após Revolução Industrial, além disso, as pessoas, de modo geral, passaram a consumir mais alimentos industrializados, semiprocessados ou prontos para consumo em seus domicílios e, quando se alimentam fora de casa, as escolhas baseiam-se na praticidade e no paladar. Estes hábitos fazem com que o mundo e o Brasil passem por um processo de transição nutricional em todos os estratos sociais e faixas etárias, com alteração da qualidade da dieta, associada a mudanças no estilo de vida, condições econômicas, sociais e demográficas, refletindo de maneira negativa na saúde populacional, uma vez que, cada vez mais cedo as pessoas desenvolvem problemas relacionados a estes hábitos (16).

A nova dieta *plant-based* se destaca por ser considerada um tratamento adicional ao combate no desenvolvimento das síndromes metabólicas, uma vez que é uma dieta hipocalórica, com menores teores de colesterol, menor teor lipídico e rica em compostos polifenólicos que podem trazer vantagens para estes indivíduos (17).

As altas quantidades de carboidratos e a baixa quantidade de gordura fornecida pelas dietas vegetarianas e mais pela *plant-based*, previnem o desenvolvimento da diabetes, sendo comprovado que pacientes que consomem carne tem chance de 7,6% de desenvolver *Diabetes mellitus* tipo II, enquanto os semivegetarianos 6,1%, consumidores apenas de peixe 4,8%, ovolactovegetarianos 3,2% e veganos 2,9% (18).

Com relação ao perfil lipídico, estudos comprovam que o colesterol total é mais alto nos carnívoros (colesterol total 207,11 mg/dl e LDL-C 143,79 mg/dl) em comparação aos vegetarianos (colesterol total 160,06 mg/dl e LDL-C; 87,40 mg/dl), a possível explicação seria de que o consumo de alimentos à base de plantas, fornecem ao organismo

antioxidantes - α -tocoferol, ácido ascórbico, flavonoides e carotenoides (licopeno, luteína, β -caroteno, criptoxantina, zeaxantina - que inibem a ativação do colesterol LDL-C, aumentando o colesterol HDL-C e reduzindo a concentração total de colesterol, diminuindo assim, o risco de arteriosclerose (18).

Outro ponto observado nesta pesquisa foi que consumidores de carne consomem mais refrigerantes, alimentos fritos e adoçantes artificiais, sendo que o óleo que eles mais utilizam é o de soja; enquanto os vegetarianos e da dieta *plant-based* procuram alternativas tanto para óleos, como para adoçantes, como óleo de coco, açúcar mascavo e mel. Desse modo, é possível correlacionar o porquê de indivíduos vegetarianos e das dietas *plant-based* terem os níveis de LDL melhores. O LDL é sintetizado principalmente pelo fígado, e tem como função captar o excesso de colesterol livre dos tecidos periféricos e da superfície das lipoproteínas ricas em triglicerídeos, sendo convertidas em partículas menores (19).

O risco de sobrepeso também foi maior entre os onívoros, conferindo um efeito cardioprotetor, uma vez que indica que os consumidores de carne apresentam pressão arterial sistólica mais alta (123,76 mmHg), comparada aos da dieta vegetariana (114,86 mmHg). Entretanto, a dieta também apresenta pontos negativos, entre eles ocorre em decorrência da substituição de alimentos de origem animal pelos de origem vegetal, sendo que na dieta *plant-based* esta substituição não precisa ser total, pois haverá a falta de nutrientes como; Vitamina B12, ferro, zinco, Vitamina D e Vitamina A (20).

A ingestão de ferro por veganos costuma ser superior à dos onívoros, pois está associada a uma ingestão equivalente ao dobro de vitamina C ingerida na dieta dos não vegetarianos, tendo sido demonstrado poucos indivíduos vegetarianos com deficiência de ferro (21). Observa-se um requerimento diário de 1,8 vezes maior de ferro para vegetarianos, pois o ferro consumido por estes é de baixa biodisponibilidade, provenientes de origem vegetal (22). A incidência de anemia por deficiência de ferro mostrou-se semelhante em vegetarianos e não vegetarianos, com vegetarianos normalmente apresentando nível sérico de ferritina na faixa de normalidade

O zinco é um mineral muito importante para crescimento e desenvolvimento do corpo. Tem atuação primordial no metabolismo, apresentando funções catalisadoras, reguladoras, estruturais e atua no sistema imune (22). O zinco pode ser encontrado em produtos de soja, legumes, grãos, queijos, sementes e nozes. Quando comparados com onívoros, os vegetarianos apresentam uma ingestão de zinco semelhante ou um pouco menor, com concentrações séricas mais baixas, porém, dentro da faixa da normalidade. Esses resultados sugerem um mecanismo de adaptação, onde o organismo mantém os níveis adequados tanto por meio da redução de perdas como por aumento na eficiência da absorção (23).

A vitamina A pré-formada, só é encontrada em alimentos de origem animal. Desse modo, a absorção de betacaroteno, que resulta da conversão de carotenoides em vitamina A encontrados nos alimentos vegetais, é menos eficiente. A necessidade de vitamina A pode ser atendida com a inclusão de três porções diárias de legumes amarelo-escuros ou alaranjados, verduras ou frutas, ricos em betacaroteno (cenoura, melão, manga, abóbora). O cozimento aumenta a absorção de betacaroteno, assim como o acréscimo de pequena

quantidade de gordura às refeições. Picar e amassar os legumes também pode aumentar a biodisponibilidade dessa vitamina (20). Por fim, ainda é possível observar em comparação com dietas carnívoras, que nos veganos, ocorre diminuição de leucócitos no sangue, neutrófilos, plaquetas e ureia. Porém, existe maior concentração de albumina. Com isso, infere-se que esses valores indicam um menor teor de proteínas na dieta vegetariana (18).

Observando que as síndromes metabólicas são o grande problema de saúde atualmente, e que os hábitos de vida estão relacionados diretamente com o surgimento destas desordens metabólicas, a dieta *plant-based* encontra-se como uma opção para atender estes pacientes de modo a se tornar uma estratégia de saúde.

CONCLUSÕES

Com base nas pesquisas realizadas notamos que o *plant-based* traz mais benefícios à saúde humana que as dietas vegetarianas, devido à baixa ingestão de gorduras e uma ótima prevenção contra as doenças crônicas não transmissíveis e que apesar de ocorrer uma confusão de conceitos as duas dietas se diferem em diversos aspectos.

A dieta *planted-based* tem como base os vegetais, e seu diferencial é que todos os produtos alimentícios devem ser apresentados de um modo saudável, sem a necessidade da exclusão total de produtos cárneos, diferente do vegetarianismo/veganismo que não tem por base a alimentação saudável, mais a exclusão da carne da alimentação.

Portanto, o tema pesquisado é pouco presente na literatura, assim como os benefícios para saúde humana, mas foi evidenciado nas pesquisas que as dietas com restrição ou ausência de produtos de origem animal, principalmente a *planted-based*, ocorre a prevenção de doenças crônicas não transmissíveis.

REFERÊNCIAS

- 1 Embrapa. Evolução dos alimentos *plant-based* no Brasil. Texto de Melicia Galdeano, Ilana Felberg, Janice Lima e Caroline Mellinger. *Saense*. <https://saense.com.br/2021/12/evolucao-dos-alimentos-plant-based-no-brasil/>. Publicado em 14 de dezembro (2021).
- 2 Giacomelli FO, Pinton MB, Silva SBS, Thiel SR, Campagnol PCB. Inovações em proteínas alternativas: uma revisão sobre alimentos plant based. *Ciagro congresso internacional da agroindústria*. 2020; Disponível em: <https://ciagro.institutoidv.org/ciagro/uploads/572.pdf> acesso em 04 de abril de 2020
- 3 Johannesen CO, Dale HF, Jensen C, Lied GA. Effects of Plant-Based Diets on Outcomes Related to Glucose Metabolism: A Systematic Review. *Diabetes Metab Syndr Obes*. 2020;13: 2811-2822. <https://doi.org/10.2147/DMSO.S265982>

4 Embrapa. Alimentos *plant-based* são tema de seminário on-line. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/68936939/alimentos-plant-basedsao-tema-de-seminario-on-line>.

5 Rocha LCM, Ferreira JC de S. Benefícios da alimentação vegetariana na diabetes tipo 2 / Benefits of vegetarian diet in type 2 diabetes. *BJDV* [Internet]. 2021 Aug. 20 [cited 2022 Aug. 20];7(8):83014-28. Available from: <https://brazilianjournals.com/ojs/index.php/BRJD/article/view/34783>

6 Kohl IS, Doneda D. Vegetarianismo. Doneda, Divair (Org.). Vegetarianismo na gestação, lactação, infância e adolescência. 1. ed. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Faculdade de Medicina. 2021; 17-53.

7 Ibope. Mercado vegano, Estimativa de Porcentagem de Vegetarianos e Veganos no Brasil. Disponível em: <https://www.svb.org.br/vegetarianismo1/mercadovegetariano#:~:text=No%20Brasil%20C%2014%25%20da%20popula%C3%A7%C3%A3o,este%20percentual%20sobe%20para%2016%25>. Acesso em 10 abr 2022

8 Dagostin CT, Rigo FK, Damázio LS. Associação entre alimentação vegetariana e a prevenção do câncer colorretal: uma revisão de literatura. *Rev. Cont. Saúde*. 17º de dezembro de 2019 [citado 20º de agosto de 2022];19(37):44-51. Disponível em: <https://www.revistas.unijui.edu.br/index.php/contextoesaude/article/view/8738>

9 Aleixo MGB, Leal RM, Durço BB, Azeredo DRP, Gomes ASG, Esmerino EA. Controle e redução de doenças crônicas não transmissíveis através da dieta à base de plantas: Uma revisão abrangente. *Alimentos: Ciência, Tecnologia e Meio Ambiente*. 2020; 1(1):103-119.

10 Gobbo LCD, Khatibzadeh S, Imamura F, Micha R, Shi P, Smith M, Myers SS, Mozaffarian D. Assessing global dietary habits: a comparison of national estimates from the FAO and the Global Dietary Database, *The American Journal of Clinical Nutrition*. 2015; 101(5): 1038–1046. <https://doi.org/10.3945/ajcn.114.087403>

11 Leitzmann C. Vegetarian nutrition: past, present, future, *The American Journal of Clinical Nutrition*. 2014; 100 (1): 496S–502S, <https://doi.org/10.3945/ajcn.113.071365>

12 Oliveira CLSV, Fatores Associados ao descontrole glicêmico de diabetes mellitus em pacientes atendidos no Sistema Único de Saúde no Sudoeste da Bahia. *Cad. saúde colet.*,

Vitoria da Conquista. 2020; 28(1):153-164. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1414-462X202028010319>

13 Lippi G, Mattiuzzi C, Cervellin G. Meat consumption and cancer risk: a critical review of published meta-analyses, *Critical Reviews in Oncology/Hematology*. 2016; 97: 1-14. <https://doi.org/10.1016/j.critrevonc.2015.11.008>.

14 Scheneider BC, Duro SMS, Assunção MCF. Meat consumption by adults in southern Brazil: a population-based study. *Ciênc. Saúde colet*. 2014; 10(8): 3583-3592. <https://doi.org/10.1590/1413-81232014198.11702013>

15 Araujo PF, Rodrigues RS. Nitratos, nitritos, nitrosaminas e seus efeitos sobre o organismo humano, *Hig aliment*. 2008; 22(160): 54-58.

16 Teixeira RCMA, Molina MCB, Flor DS, Zandonade E, Mill JG. Estado nutricional e estilo de vida em vegetarianos e onívoros – Grande Vitória – ES. *Rev. bras. Epidemiol*. 2006; 9(1):131-143.

17. Linjzaat P. Síndrome metabólico e dieta vegetariana: relação benéfica, deletéria ou irrelevante? [Dissertação de Mestrado]. Farmácia da Universidade de Coimbra, 2016. Disponível em: https://estudogeral.sib.uc.pt/bitstream/10316/79505/1/M_Pedro%20Linjzaat.pdf.

18. Pilis W, Stec K, Zych M, Pilis A. Health Benefits and Risk Associated with Adopting a Vegetarian Diet. *Baza Agro: Rocz Panstw Zakł Hig*. 2014; 65(1); 9-14.

19 Câmara AL, Francichini RN. Impacto das dietas vegetarianas no metabolismo e na prevenção das síndromes metabólicas: uma revisão sistemática, [graduação em Medicina]. Maringa-PR, Universidade Cesumar – UNICESUMAR; 2020.

20. ADA. American Diabetes Association. Standards of Medical Care in Diabetes. 2012. Disponível em: https://care.diabetesjournals.org/content/35/Supplement_1/S11. Acesso em 18 jul. 2020

21 Couceiro P. Padrão alimentar da dieta vegetariana. Couceiro P, Slywitch E, Lenz F. In: Padrão alimentar da dieta vegetariana. *Einstein*. 2008; 6(3): 365-373.

22 Marsh K, Zeuschner C, Saunder A. Health Implications of a Vegetarian Diet: A Review. *American Journal of Lifestyle Medicine*. 2011; 6(3): 250-267. doi:10.1177/1559827611425762

23 Craig WJ, Mangels AR. ADA. American Dietetic Association. Position of the American Dietetic Association: Vegetarian Diets. *Journal of the American Dietetic Association*. 2009; 109 (7): 1266-82.

DOI: <https://doi.org/10.53934/9786585062039-65>

CAPÍTULO 65

MICRO-ONDAS APLICADAS EM PRODUTOS DE ORIGEM VEGETAL – UMA REVISÃO

Vanessa Caroline de Oliveira *; Érica Nascif Rufino Vieira 

*Autor correspondente (Corresponding author) – Email: vanessa.c.oliveira@ufv.br

Resumo: O objetivo desta revisão foi apresentar os diferentes métodos de aplicação das micro-ondas em produtos de origem vegetal e os efeitos nas características físico-químicas dos alimentos. As micro-ondas são consideradas um processo térmico usado para secagem, descongelamento, cozimento dos alimentos e outros. É um método rápido e econômico, mas podem alterar as características físico-química do alimento. Por outro lado, estudos apresentam bons resultados em relação as micro-ondas, onde as matrizes vegetais apresentam maior valor nutricional em relação ao teor de polifenóis, ácido ascórbico e atividade antioxidante em alimentos submetidos a esse método, do que quando comparados aos alimentos crus. Alguns autores recomendam o cozimento por micro-ondas para uso na indústria de serviços de alimentação e também na culinária doméstica, para torna-las mais disponíveis para quantificação nos produtos de origem vegetal. Conclui-se que a utilização das micro-ondas é um método de conservação bastante utilizado na indústria de alimentos, mas na maioria das vezes é utilizado em paralelo com outro método. As micro-ondas reduzem o tempo de processamento do alimento, inibindo o aquecimento excessivo e localizado como acontece com os métodos convencionais. Essa tecnologia têm potencial de aplicação de alta qualidade e eficiência para diversas matrizes vegetais.

Palavras-chave: Cozimento; Descongelamento; Matrizes vegetais; Secagem

Abstract: The objective of this was to present the different feeding methods as microwaves are applied to products of plant origin and the effects on the characteristics of foods. Microwave is considered a thermal process used for drying, thawing, cooking of food and others. It is a quick and economical method, but it can change the physical characteristics of the food. On the other hand, studies show good results in relation to microwaves, where plant matrices have higher nutritional value in relation to the content of polyphenols, ascorbic acid antioxidant when compared to raw foods. Some authors recommend microwave cooking for use in the food industry as well as in cooking, to maximize the nutritional services of plant-based products. It is concluded that the use of microwaves is a method widely used in the food industry, but most of the time it is used in conjunction with another method. Microwaves reduce food processing time by

inhibiting excessive and localized heating as with conventional methods. This technology has the potential for application of high quality and efficiency to various plant matrices.

Key Word: Cooking; Thawing; Vegetable matrices; Drying

INTRODUÇÃO

A indústria alimentícia é marcada pela integração entre as tecnologias de ponta e a combinação entre equipamentos e softwares, cada vez mais modernos, possibilitando soluções rápidas para os negócios. O uso de novas tecnologias para o processamento de alimentos atua na inativação e inibição de microrganismos, garantindo maior estabilidade para o armazenamento e proporcionando maior vida útil para o alimento, conservando suas características físico-químicas e nutricionais (1).

Inovações tecnológicas são técnicas aplicadas na indústria de alimentos, tendo como prioridade a conservação do produto, reduzindo a necessidade da utilização de aditivos e conservantes, oferecendo um processamento de fonte limpa (2). Dentre vários avanços tecnológicos, as radiações eletromagnéticas são usadas nos processos industriais. Esse sistema de aquecimento é dividido em radiações não-ionizantes (ôhmico, aquecimento por infravermelho, dielétrico e por indução) e radiações ionizantes (irradiação – raios gama e X). O princípio das radiações ionizantes é a conservação do produto sem que o alimento, tenha um aumento em sua temperatura. Já as não ionizantes, emitem radiação, que provoca a geração de calor no campo elétrico magnético do alimento. (3). As micro-ondas são formadas pelos magnetrons sendo uma válvula que transmite ondas eletromagnéticas com comprimentos de onda de 1 mm a 1 m (4).

A aplicação das micro-ondas é um método amplamente adotado para alimentos, devido ao rápido aumento de temperatura, esse se aproxima do ponto de ebulição da água. Então, o aumento da pressão de vapor reduz o tempo de cozimento e minimiza a perda de micronutrientes e vitaminas (5).

O objetivo desta revisão foi apresentar os diferentes métodos de aplicação das micro-ondas em produtos de origem vegetal e os efeitos nas características físico-químicas dos alimentos.

Breve histórico

O primeiro Magnetron e o primeiro forno de micro-ondas foram fabricados na Segunda Guerra Mundial, momento em que os americanos perceberam que essas ondas eletromagnéticas aqueciam e cozinhavam os alimentos que estavam expostos próximo a essa fonte de radiação. Após essa descoberta, surgiram os fornos experimentais, porém, esses eram incompatíveis com o uso doméstico em função do tamanho. Para sanar esse problema, foram desenvolvidos fornos com tamanhos menores, sendo possível o uso caseiro (7).

Efeitos das micro-ondas nas características dos alimentos

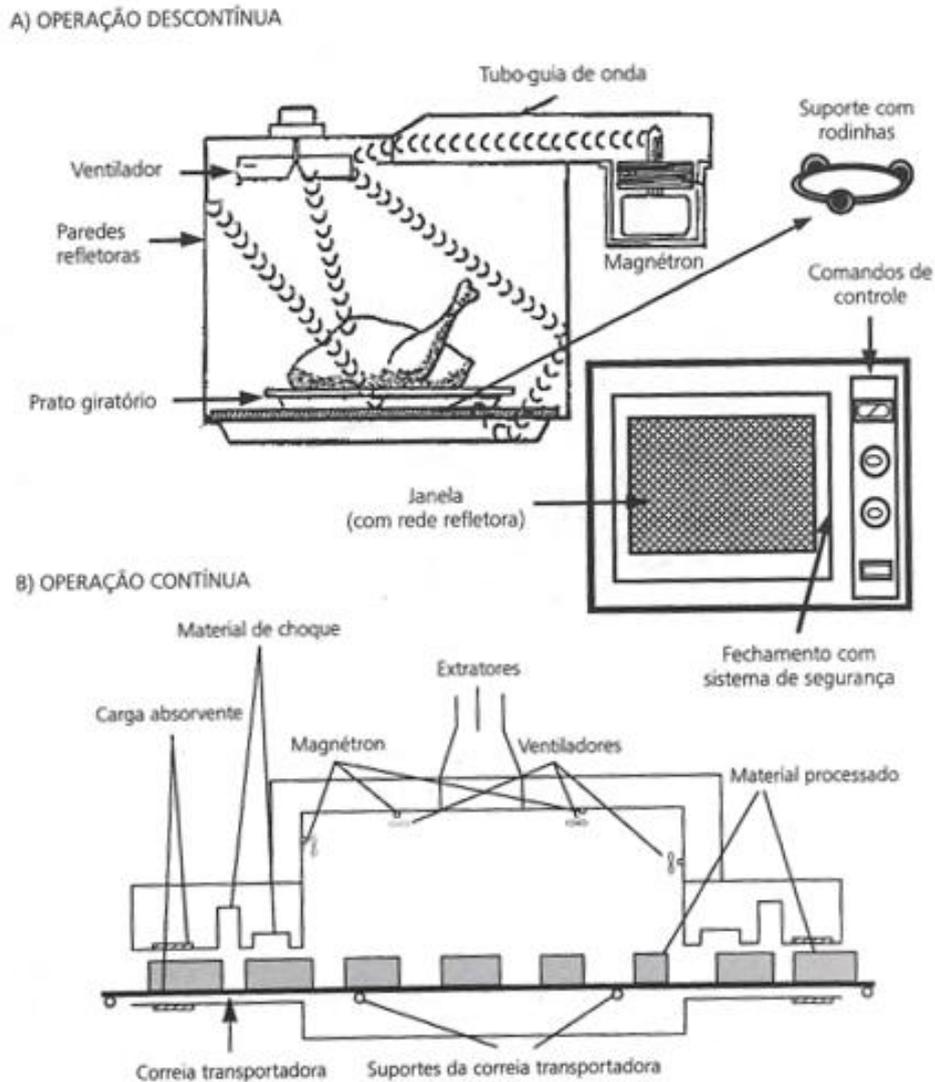
O tempo e a temperatura de exposição afetam as características de sabor e aroma, prejudicando a qualidade do alimento e resultando em um produto diferente do original (3). Todavia, o aquecimento pode não ser totalmente uniforme devido as características físicas e elétricas do alimento, resultando em regiões frias e quentes em seu interior. Esta falta de uniformidade se dá pelas taxas de energia que são absorvidas diferentemente devido a atividade elétrica (8).

A aplicação de micro-ondas (com uma faixa de frequência de 300 MHz e 300 GHz) em matrizes vegetais aumenta a perda de umidade e dificulta o ganho sólido (9).

Equipamento

O equipamento utilizado para gerar as micro-ondas é magnetron. Ele contém condutores de ondas que podem ser feitos por batelada ou de forma contínua em túneis com esteiras rolantes. A constituição do magnetron se dá por tubos de cobre restrito sob vácuo. O campo elétrico é refletido através dos condutores de ondas, em que se encontra a câmara de aquecimento incidindo essas ondas, sobre o alimento (3). Nos fornos domésticos (com apenas um magnetron) pode-se empregar um agitador ou ventilador metálico situado no ponto em que as micro-ondas entram na cavidade e que reflete as micro-ondas por ela e o prato giratório para passar o alimento várias vezes pelos máximos e pelos mínimos do campo elétrico. Em sistemas industriais, quando a operação é descontínua (cuja a operação se dá em etapas), geralmente aplica movimento oscilatório no produto. Quando o processo é contínuo (existe uma entrada, processamento e saída contínua de matéria-prima) há uma correia transportadora (transparente as micro-ondas) que mantém determinado movimento na cavidade de processamento com o mesmo efeito que o prato giratório. Além disso, distribuem-se vários magnetrons de menor potência (acima e abaixo do produto e inclusive pelas laterais) que melhoram a distribuição de energia na cavidade. Um esquema de diferentes operações em micro-ondas estão representados na Figura 1.

Figura 1 – Operação descontínua e contínua em micro-ondas



Fonte: (3).

Vantagens e desvantagens

Como vantagens esse método apresenta maior rapidez e conveniência em relação aos processos tradicionais como secagem e desidratação por estufa, alguns processos de descongelamento e outros. Na indústria de alimentos é visível o aumento do uso desse processo para diferentes tratamentos no alimento como desidratação, aquecimento, descongelamento e cocção. Além de proporcionar o aumento da vida de prateleira, redução de mão-de-obra e economia de energia. (8).

Como desvantagem, o método de aquecimento não é uniforme limitando sua utilização. Quando as micro-ondas são utilizadas para secagem de alimentos, a maior

dificuldade é controlar a temperatura do material na etapa final de secagem podendo resultar em um aquecimento desigual, rompimento da camada mais externa do alimento e menor profundidade de penetração da radiação de micro-ondas (10).

Mas a desuniformidade do aquecimento por micro-ondas faz com que o aquecimento rápido de algumas regiões, impeçam a eliminação de microrganismos do alimento, sendo motivo de futura contaminação (11).

Processos que as micro-ondas são utilizadas

As micro-ondas podem ser utilizadas em diferentes processamentos de matrizes vegetais como secagem, descongelamento e cozimento. Na Tabela 1 apresenta-se pesquisas que utilizaram micro-ondas para diferentes processamentos.

Tabela 1- Pesquisas que utilizam as micro-ondas em matrizes vegetais

Processo	Matriz vegetal	Principais resultados	Referência
Secagem	Morango (<i>Fragaria x ananassa</i> cv. Camino Real)	A secagem por micro-ondas intermitente (WR340) foi melhor para preservar antocianinas, apresentando uma alta taxa de secagem, exigindo baixo tempo de secagem e consumo de energia, quando comparado com a secagem por ar aquecido.	(12)
	Maçã Gala (<i>Malus pumila</i>)	As amostras foram pré-tratadas com congelamento e houve redução no tempo de secagem em 14,6-20,3% (360W) mas apresentaram a pior qualidade de cor após a secagem.	(13)
	Banana (<i>Musa sapientum</i> L., variedade Prata)	As três potências de magnetron aplicadas (400W, 700W e 1000W) aos frutos não resultaram em microestruturas e texturas diferentes, para um mesmo procedimento de secagem. Por outro lado, o processo de secagem por micro-ondas multi-flash resultou em frutos secos com poros maiores e porosidades 20 a 50% maiores do que os produzidos pelo micro-ondas a vácuo.	(14)
	Manga (<i>Mangifera indica</i>)	As condições ótimas para preservação no teor de polifenóis, teor de vitamina C e atividade antioxidante no fruto no micro-ondas foram por 3 minutos a 400W.	(15)
Descongelamento	Pimentão, cenoura e melão	A aplicação de aquecimento infravermelho e, em seguida, aquecimento por micro-ondas (280W) foi observada para produzir resultados de descongelamento superiores, permeabilidades de membrana e perdas por descongelamento dos materiais foram observadas como sendo as mais baixas ao aplicar descongelamento assistido por infravermelho e descongelamento assistido por micro-ondas em série. A perda de descongelamento do melão foi mais extensa do que a do pimentão e da cenoura. Isso levou, por sua vez, a uma diminuição significativa na dureza e perda de ácido ascórbico do melão.	(16)

	Maçã	O método micro-ondas a vácuo ($282,0 \pm 3,4$ W) inibiu o superaquecimento localizado da amostra durante o descongelamento em comparação ao descongelamento por micro-ondas ($282,0 \pm 3,4$ W). O nível de escurecimento foi significativamente menor no descongelamento pelos dois métodos de micro-ondas do que no descongelamento ao ar a 20 °C porque eles exigiram um tempo de descongelamento relativamente curto.	(17)
	Rabanete vermelho	O descongelamento por micro-ondas (500W) teve a maior taxa de descongelamento, mas a microestrutura das amostras de rabanete foi severamente danificada, resultando na maior perda de gotejamento e na menor firmeza e teor de vitamina C. Em comparação com descongelamento por ar, por água e por refrigeração, uma redução significativa no tempo de descongelamento pode ser alcançada para ultrassom ($P < 0,05$).	(18)
Cozimento	Brócolis (<i>Brassica oleracea</i> variedade <i>itálica</i>)	O teor total de polifenóis aumentou para 12% com a utilização das micro-ondas (5min e diminuiu para 60% pelo método de cozimento por ebulição (10min)	(19)
	Couve chinesa (<i>Brassica alboglabra</i>)	As condições de cozimento convencional e micro-ondas reduziram a luminosidade e a dureza da couve, mas aumentaram o verde da couve chinesa. As atividades antioxidantes máximas baseadas nos ensaios de DPPH e ABTS foram obtidas a partir do vapor de micro-ondas a (900W/4min).	(20)
	Cenoura	As propriedades antioxidantes e polifenóis totais, ambos os valores aumentaram com o maior tempo de cozimento (com vapor e aquecimento por micro-ondas 1050W). A maior quantidade de β -caroteno foi medida pelo cozimento em micro-ondas e, proporcionalmente ao tempo de cozimento, mais cálcio foi eluído dos tecidos celulares.	(21)

A utilização das micro-ondas para secagem acontece de maneira que uma matriz alimentícia úmida absorve a energia de micro-ondas e a converte em calor. Esse calor gerado nos alimentos se deve principalmente a mecanismos dipolares e iônicos. Estes tendem a ser orientados pelo campo elétrico oscilante gerado pelas micro-ondas, tendo como resultado o aquecimento volumétrico do material (22). Este é um processo interessante para a secagem de frutas devido à sua alta taxa de secagem, baixo consumo de energia e preservação de compostos que são sensíveis ao calor (23). Dessa maneira os parâmetros de secagem como potência de micro-ondas, tamanho das amostras e tempo de secagem têm grandes efeitos na taxa de secagem e na qualidade dos produtos secos

(24). Nas pesquisas (12, 13, 14, 15), utilizaram diferentes potências e tempo de exposição do processo e obtiveram resultados satisfatórios em relação a preservação de compostos bioativos e otimização do processo.

O congelamento de alimentos é uma tecnologia de conservação amplamente utilizado devido a sua capacidade de manter a qualidade nutricional e as características sensoriais dos alimentos quando descongelado (25). O descongelamento, geralmente é necessário antes do consumo do alimento, e tem de ser feito de forma adequada para manter a qualidade do produto (26). O tempo requerido para o descongelamento é superior ao necessário para o congelamento, devido as diferenças de condutividade e de difusidade térmica da água e do gelo e a impossibilidade de aplicar elevado gradiente de temperatura para não perder as características do produto como cor, textura, sabor e outros (3). Outras formas de descongelamento além da forma convencional, vem sendo estudadas, como o descongelamento assistido por micro-ondas, sendo uma das opções mais populares devido ao menor tempo no processo e eficiência. As pesquisas (16,17) mostraram que a aplicação de micro-ondas pode ser utilizada como um método eficiente para facilitar o processo de descongelamento de matrizes vegetais para preservação de suas características físicas e nutricionais. O trabalho (18) mostrou que as micro-ondas não foram eficazes para o método de descongelamento em rabanetes, descaracterizando o produto e outras tecnologias não convencionais foram mais eficazes, mantendo a qualidade do alimento.

O cozimento por micro-ondas é um método amplamente adotado para alimentos, devido ao rápido aumento de temperatura que se aproxima do ponto de ebulição da água. Nesse processo, o aumento da pressão de vapor reduz o tempo de cozimento e minimiza a perda de vitaminas e micronutrientes presentes na matriz alimentícia (27). Portanto, o cozimento a vapor por micro-ondas pode ser recomendado para cozinhar vegetais, principalmente os esverdeados devido ao aumento da atividade antioxidante, cor e textura dos alimentos, quando comparados ao cozimento convencional (19,20,21).

CONCLUSÕES

Conclui-se que a utilização das micro-ondas é um método de conservação bastante utilizado na indústria de alimentos, mas a maioria das vezes é utilizado em conjunto com outro método. As micro-ondas reduzem o tempo de processamento do alimento, inibindo o aquecimento excessivo e localizado como acontece com os métodos convencionais. Essa tecnologia têm potencial de aplicação de alta qualidade e eficiência para diversas matrizes vegetais para manter a qualidade dos alimentos e preservar suas características de cor, textura, atividade antioxidante e outros.

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).

REFERÊNCIAS

1. Leistner L, Gorris LGM. Food preservation by hurdle technology. Trends in Food Science & Technology. 1995; 6:41-45.
2. Mathias SP, Rosenthal A, Gaspar A, Deliza R, Slongo AP, Vicente J et al. Alterações oxidativas (cor e lipídios) em presunto de peru tratado por Alta Pressão Hidrostática (APH). Ciência Tecnologia dos Alimentos. 2010; 30:852- 857.
3. Ordóñez JA. Componentes dos alimentos e processos: Componentes dos alimentos e processos. 1 ed. Porto Alegre: Artmed; 2005.
4. Santos KSB, Garavelli SL, Maroja AM. MAGNETRON: Do radar ao forno de micro-ondas. Universidade Católica de Brasília, Brasília, p. 2-3, 2018.
5. Singh S, Swain S, Singh DR, Salim KM, Nayak D, Roy SD. Changes in phytochemicals, anti-nutrients and antioxidant activity in leafy vegetables by microwave boiling with normal and 5% NaCl solution. Food Chemistry. 2020; 176: 244-253.
6. Purcell EM. Curso de Física de Berkeley: Eletricidade e Magnetismo. São Paulo: Edgard Blücher; 1973.
7. Carvalho RP. Temas Atuais de Física: Micro-ondas. Sociedade Brasileira de Física, 1a ed. São Paulo: Livraria da Física; 2005.
8. Germano PML, Germano MIS. Higiene e vigilância sanitária de alimentos: Qualidade das matérias-primas- doenças transmitidas por alimentos- treinamento de recursos humanos. 4 ed. São Paulo: Manole; 2011.
9. Figiel A. Microwave application in vacuum drying of fruits. Journal Food Engineering. 1996; 28:203-209.
10. Zielinska M, Ropelewska E, Xiao HW, Mujumdar AS, Law CL. Review of recent applications and research progress in hybrid and combined microwave-assisted drying of food products: Quality properties. Critical Reviews of Food Science. 2020; 60:2212-2264.
11. Vadivambal R, Jayas DS. Non-uniform temperature distribution during microwave heating of food materials- a review. Food Bioprocess Technology. 2010; 3:161-171.

12. Macedo LL, Corrêa JLG, Júnior IP, Araújo C da S, Vimercati WC. Intermittent microwave drying and heated air drying of fresh and isomaltulose (Palatinose) impregnated strawberry. *LWT*. 2022; 155:112918.
13. Kria K, Nassar AF. Comparative study of pretreatment on microwave drying of Gala apples (*Malus pumila*): Effect of blanching, electric field and freezing. *LWT*. 2022; 165:113693.
14. Monteiro RL, Carciofi BAM, Laurindo JB. A microwave multi-flash drying process for producing crispy bananas. *Journal of Food Engineering*. 2016; 178:1-11.
15. Huong NTT, Thinh PV, Long DV, Long HB, Dat UT, Phat DT et al. Effects of microwave and ultrasound treatment on vitamin C, polyphenols and antioxidant activity of mango (*Mangifera indica*) during low temperature drying. *Materials Today: Proceedings*. 2022; 59:781-786.
16. Chen B, Zhang M, Wang Y, Devahastin S, Yu D. Comparative study of conventional and novel combined modes of microwave- and infrared-assisted thawing on quality of frozen green pepper, carrot and cantaloupe. *LWT*. 2022; 15:112842.
17. Watanabe T, Ando Y. Evaluation of heating uniformity and quality attributes during vacuum microwave thawing of frozen apples. *LWT*. 2021; 150:111997.
18. Xu B, Chen J, Yuan J, Azam SMRA, Zhang M. Effect of different thawing methods on the efficiency and quality attributes of frozen red radish. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 2021; 101:3237-3245.
19. López-Hernández AA, Ortega-Villarreal AS, Rodríguez JAV, Lomelí MLC, González-Martínez BE. Application of different cooking methods to improve nutritional quality of broccoli (*Brassica oleracea* var. *italica*) regarding its compounds content with antioxidant activity. *International Journal of Gastronomy and Food Science*. 2022; 28:100510.
20. Therthai LCN, Ratphitagsanti W. Effect of conventional and microwave cooking conditions on quality and antioxidant activity of Chinese kale (*Brassica alboglabra*). *Applied Food Research*. 2022; 2:100079.
21. Lee SW, Kim BK, Han JA. Physical and functional properties of carrots differently cooked within the same hardness-range. *LWT*. 2018; 93:346-353.

22. Kumar C, Karim MA. Microwave convective drying of food materials: A critical review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 2019; 59:379-394.
23. Huang D, Men K, Tang X, Li W, Sherif SA. Microwave intermittent drying characteristics of camellia oleifera seeds. *Journal of Food Process Engineering*. 2021; 44:e13608.
24. Kriaa K, Nassar AF. Study of gala apples (*Malus Pumila*) thin-layer microwave drying: Drying kinetics, diffusivity, structure and color. *Food Science Technology*. 2021; 41:483-493.
25. Bilbao-Sainz C, Sinrod AJG, Dao L, Takeoka G, Williams T, Wood D, et al. Preservation of grape tomato by isochoric freezing. *Food Research International*. 2021; 143:110228.
26. Jha PK, Xanthakis E, Chevallier S, Jury V, Le-Bail A. Assessment of freeze damage in fruits and vegetables. *Food Research International*. 2019; 121:479-496.
27. Singh S, Swain S, Singh DR, Salim KM, Nayak D, Roy SD. Changes in phytochemicals, anti-nutrients and antioxidant activity in leafy vegetables by microwave boiling with normal and 5% NaCl. *Food Chemistry*. 2015; 176:244-253.

DOI: <https://doi.org/10.53934/97865850666039-66>

CAPÍTULO 66

FARINHA DA CASCA DO MARACUJÁ AMARELO: ELABORAÇÃO, CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA E APLICAÇÃO EM BISCOITOS DO TIPO MIGNON

Amélia Ruth Nascimento Lima¹ *; Maria Tereza Lucena Pereira¹ ; Lorena
Maria Freire Sampaio¹ ; Vanessa Bordin Viera² ;
Aluizio Freire da Silva Junior² ; Êmyle Myrelle Alves dos Santos³ ;
Luciana de Siqueira Oliveira⁴ 

*Autor correspondente (Corresponding author) – Email: ameliaruth.lima@gmail.com

¹Doutoranda em Ciência e Tecnologia de Alimentos. Departamento de Engenharia de Alimentos, Universidade Federal do Ceará, Campus do Pici 60455760, Fortaleza – CE, Brasil

² Professor do Centro de Educação e Saúde-CES, Universidade Federal de Campina Grande, Campus Cuité, Sítio Olho D'água da Bica, Zona Rural, Cuité -PB

³ Graduanda em Matemática do Centro de Educação e Saúde-CES, Universidade Federal de Campina Grande, Campus Cuité, Sítio Olho D'água da Bica, Zona Rural, Cuité -PB

⁴ Professora do Departamento de Engenharia de Alimentos, Universidade Federal do Ceará, Campus do Pici 60455760, Fortaleza – CE, Brasil

Resumo: A casca do maracujá apresenta inúmeros fitoquímicos, os quais possuem propriedades antimicrobiana, anti-inflamatória e anti-hipertrigliceridêmicas, demonstrando, sua potencialidade para o desenvolvimento de produtos alimentícios. A presente pesquisa teve como objetivo realizar secagem da casca de maracujá, bem como, analisar os parâmetros físico-químicos do conteúdo seco (farinhas) e dos produtos elaborados a partir dele (biscoitos tipo mignon). Para tanto, as farinhas e os biscoitos foram caracterizados quanto aos parâmetros de umidade, cinzas, acidez titulável, lipídios totais e atividade de água. Foi possível verificar que ambas as amostras (farinhas e biscoitos) apresentaram valores reduzidos de umidade (farinhas: 6,10-7,14; biscoitos: 8,34-12,69), atividade de água (farinhas: 0,21 - 0,49; biscoitos: 0,59 - 0,60) e lipídios (farinhas: 0,54 - 1,13; biscoitos: 23,99 - 37,03), bem como, valores satisfatórios de acidez titulável (farinhas: 5,87 - 7,10) e cinzas (farinhas: 5,02-6,45; biscoitos: 1,4 a 2,04). As farinhas e os biscoitos elaborados à base de cascas de maracujá amarelo apresentaram satisfatórias características físico-químicas, apresentando-se como produtos promissores, com ampla capacidade de inserção na indústria alimentícia.

Palavras-chave: farinha da casca de maracujá; subproduto de frutas; tecnologia dos alimentos.

Abstract: Passion fruit peel has numerous phytochemicals, which have antimicrobial, anti-inflammatory and anti-hypertriglyceridemic properties, demonstrating its potential for the development of food products. The present research had the objective of drying the passion fruit peel, as well as analyzing the physicochemical parameters of the dry content (flour) and of the products made from it (mignon type biscuits). Therefore, the flours and cookies were characterized in terms of moisture, ash, titratable acidity, total lipids and water activity parameters. It was possible to verify that both samples (flours and cookies) presented reduced values of moisture (flours: 6.10-7.14; cookies: 8.34-12.69), water activity (flours: 0.21 - 0.49; cookies: 0.59 - 0.60) and lipids (flour: 0.54 - 1.13; cookies: 23.99 - 37.03), as well as satisfactory values of titratable acidity (flour: 5.87 - 7.10) and ash (flour: 5.02-6.45; cookies: 1.4 to 2.04). The flours and cookies made from yellow passion fruit peels showed satisfactory physicochemical characteristics, presenting themselves as promising products, with ample capacity for insertion in the food industry.

Key Word: passion fruit peel flour; fruit by-product; food technology

INTRODUÇÃO

O maracujá amarelo (*Passiflora edulis f. flavicarpa*) é considerado um fruto com alta capacidade nutricional e considerável atividade funcional, sendo uma das culturas de maior produção, comercialização e consumo, o que contribui para o desenvolvimento econômico do Brasil (1). Apesar da sua importância nutricional e socioeconômica, grandes quantidades de co-produtos são geradas anualmente. O maracujá é responsável pela produção de cerca de 52% dos resíduos da indústria de processamento de sucos. Aproximadamente 54 mil toneladas de coprodutos são geradas anualmente a partir do processamento do maracujá, sendo a casca (45 a 52% do fruto) o principal resíduo gerado (2).

A casca do maracujá apresenta relevantes propriedades funcionais resultante da sua variada composição química, incluindo fitoquímico, como alcalóides, flavonóides, triterpenóides e glicosídeos (3), os quais possuem propriedades antimicrobianas (4), anti-inflamatórias e anti-hipertrigliceridêmicas (5), valorizando sua capacidade tecnológica e nutricional para a elaboração de produtos alimentícios. Assim, torna-se necessária a aplicação de tecnologias adequadas para o aproveitamento desses coprodutos, visando minimizar os prejuízos ambientais, econômicos e nutricionais (6).

Nesse contexto, uma das principais formas tecnológicas de incorporação dos subprodutos de frutas na alimentação humana é através da sua secagem para obtenção de farinha, resultando em um ingrediente alimentar estável devido a diminuição do teor de

umidade, rico em compostos nutricionais e pronto para ser incorporado nos mais variados produtos (7).

Com base no exposto, o presente estudo objetivou realizar a secagem de cascas de maracujá amarelo branqueadas e não branqueadas, analisar os parâmetros físico-químicos das farinhas e dos biscoitos tipo mignon desenvolvidos.

MATERIAL E MÉTODOS

Aquisição dos frutos

Os maracujás (*Passiflora edulis f. flavicarpa*) foram adquiridos na feira livre do município de Cuité-PB (Latitude: 6° 28' 54" Sul, Longitude: 36° 8' 59" Oeste).

Os frutos foram selecionados considerando a ausência de danos mecânicos, grau de maturidade atingida (frutos maduros/cascas amarelas) e integridade fisiológica mantida.

Secagem das cascas de maracujá

Inicialmente, os maracujás foram lavados em água corrente e sanitizados com solução clorada a 200 ppm durante 15 minutos. Em seguida, após enxágue para remoção do excesso de sanitizante, as polpas foram separadas das cascas com o auxílio de uma colher (por volta de 2000 g de cascas de maracujá foi utilizada (essa quantidade foi dividida em quatro partes iguais (500 g)), para serem submetidos separadamente aos seguintes tratamentos: CMCB 60 °C – cascas de maracujá submetidas ao branqueamento (pré-tratamento) e posterior secagem a 60 °C; CMSB 60 °C – cascas de maracujá submetidas à secagem a 60 °C; CMCB 70 °C – cascas de maracujá submetidas ao branqueamento e posterior secagem em estufa a 70 °C; CMSB 70 °C – cascas de maracujá sem branqueamento, submetidas à secagem a 70 °C. As cascas foram depositadas em cestos de arame galvanizado e a secagem aconteceu em estufa com circulação e renovação forçada de ar da marca BIOPAR, modelo S4800ADA.

Para a realização do pré-tratamento (amostras CMCB 60 °C e CMCB 70 °C), as cascas foram submersas em água fervente a 97 °C em que permaneceram durante 5 minutos, em seguida foram resfriadas utilizando banho de gelo por 1 minuto.

As secagens seguiram até que as amostras atingissem teor de umidade de equilíbrio/peso constante.

Elaboração das farinhas de cascas de maracujá

Após a secagem, as cascas dos quatro tratamentos estudados foram trituradas utilizando um liquidificador industrial (Colombo Premium, modelo BR, capacidade para 4 litros) e, posteriormente, as farinhas foram acondicionadas em saco de polietileno e armazenadas em temperatura ambiente (± 23 °C) para as subseqüentes análises físico-químicas e elaboração dos biscoitos tipo mignon.

Elaboração dos biscoitos tipo mignon

Os ingredientes para elaboração dos biscoitos tipo mignon foram obtidos no comércio local do município de Campina Grande-PB (Latitude: 7° 13' 51" Sul, Longitude: 35° 52' 54" Oeste).

A partir da farinha da casca de maracujá que apresentou as melhores características físico-químicas e menor tempo de secagem, foram desenvolvidas duas formulações de biscoito tipo mignon, com substituição parcial da farinha de trigo pela farinha da casca de maracujá, conforme apresentado na Tabela 2.

Tabela 2 - Formulações dos biscoitos tipo mignon à base de farinha da casca de maracujá.

INGREDIENTES	FORMULAÇÕES		
	BMC	BM10	BM20
Farinha de trigo (g)	200	190	180
Farinha da casca do maracujá (g)	---	20	40
Fermento biológico instantâneo (g)	5	5	5
Açúcar (g)	4	4	4
Manteiga sem sal (g)	30	30	30
Sal (g)	2	2	2
Água (mL)	80	80	80

BMC – biscoito sem adição de farinha da casca de maracujá (controle); BM10 – biscoito adicionado de 10% de farinha da casca de maracujá;

BM20 – biscoito adicionado de 20% de farinha da casca de maracujá.

Inicialmente, todos os ingredientes necessários para as formulações dos biscoitos foram pesados em balança semi-analítica (marca RADWAG). Após pesagem, em um recipiente, os ingredientes secos foram misturados com o auxílio de uma espátula de silicone, e, posteriormente, foram adicionados gordura e água, e em seguida homogeneizados. A massa resultante foi aberta, com auxílio de um rolo de panificação, e modelada em formato semelhante à letra “V”, característica típica do biscoito tipo mignon.

Os biscoitos foram dispostos em formas previamente untadas com manteiga sem sal, e seguiram para fermentação em temperatura ambiente (± 23 °C), em que permaneceram por aproximadamente 1 hora. Posteriormente, seguiram para o forneamento em forno pré-aquecido a 180 °C por, aproximadamente, 30 minutos. Após esse período, as amostras foram resfriadas em temperatura ambiente (± 23 °C), armazenadas em sacos laminados e seguiram para as análises físico-químicas.

Análises físico-químicas

Foram realizadas análises físico-químicas nas farinhas e nos biscoitos. As análises de umidade, cinzas, acidez titulável e atividade de água seguiram as metodologias

propostas pela AOAC (9). O teor de lipídio que seguiu a metodologia proposta por Folck et al. (10). Todas as análises foram realizadas em triplicata.

Análise Estatística

Os dados obtidos foram submetidos a Análise de Variância Univariada (ANOVA) e, posteriormente, analisados pelo teste de Tukey, por meio do *software* Assistat e por meio do teste *T-Student*.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Caracterização físico-química das farinhas das cascas de maracujá

Na Tabela 3 encontram-se os resultados relativos às análises físico-químicas das farinhas das cascas do maracujá amarelo.

Tabela 3 - Análises físico-químicas das farinhas das cascas de maracujá.

	Umidade (%)	Cinzas (%)	a_a	Acidez (%)	Lipídeos (%)
FCMSB 60°C	6,33±0,48	5,02±0,11	0,49±0,00 *	7,10±1,19*	1,13±0,57*
FCMCB 60°C	7,14±0,29*	6,15±0,04*	0,27±0,00	5,87±0,69	0,68±0,16
Farinhas das cascas de maracujá com e sem branqueamento secas a 70 °C					
FCMSB 70°C	6,10±0,39	6,45±0,05*	0,33±0,00 *	7,94±0,53*	0,90±0,66*
FCMCB 70°C	7,97±0,40*	6,06±0,06	0,21±0,01	6,87±0,23	0,54±0,66

a_a : Atividade de água. Médias com * diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o Teste *T-Student* ao nível de 5% de probabilidade. FCMSB 60 °C: Farinha das cascas de maracujá sem branqueamento secas a 60 °C; FCMCB 60 °C: Farinha das cascas de maracujá com branqueamento secas a 60 °C; FCMSB 70 °C: Farinha das cascas de maracujá sem branqueamento secas a 70 °C; FCMCB 70 °C: Farinha das cascas de maracujá com branqueamento secas a 70 °C.

Foi observado que o teor de umidade das farinhas variou entre 6,10% e 7,97%. Percebemos que as amostras submetidas ao pré-tratamento branqueamento apresentaram maior teor de umidade quando comparadas às não branqueadas, o que pode ser devido ao fato que durante o pré-tratamento, as amostras ficam submersas em água durante alguns minutos, podendo absorvê-la, resultando em um maior teor de umidade. Resultados inferiores foram observados no estudo de Silva et al. (11), os quais avaliaram as características químicas e físico-químicas de farinhas de casca de maracujá secas nas temperaturas de 70 °C e 80 °C, e obtiveram valores de umidade de 5,13 e 4,63%, respectivamente.

Em relação ao teor de cinzas, FCMSB 70 °C apresentou o maior valor, 6,45%, enquanto FCMSB 60 °C apresentou o menor entre as amostras (5,02%). Resultado aproximado foi encontrado no estudo de Cazarin et al. (12), no qual foi relatado 6,88% de cinzas para farinha de cascas de maracujá seca em estufa com circulação de ar a 50 °C. Jinkings et al. (13) ao analisarem farinhas da casca de maracujá secas em estufa a 60 °C por 30 horas, identificaram resultados inferiores (1,97%).

No que concerne à atividade de água (a_w), foi observado que a FCMCB 70 °C apresentou menor valor. Resultado superior foi obtido no estudo de Filho et al. (14), que ao avaliarem os parâmetros físico-químicos de farinhas de cascas de melancia, obtiveram a_w de 0,49. Conforme Chisté et al. (15), o limite mínimo de atividade de água para a proliferação de micro-organismos é de 0,60. Diante disso, todas as amostras analisadas no presente estudo apresentaram atividade de água inferior a esse limite, podendo ser consideradas como farinhas estáveis, do ponto de vista microbiológico.

Os resultados para análise de acidez das amostras variaram entre 5,87 a 7,10%. Silva et al. (16) analisaram as características físico-químicas de farinhas de cascas de melão e abacaxi, secas em estufa com circulação de ar a 60 °C, e obtiveram valores de acidez inferiores ao da presente pesquisa (1,59 e 2,69, respectivamente).

No que diz respeito ao teor de lipídeos, foi observado que todas as farinhas apresentaram baixos valores desse componente, indicando que as amostras apresentaram reduzido valor calórico e, com isso, podem ser implementadas na produção de alimentos visando o controle de ingestão calórica. Valores superiores foram identificados no estudo de Ramos et al. (17) ao analisarem as características físico-químicas, microbiológicas e antioxidantes de farinhas de casca e amêndoa de manga, obtiveram valores de 6,34 e 6,88%, respectivamente.

Com base em todas as informações expostas, percebe-se que as quatro farinhas estudadas (FCMSB 60°C, FCMCB 60°C, FCMSB 70°C e FCMCB 70°C) apresentaram características físico-químicas satisfatórias.

Processamento dos biscoitos tipo mignon

Para a elaboração dos biscoitos tipo mignon, enriquecidos com farinha de casca de maracujá, se fez necessário selecionar a farinha que apresentasse melhores características físico-química, bem como, menor tempo de processamento. Levando em consideração que todas as quatro farinhas apresentaram características química e físico-químicas satisfatórias, selecionou-se a farinha das cascas de maracujá com branqueamento secas a 70 °C (FCMCB 70 °C) por ter sido aquela que apresentou menor tempo de processamento (1140 minutos), indicando a otimização do processo.

Caracterização química dos biscoitos tipo mignon

Os resultados referentes às análises físico-químicas das três formulações de biscoitos são mostrados na Tabela 5.

Tabela 5 – Caracterização química de biscoitos tipo *mignon* elaborados a partir da farinha da casca de maracujá amarelo.

Amostras	Análises físico-químicas			
	Umidade (%)	Cinzas (%)	a_a	Lipídeos (%)
BMC	12,69±0,50 ^a	1,40±0,01 ^c	0,60±0,0 ^a	37,03±0,48 ^a
BM10	8,34±0,58 ^b	1,76±0,05 ^b	0,59±0,0 ^a	23,99±1,29 ^b
BM20	8,45±0,58 ^b	2,04±0,02 ^a	0,59±0,0 ^a	25,70±0,23 ^b

a_a : Atividade de água. As médias seguidas por letras distintas diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Ao observar os resultados para o teor de umidade, foi notado que houve diferença estatística entre os biscoitos controle (BMC) e os biscoitos elaborados com farinha de casca de maracujá (BM10 e BM20), sendo BMC o que apresentou maior teor de umidade (12,69%) ($p < 0,05$). Com base nessas constatações, sugere-se que a adição de farinha de casca de maracujá atuou na redução do teor de umidade das amostras. Em estudo realizado por Gusmão et al. (18), foi observado que a adição da farinha de algaroba um valor de umidade de 4,42% para biscoitos enriquecidos com farinha de algaroba.

Valores reduzidos de umidade estão diretamente relacionados com uma maior vida de prateleira para biscoitos e bolachas. Segundo Selani et al. (19), baixo teor de umidade em produtos alimentícios minimiza reações enzimáticas e não enzimáticas, bem como, retarda contaminações microbiológicas, apresentando-se como um aspecto positivo na conservação dos alimentos.

De acordo com a RDC nº 263, de 22 de setembro de 2005 (20), a umidade de biscoitos e bolachas não deve exceder 14%, sendo assim, as três formulações do presente estudo estão em conformidade com a legislação vigente.

Quanto à análise de cinzas, observa-se diferença estatística entre as três amostras, sendo BMC a que apresentou menor teor de cinzas (1,40%), enquanto BM20 a formulação com maior percentual (2,04%). Comportamento semelhante foi encontrado no estudo de Duarte et al. (21). Esses autores ao avaliarem biscoitos elaborados com farinha de resíduos de frutas (abacaxi, maracujá, maçã e banana) obtiveram valores de 2,02% de cinzas. Nota-se uma crescente no valor de cinzas nas amostras à medida que a proporção de farinha de casca de maracujá aumenta nas formulações. De acordo com Silva et al. (11), quanto mais elevado os valores de cinzas dos produtos alimentícios (seguindo as quantidades estabelecidas pela legislação) maior o teor de micronutrientes (minerais). com isso, sugere-se que quanto maior a quantidade de farinha de casca de maracujá nas preparações, maior a quantidade de minerais.

Com base na RDC nº 263 de 22 de setembro de 2005, que dispõe sobre o regulamento técnico de identidade e qualidade de biscoitos, bolachas e afins, o teor de cinzas desses produtos não deve exceder 3% (20), desse modo, as formulações estudadas na presente pesquisa atendem as exigências técnicas para esse parâmetro físico-químico.

Em relação à atividade de água, é possível verificar que não houve diferença significativa entre as amostras. Em estudo de Lima et al. (22), ao avaliarem biscoitos

elaborados com farinha de resíduos de frutas (maracujá, abacaxi e melão) obtiveram valores de atividade de água de 0,49.

Por fim, ao que diz respeito ao teor de lipídeos, é possível perceber que houve diferença significativa entre a amostra BMC (37,03%) e as amostras BM10 (23,99%) e BM20 (25,70%), sendo BMC aquela que apresentou maior teor de lipídeos ($p < 0,05$). Com base nessa constatação, sugere-se que a adição de farinha de casca de maracujá em preparações culinárias pode auxiliar na redução do teor lipídico desses produtos. Resultados semelhantes foram encontrados no estudo Vieira et al. (23), em que avaliaram biscoitos elaborados com farinha de soja, quinoa e amaranto e obtiveram teor de lipídeo de 24,84%.

CONCLUSÕES

Com base no estudo e na avaliação das características físico-química das farinhas e dos biscoitos elaborados utilizando cascas de maracujá amarelo, foi possível observar que o processo de branqueamento acelerou a secagem das cascas de maracujá secas a 70°C, bem como, que os coprodutos do maracujá amarelo são considerados promissores para inserção na indústria alimentícia.

Faz-se necessário a execução de mais análises físico-químicas, tanto para as farinhas quanto para os biscoitos, bem como, estudos dos parâmetros microbiológicos e sensoriais, para que haja um entendimento mais detalhado sobre as características dos produtos apontados na presente pesquisa.

REFERÊNCIAS

1. Dos Reis LCR, Facco EMP, Salvador M, Flôres SH, Oliveira Rios A. Antioxidant potential and physicochemical characterization of yellow, purple and orange passion fruit. *Journal of Food Scien. And Tech.* 2018: 55(7), 2679-2691.
2. Cheok, CY, Mohd Adzahan N, Abdul Rahman R, Zainal Abedin NH, Hussain N, Sulaiman R, Chong GH. (2018). Current trends of tropical fruit waste utilization. *Critical reviews in food science and nutrition*, 2018: 58(3), 335-361.
3. Nerdy N, Ritarwan K. Hepatoprotective activity and nephroprotective activity of peel extract from three varieties of the passion fruit (*Passiflora* sp.) in the albino rat. *Open access Macedonian journal of medical sciences.* 2019: 7(4), 536.
4. Lima DS, Duarte NBA, Barreto DLC, Oliveira GPD, Takahashi JA, Fabrini SP, Sande D. Passion fruit and apple: from residues to antioxidant, antimicrobial and anti-Alzheimer's potential. *Ciência Rural.* 2018: 48(9).
5. Ferreira WS, de Souza MLR. Os benefícios do maracujá (*Passiflora* spp.) no Diabetes Mellitus. *Brazilian Journal of Health Review.* 2020: 3(6), 19523-19539.

6. Leão DP, Franca AS, Oliveira LS, Bastos R, Coimbra MA. Physicochemical characterization, antioxidant capacity, total phenolic and proanthocyanidin content of flours prepared from pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.) fruit by-products. *Food Chemistry*. 2017: 225, 146-153.
7. Di Domenico CNB, da Silva FJN, Ferreira JAF. O uso de redes neurais artificiais na otimização do processo de secagem convectiva de alimentos e redução do consumo energético. *Ágora Revista Eletrônica*. 2017: (24).
8. Vasconcelos MADS, Melo FABD. *Conservação de alimentos*. 2016.
9. AOAC G. *Official methods of analysis of AOAC International*. Rockville, MD: AOAC International, ISBN: 978-0-935584-87-5. 2016.
10. Folch J, Lees M, Sloane Stanley GH. A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. *J Biol Chem*. 1957: 226(1), 497-509.
11. da Silva EC, Silva WPD, Gomes JP, Silva CDDS, Souto LMD, Costa ZR. Physicochemical characteristics of passion fruit flour under removal of flavedo and of maceration. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*. 2019: 23(11), 869-875.
12. Cazarin CBB, Silva JKD, Colomeu TC, Zollner RDL, Maróstica Junior MR. Capacidade antioxidante e composição química da casca de maracujá (*Passiflora edulis*). *Ciência Rural*. 2014: 44(9), 1699-1704.
13. Jinkings LM, Gonçalves IS, da Silva ADSS. Elaboração da farinha de *Passiflora edulis* Sims (Maracujá amarelo) a partir do exocarpo e o estudo da composição centesimal. *Revista Arquivos Científicos (IMMES)*. 2020: 3(2), 52-58.
14. De Menezes Filho ACP, de Souza JCP, de Souza Castro CF. Avaliação dos parâmetros físico-químicos e tecnológicos da farinha produzida a partir dos resíduos da agroindústria de laranja e melancia. *Agrarian*. 2019: 12(45), 399-410.
15. Chisté RC, Cohen KDO, Mathias EDA, Ramoa Júnior AGA. Estudo das propriedades físico-químicas e microbiológicas no processamento da farinha de mandioca do grupo d'água. *Food Science and Technology*. 2007: 27(2), 265-269.
16. Da Silva RM, do Nascimento Silva S, Wanderley RDOS, de Paiva ACC, de Medeiros AP. Caracterização química e colorimétrica de farinhas de cascas de laranja, melão e abacaxi. *Research, Society and Development*. 2020: 9(7), e139973912-e139973912.
17. Ramos SA, Silva MR, Jacobino AR, Damasceno IAN, Rodrigues SM, Carlos GA, Capobianco M. Caracterização físico-química, microbiológica e da atividade

antioxidante de farinhas de casca e amêndoa de manga (*Mangifera indica*) e sua aplicação em brownie. *Research, Society and Development*. 2021: 10(2), e22310212436-e22310212436.

18. Gusmão RPD, Gusmão TAS, Moura HV, Duarte MEM, Cavalcanti-Mata MERM. Caracterização tecnológica de cookies produzidos com diferentes concentrações de farinha de algaroba durante armazenamento por 120 dias. *Brazilian Journal of Food Technology*. 2018: 21.

19. Selani MM, Brazaca SGC, dos Santos Dias CT, Ratnayake WS, Flores RA, Bianchini A. Characterisation and potential application of pineapple pomace in an extruded product for fibre enhancement. *Food chemistry*. 2014: 163, 23-30.

20. Brasil. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução da Diretoria Colegiada – RDC nº262, de 22 de setembro de 2005. Brasília, Ministério da Saúde. 2005.

21. Duarte SG, de Almeida FV, Rabelo GB, Valério LFD, Gomes VM, Marques S, Costa MRU. Biscoito tipo cookie com adição de farinha de resíduos de frutas. *Revista Exatas Online*. 2021: 12(1), 23-37.

22. Lima ARN, Câmara GB, de Oliveira TKB, Alencar WD, Vasconcelos SH, da Cunha Soares T, da Silva Cavalcanti M. Caracterização físico-química e microbiológica de biscoitos confeccionados com farinha de resíduos de frutas. *Research, society and development*. 2019: 8(11), e198111452-e198111452.

23. Vieira TDS, Freitas FV, Silva LAA, Barbosa WM, Silva EMMD. Efeito da substituição da farinha de trigo no desenvolvimento de biscoitos sem glúten. *Brazilian Journal of Food Technology*. 2015: 18(4), 285-292.

DOI: <https://doi.org/10.53934/9786585062039-67>

CAPÍTULO 67

BOLO FUNCIONAL DE MAÇÃ ISENTO DE TRIGO, LEITE E AÇÚCARES ADICIONADOS

Maria Lauren Deferrari Arrojo Freitas ; Gabriela Avello Crepaldi *; Isac Gonçalves de Oliveira ; Júlia Trojahn ; Rayssa Rosso ; Pamela Haissa Sampaio ; Andressa Carolina Jacques 

*Autor correspondente – Email: mariafreitas.aluno@unipampa.edu.br

Resumo: Os alimentos funcionais fazem parte de uma nova percepção de alimentos, pois além da alimentação suprir as necessidades básicas nutricionais, também proporciona benefícios para a saúde como a diminuição de riscos de doenças como hipertensão, diabetes entre outras. Existe um público específico que possuem restrições alimentares à açúcar, glúten e lactose por inúmeros fatores relacionados à saúde. Com isso, o objetivo do presente trabalho foi o desenvolvimento de um bolo funcional, isento de trigo, leite e açúcares adicionados e a elaboração de sua tabela de informação nutricional. Com a formulação final do bolo de maçã foi elaborada a tabela nutricional com base nas legislações RDC 359 e 360/2003 da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), em vigor. As IN 75/2020 da ANVISA, que vigora em outubro de 2022, RDC 429/2020 e RDC 54/2012 também foram consultadas. Diante disso, foi possível elaborar um produto com teor de fibras de 2,6g na porção, suficiente para ser considerado “fonte de fibras”. O produto proposto torna-se uma opção para o público em geral, mas especificamente para pessoas com dietas restritivas, como diabetes, celíacos e intolerante à lactose/alérgicos à proteína do leite.

Palavras-chave: Dietas restritivas, propriedade funcional, fibras alimentares.

Abstract: Functional foods are part of a new perception of food, because in addition to food supplying basic nutritional needs, it also provides health benefits such as reducing the risk of diseases such as hypertension, diabetes, among others. There is a specific audience that has dietary restrictions on sugar, gluten and lactose due to numerous health-related factors. With that, the objective of the present work was the development of a functional cake, free of wheat, milk and added sugars and the elaboration of its table of nutritional information. With the final formulation of the apple cake, the nutritional table was prepared based on the legislation RDC 359 and 360/2003 of the National Health Surveillance Agency (ANVISA), in force. ANVISA's IN 75/2020, which is in force in October 2022, RDC 429/2020 and RDC 54/2012 were also consulted. In view of this, it was possible to prepare a product with a fiber content of 2.6g in the portion, sufficient to

be considered a "source of fiber". The proposed product becomes an option for the general public, but specifically for people with restrictive diets such as diabetes, celiac and lactose intolerant/milk protein allergy.

Key Word: Restrictive diets, functional property, dietary fibers.

INTRODUÇÃO

Os alimentos funcionais fazem parte de uma nova concepção de alimentos, uma alimentação saudável busca além de suprir as necessidades básicas nutricionais, mas também a promoção de outros benefícios como melhorar a qualidade de vida e diminuir riscos de doenças como hipertensão, diabetes, câncer, osteoporose e coronariopatias, destacando-se que no cenário atual, os alimentos funcionais são um nicho de mercado com alta funcionalidade, rentabilidade e aceitação pelos consumidores (1;2). De acordo com a ANVISA, propriedade funcional é “aquela relativa ao papel metabólico ou fisiológico que o nutriente ou não nutriente tem no crescimento, desenvolvimento, manutenção e outras funções normais do organismo humano” (3).

Alguns consumidores possuem dieta restritiva à açúcar, glúten e lactose em prol da sua saúde, e com os avanços científicos e tecnológicos, os diagnósticos médicos estão cada vez mais aprimorados, inclusive para aqueles que necessitam de maior cuidado na escolha de alguns ingredientes a serem consumidos, pois o consumo equivocado de alguns alimentos afetam drasticamente o quadro de saúde do indivíduo (4). De acordo com Mahan, alergia alimentar, ou hipersensibilidade, é definida por uma reação adversa do sistema imunológico ao alimento, esta resposta do organismo está relacionada diretamente como o indivíduo metaboliza o que foi ingerido e não a composição. Por sua vez, a intolerância é uma reação adversa a um alimento que envolve como o corpo absorve os compostos de um determinado alimento, e não o sistema imunológico, sendo uma sensibilidade e não alergia. (4;5). Diante das definições, pode-se citar o diabetes mellitus, que é caracterizada por um quadro de hiperglicemia, sendo uma doença metabólica decorrente da redução da ação e da secreção de insulina. (6). Já os intolerantes a lactose, possuem a diminuição parcial ou total da atividade da enzima lactase responsável pela hidrólise da lactose. Essa patologia se manifesta desde um simples mal-estar e distensão abdominal até um choque anafilático, e é recorrente na população mundial (7). A doença celíaca é uma doença autoimune que se caracteriza por uma reação contra o próprio intestino delgado diante a ingestão de glúten. Os celíacos são extremamente sensíveis ao glúten, podendo sofrer lesões na mucosa intestinal mesmo quando este é ingerido em pequenas quantidades (8).

Com relação ao desenvolvimento de produtos isentos de glúten, surge um desafio tecnológico, já que o mesmo possui um papel importante no desenvolvimento de massas, pois favorece o desenvolvimento de uma rede estrutural que assegura consistência e

promove flexibilidade. Isto confere melhor estrutura e textura aos produtos panificáveis, o que torna a produção de alimentos isentos de glúten um desafio tecnológico (9).

Segundo dados da Associação Brasileira de Massas Alimentícias de pães, bolos e produtos industrializados (ABIMAPI) o consumo de bolos funcionais teve um aumento nos últimos anos, e os perfis dos consumidores são variados, e com faixas etárias distintas. Vários fatores contribuem para o aumento do desenvolvimento dos alimentos funcionais, um deles é a consciência dos consumidores, que desejam melhorar a qualidade de suas vidas, optando por uma rotina mais saudável (10).

Dentre as possibilidades em substituição ao glúten, tem-se a aveia. A aveia (*Avena sativa* L.) é um cereal com elevado valor energético e nutricional, contém em sua composição química aminoácidos, ácidos graxos, vitaminas, sais minerais e, principalmente, fibras alimentares, indispensáveis ao organismo humano. Na panificação é recomendado o uso de aveia para a substituição da farinha de trigo, pois além de não conter glúten, possui propriedades funcionais tecnológicas, como a retenção de umidade, aumentando a vida de prateleira dos produtos (11;12).

Diante do exposto, o presente trabalho teve como objetivo desenvolver um bolo com característica funcional, sendo específico para o público com dietas restritivas além de elaborar sua tabela nutricional.

MATERIAL E MÉTODOS

Material

Para a elaboração do bolo, foram utilizados os seguintes ingredientes: aveia em flocos, maçãs *in natura*, ovos frescos, passas de uva, óleo de coco, fermento químico e canela em pó. Todos os ingredientes foram adquiridos no comércio local de Bagé-RS.

Métodos

Desenvolvimento do bolo de maçã

Para o desenvolvimento do bolo funcional, buscou-se alternativas para obter um produto para o público com dietas restritivas, com isso, utilizou-se passas de uva e maçãs para substituir os açúcares adicionados, e aveia em flocos para substituir a farinha de trigo. A partir dessa formulação, foram realizados alguns testes para chegar na formulação final, uma massa de bolo, antes e depois de assar, com aspectos visuais de textura aceitáveis. Os ingredientes estão descritos na Tabela 1. As etapas de preparo do bolo funcional estão descritas no fluxograma na Imagem 1. Inicialmente, foi realizado em pré-aquecimento do forno convencional à 200° por 10 minutos, logo após foi adicionado no liquidificador de uso doméstico, as maçãs, as passas de uva, os ovos, o óleo de coco e a

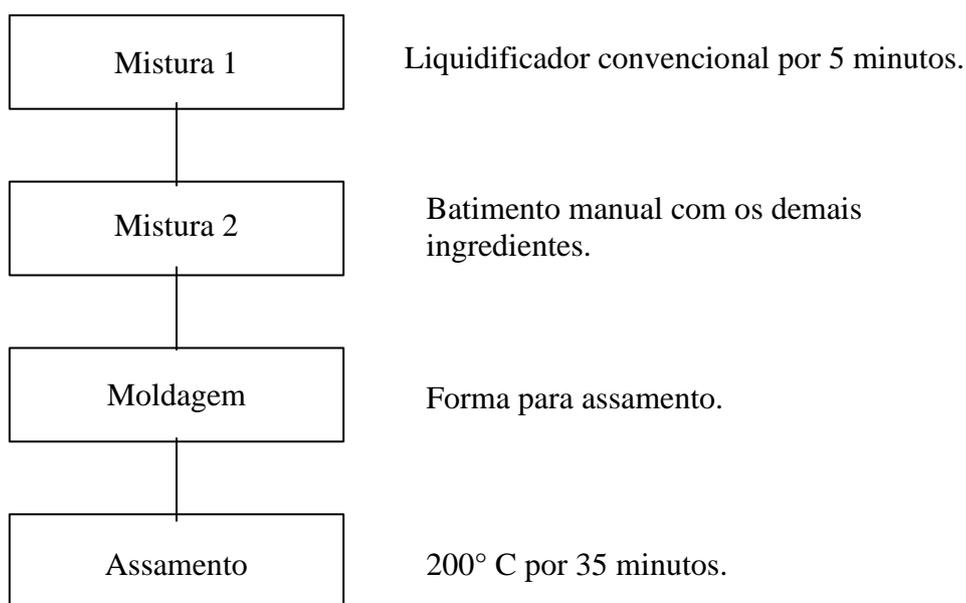
canela em pó, com mistura de 5 minutos para obtenção de uma massa homogênea. A segunda mistura, deu-se de forma manual com adição dos demais ingredientes. A massa obtida foi adicionada em forma específica para o posterior forneamento, em cima de papel manteiga. O assamento foi realizado à 200° por 35 minutos

Tabela 1 – Formulação do bolo funcional de maçã.

Ingredientes	Massa (g)	Medida Caseira
Maçã	160	2 unidades
Ovo	80	2 unidades
Óleo de coco	50	½ xícara
Passas de uvas	80	½ xícara
Aveia em flocos	200	2 xícara
Fermento	6	1 colher
Canela	12	2 colheres

Fonte: Dos autores, 2022.

Imagem 1: Fluxograma das etapas de preparo do bolo funcional de maçã.



Fonte: Dos autores, 2022.

Elaboração da tabela nutricional

Com base na formulação do bolo, foi elaborada a tabela nutricional do bolo de maçã. Os dados nutricionais da aveia em flocos, maçã, ovos e fermento foram obtidos na

Tabela Brasileira de composição de alimentos- TACO ,(13), para o óleo de coco, canela, passas de uva foram encontrados em sites nutricionais (14;15;16).

Os cálculos nutricionais do bolo de maçã foram realizados de forma teórica, utilizando as fontes já citadas. A tabela nutricional foi elaborada com base na regulamentação atualmente em vigor no Brasil: as RDC 359 e 360/2003 (17) da ANVISA. A tabela nutricional do produto foi apresentada no modelo vertical. As novas legislações sobre rotulagem nutricional (RDC 429/2020 e Instrução Normativas 75/2020 da ANVISA) (18,19), já publicadas no Brasil e que entram em vigor no país em outubro de 2022, também foram consultadas para a discussão dos resultados.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir da formulação proposta, foi possível desenvolver um bolo de maçã funcional rico em fibras, sem adição de açúcares, de leite ou derivados e sem presença de glúten que pode ser facilmente reproduzido de forma doméstica. O bolo desenvolvido apresentou textura adequada para esse tipo de produto, com uma massa homogênea antes e após assado (Imagem 2). O preparo foi considerado de nível fácil, podendo ser preparado facilmente em residências, com utensílios comuns de cozinha.

Imagem 2: Bolo isento de trigo, leite e açúcares adicionados



Fonte: Dos autores, 2022.

A tabela nutricional elaborada de acordo com a RDC 360/2003 da ANVISA, está apresentada no Quadro 1.

INFORMAÇÃO NUTRICIONAL		
Porção de 60g (uma fatia)		
	Quantidade por porção	%VD(*)
Valor energético	176 kcal = 476 kJ	9
Carboidratos	23g	8
Proteínas	4,1g	5
Gorduras totais	7,5g	13
Gorduras trans	0	0
Gorduras saturadas	4,3g	20
Fibras alimentares	2,6g	10
Sódio	0mg	0

Não contém quantidade significativas de sódio.
 (*)% Valores diários de referência com base em uma dieta de 2.000 Kcal ou 8400 kJ.

Fonte: Dos autores, 2022.

Conforme apresentado na tabela nutricional, o bolo de maçã contém, em maiores quantidades, carboidratos e lipídeos, seguido por proteínas e fibras alimentares, indicando um ótimo valor nutricional. Vale ressaltar que não houve a presença de açúcares adicionados, sendo os carboidratos presentes no produto, obtido por diferença dos demais itens, sendo eles oriundos dos ingredientes, considerados açúcares naturalmente presentes

De acordo com RDC 54/2012 da ANVISA (20), que diz respeito à Informação Nutricional Complementar, se o alimento apresentar 2,5 g de fibras por porção, o mesmo pode ser considerado fonte de fibras. Sendo assim, o bolo de maçã desenvolvido, é considerado uma fonte deste composto. Vale ressaltar que, o produto desenvolvido é um alimento específico para o público com dietas restritivas, possui alegação diet em açúcares, pois não há adição no seu preparo. Além disso, na receita também não tem adição de trigo nem leite o que torna o produto apto para o público celíaco e intolerante a lactose ou alérgico a proteína do leite.

Para substituir o açúcar, foi utilizado na receita uva-passa. As uvas são frutos que apresentam boa aceitação devido o seu sabor adocicado e, principalmente pelo elevado valor nutritivo, as passas de uva são uma boa fonte de vitaminas e minerais como potássio, ferro, cálcio e vitaminas B. Além disso, a uva também é uma excelente fonte de

antioxidantes, com grandes concentrações de compostos fenólicos (21). Também foi utilizado maçãs no preparo, como fonte de frutose e fibras para enriquecer a receita do bolo funcional. A maçã é um fruto rico em fibras, minerais como potássio, em sua casca contém compostos fenólicos e antocianinas, tendo assim propriedades funcionais, que auxiliam na prevenção e controle de doenças cardiovasculares (22).

A canela é uma das especiarias mais tradicionais e utilizadas, sendo conhecida por suas propriedades benéficas à saúde, dentre elas a atividade antimicrobiana, antioxidante, anti-inflamatória e controle glicêmico (23). Sendo assim, utilizada na receita para conferir propriedades sensoriais como sabor e aroma, mas também para enriquecer o bolo funcional.

Diante do exposto, pode-se afirmar que o bolo de maçã, sem adição de açúcar, de leite e farinha de trigo ou derivados, apresentou qualidade nutricional elevada referente ao seu teor de fibras alimentares por porção, podendo contribuir para a sociedade, principalmente para o público com restrição alimentar.

Na literatura, foi encontrada outras formulações de bolos funcionais, um deles com 2,6g de fibras alimentares por porção, sendo o mesmo teor encontrado na formulação do bolo de maçã, sendo assim considerado fonte de fibras alimentares (24).

CONCLUSÕES

A elaboração do bolo de maçã a partir da formulação proposta, possui fácil preparo, podendo ser reproduzido em residências e utilizado para públicos com dietas restritivas ou que buscam produtos de elevado valor nutricional. O mesmo foi considerado fonte de fibras em função do alto teor encontrado.

AGRADECIMENTOS

Agradecimentos a Universidade Federal do Pampa (UNIPAMPA) e ao Programa de Desenvolvimento Acadêmico (PDA Extensão e Pesquisa).

REFERÊNCIAS

1. ANJO, D. L. C. Alimentos funcionais em angiologia e cirurgia vascular. *Jornal Vascular Brasileiro*. 2004; v. 3, n. 2, p. 145-154.
2. SILVA JB, et al. Biscoitos Enriquecidos com Farinha de Semente de Abóbora como Fonte de Fibra Alimentar. *Revista Destaques Acadêmicos*, 2015; 7(4): 174-184.
3. BRASIL. MINISTÉRIO DA SAÚDE. AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. Portaria nº 398, de 30 de abril de 1999c. Estabelece as diretrizes básicas para análise e comprovação de propriedades funcionais e ou

- de saúde alegadas em rotulagem de alimentos. [acesso em 24 Ago 2022]. Disponível em: https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/anvisa/1999/prt0398_30_04_1999.html
4. BORDIGNON, C. M. Informações nutricionais relativas à presença de glúten, lactose e açúcar em embalagens alimentícias: pictogramas e tipografia sob a ótica ergonômica. 2018; p. 15.
 5. MAHAM, L. K.; ESCOTT-STUMP, S. Krause: Alimentos, nutrição e dietoterapia. 13ª edição. Rio de Janeiro: Elsevier, 2012; p 1227.
 6. Gross, Jorge L., et al. "Diabetes melito: diagnóstico, classificação e avaliação do controle glicêmico." *Arquivos Brasileiros de Endocrinologia & Metabologia* 46 p16-26; 2002) [acesso em 24 Ago 2022]. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/abem/a/vSbC8y888VmqdqF7cSST44G/?format=pdf&lang=pt>
 7. ZYCHAR BC, OLIVEIRA BA. Fatores Desencadeantes da Intolerância á Lactose: Metabolismo Enzimático, Diagnóstico e Tratamento. *Revista Atas de Ciências da Saúde*, 2017; p 35-46.
 8. NUNES, Mara et al. Alergia alimentar. p 18; 2012 [acesso em 24 Ago 2022]. Disponível em: <https://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/65706/2/725.pdf>
 9. COURI, M. H. S.; GIADA, M. L. R. Pão sem glúten adicionado de farinha do mesocarpo de babaçu (*Orbignya phalerata*): avaliação física, química e sensorial. *Revista Ceres*, v. 63, n. 3, 2016 [acesso em 25 Ago 2022]. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rceres/a/ykGWf8QsW48yKSVPyF6NPHs/?format=pdf&lang=pt>
 10. CHIARELI CA, et al. Desenvolvimento de um bolo rico em fibras solúveis enriquecido com chia. *Revista Ciências Nutricionais Online*, 2017; 1(1): 46-52.
 11. WEBER, F. H.; GUTKOSKI, L. C.; ELIAS, M. C. Caracterização química de cariopses de aveia (*Avena sativa*, L.) da cultivar UPF 18. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, v. 22, n. 1, 2002.; p. 39-44.
 12. GUTKOSKI, L. C. et al. Desenvolvimento de barras de cereais à base de aveia com alto teor de fibra alimentar. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, v. 27, n. 2, 2007; p. 787-792.
 13. Tabela Brasileira de Composição de Alimentos (TACO) 1ª ed. Campinas: NEPA – UNICAMP. 2004 [acesso em 28 Ago 2022]. Disponível em:

- https://www.cfn.org.br/wp-content/uploads/2017/03/taco_4_edicao_ampliada_e_revisada.pdf
14. Óleo de coco extra virgem Copra [Internet]. São Paulo: Vitat; 2022[acesso em 24 Ago 2022]. Disponível em: <https://vitat.com.br/alimentacao/busca-de-alimentos/alimentos/112455-óleo-de-coco-extra-virgem-copra>
 15. CANELA EM PÓ [Internet]. Pompéia - SP: Quatro Estrelas; 2022 [acesso em 25 Ago 2022]. Disponível em: <https://www.emporioquatroestrelas.com.br/canela-em-po-100g11478-3/p>
 16. UVA PASSA PRETA [Internet]. Pompéia - SP: Quatro Estrelas; 2022[acesso em 24 Ago 2022]. Disponível em: <https://www.emporioquatroestrelas.com.br/uva-passa-preta-100g10326-8/p>
 17. BRASIL. MINISTÉRIO DA SAÚDE. AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. Resolução no 359, de 23 de dezembro de 2003. Regulamento Técnico de Porções de Alimentos Embalados para Fins de Rotulagem Nutricional.
 18. Ministério da Saúde (Brasil). Resolução da Diretoria Colegiada - RDC Nº 429, de 8 de Outubro de 2020 que dispõe sobre a rotulagem nutricional dos alimentos embalados. Diário Oficial da União, nº 195, de 9 de outubro de 2020. Acesso em 28 Ago de 2022]. Disponível em: http://antigo.anvisa.gov.br/documents/10181/3882585/RDC_429_2020_COMP.pdf/2ed9794e-374c-4381-b804-02b1f15d84d2.
 19. BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Instrução normativa nº 75, de 8 de outubro de 2020. Requisitos técnicos para declaração da rotulagem nutricional nos alimentos embalados [acesso em 28 Ago 2022]. Disponível em: <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/instrucao-normativa-in-n-75-de-8-de-outubro-de-2020-282071143>
 20. Ministério da Saúde (Brasil). Resolução da Diretoria Colegiada - RDC Nº 54, de 12 de novembro de 2012, dispõe sobre o Regulamento Técnico sobre Informação Nutricional Complementar. Diário Oficial da União, novembro de 2012 [acesso em 28 Ago 2022]. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/ptbr/assuntos/inspecao/produtos-vegetal/legislacao-1/biblioteca-de-normas-vinhos-ebebidas/resolucao-rdc-no-54-de-12-de-novembro-de-2012.pdf/view>.
 21. LARA, Nathália de Souza. Formulação, avaliação físico-química e sensorial de barra alimentícia adicionada de café. p 36; 2013.

22. MORAIS et al. Análise de compostos fenólicos totais e atividade antioxidante de casca e polpa de maçã e suas respectivas farinhas. DESAFIOS - Revista Interdisciplinar da Universidade Federal do Tocantins, Tocantins, v.6, n. especial, p. 5-9, jun. 2021 [acesso em 26 Ago 2022]. Disponível em : <https://sistemas.uft.edu.br/periodicos/index.php/desafios/article/view/6807/15276>
23. PORTAL, V. P. Canela: uma especiaria funcional. [Internet] [acesso em 26 Ago 2022]. Disponível em : <http://portal.vponline.com.br/novidades-cientificas/nutricao-clinica/canela-uma-especiaria-funcional/>
24. Schappo FB, Lima JL, Silva ML, Fortunato GS, Nunes IL, Feltes MM. Tabela nutricional de bolo para dietas restritivas contendo castanhado-brasil (*Bertholletia excelsa*); AGRON FOOD ACADEMY p 835-838; 2022 [acesso em 26 Ago 2022] Disponível em: <https://agronfoodacademy.com/9786599539657-94/>.

DOI: <https://doi.org/10.53934/9786585062039-68>

CAPÍTULO 68

DESENVOLVIMENTO DE BISCOITOS PARA CELÍACOS UTILIZANDO FARINHA DE POLPA PROVENIENTE DO BAGAÇO DE AZEITONA

Rafaela Moura Rodrigues *; Andressa Carolina Jacques ; Catarina Motta de Moura 

*Rafaela Moura Rodrigues – E-mail: rafaelarodrigues.aluno@unipampa.edu.br

Resumo: O desenvolvimento da olivicultura no Brasil apresenta grandes destaques com a produção de azeite de oliva. Contudo, o resíduo da sua produção, o bagaço, é considerado complexo visto que é um subproduto sólido formado a partir de pedaços de caroço, pele e polpa de azeitona. A utilização de subprodutos de indústrias alimentícias vem ganhando espaço no desenvolvimento de novos produtos por agregar valor econômico, nutricional além de contribuir para a redução do impacto ambiental. Uma parcela da população brasileira que possuem a doença celíaca, o que impossibilita o consumo de produtos que contêm glúten em sua formulação. Nesse contexto, o desenvolvimento de produtos sem glúten, como biscoitos, é um desafio para a indústria alimentícia, visto que na impossibilidade do consumo do trigo, geralmente se utiliza a farinha de arroz nessas preparações, por ser uma das opções bem aceitas para a elaboração de produtos para celíacos. Assim, objetivou-se desenvolver formulações de biscoitos salgados, sendo um controle (apenas com farinha de arroz) e outras três com substituições parciais de 5,0; 10,0 e 15% de farinha de arroz pela farinha de polpa proveniente do bagaço da azeitona. Com isso, elaboraram-se os biscoitos salgados, determinando as características físicas das formulações, observando que de maneira geral, as formulações enriquecidas com farinha de polpa proveniente do bagaço da extração de azeite de oliva ficaram mais crocante, agregando valor ao produto visto que a maioria dos produtos sem glúten apresentam estruturas menos rígidas.

Palavras-chave: resíduos da olivicultura; doença celíaca; biscoito salgado

Abstract: The development of olive growing in Brazil presents great highlights with olive oil production. However, the residue of its production, bagasse, is considered complex since it is a solid by-product formed from pieces of pit, skin and olive pulp. The use of by-products from food industries has been gaining ground in the development of new products by adding economic, nutritional value and contributing to the reduction of the environmental impact. A portion of the Brazilian population that have celiac disease, which makes it impossible to consume products that contain gluten in its formulation. In

this context, the development of gluten-free products, such as biscuits, is a challenge for the food industry, since in the impossibility of wheat consumption, rice flour is generally used in these preparations, because it is one of the well-accepted options for the preparation of products for celiacs. Thus, the objective was to develop formulations of salted biscuits, being one control (only with rice flour) and three others with partial substitutions of 5.0, 10.0 and 15% of rice flour by the pulp flour from the olive pomace. With this, the salted biscuits were elaborated, determining the physical characteristics of the formulations, noting that in general, the formulations enriched with pulp flour from the bagasse of olive oil extraction became crispier, adding value to the product since most gluten-free products have less rigid structures.

Key Word: olive growing waste; celiac disease; salted biscuit

1. INTRODUÇÃO

A extração do azeite é uma das atividades mais antigas e com mais tradições culturais nos países mediterrâneos, representando um setor fundamental na estrutura da produção agrícola e econômica desses países (1). Segundo o Instituto Brasileiro de Olivicultura – IBRAOLIVA, em 2019, o cultivo de azeitonas no Brasil atingiu o volume de 1,4 milhões de toneladas, enquanto a produção de azeite foi de 240 toneladas.

Com o crescimento da produção de azeite, levando em consideração todos os países produtores, são observados problemas relacionados à capacidade de escoar produtos, azeites e subprodutos, tendo em vista que a olivicultura tem perspectivas de aumentar cada vez mais a produção. As quantidades de resíduos e subprodutos que são gerados, embora não sejam considerados perigosos e por possuírem características biodegradáveis, podem constituir um grave problema ambiental (1). Além dos resíduos gerados durante o cultivo de oliveiras (podas e colheita), a exploração da olivicultura resulta também em um resíduo constituído pela biomassa produzida durante o processo de extração do azeite (2).

O resíduo da extração de azeite é composto de polpa e epicarpo dos frutos, partes do caroço triturado e água, podendo apresentar-se altamente variável, em função de diversos fatores, tais como teores de óleo residual e de água, proporção de partes de caroço na massa, dentre outros. No bagaço de azeitona tem-se estudado a porção de fibras presentes, pois elas propiciam diversos benefícios ao organismo humano. Baseado nessa perspectiva pode-se utilizar a farinha de polpa do bagaço de azeitona para desenvolver produtos com enriquecimento de fibras e elaboração de alimentos sem glúten (2). O resíduo mais abundante oriundo da atividade oleícola se dá durante a extração do azeite, esse resíduo da extração também chamado de bagaço é composto pela polpa (mesocarpo), casca do fruto (epicarpo), água e partes do caroço triturado. Durante o processo de extração do azeite, para cada 1000 kg de azeitona são gerados em média cerca de 800 kg de resíduos e 200 kg de azeite (3). O bagaço de azeitona contém a maior parte da película e da polpa (30-35%) e pedaços de caroço (30-35%) (4).

O bagaço de azeitona é uma mistura composta por alta porcentagem de água, compostos orgânicos tais como azeite residual, açúcares, fibras, polifenóis, compostos nitrogenados, ácidos voláteis, carotenoides e compostos inorgânicos. Sabendo que o caroço do bagaço oriundo da extração de azeite de oliva contém baixa quantidade dos compostos orgânicos citados, pois é rico em lignina e celuloses, a polpa do bagaço de azeitona assume como composto rico com compostos orgânicos (5).

O interesse em valorizar esses subprodutos vem crescendo, por questões ambientais e nutricionais. Neste âmbito, estão sendo conduzidos estudos para entender o papel do elevado número de compostos presentes nesses subprodutos no que se refere aos seus efeitos e benefícios (6). Sendo assim, o desenvolvimento de uma farinha de fonte não convencional oriunda da polpa do bagaço do azeite de oliva torna-se um potencial ingrediente bioativo para utilização em biscoitos e pães.

Segundo a Associação Brasileira das Indústrias de Biscoitos, Massas Alimentícias e Pães & Bolos Industrializados (ABIMAPI), o Brasil foi considerado o 3º maior produtor e exportador de biscoitos no mundo no ano de 2020, sendo esses biscoitos divididos em doces, secos, água e sal, wafers, recheados, salgados e outros. Além disso, os indicadores de venda da ABIMAPI em 2020, apontam que foram comercializados 1,530 milhões de toneladas de biscoitos. Os biscoitos são os produtos obtidos pela mistura de farinha(s), amido(s) e/ou fécula(s) com outros ingredientes, submetidos a processos de amassamento e cocção, fermentados ou não, que podem apresentar cobertura, recheio, formato e textura diversos (7). Muitos dos biscoitos ou bolachas são produzidos com farinha de trigo, a retirada desse ingrediente nesses tipos de alimento é um grande desafio para os profissionais da área de alimentos (8).

O consumo de farinha de trigo muitas vezes é restrito, pois uma parcela da população brasileira é considerada celíaca, não podendo consumir produtos que contenham glúten, ficando com restrição ao consumo de biscoitos ou bolachas, que normalmente são elaborados com trigo, que possuem glúten em sua composição. Um estudo da Associação dos Celíacos do Brasil (ACELBRA) indicou que a cada 600 brasileiros um possui a doença celíaca o que equivale a 0,16% da população do país e que o segundo produto alimentício mais procurado pelo público celíaco são biscoitos e bolachas (9).

Segundo estudos, vários produtos foram usados para substituir o glúten, incluindo mandioca, batata ou amidos de arroz, cereais como farinhas de milho, arroz ou sorgo e outros ingredientes funcionais, como pseudocereais, leguminosas, sementes, nozes e ingredientes à base de frutas (10). Contudo, os produtos com ausência de glúten apresentam propriedades sensoriais diferentes e isso reflete na aceitação do consumidor, por isso estudos realizados mostraram que farinhas de arroz e milho, junto com várias técnicas ou aditivos também foram aplicadas a melhorar as propriedades físico-químicas, aceitação e vida útil de massas de biscoito e pães (11).

Os produtos disponíveis no mercado para alimentações com restrições de ingestão ao glúten são precários, os indivíduos portadores da doença celíaca relatam a insatisfação em produtos isentos de glúten. Em uma pesquisa realizada por ARAÚJO et al. (12), a maioria dos celíacos relatou estar medianamente ou muito satisfeita com informações

apresentadas nos rótulos, disponibilidade regional dos produtos, sabor, variedade e textura. No Brasil, com o objetivo de minimizar as dificuldades da adesão ao tratamento, surgiram as Associações de Celíacos, como a ACELBRA, que atuam com o intuito de garantir o cumprimento das leis, como a Lei nº 8.543 (13) na área de vigilância sanitária, que obriga as indústrias alimentícias a imprimirem em caracteres destacados uma advertência nos rótulos e nas embalagens de produtos industrializados que contêm glúten ou seus derivados. Em 2003, foi publicada a Lei nº 10.674, que obriga os produtos alimentícios comercializados a portarem informação sobre a presença de glúten como medida preventiva e de controle da doença celíaca. Assim, todos os alimentos industrializados deverão conter em seu rótulo, obrigatoriamente, as inscrições “contém glúten” ou “não contém glúten”, conforme o caso (14).

O desenvolvimento de farinhas a partir de fontes não convencionais, como a de farinha de polpa oriunda do bagaço de azeitona, torna-se uma alternativa viável para incorporação em biscoitos e bolachas sem glúten e com a presença de compostos bioativos. Realizando a substituição da farinha de trigo por farinhas de fontes alternativas, e com o desenvolvimento de fórmulas e tecnologias, estuda-se a elaboração de diferentes formas e composições de biscoitos sem glúten, melhorando suas qualidades nutricionais, através da incorporação de ingredientes específicos (15).

Na impossibilidade do consumo do trigo, geralmente se utiliza a farinha de arroz nessas preparações, por ser uma das opções bem aceitas para a elaboração de produtos para celíacos. Além de não ser alergênica, a farinha de arroz é um produto versátil, tem sabor suave, baixos níveis de sódio e alta proporção de amido facilmente digerível (16). A farinha de arroz é gerada a partir do resíduo denominado “arroz quebrado”, o que geraria considerável perda de rendimento na produção do grão polido quando transformado em farinha, e que pode substituir parcial ou totalmente a farinha de trigo em preparações como bolos (17).

Diante do exposto, o presente trabalho teve como objetivo o desenvolvimento de um biscoito de farinha de arroz e farinha de polpa proveniente do bagaço de azeitona para o público com restrição ao consumo de glúten e realizar a análise física dos produtos desenvolvidos.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Elaboração dos biscoitos

Os insumos que foram utilizados para as formulações do biscoito sem glúten são farinha de arroz, gordura vegetal, ovos, fermento químico e queijo parmesão, obtidos em comércio local, sempre das mesmas marcas, além da farinha da polpa do bagaço de azeitona, obtida a partir do resíduo obtido pelo processamento das azeitonas cultivadas em Azeites Batalha localizada no município de Pinheiro Machado (31°30'01.1'S 53°30'37.0"W), no estado do Rio Grande do Sul. Todos os reagentes utilizados para as análises, são de grau analítico (PA). O bagaço foi seco em secador com escoamento perpendicular do ar, conforme as condições de secagem estabelecidas por SILVA, 2021

(25). A obtenção da farinha de polpa presente no bagaço seco foi realizada seguindo a metodologia descrita por RODRIGUES, 2021 (26), que consiste na separação pneumática da polpa e do caroço do bagaço de azeitona utilizando o equipamento leito de jorro. Em seguida, a polpa oriunda do bagaço de azeitona foi moída em moinho analítico para obtenção da farinha.

Para a formulação dos biscoitos sem glúten com adição de farinha de polpa proveniente do bagaço de azeitona foi desenvolvida três (3) formulações, além da formulação controle, conforme Tabela 1, onde a farinha de arroz foi substituída parcialmente pela farinha de polpa oriunda do bagaço de azeitona. Tanto a mistura dos insumos quanto a formação da massa e moldagem dos biscoitos foram realizados de forma manual, utilizando-se em torno de 25 g de massa para cada unidade de biscoito.

Tabela 1 - Formulação dos biscoitos sem glúten com adição de farinha de polpa oriunda do bagaço da azeitona.

Ingrediente	FCT	FA	FB	FC
Farinha de arroz	150 g	142,5 g	135 g	127,5 g
Farinha de polpa de bagaço de azeitona	0	7,5g	15 g	22,5 g
Margarina	100 g	100 g	100 g	100 g
Ovo	75 g	75 g	75 g	75 g
Queijo Parmesão	100 g	100 g	100 g	100 g

Fonte: Autora, 2022.

Controle: formulação sem adição da farinha de polpa oriunda do bagaço da azeitona

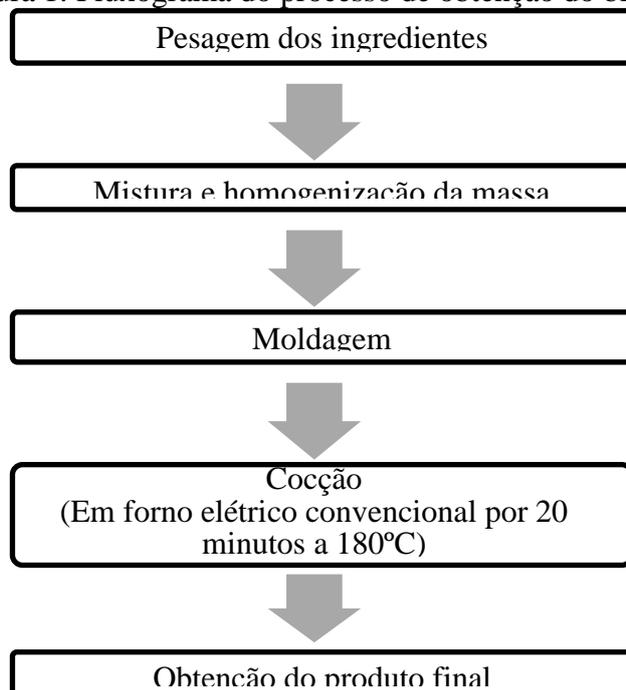
A = Formulação A: substituição de 5% de farinha de polpa oriunda do bagaço da azeitona, em relação à farinha de arroz

B= Formulação B: substituição de 10% de farinha de polpa oriunda do bagaço da azeitona, em relação à farinha de arroz

C = Formulação C: substituição de 15% de farinha de polpa oriunda do bagaço da azeitona, em relação à farinha de arroz

Na Figura 1 está exposto o fluxograma do processo para obtenção do biscoito sem glúten desenvolvido com a farinha de polpa oriunda do bagaço de azeitona

Figura 1: Fluxograma do processo de obtenção do biscoito



Fonte: Autora,2022.

2.2 Caracterização física do biscoito

A determinação instrumental da cor foi efetuada no colorímetro (Minolta® CR-300), utilizando fonte de luz em espaço de cor L^* , a^* e b^* do sistema CIE $L^*a^*b^*$, onde: L^* indica luminosidade (0 = preto e 100 = branco); a^* e b^* representam as coordenadas de cromaticidade ($+a^*$ = vermelho e $-a^*$ = verde; $+b^*$ = amarelo e $-b^*$ = azul). Foi determinados os parâmetros ângulo Hue (H°) e Cromo (C^*). Outros parâmetros avaliados foram o ângulo HUE ($^\circ H$), que segundo Tiecher (18) expressa a tonalidade da cor do alimento, e o croma que representa segundo Harder et al. (19) a saturação da cor. Determinou-se o ângulo HUE e o croma segundo cálculos propostos por Harder et al. (19), aplicando as Equações 5 e 6 respectivamente, em que os parâmetros a seguir indicam $^\circ HUE$ (ângulo que indica a tonalidade de cor do alimento), arctgb^* (arcotangente do parâmetro b^*), a^* (a: parâmetro colorimétrico “ a^* ”), b^* (b: Parâmetro colorimétrico “ b^* ”) e C (croma, indicando a saturação da cor).

$$^\circ HUE = \text{arctg } b^*/a^* \quad (5)$$

$$C^2 = (a^2 + b^2) \quad (6)$$

A textura dos biscoitos foi determinada 24h após a cocção, sendo analisada em texturômetro TA.XT.plus, utilizando o software Exponent Stable. Analisando os parâmetros de dureza e fraturabilidade. As condições do teste utilizadas foram conforme descritas em RIBEIRO (20), velocidade do pré-teste = $2,5 \text{ mm} \times \text{s}^{-1}$, velocidade do teste = $2,0 \text{ mm} \times \text{s}^{-1}$, velocidade do pós-teste = $10,0 \text{ mm} \times \text{s}^{-1}$ e força de contato = 50 g.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 Elaboração do biscoito sem glúten com adição de farinha de polpa oriunda do bagaço de azeitona

Com a elaboração do biscoito salgado, obtiveram-se produtos de espessuras altas e formatos achatados, apresentando diferentes colorações, visto que ao decorrer das formulações, a cor marrom foi ficando cada vez mais predominante, em decorrência de uma maior porcentagem de substituição pela farinha de polpa do bagaço de azeitona, como pode-se observar na Figura 2. Além disso, ao produzir as formulações ficou evidente que a massa apresentava pouca elasticidade, uma vez que o glúten é o responsável por proporcionar essa característica ao produto, pela presença das proteínas glutenina e gliadina. As formulações não apresentaram diferenças perceptíveis em relação ao seu odor, porém quanto ao sabor é necessário realizar uma análise sensorial para quantificar e detalhar as diferenças entre as formulações propostas.

Figura 2: Imagem fotográfica dos biscoitos com as diferentes formulações após a cocção



Fonte: Autora,2022.

Em que, FCT é referente a formulação controle, sem adição da farinha de polpa oriunda do bagaço de azeitona. A FA é a formulação A com substituição de 5% de farinha de polpa oriunda do bagaço de azeitona, em relação à farinha de arroz. A FB é a formulação B com substituição de 10% de farinha de polpa oriunda do bagaço de azeitona, em relação à farinha de arroz. A FC é referente a formulação C com a substituição de 15% de farinha de polpa oriunda do bagaço de azeitona, em relação à farinha de arroz.

As formulações não apresentaram diferenças perceptíveis em relação ao seu aroma, porém quanto ao sabor é necessário realizar uma análise sensorial para quantificar e detalhar as diferenças entre as formulações produzidas.

3.2 Caracterização física das formulações

A partir da Tabela 2, podem-se observar os resultados obtidos para a análise colorimétrica dos biscoitos salgados com substituição parcial da farinha de polpa proveniente do bagaço de azeitona. Onde FCT equivale a 100% de farinha de arroz, FA a 95% de farinha de arroz e 5% de farinha de polpa proveniente do bagaço de azeitona, FB a 90% de farinha de arroz e 10% de farinha de polpa proveniente do bagaço de azeitona, e FC a 85% de farinha de arroz e 15% de farinha de polpa proveniente do bagaço de azeitona, ^{a,b,c} são letras distintas sobrescritas na mesma coluna que diferem estatisticamente pelo Teste de Tukey ($p=0,05$).

Tabela 2 - Colorimetria das amostras

Variáveis independentes	Variáveis dependentes				
	L*	a*	b*	Croma	°Hue
FCT	94,74±0,08 ^{1/a}	29,41±0,24 ^a	57,33±0,01 ^a	64,43±1,11 ^a	62,84±0,04 ^a
FA	75,31±0,21 ^{b*}	17,04±0,07 ^{b*}	30,12±0,13 ^{b*}	34,60±0,31 ^{b*}	60,50±0,13 ^{b*}
FB	56,97±0,14 ^{c*}	10,61±0,11 ^{c*}	19,45±0,34 ^{c*}	22,15±1,17 ^{c*}	61,39±1,14 ^{b^{ns}}
FC	49,76±0,02 ^{d*}	8,42±0,10 ^{c*}	14,06±1,14 ^{d*}	16,39±0,22 ^{d*}	59,08±0,09 ^{c*}

Fonte: Autora, 2022. ^{1/} Médias de dez repetições ± desvio padrão quando seguidas de mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p\leq 0,05$), para os parâmetros colorimétricos L*, a*, b*, croma e °Hue das amostras. *, ^{ns} Significativo e não significativo, respectivamente, em relação à testemunha (Controle) pelo teste de Dunnett ($p\leq 0,05$).

O parâmetro luminosidade expressa maior valor para a amostra controle, confirmando, instrumentalmente, as avaliações visuais vislumbradas para o produto. Cabe ainda ressaltar que a concentração do produto foi inversamente proporcional à luminosidade, bem como, para os parâmetros a*, b* e croma.

A amostra controle denotou maior tendência ao vermelho e ao amarelo, com valores de a* e b* no quadrante positivo e superiores às demais amostras. Considerando avaliações de °HUE que balizam ângulos próximos a 0°, 90°, 180°, 270° e 360°, a média de valores deste parâmetro para as quatro amostras as deixa na região do amarelo, pois aproximam-se de 90° e segundo Del Bem et al. (21), valores próximos a 90°H indicam tonalidade amarelada.

A partir da Tabela 5, podem-se observar os resultados obtidos para a análise de texturados biscoitos salgados com substituição parcial da farinha de polpa proveniente do bagaço de azeitona. Onde FCT equivale a 100% de farinha de arroz, FA a 95% de farinha de arroz e 5% de farinha de polpa proveniente do bagaço de azeitona, FB a 90% de farinha de arroz e 10% de farinha de polpa proveniente do bagaço de azeitona, e FC a 85% de farinha de arroz e 15% de farinha de polpa proveniente do bagaço de azeitona.

Tabela 3 - Análise de textura dos biscoitos

Formulação	Força (N)
FCT	7,000 ± 0,677
FA	6,280 ± 1,142
FB	7,860 ± 0,092
FC	6,610 ± 0,145

Fonte: Autora, 2022. Valor médio ± desvio médio (n=3 repetições)

Ao analisar o resultado obtido é possível observar que o biscoito da formulação B foi o mais firme das formulações analisadas, pois o equipamento teve que fazer uma força maior para o rompimento do produto. No estudo realizado por Silva et al. (22), em biscoitos cookies elaborados com a substituição parcial da farinha de trigo por farinha desengordurada de gergelim, obtiveram um valor de $8,38 \text{ N} \pm 1,00$, acima do resultado obtido no presente estudo. Estudos de Zucco et al. (23), que produziram cookies com leguminosas e obtiveram variações entre 8,7 e 15 N, bem abaixo dos encontrados por Mareti et al. (24), que verificaram alta dureza (85 a 218 N) em biscoitos produzidos com a substituição parcial da farinha de trigo por misturas de farinha de soja, farelo de aveia e maltodextrina. Esta menor dureza dos biscoitos pode estar relacionada ao teor de lipídeos presente na farinha de polpa proveniente do bagaço de azeitona, que pode ter auxiliado no aumento da maciez do biscoito.

4. CONCLUSÃO

De acordo com os resultados obtidos no presente estudo, é interessante prosseguir com pesquisas relacionadas à elaboração de novos produtos a partir de aproveitamento de resíduos descartados pela indústria oleícola, uma vez que os mesmos agregam valor ao produto final, fornecendo valores nutricionais e compostos bioativos benéficos à saúde.

É relevante analisar, também, a vida de prateleira do biscoito salgado desenvolvido, determinando concomitantemente o comportamento da degradação dos compostos bioativos presentes ao decorrer do tempo, além da aplicação de testes sensoriais para verificar a aceitabilidade do produto.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. DUARTE, C. Extração e Encapsulamento de Compostos Bioativos do Bagaço de Azeitona. [s. l.], p. 1–113, 2011. Disponível em: <https://www.repository.utl.pt/bitstream/10400.5/4195/1/Extrac%C3%A7%C3%A3o%20e%20Encapsulamento%20dos%20Compostos%20Bioativos%20do%20Baga%C3%A7o%20de%20Azeitona.pdf>. Acesso em: 07 Jul 2021.
2. MEDEIROS, R. M. L. et al. Destinação e Reaproveitamento de Subprodutos da Extração Olivícola. *Scientia Agraria Paranaensis*, [s. l.], v. 15, n. 2, p. 100–108, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.18188/1983-1471/sap.v15n2p100-108>. Acesso em: 02 Jul 2021.

3. MOLINA ALCAIDE, E.; MARTÍN GARCÍA, A.; YÁÑEZ RUIZ, D. Los subproductos del olivar en la alimentación de rumiantes. *Albéitar: publicación veterinaria independiente*, [s.l.], n. 140, p. 32–34, 2010. Disponível em: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3325438>. Acesso em: 02 Jul 2021.
4. AIRES, C. Contribuição para o estudo da aplicação de subprodutos da indústria de extracção de azeite em solos agrícolas. 2007, [s. l.], 2007. Disponível em: <https://www.repository.utl.pt/handle/10400.5/1160>. Acesso em: 04 jul 2021.
5. LAFKA, T. L. et al. Phenolic and antioxidant potential of olive oil mill wastes. *Food Chemistry*, [s. l.], v. 125, n. 1, p. 92–98, 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2010.08.041>. Acesso em: 05 Jul 2021.
6. BRITO, R. F. Valorização integrada de resíduos e subprodutos da extracção de azeite. [s. l.], 2012. Disponível em: <https://sapientia.ualg.pt/handle/10400.1/8655>. Acesso em: 15 Jul 2021.
7. ANVISA. Resolução- RDC ANVISA n o . 263 de 22 Setembro de 2005. *Diário Oficial da União*, [s. l.], p. 1–2, 2005. Disponível em: https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/anvisa/2005/rdc0263_22_09_2005.html. Acesso em: 07 jul 2021.
8. ANVISA. Resolução- RDC ANVISA n o . 263 de 22 Setembro de 2005. *Diário Oficial da União*, [s. l.], p. 1–2, 2005. Disponível em: https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/anvisa/2005/rdc0263_22_09_2005.html. Acesso em: 07 jul 2021.
9. ACELBRA – Associação dos Celíacos do Brasil. *Permitidos e Proibidos*. 2019a. Disponível em: <http://www.ancelbra.org.br/2004/alimentos.php> Acesso em: 10 de Jul 2021.
10. HUG-ITEN, S.; ESCHER, F.; CONDE-PETIT, B. Structural properties of starch in bread and bread model systems: Influence of an antistaling α -amylase. *Cereal Chemistry*, [s. l.], v. 78, n. 4, p. 421–428, 2001. Disponível em: <https://doi.org/10.1094/CCHEM.2001.78.4.421>. Acesso em: 04 Jul 2021.
11. THERDTHAI, N. et al. Effect of Microwave Assisted Baking on Quality of Rice Flour Bread. *Journal of Food Quality*, [s. l.], v. 39, n. 4, p. 245–254, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/jfq.12207>. Acesso em: 15 ago 2021.
12. ARAÚJO, H. M. C. et al. Doença celíaca, hábitos e práticas alimentares e qualidade de vida. *Revista de Nutricao*, [s. l.], v. 23, n. 3, p. 467–474, 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1415-52732010000300014>. Acesso em: 07 jul 2021.

13. BRASIL, Casa Civil. Lei 8543/23 dezembro 1992/372664 normaatualizada-pl. [S. l.: s. n.], 1992. Disponível em: <https://www2.camara.leg.br/legin/fed/lei/1992/lei-8543-23-dezembro-1992-372664-normaatualizada-pl.html>. Acesso em: 15 Jul 2021.
14. BRASIL, Casa Civil. Lei 10674 maio 2003 /372664 normaatualizada-pl. [S. l.: s. n.], 1992. Disponível em: [Portal da Câmara dos Deputados \(camara.leg.br\)](https://portal.camara.leg.br/portal/camara-deputados) Acesso em: 15 Jul 2021.
15. EL-DASH, A; CABRAL, L. C.; GERMANI, R. Tecnologia de farinhas mistas. [S. l.: s. n.],1994. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1012659/tecnologia-de-farinhas-mistas>. Acesso em: 15 jul 2021.
16. MARIANI, M. et al. Elaboration and evaluation of gluten-free cookies made with rice bran and rice and soy fours. *Brazilian Journal of Food Technology*, [s. l.], v. 18, n. 1, p. 70–78, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1981-6723.6514>. Acesso em: 06 ago 2021.
17. SOUZA, T. A. C. et al. Bolos sem glúten a base de arroz quebrado e casca de mandioca. *Semina: Ciências Agrárias*, [s. l.], v. 34, n. 2, p. 717–728, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2013v34n2p717>. Acesso em: 02 Jul 2021.
18. TIECHER, Aline. Efeito da radiação UV-C na expressão gênica e nas respostas bioquímico-fisiológicas em frutos de tomate (*Solanum lycopersicum* Mill.). 62f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia Agroindustrial. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas; 2010.
19. HARDER, M. N. C.; CANNIATTI-BRAZACA, S. G.; ARTHUR, V.. Avaliação quantitativa por colorímetro digital da cor do ovo de galinhas poedeiras alimentadas com urucum (*Bixa orellana*). *Revista Portuguesa de Ciências Veterinárias*, 102, 339-342,2007.
20. RIBEIRO, G. O. et al. Caracterização física e textural de biscoitos de farinha de banana verde. in: *anais do iv encontro nacional de pesquisa em soberania e segurança alimentar*, 2019, Goiânia. Anais eletrônicos. Campinas, Galoá, 2019. Disponível em: <https://proceedings.science/enpssan-2019/papers/caracterizacao-fisica-e-textural-de-biscoitos-de-farinha-de-banana-verde>; Acesso em: 13 set 2021.
21. DEL BEM, M. S.; POLESI, L. F.; SARMENTO, S. B. S.; ANJOS, C. B. P. Propriedades Físico-químicas e Sensoriais de Massas Alimentícias Elaboradas com Farinhas de Leguminosas Tratadas Hidrotermicamente. *Alimentos e Nutrição*, Araraquara, v. 23, n. 1, p.101-110, 2012.

22. SILVA, M. T. P et al. Qualidade física, química e sensorial de biscoitos tipo cookies elaborados com a substituição parcial da farinha de trigo por farinha desengordurada de gergelim. *Braz. J. Food Technol*, Campinas, v. 16, n. 2, p. 139-146, abr./jun. 2013. Disponível em: [Brazilian Journal of Food Technology \(ital.sp.gov.br\)](http://ital.sp.gov.br) Acesso em 09 Mar 2022.
23. ZUCCO, F.; BORSUK, Y.; ARNTFIELD, S. D. Physical and nutritional evaluation of wheat cookies supplemented with pulse flours of different particle sizes. *LWT - Food Science and Technology*, Amsterdam, v. 44, p. 2070-2076, 2011.
24. MARETI, M. C.; GROSSMANN, M. V. E.; BENASSI, M. T. Características físicas e sensoriais de biscoitos com farinha de soja e farelo de aveia. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, Campinas, v. 30, n. 4, p. 878-883, 2010. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S0101-20612010000400007> Acesso em 09 Mar 2022
25. SILVA, L. H. Secagem de bagaço de azeitona (*olea europaea* l.) para obtenção e caracterização de farinha. [s. l.], p. 6, 2021. Acesso em: 02 Jul 2022.
26. RODRIGUES, T. L. Acetilação de compostos lignocelulósicos oriundos do reaproveitamento de resíduo da olivicultura. [s. l.], 2021. Disponível em: https://dspace.unipampa.edu.br/bitstream/riu/5774/1/TCC_Tereza_Longaray_Rodrigues_2021.pdf . Acesso em: 03 jul 2021.

DOI: <https://doi.org/10.53934/9786585062039-69>

CAPÍTULO 69

POTENCIAL PRODUTIVO DOS HORTICULTORES DO SUDESTE PARAENSE

Flavia Naiane de Macedo Santos *; Rosilene da Costa Porto de Carvalho 
Thanna Aryella Martins de Carvalho ; Cibelle Christine Brito Ferreira ; Caio
Felipe Cavalcante Dantas ; Mariuza Barbosa da Silva Neiva 

*Autor correspondente (Corresponding author) – Email:
flavianaianemacedo@gmail.com

Resumo: A horticultura brasileira possui hoje expressiva importância no que se refere à geração de renda e emprego, sendo uma atividade extremamente diversificada, com predominância de mão de obra familiar. É um setor de grande importância, principalmente para a agricultura familiar, contribuindo para o seu fortalecimento e garantindo o sustento de inúmeras famílias. O trabalho objetivou-se em caracterizar os horticultores e o potencial produtivo da região. A pesquisa foi realizada no município de Conceição do Araguaia/Pará, onde se fez a aplicação de questionários por meio de visitas e por telefonemas para 19 produtores, diante das informações obtidas os dados foram analisados e tabulados. Observou-se por meio da pesquisa que a mão de obra predominante é familiar, e destaca-se a baixa escolaridade dos horticultores. 50% dos horticultores usam a área para o cultivo de olerícolas em dimensões de 1000 m² a 2000 m². A distância da sede do município (km) é de 1 km a 3 km para 56% dos entrevistados, viabilizando mais o cultivo. Verificou-se igualmente que a maioria dos entrevistados produzem alface (*Lactuca sativa*), cebolinha (*Allium schoenoprasum*), coentro (*Coriandrum sativum*) e rúcula (*Eruca vesicaria ssp. Sativa*), por possuir ciclo rápido e também a couve folha (*Brassica oleracea*), salsa (*Petroselinum crispum*), hortelã (*Mentha spicata*), entre outros, onde cerca de 37% desses alimentos são comercializados diretamente ao consumidor final e ao comércio local. Todos os entrevistados produzem a alface o ano todo, tendo em conta o potencial produtivo para o cultivo das hortaliças na região sudeste paraense.

Palavras-chave: Agricultura familiar; Alimentos; Caracterização; Hortaliças

Abstract: Today, Brazilian horticulture has significant importance in terms of generating income and employment, being an extremely diversified activity, with a predominance of family labor. It is a sector of great importance, especially for family farming, contributing to its strengthening and ensuring the livelihood of countless families. The work aimed to characterize the horticulturists and the

productive potential of the region. The research was carried out in the municipality of Conceição do Araguaia/Pará, where questionnaires were applied through visits and by phone calls to 19 producers. Based on the information obtained, the data were analyzed and tabulated. It was observed through the research that the predominant workforce is family, and the low education of horticulturists stands out. 50% of horticulturists use the area for the cultivation of vegetables in dimensions from 1000 m² to 2000 m². The distance from the municipality's headquarters (km) is from 1 km to 3 km for 56% of the interviewees, making cultivation more feasible. It was also found that the majority of respondents produce lettuce (*Lactuca sativa*), chives (*Allium schoenoprasum*), coriander (*Coriandrum sativum*) and arugula (*Eruca vesicaria ssp. Sativa*), as it has a fast cycle and also leafy cabbage (*Brassica oleracea*), parsley (*Petroselinum crispum*), mint (*Mentha spicata*), among others, where about 37% of these foods are sold directly to the final consumer and to local commerce. All interviewees produce lettuce all year round, taking into account the productive potential for growing vegetables in the southeast region of Pará.

Key Word: Family farming; Foods; Description; Vegetables

INTRODUÇÃO

A horticultura é o ramo da agricultura que estuda as técnicas de produção dos frutos, hortaliças, árvores, flores e arbustos. É a ciência que trata do cultivo de plantas de hortas, pomares, jardins e estufas (1).

A horticultura brasileira antes caracterizada pela informalidade possui hoje expressiva importância no que se refere à geração de renda e emprego, sendo uma atividade extremamente diversificada, com predominância de mão de obra familiar, o que contribui para o fortalecimento e garantia da sustentabilidade da produção agrícola de pequenos produtores (2).

No Brasil, a olericultura representa 6% do valor bruto da produção agropecuária do país, gerando por volta de 50.000 empregos para população (3).

O mercado brasileiro de hortaliças é altamente diversificado, com dezenas de olerícolas sendo comercializadas e consumidas nas diferentes regiões do país, como alface, cebolinha, coentro, batata, cebola, cenoura, rúcula, salsa, jiló e tomate.

A agricultura familiar é responsável por grande parte do volume comercializado da produção das hortaliças no Brasil, cuja atividade é realizada por pequenos agricultores (3).

Na agricultura familiar, as pequenas propriedades rurais têm levantado e estimulado as pesquisas científicas que caracterizam o perfil e as diferentes formas de atuação no campo da agricultura. O Brasil desempenha um importante papel nas esferas sócias econômicas e nas questões regionais, pois o mesmo classifica todos os fatores de desenvolvimento de cada região. Apesar das dificuldades enfrentadas pela agricultura familiar ao longo dos anos, onde a mesma foi estabelecida como um setor heterogêneo, devido à diversidade de renda dos produtores, da atividade exercida, tamanho da

propriedade etc. E dessa maneira por ter sido caracterizada por sua vasta diversidade de produtos e dos processos produtivos que garantem a sobrevivência econômica das famílias. Percebe-se diante do exposto a importância da agricultura familiar que contribui com a segurança alimentar, uma vez que produz 70% dos alimentos consumidos internamente no país (4; 5; 6).

Nota-se, a predominância no meio da agricultura familiar o cultivo de olerícolas onde as mesmas são imprescindíveis para a sobrevivência e geração de renda de muitas famílias, tal fato se dá pelo baixo custo de produção e rápido retorno financeiro por serem culturas anuais.

O Estado do Pará limita-se ao cultivo de algumas folhosas como a couve, a alface, o coentro, a cebolinha, o jambu, dentre outros. A baixa variedade hortícola no sudeste paraense é causada pelas altas temperaturas e elevada precipitação pluviométrica, o que dificulta a adaptação de várias espécies na região (7).

A pesquisa objetivou-se em caracterizar o potencial produtivo dos horticultores do sudeste paraense.

MATERIAL E MÉTODOS

O município de Conceição do Araguaia, localizado no Sudeste no Estado do Pará, encontra-se no ecótono cerrado-amazônia e possui uma área de 5.829 km², segundo o IBGE (8). O município produz hortaliças, em especial folhosas, em sistemas de cultivo convencional, casas de vegetação e em sistemas hidropônicos.

A pesquisa foi desenvolvida a partir do interesse dos alunos do curso de Engenharia de Agrônoma do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Estado do Pará - Campus de Conceição do Araguaia, no período de abril a junho de 2021. As técnicas usadas para coleta de dados foram: observações da realidade da comunidade e conversas informais, questionários com a finalidade de assimilar informações em relação aos aspectos econômicos e sociais dos produtores. Os dados foram avaliados e tabulados no (Excel 2016). Também foi garantida a liberdade de recusarem a participar em qualquer fase da pesquisa, sem qualquer prejuízo. Dessa forma, foram considerados os critérios da ética na pesquisa com Seres Humanos segundo Resolução nº 196/96 do Conselho Nacional de Saúde – Brasília-DF, sendo obedecidos em todos os procedimentos da investigação. O estudo é considerado descritivo de cunho quantitativo e qualitativo desenvolvido por meio de estudo de caso (9), considerando as seguintes etapas:

PRE – CAMPO: Pesquisa bibliográfica pertinente ao tema do estudo, elaboração do questionário e seleção dos horticultores da região.

CAMPO: Elaboração e aplicação de questionários. O instrumento para o levantamento das informações foi questionários com questões fechadas de múltipla escolha em forma de entrevista aos produtores. Para atingir esse objetivo, foi elaborado um questionário contendo 7 perguntas direcionadas a cadeia produtiva de hortaliças e aplicadas para 19 produtores de hortaliças da região com intuito de caracterizar o potencial produtivo desses horticultores, foi realizado entrevistas a campo e também por telefone. Diante das informações fez-se a análise e tabulação dos dados coletados.

Os questionários foram aplicados através de visitas *in loco* e os locais de aplicação dos questionários foram: Jardim Petrópolis, Giovamira, Seringal, PA Batente, Volta Nova e na Comunidade do Bacabal.

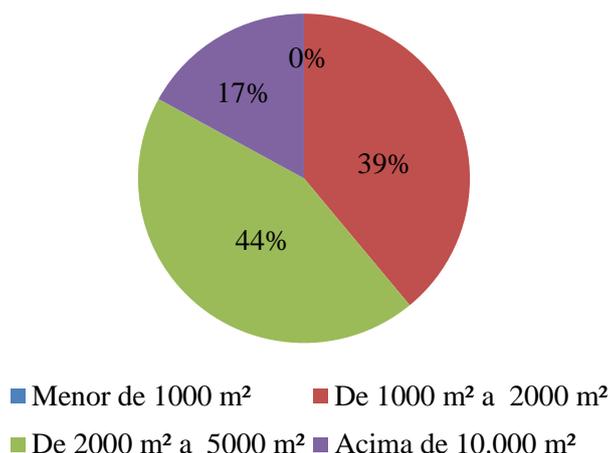
RESULTADOS E DISCUSSÃO

1. IDENTIFICAÇÃO

Ao analisar as respostas dadas pelos produtores em relação aos resultados obtidos sobre a área de produção, nota-se que a maioria dos produtores possui uma extensão que varia entre 2000 m² a 5000 m², o que corresponde cerca de 44 % da área total da unidade produtora dos horticultores participantes da pesquisa, o que pode ser observado no gráfico abaixo (gráfico 1). Dessa forma 50% da área que é utilizada para produção é de 1000 m² a 2000 m², conforme o gráfico 2.

Gráfico 1 – Área total da unidade produtiva.

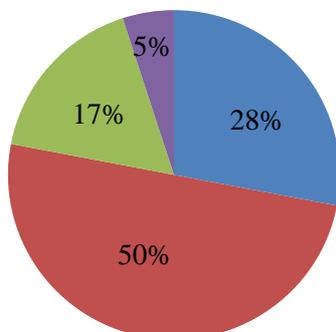
Área total da Unidade produtiva (m²)



Fonte: Autoria própria, 2021.

Gráfico 2 – Área utilizada da unidade produtiva.

Área utilizada (%/m²)



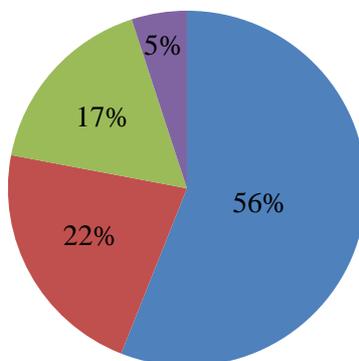
■ Menor de 1000 m² ■ De 1000 m² a 2000 m²
 ■ De 2000 m² a 5000 m² ■ Acima de 10.000 m²

Fonte: Autoria própria, 2021.

Em relação à distância da sede do município (km), verificou-se que distância é curta de apenas 1 km a 3 km para 56% dos entrevistados. Como pode ser verificado no gráfico abaixo:

Gráfico 3 – Distância da unidade produtiva ao centro do município.

Distância da UP ao centro do município (Km)



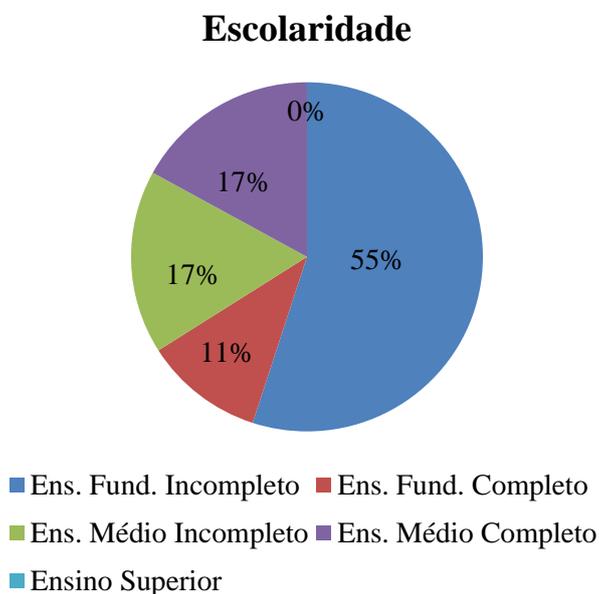
■ 1 km a 3 km ■ 3 km a 6 km ■ 6 km a 9 km ■ Acima de 9 km

Fonte: Autoria própria, 2021.

Na descrição da idade e escolaridade, observa-se que 55% dos entrevistados não possui ensino fundamental completo o que pode está relacionado com a idade dos

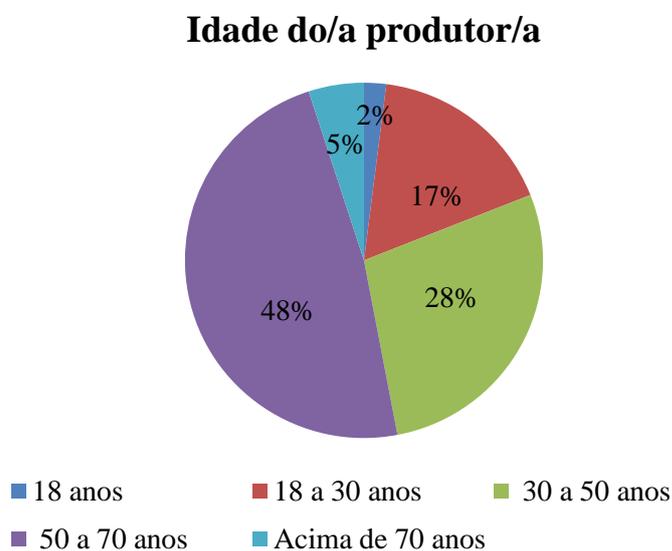
produtores, pois 48% dos mesmos têm entre 50 a 70 anos de idade. Como pode ser verificado nos gráficos seguintes:

Gráfico 4 – Escolaridade dos produtores.



Fonte: Autoria própria, 2021.

Gráfico 5 – Idade dos produtores.



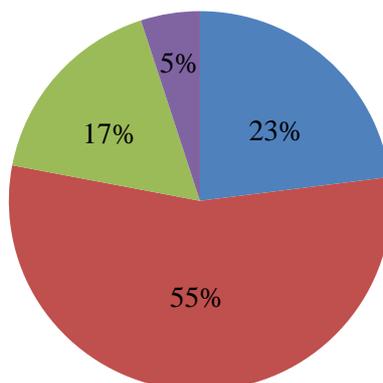
Fonte: Autoria própria, 2021.

Em relação a número de pessoas que trabalham na unidade produtiva, nota-se que geralmente a mão de obra é dos próprios produtores como observa-se no gráfico 6, que

demonstra que 55% dos entrevistados têm duas pessoas trabalhando na UP que geralmente são cônjuge, seguida de 23% que trabalham sozinhas.

Gráfico 6 – Número de pessoas que trabalham na unidade produtora.

Nº de pessoas que trabalham na UP



■ 1 pessoa ■ 2 pessoas ■ 3 pessoas ■ Acima de 3 pessoas

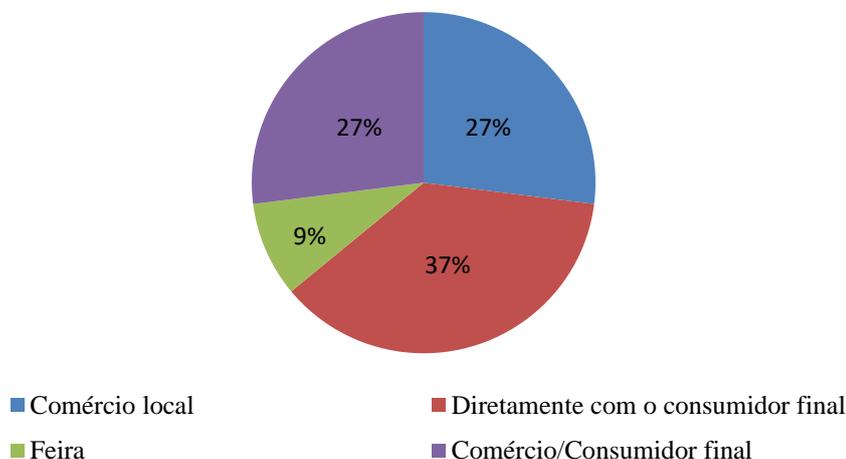
Fonte: Autoria própria, 2021.

2. PRODUÇÃO

De acordo com a pesquisa, verifica-se que a maioria dos entrevistados produzem alface (*Lactuca sativa*) e em seguida, cebolinha (*Allium schoenoprasum*), coentro (*Coriandrum sativum*) e rúcula (*Eruca vesicaria ssp. Sativa*), por possuir ciclo mais rápido e por ser mais fáceis de manejar. Mais também alguns produzem couve folha (*Brassica oleracea*), salsa (*Petroselinum crispum*), hortelã (*Mentha spicata*), pimenta (*Capsicum frutescens*), jiló (*Gilo Group*) entre outros. E 37% desses produtos são comercializados diretamente ao consumidor final e ao comércio local. como observado no gráfico 7. Dessa forma, 100% dos entrevistados relatam produzir a alface o ano todo.

Gráfico 7 – Para quem os produtos são comercializados.

Para quem comercializam



Fonte: Autoria própria, 2021.

CONCLUSÕES

A horticultura é uma importante atividade agrícola familiar, pois contribui para o fortalecimento da cadeia produtiva de hortaliças e garanti o sustento de inúmeras famílias brasileiras. O perfil dos produtores entrevistados no município de Conceição do Araguaia – PA corresponde a pequenos produtores familiares, em sua maioria de baixa escolaridade, as áreas do cultivo são bem próximas da cidade. A região do sudeste parense possui excelente potencial produtivo para hortaliças.

REFERÊNCIAS

1. Melo AMT, Fabri EG. Boletim técnico-Informativo do Instituto Agronômico. Informações Técnicas: Horticultura No IAC: Pesquisa e Inovação Como Instrumento de Acesso a Novos Mercados. 2017. [Acesso em: 2021 abr 15]. Disponível em: <<http://oagronomico.iac.sp.gov.br/?p=893>>.
2. Faulin EJ, Azevedo PF. Distribuição de hortaliças na Agricultura familiar: uma análise das transações. Informações Econômicas, SP, v.33, n.11, nov. 2003. [Acesso em: 2021 abr 15]. Disponível em: <<http://www.iea.sp.gov.br/out/publicacoes/pdf/tec3-1103.pdf>>.
3. Emater. Projeto Olericultura. Governo do Estado do Paraná. 2018. [Acesso em

- 2021 abr 15] Disponível em:
<http://pgppr.org.br/storage/projetos/anexos/1016/Anexo 4 - Projeto Olericultura - Emater.pdf>
4. Buainain, A. M. Agricultura familiar, agroecologia e desenvolvimento sustentável: questões para debate. Brasília: IICA, 2006.
 5. Banco Mundial. Relatório sobre o desenvolvimento mundial de 2008: Agricultura para o desenvolvimento. Washington: The World Bank, 2007.
 6. FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations. The state of food and agriculture: innovation in family farming. FAO: Roma, 2014.
 7. Souza, R.C.M.D. Cultivo orgânico de hortaliças não-convencionais da Amazônia: opção para a produção de alimentos e de renda para os assentados do sudeste paraense. 2010. [Acesso em: 2021 abr 18]. Disponível em: http://repositorio.unifesspa.edu.br/bitstream/123456789/632/1/TCC_Cultivo%20org%C3%A2nico%20de%20hortali%C3%A7as%20n%C3%A3oconvencionais%20da%20Amaz%C3%B5nia.pdf.
 8. IBGE - Instituto Brasileiro De Geografia E Estatística. Cidades: Conceição do Araguaia, 2015. [Acesso em: 2021 abr 15] Disponível em: <cidades.ibge.gov.br>.
 9. Gil, A.C. Como elaborar projetos de pesquisa. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2010.

DOI: <https://doi.org/10.53934/9786585062039-70>

CAPÍTULO 70

DESENVOLVIMENTO DE BEBIDA ALCOÓLICA FERMENTADA A PARTIR DO APROVEITAMENTO DO RESÍDUO DE ABACAXI

Lia Lucia Sabino *; Maurício Bonatto Machado de Castilhos 

*Autor correspondente (Corresponding author) – lialsabino@gmail.com:

Resumo: O Triângulo Mineiro se destaca no panorama brasileiro como uma das regiões mais importantes na produção de abacaxi, uma fruta tropical que contém importantes nutrientes além de características sensoriais atraentes, porém seu potencial não é totalmente aproveitado. O processo de industrialização e de corte fresco do fruto gera uma quantidade significativa de resíduos sólidos. Diante dessa realidade, faz-se necessário o estudo da viabilização do uso desses resíduos como matéria-prima para a elaboração de produtos de valor agregado, uma vez que esses resíduos possuem importantes nutrientes. O presente projeto teve como objetivo a formulação de bebidas alcoólicas utilizando a casca e coroa geralmente descartadas, das variedades de abacaxi pérola e havaiano, visando o aproveitamento do resíduo e inovação tecnológica. Quatro bebidas diferentes foram elaboradas: Pérola Polpa (PRPL), Havaiano Polpa (HVPL), Pérola Resíduo (PRRS) e Havaiano Resíduo (HVRS). Foram realizadas análises físico-químicas como acidez total e volátil, extrato seco total, açúcares redutores, teor alcóolico, teor de fenólicos totais e índices de cor. Adicionalmente foram realizadas análises sensoriais descritivas e de aceitação. A partir dos resultados, verificou-se que a utilização do resíduo de abacaxi na produção de bebidas fermentadas foi boa alternativa para agregação de valor e utilização sustentável de resíduo, pois o fermentado alcoólico apresentou aspectos físico-químicos de acordo com a legislação e com boa aceitação, pressupondo que tal resultado esteja relacionado à qualidade das bebidas, por estas apresentarem altos teores de compostos fenólicos e teores alcóolicos suaves, características de boa apreciação em fermentados já consagrados no mercado.

Palavras-chave: ABACAXI; FERMENTADO; INOVAÇÃO TECNOLÓGICA; RESÍDUO AGROINDUSTRIAL

Abstract: The Triângulo Mineiro region stands out in the Brazilian scenario as one of the most relevant regions in the production of pineapple, a tropical fruit that contains crucial nutrients and attractive sensory characteristics, instead of its unexploited potential. The process of industrialization and fresh cutting of the fruit generates a significant amount of solid waste. In this context, it is necessary studying the feasibility of using these residues as raw material for the production of added-value products, since these residues have desirable nutrients. The present project aimed at formulating alcoholic beverages

from residues of two pineapple varieties: Pearl and Hawaiian, using the pineapple pulp, the shell and the crown, both usually discarded, as ingredients for the improvement of the alcoholic beverage quality, regarding its antioxidant capacity enhancement, resulting in a technological innovation approach. Four different beverages were elaborated as follows: Pearl Pulp (PRPL), Hawaiian Pulp (HVPL), Pearl Residue (PRRS), and Hawaiian Residue (HVRs). Physical and chemical analyses were determined: total and volatile acidity, total dry extract, reducing sugars, alcohol content, total phenolic content, and color indexes. Also, descriptive and acceptance sensory analyses were performed. From the alternative results for sustainable aggregation, the use of pineapple waste in the production of fermented beverages was feasible, as the product presented physicochemical properties in accordance with the legislation and were sensory well-accepted and this result was linked to the quality of the beverages, since they presented high content of phenolic compounds and soft alcoholic contents, features that are considered relevant for fermented beverages produced.

Key Word: PINEAPPLE; FERMENTED; TECHNOLOGICAL INNOVATION; AGRO-INDUSTRIAL WASTE

INTRODUÇÃO

O Brasil é o terceiro maior produtor mundial de frutas, ficando atrás apenas da Costa Rica e Filipinas (1). Da produção brasileira, apenas 2,5 % é exportado, de norte a sul do país são mais de 2,5 milhões de hectares cultivados (2) com cerca de 45 milhões de toneladas ao ano (3). O abacaxi (*Ananas comosus*) está entre as 20 frutas mais cultivadas (4).

As cultivares do abacaxi mais exploradas em todo mundo são a *Smooth Cayenne*, *Singapore Spanish*, *Queen*, *Red Spanish*, pérola e *perolera* (5). A predominantemente cultivada é a *Smooth Cayenne* responsável por cerca de 70 % da produção mundial de abacaxi (6). No Brasil, a variedade mais cultivada é a Pérola, responsável por cerca de 80 % da produção e a segunda variedade é a *Smooth Cayenne*, conhecida também como abacaxi havaiano, cujos plantios se concentram no Sudeste do país, principalmente região do Triângulo Mineiro (7).

O abacaxi é considerado uma fruta tropical que contém importantes nutrientes como carboidratos, açúcares, vitamina A e C e beta-caroteno, proteínas, gorduras, cinzas, fibras, antioxidantes flavonoides, ácido cítrico e ascórbico. Além disso, o abacaxi tem características sensoriais atraentes, como textura, sabor e cor (8), sendo considerada uma fruta comercialmente importante, mas seu potencial não é totalmente aproveitado, o que requer estudos amplos em termos de utilização de resíduos (9).

Alguns estudos descrevem que esses resíduos têm usos potenciais como matéria-prima para obtenção de produtos de valor agregado e por apresentarem alto teor de fibras alimentares insolúveis, compostos fenólicos e alta capacidade antioxidante (10). Estes resíduos podem ser uma alternativa importante no desenvolvimento sustentável de produtos como fonte alternativa de nutrientes (11), e devido à sua composição, também

possuem açúcares simples e complexos que podem ser utilizados na fermentação para a produção de diferentes metabólitos, como etanol, ácido cítrico, vinagre (12; 13) e bebida fermentada (14), produto que também pode ser fonte de compostos bioativos, como antioxidantes (15).

Objetivou-se com esse trabalho formular bebida alcoólica a partir de resíduo de duas variedades de abacaxi, visando o aproveitamento do resíduo do fruto, suas propriedades e inovação tecnológica.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento consistiu na elaboração de bebidas fermentadas a partir de duas variedades de abacaxi, o pérola e o havaiano (*Smooth Cayenne*). Foram elaborados 4 tipos de bebidas, sendo elas: bebida fermentada com a polpa do abacaxi pérola (PRPL); bebida fermentada com a polpa e o resíduo do abacaxi pérola (PRRS); bebida fermentada com a polpa do abacaxi havaiano (HVPL) e bebida fermentada com a polpa e o resíduo do abacaxi havaiano (HVRs). Cada tratamento fermentativo foi elaborado em duas repetições, totalizando oito tratamentos e foram utilizadas quantidades entre 8,0 e 9,0 kg de abacaxi, pesados em balança digital Bel S2202H com precisão de 0,01 g.

No processo de produção foram utilizados reatores de plástico atóxico branco com volume de 10 L, apresentando válvulas adaptadas na parte inferior para possibilitar a descuba e batoque hidráulico evitando a passagem do ar atmosférico para o interior do reator e possibilitando a saída do anidrido carbônico. Para a fermentação alcoólica, foi utilizada levedura seca ativa *Saccharomyces cerevisiae* (cepa Y904 Mauri da empresa Burns Philp®, Austrália), para sulfitação foi utilizado o metabissulfito de potássio da empresa Amazon Group Coatec®, Rio Grande do Sul e para a chaptalização foi utilizado açúcar comercial da marca Delta. Para a fermentação malolática, foi utilizada a bactéria ácido-lática *Oenococcus oeni* (Laffort®).

Todos os tratamentos seguiram o processo de fermentação alcoólica descrito por De Castilhos e colaboradores (16; 17) conforme fluxograma descrito na Figura 1.

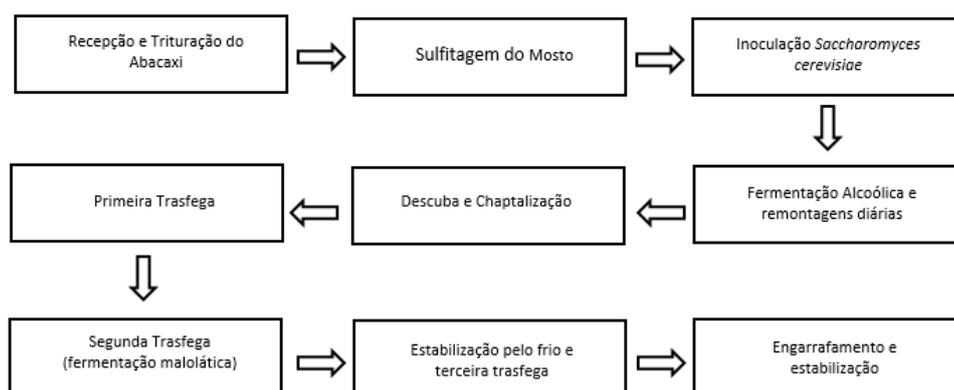


Figura 01: Fluxograma do Processo empregado na formulação de Bebidas Fermentadas.

Para os tratamentos que utilizaram somente polpa, a pesagem procedeu com fruto inteiro e, após a retirada da casca e coroa, pesou-se separadamente a polpa e resíduo. Para este tratamento, os abacaxis foram descascados e cortados manualmente e para os tratamentos com resíduos, os abacaxis foram somente cortados, correspondendo a fruta integral com polpa, casca e coroa.

O mosto fermentativo foi composto da polpa do abacaxi triturada para os tratamentos PRPL e HVPL e para os tratamentos PRRS e HVRS, o mosto fermentativo foi composto pela polpa do abacaxi triturada juntamente com a casca e a coroa. Para triturar os frutos (polpa e abacaxi integral) foi utilizado liquidificador comercial da marca Philips Walita 600 W. Após a trituração, foi retirada uma alíquota do mosto para a análise do teor de sólidos solúveis possibilitando o cálculo de densidade do mosto (equação 1): $^{\circ}\text{Brix} = 261,6 - (261,6/\text{densidade do mosto})$ (18) e para determinação de pH, utilizando pHmetro microprocessado DM-22 Digimed.

O mosto, obtido após processo de trituração, foi acondicionado nos reatores (10 L) e submetido à sulfitação por meio de inserção de metabissulfito de potássio na proporção de 15 g para cada 100 Kg de abacaxi. A fermentação alcoólica foi induzida pela inoculação de 200 ppm de levedura seca ativa *Saccharomyces cerevisiae*. A levedura foi reidratada com um volume de água destilada 10 vezes superior ao seu peso com temperatura de 35 °C.

Após a inoculação, os reatores foram hermeticamente fechados com batoque hidráulico. A fermentação tumultuosa durou cerca de 3 dias, seguida de 4 dias de fermentação lenta, caracterizando um total aproximado de 7 dias. Durante esse período, os reatores foram remontados diariamente e a temperatura foi mantida entre 20 e 22 °C.

A descuba consistiu na separação entre o mosto e o bagaço que ocorreu pelo escoamento da parte líquida pela válvula inferior do reator. A parte sólida foi recolhida e prensada de forma manual para a retirada da bebida fermentada aderida ao bagaço. Após a descuba, todas as bebidas foram chaptalizadas, considerando a relação de 1,8 graus Babo gerar 1 %v/v de etanol (19).

Posterior ao processo de chaptalização, a bebida foi transferida para recipientes plásticos de volumes variados de modo que evitasse, ao máximo, o contato da bebida com o oxigênio existente no espaço livre da garrafa, permanecendo em repouso por 10 dias para otimizar o processo de decantação da parte suspensa. Após a descuba e a chaptalização, período no qual as bebidas fermentadas permaneceram por 10 dias, foi realizada a primeira trasfega, que consistiu na transferência da bebida fermentada para outros recipientes a fim de separar a bebida límpida da parte decantada.

Após a primeira trasfega, as bebidas permaneceram em repouso por mais 10 dias, a fim de torná-las mais límpidas e com menor concentração de sólidos suspensos. Após esse período, as bebidas foram trasfegadas pela segunda vez, possibilitando, assim, a realização da fermentação malolática. O processo de fermentação malolática foi induzido pela inoculação de bactérias ácido-láticas *Oenococcus oeni* em uma proporção de 1 g para cada 100 litros de bebida fermentada. A fermentação malolática promove a descarboxilação do ácido málico em ácido lático com liberação de anidrido carbônico

(19) e foi monitorado por cromatografia em papel de acordo com método descrito por Rizzon (20).

Ao final da fermentação malolática, as bebidas fermentadas foram novamente sulfiteadas na proporção de 8 g de metabissulfito de potássio por L de bebida e trasfegadas pela terceira vez, possibilitando a estabilização pelo frio. Esta etapa consistiu na colocação dos reatores em um ambiente refrigerado (de 0 a 3 °C), possibilitando a complexação dos sais de origem orgânica (19) e somente após esse tratamento os vinhos foram engarrafados.

Ao final de 10 dias em ambiente refrigerado as bebidas foram engarrafadas em garrafas de vidro de 750 mL previamente higienizadas e arrolhadas, sendo estabilizadas por mais 90 dias. As bebidas fermentadas foram armazenadas em local limpo, seco e ao abrigo da luz para posterior análise físico-química.

As análises físico-químicas realizadas no estudo foram: acidez total e volátil (g/L em ácido cítrico e acético, respectivamente) com uso de pHmetro, aparato para titulometria e destilador Tecnal (TE0363) (21); extrato seco total (g/L) utilizando banho termostático a 100 °C e estufa a 105 °C até peso constante (21); açúcares redutores utilizando Redutec Tecnal (TE0861) baseado no método de Lane-Eynon com redução de íons cobre a partir da solução de Fehling (21); teor alcoólico (% v/v) utilizando densímetro digital (Anton Paar®) (21); teor de fenólicos totais (mg/L de ácido gálico) pelo método de Folin-Ciocalteu com emprego de espectrofotômetro de absorvância a 765 nm (22) e índices de cor de acordo com a metodologia de Ayala, Echávarri e Negueruela (23) utilizando o software MSCV 7.1. As propriedades físico-químicas foram obtidas em triplicata.

A análise sensorial foi realizada na Universidade Estadual de Minas Gerais, Unidade Frutal. Todos os julgadores receberam um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) aprovando a participação voluntária no teste sensorial. O projeto foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade do Estado de Minas Gerais (UEMG) sob o protocolo de número 5.133.937.

Para a aplicação, foram utilizados planejamento em blocos completos, e as amostras foram codificadas com três dígitos aleatórios e a apresentação foi realizada de forma monádica e randomizada. Entre cada amostra avaliada, o julgador foi instruído a beber uma pequena quantidade de água para lavagem do palato. Foram utilizadas salas com cabines individuais com luz branca e temperatura entre 22 a 25 °C e copos plásticos de 30 mL com volume de bebida de 15 mL. O painel de consumidores também avaliou a aceitação em relação à aparência, aroma, corpo, sabor e aceitação global através de uma escala estruturada de 9 pontos, variando do desgostei extremamente (escore 1) ao gostei extremamente (escore 9). A intenção de compra foi avaliada utilizando uma escala estruturada de 5 pontos, variando de certamente não compraria (escore 1) a certamente compraria (escore 5).

Os dados foram tabulados em planilhas do Excel (Microsoft®) e todos os resultados foram comparados mediante a aplicação da Análise de Variância (ANOVA) com posterior teste de comparação múltipla de Tukey, quando $P < 0,05$. O software utilizado foi o Minitab 17 (Minitab Inc.).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com os resultados apresentados na (Tabela 1) pode ser observado que o valor de °Brix da bebida fermentada produzida com resíduo da cultivar havaiano (HVRS) apresentou valor significativamente superior comparada as outras bebidas (PRPL, PRRS e HVPL), resultado este que justifica o teor alcoólico menor do fermentado de resíduo (HVRS). Parente (14) ao analisar a composição do fermentado da polpa de abacaxi pérola, encontrou valor menor de °Brix (4,5), valor inferior também foi encontrado no fermentado a base de caqui, comparado a todas as bebidas à base de abacaxi com ou sem resíduo (°Brix 3,71). Zou e colaboradores (24) descreveram também que mesmo com valor baixo de °Brix (3,71) o teor alcoólico (5,19 %v/v) do fermentado de caqui também foi menor comparado aos do presente trabalho.

O pH das bebidas fermentadas formuladas apenas com polpa (PRPL e HVPL) apresentaram valores significativamente superior em relação às elaboradas com resíduo (PRRS e HVRS). Araújo e colaboradores (25) encontraram valores similares aos apresentados nas bebidas a base de resíduo, porém vale ressaltar que as bebidas do estudo dos referidos autores foram produzidas apenas com polpa de abacaxi, os autores descreveram pH de 3,68 para o fermentado da cultivar pérola e 3,47 com a *Smooth Cayenne*, valores esses compatíveis também com os encontrados por Parente (14) que encontrou pH de 3,77 também em fermentado de polpa de abacaxi pérola e por Boeira e colaboradores (26), que descreveram valores que variaram de 3,26 a 3,79 nos fermentados de açai.

Na análise dos teores de acidez total, as bebidas fermentadas apresentaram valor elevado, as bebidas formuladas com abacaxi pérola (9,16 g/L para PRPL e 9,61 g/L para PRRS) apresentaram valores de acidez total de acordo com o preconizado pela legislação (3,75 a 9,75 g/L) (27). Em contrapartida, as bebidas formuladas com abacaxi havaiano apresentaram valores de acidez total acima dos limites máximos da legislação (10,85 g/L para HVPL e 10,37 g/L para o HVRS) e esse resultado pode ser explicado pela maior quantidade de ácido cítrico existente do abacaxi havaiano quando comparado ao abacaxi pérola. Esse resultado de acidez total para o abacaxi havaiano vai de encontro com o estudo de Thé e colaboradores (28) que estudaram a composição físico-química do abacaxi havaiano recém colhido e observaram a acidez total titulável em torno de 10,5 g/L.

Tabela 1 - Média \pm desvio padrão das determinações analíticas das bebidas fermentadas.

Análises físico-químicas ²	Bebidas fermentadas ¹				Valor P ³
	PRPL	PRRS	HVPL	HVRS	
TSS (°Brix)	5,58 \pm 0,38 b	5,33 \pm 0,26 b	5,17 \pm 0,26 b	6,58 \pm 0,49 a	<0,001
pH	4,33 \pm 0,26 a	3,52 \pm 0,14 b	4,18 \pm 0,11 a	3,69 \pm 0,24 b	<0,001
ALC (%v/v)	8,66 \pm 0,65 b	8,74 \pm 0,46 b	10,84 \pm 1,22 a	7,50 \pm 0,60 b	<0,001
TAC (g/L)	9,16 \pm 0,48 c	9,61 \pm 1,17 bc	10,85 \pm 0,28 a	10,37 \pm 0,06 ab	0,001
VAC (g/L)	0,37 \pm 0,11 a	0,40 \pm 0,05 a	0,24 \pm 0,03 b	0,32 \pm 0,04 ab	0,007
RSG (g/L)	0,89 \pm 0,18 c	1,91 \pm 0,23 b	1,76 \pm 0,13 b	2,75 \pm 0,18 a	<0,001
EXT (g/L)	22,82 \pm 1,92 c	28,21 \pm 0,58 b	23,63 \pm 1,20 c	31,97 \pm 1,46 a	<0,001
PHEN (mg/L)	1137 \pm 78 c	1323 \pm 95 b	1121 \pm 55 c	1673 \pm 54 a	<0,001

¹PRPL: Pérola Polpa; PRRS: Pérola Resíduo; HVPL: Havaiano Polpa; HVRS: Havaiano Resíduo; ²TAC: Acidez Total; VAC: Acidez Volátil; RSG: Açúcar Redutor; EXT: Extrato Seco; PHEN: Fenólicos totais; ALC: Teor Alcoólico; ³Valor P referente ao teste de Análise de Variância (ANOVA) a P<0,05. Letras diferentes na mesma linha indicam diferenças significativas pelo teste de comparação múltipla post-hoc de Tukey a P<0,05.

Em outros trabalhos publicados sobre bebidas fermentadas a base de frutas, os autores relataram valores variáveis, tanto maiores quanto menores de acidez em relação ao observado para as bebidas alcoólicas de abacaxi. Bebidas elaboradas a partir da fermentação da jabuticaba, por exemplo foram considerados de alta acidez com valores acima de 9,5 g/L (29). Nas bebidas a base de framboesa elaboradas por Li e colaboradores (30), o valor de acidez total encontrado foi ainda maior (16,75 g/L).

Todos os fermentados elaborados apresentaram valores de acidez volátil de acordo com os valores determinados pela legislação. As amostras PRPL, PRRS e HVRS não apresentaram diferenças significativas em relação à acidez volátil, mas se diferenciaram de forma significativa da amostra HVPL, sendo essa a que apresentou menor valor de acidez volátil. Em bebidas alcoólicas produzidas com açaí houve variação e diferenças discrepantes na acidez volátil dentre as bebidas produzidas (26). De acordo com os autores, em uma das amostras o valor foi de 2,8 mEq.L⁻¹ em outra de 25,0 mEq.L⁻¹ e ambas foram significativamente diferentes das demais amostras. Os autores ainda relataram que a diferença pode estar relacionada com o tempo entre a colheita do açaí e a produção da bebida alcoólica, pois a bebida que apresentou o menor índice de acidez volátil foi produzida com o fruto que teve o menor tempo entre a colheita e a produção do fermentado.

Os vinhos e fermentados de frutas são classificados em três tipos de acordo com a quantidade de açúcares redutores: vinhos/fermentados secos, com até 4 g/L de açúcares redutores, vinhos/fermentados semi secos (*demi-sec*) com 4,1 e 20 g/L de açúcar redutor e os vinhos/fermentados suaves ou doces com mais de 20,1 g/L de açúcar redutor (31).

Todas as bebidas fermentadas no estudo foram classificadas como seca, de acordo com a quantidade de açúcares redutores encontradas.

O fermentado de maçã elaborado por Lin e colaboradores (32), obteve resultados semelhantes com valores que variaram entre 1,15 e 2,27 g/L. Nas bebidas fermentadas de framboesa Li e colaboradores (30) também encontraram entre as bebidas variação nos valores de açúcares redutores, porém em quantidades superiores (2,2 e 3,6 g/L) comparada aos fermentados de abacaxi e seus resíduos (PRPL, PRRS, HVPL e HVRS). Boeira e colaboradores (26) também encontraram valores variáveis (3,13 e 4,96 g/L) nas bebidas a base de açaí.

O extrato seco total é uma propriedade físico-química que está vinculada à estrutura do vinho, ou seja, ao corpo (19). Quanto maior o teor de extrato seco total, maior será a sensação de textura proporcionada pela bebida e, além disso, maior será sua densidade. Os resultados dos teores de extrato seco variaram de 22,82 g/L a 31,97 g/L. Segundo Zoeklein e colaboradores (33) vinhos com teor de extrato seco entre 20 e 30 g/L apresentam-se como leves ao paladar, enquanto que vinhos com teor de extrato seco superior a 30 g/L podem ser considerados encorpados. As bebidas fermentadas elaboradas com polpa foram as que apresentaram menores valores para extrato seco; em contrapartida, as bebidas fermentadas elaboradas com o resíduo do abacaxi apresentaram valores superiores de extrato seco, sendo consideradas mais encorpadas em relação às bebidas elaboradas somente com a polpa. Desse modo, é possível pressupor que a presença dos resíduos pode ter influenciado na otimização do corpo das bebidas fermentadas.

Variações nas concentrações de compostos fenólicos foram observadas nas bebidas em função dos tratamentos empregados. As bebidas formuladas com a presença dos resíduos das duas cultivares (PRRS e HVRS) apresentaram valores significativamente superior de compostos fenólicos (1323 mg/L e 1673 mg/L) respectivamente, pressupondo que a utilização dos resíduos como agentes de fermentação alcoólica juntamente com a polpa do fruto pode promover um incremento significativo na concentração de compostos fenólicos, o que pode responder diretamente e de forma positiva no aumento da capacidade antioxidante da bebida. Alvarenga (34) também verificou que a proporção de fenólicos totais aumentaram proporcionalmente a adição de casca em fermentado de abacaxi pérola. Nas bebidas sem casca, com 10% e 30% a quantidade encontrada de fenólicos foi de 10,33; 12,01 e 17,65 mg de catequinas em 100 mL respectivamente. Araújo e colaboradores (35) ao elaborarem fermentados de abacaxi das cultivares pérola e *Smooth Cayenne* com adição da casca do fruto, observaram diferenças na quantidade de compostos fenólicos relacionadas a cultivar, sendo a maior quantidade determinada nas bebidas de abacaxi pérola (106,8 mg/L), e na bebida de *Smooth Cayenne* a quantidade encontrada foi de 35,8 mg/L.

O teor alcoólico diferiu significativamente entre a bebida fermentada produzida com polpa da variedade havaiano (HVPL) em comparação com as outras bebidas produzidas (PRPL, PRRS E HVRS). Vale ressaltar que todos os tratamentos passaram pelo processo de chaptalização (correção do °Brix com açúcar comercial) para se obter uma bebida com uma graduação alcoólica de acordo com as especificações exigidas pela

legislação brasileira (27), sendo assim, esperava-se que o teor alcoólico apresentasse valores semelhantes entre os tratamentos. Parente (14) encontrou um teor alcoólico de 5,9 °GL no fermentado de abacaxi pérola, valor este similar ao mínimo encontrado nas bebidas fermentadas com resíduo (HVRS) do presente trabalho. Alvarenga (34) também encontrou resultados semelhantes ao utilizar a casca do abacaxi pérola na produção de fermentado alcoólico, segundo o autor foram elaboradas bebidas com várias proporções de casca (0, 10, 20 e 30%) e quanto maior a quantidade adicionada de casca menor eram os teores alcoólico das bebidas (52,5; 52,3; 45,2 e 41,3 g/L). Pressupõe-se que a presença do resíduo possa dificultar a ação da levedura na metabolização do substrato para a fermentação alcoólica, visto que pode aumentar a viscosidade do mosto. Na produção de bebida fermentada também utilizando a casca de abacaxi, Diniz (36) encontrou um teor alcoólico de 13,9 °GL, porém vale ressaltar que o mosto foi composto pela casca triturado em água e posteriormente coada, sem presença de resíduo sólido.

Para o estudo da cor das bebidas (Tabela 2), as medições de absorvâncias foram registradas sobre uma curva de espectro de 450, 520, 570, 630 nm. Esses valores permitiram obter os parâmetros do espaço CIELab. Através dos resultados pressupõe-se que as bebidas têm valores de luminosidade (L) alto, ou seja, são bebidas claras. Os valores dos parâmetros a* são baixos ou negativos e os valores do parâmetro b* são positivos, indicando que a cor das bebidas se encontra entre o segundo e o terceiro quadrante no plano definido pelas variáveis (-a*) e (+b*), ou seja, as bebidas possuem uma matriz de cor predominantemente amarela. Observa-se também que os valores de b* são superiores aos valores absolutos de a*, pressupondo, novamente, que a coloração amarela é predominante.

Tabela 2 - Média \pm desvio padrão das determinações analíticas das bebidas fermentadas.

Análises de cor	Bebidas fermentadas ¹				Valor P ³
	PRPL	PRRS	HVPL	HVRS	
L*	87,87 \pm 2,56 a	88,15 \pm 5,33 a	88,60 \pm 7,17 a	92,43 \pm 4,33 a	0,396
C*	30,22 \pm 7,83 a	32,97 \pm 13,08 a	35,75 \pm 15,69 a	29,88 \pm 9,04 a	0,810
h*	95,63 \pm 2,81 a	89,73 \pm 4,46 a	93,60 \pm 6,34 a	96,41 \pm 3,82 a	0,081
a*	-2,65 \pm 0,71 b	1,00 \pm 2,63 a	-0,80 \pm 2,96 ab	-2,83 \pm 1,00 b	0,014
b*	30,07 \pm 7,93 a	32,88 \pm 13,03 a	35,59 \pm 15,83 a	29,69 \pm 9,19 a	0,811
INT	0,82 \pm 0,02 a	0,87 \pm 0,41 a	0,92 \pm 0,54 a	0,65 \pm 0,29 a	0,616
TON	3,56 \pm 0,97 b	3,44 \pm 0,17 b	4,52 \pm 0,91 ab	5,38 \pm 1,55 a	0,013

¹PRPL: Pérola Polpa; PRRS: Pérola Resíduo; HVPL: Havaiano Polpa; HVRS: Havaiano Resíduo; ²L*: Luminosidade; C*: Chroma; h*: ângulo de tonalidade; a*: coordenada a* (+a indica vermelho e -a indica verde), b*: coordenada b* (+b indica amarelo e -b indica azul); INT: Intensidade de cor; TON: Tonalidade.

³Valor P referente ao teste de Análise de Variância (ANOVA) a P<0,05. Letras diferentes na mesma linha indicam diferenças significativas pelo teste de comparação múltipla post-hoc de Tukey a P<0,05.

As bebidas produzidas com as duas variedades de abacaxi, apenas com polpa ou com adição de resíduo são desprovidas de coloração intensa, porém os tratamentos com resíduos apresentam valores significativamente superior em relação aos tratamentos elaborados somente com a polpa do fruto, pressupondo coloração mais intensa ($P < 0,001$).

A análise sensorial das bebidas fermentadas foi composta por 110 provadores não treinados (62 mulheres – 56,4%) com idade média de 23,65 anos (idade mínima de 18,0 anos e idade máxima de 53).

Diante dos resultados apresentados (Tabela 3), no quesito aparência, que é a primeira impressão da bebida, pode-se observar que houve variação nos valores médios das bebidas e dos descritores, porém as diferenças significativas ocorreram em relação ao descritor intensidade da cor amarela ($P < 0,001$), para os diferentes tratamentos apresentados, assim como também no critério de transparência ($P < 0,001$). Em relação à cor amarela, percebeu-se que os escores apresentaram variação de 3,16 (HVPL) a 6,20 (PRRS) e de transparência 3,45 (PRRS) a 6,18 (HVPL), podendo-se concluir que quanto mais intensa a cor amarela da bebida fermentada, menor o índice de transparência, pressupondo que a variação pode ter sido ocasionada pelo tipo de cultivar e a presença do resíduo. Neste contexto, a maior intensidade da cor amarela da bebida fermentada é inversamente relacionada com a transparência. A cor dos fermentados alcoólicos apresentou característica da matéria-prima de origem, mostrando-se em um tom amarelado límpido.

Tabela 3 - Média±desvio padrão das determinações sensoriais descritivas das bebidas fermentadas.

Atributos sensoriais	Bebidas Fermentadas ¹				Valor P^2
	PRPL	PRRS	HVPL	HVRS	
Cor Amarela	3,84±2,26 bc	6,20±1,85 a	3,16±1,94 c	4,46±2,03 b	<0,001
Transparência	4,25±2,22 b	3,45±2,1 b	6,18±8,4 a	4,85±2,15 ab	<0,001
Odor Abacaxi	4,12±2,34 b	4,89±2,28 a	3,27±2,04 c	3,62±2,07 bc	<0,001
Odor Álcool	3,96±2,27 a	3,74±2,21 a	3,77±2,24 a	4,22±2,14 a	0,356
Odor Ácido	3,80±2,12 a	3,77±2,27 a	3,94±2,26 a	4,20±2,17 a	0,474
Sabor Abacaxi	4,19±2,23 ab	4,77±2,48 a	3,42±2,18 b	3,44±2,32 b	<0,001
Gosto Ácido	4,39±2,27 a	4,92±4,7 a	4,54±2,31 a	4,92±2,30 a	0,480
Gosto Doce	2,62±1,99 a	2,54±1,96 a	2,30±1,86 a	2,40±2,08 a	0,642
Gosto Amargo	4,20±2,42 a	4,27±2,42 a	4,16±2,5 a	4,43±2,66 a	0,859
Sabor Vegetal	4,34±2,23 a	4,41±2,19 a	4,02±2,32 a	4,03±2,31 a	0,436
Adstringência	3,80±2,19 a	4,12±1,98 a	3,96±2,30 a	4,01±2,16 a	0,736
Corpo	4,45±2,20 a	4,78±2,04 a	4,36±2,02 a	4,52±2,08 a	0,487
Persistência	5,01±2,17 a	5,47±1,97 a	4,70±2,25 a	5,03±2,12 a	0,066

¹PRPL: Pérola Polpa; PRRS: Pérola Resíduo; HVPL: Havaiano Polpa; HVRS: Havaiano Resíduo;

²Valor P referente ao teste de Análise de Variância (ANOVA) a $P < 0,05$. Letras diferentes na mesma linha indicam diferenças significativas pelo teste de comparação múltipla post-hoc de Tukey a $P < 0,05$.

Um descritor olfativo apresentou diferenças significativas entre as bebidas fermentadas, sendo este o odor de abacaxi ($P < 0,001$). As amostras elaboradas com a variedade pérola foram as que apresentaram maiores escores de odor de abacaxi; escores 4,12 (PRPL) e 4,89 (PRRS), sendo a amostra PRRS a que apresentou maior escore para este descritor sensorial. A amostra HVPL apresentou o menor escore para odor de abacaxi (escore 3,27). O odor é de extrema importância na aceitação de um produto, visto que antes de consumir, o indivíduo sente o aroma devido aos compostos voláteis presentes e isso pode fazer com que ele, caso não perceba sabor característico ou não goste do aroma, pode inclusive vir a não consumir.

O descritor sabor de abacaxi também apresentou diferenças significativas ($P < 0,001$) entre as amostras avaliadas, sendo que as amostras elaboradas com abacaxi pérola apresentaram valores superiores de sabor de abacaxi em relação às amostras elaboradas com o abacaxi havaiano. Neste contexto, dentre as amostras elaboradas com o abacaxi pérola, a que foi produzida com a presença do resíduo (PRRS) foi a que apresentou maior escore para este descritor. Sendo assim, a amostra PRRS apresentou escore significativamente superior tanto para odor de abacaxi como para sabor de abacaxi. Todos os outros descritores não diferiram de forma significativa ($P > 0,05$).

Os resultados da análise sensorial de aceitação das bebidas fermentadas estão apresentados na Tabela 4.

Tabela 4 - Média \pm desvio padrão das determinações sensoriais de aceitação das bebidas fermentadas

Bebidas Fermentadas ¹	Atributos sensoriais ²					
	Aparência	Aroma	Corpo	Sabor	Aceitação Global	Intenção Compra
PRPL	6,48 \pm 1,68 a	6,04 \pm 1,85 a	5,96 \pm 1,93 a	5,57 \pm 2,25 a	5,88 \pm 1,98 a	3,10 \pm 1,17 a
PRRS	6,97 \pm 1,69 a	6,30 \pm 1,92 a	6,14 \pm 1,82 a	5,46 \pm 2,31 a	5,79 \pm 2,34 a	3,13 \pm 1,22 a
HVPL	6,44 \pm 1,79 a	6,06 \pm 1,82 a	5,72 \pm 1,80 a	5,46 \pm 2,32 a	5,60 \pm 2,14 a	2,97 \pm 1,12 a
HVRS	6,70 \pm 1,89 a	5,97 \pm 1,89 a	5,83 \pm 1,88 a	5,28 \pm 2,36 a	5,46 \pm 2,22 a	2,94 \pm 1,14 a

¹PRPL: Pérola Polpa; PRRS: Pérola Resíduo; HVPL: Havaiano Polpa; HVRS: Havaiano Resíduo.

²Letras diferentes na mesma linha indicam diferenças significativas pelo teste de comparação múltipla post-hoc de Tukey a $P < 0,05$. Os atributos de aparência, aroma, corpo, sabor e aceitação global foram avaliados utilizando escala estruturada de 1 a 9 pontos. A intenção de compra foi avaliada utilizando escala estruturada de 1 a 5 pontos.

Em geral, todas as amostras obtiveram resultados médios superiores a 5,0 para os atributos de aceitação avaliados, dessa forma, podemos afirmar que as amostras apresentaram boa aceitação. Foi verificado também que não houve diferenças significativas na intenção de compra tanto para as bebidas produzidas apenas com a polpa como aquelas com introdução de resíduo, constatando-se diante dos resultados que houve

boa aceitação de todas as bebidas produzidas. Araújo e colaboradores (35) que produziram bebida fermentada de polpa de abacaxi pérola e havaiano, também não encontraram diferenças significativas na aceitabilidade das duas cultivares.

Vale destacar que no descritor intenção de compra os fermentados demonstram médias que significam uma dúvida entre adquirir ou não o produto, possivelmente estão diretamente associadas às questões do sabor e da doçura, fazendo com que os consumidores, por não estarem acostumados a essa ausência de doçura nas bebidas que normalmente consomem, tivessem dúvida no tocante à compra do produto. Resultados próximos foram encontrados por Oliveira et al. (37), que verificaram que 50% dos seus avaliadores atribuíram notas referentes ao item de provavelmente compraria o produto, ao trabalhar com bebida fermentada de calda residual da desidratação osmótica de abacaxi.

CONCLUSÕES

Diante dos resultados encontrados, verificou-se que a utilização do resíduo de abacaxi na produção de bebidas fermentadas foi boa alternativa para agregação de valor e utilização sustentável de resíduo, pois o resíduo mostrou-se bom substrato no processo de produção do fermentado alcoólico e influenciou de forma positiva na aceitação, sendo o resíduo de abacaxi pérola (PRRS) o de melhor resultado. De acordo com as avaliações as bebidas apresentaram aspectos físico-químicos em acordo com a legislação. Verificou-se também que as bebidas obtiveram boa aceitação, pressupondo que tal resultado esteja relacionado a qualidade das bebidas, por estas se tratarem de bebidas com altos teores de compostos fenólicos (PRRS 1323 mg/L e HVRS 1673mg/L) sendo classificadas como seca e encorpada, com teores alcóolicos suaves, características estas de boa apreciação em fermentados de outros frutos já consagrados no mercado.

REFERÊNCIAS

1. Galeano EAV, Ventura JA. Análise comparativa de custos de produção e avaliação econômica dos abacaxis ‘Vitória’, ‘Pérola’ e ‘Smooth Cayenne’. *Rev Ciênc Agrar*. 2018;61:1-7.
2. ABRAFRUTAS. Associação Brasileira dos Produtores Exportadores de Frutas e Derivados. Os rumos da produção de frutas no Brasil. Nov. 2019 [acesso em 26 de abril 2020]. Disponível em: <https://abrafrutas.org/2019/11/04/os-rumos-da-producao-de-frutas-no-brasil/>.
3. EMBRAPA. **Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária**. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Frutas e Hortaliças. 2020 [acesso em 26 de abril 2020]. Disponível em: <https://www.embrapa.br/grandes-contribuicoes-para-a-agricultura-brasileira/frutas-e-hortalicas>.

4. Gerum AFAA, Santos GS, Santana MAS, Souza JS, Cardoso CELC. EMBRAPA. **Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária**. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Fruticultura Tropical: potenciais riscos e seus impactos; 2019.
5. Gonçalves NB. Abacaxi: pós-colheita. Brasília: EMBRAPA. Comunicação para Transferência de Tecnologia, 2000.
6. Reinhardt DH, Souza LFS, Cabral JRS. Abacaxi. Produção: aspectos técnicos. Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, 2000.
7. IBGE. *Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística*. Produção Agrícola Municipal; 2019.
8. Ramallo LA, Mascheroni RH. Quality evaluation of pineapple fruit during drying process. *Food Bioprod Process*. 2012;90:275–283.
9. Pal A, Khanum F. Efficacy of xylanase purified from *Aspergillus niger* DFR-5 alone and in combination with pectinase and cellulase to improve yield and clarity of pineapple juice. *Food Sci Technol*. 2011;48:560-568.
10. Li T, Shen P, Liu W, Liu C, Liang R, Yan N, Chen J. Major Polyphenolics in Pineapple Peels and their Antioxidant Interactions. *Int J Food Propert*. 2014;17:1805-1817.
11. Da Silva DIS, Nogueira GDR, Duzzioni AG, Barrozo MAS. Changes of antioxidant constituents in pineapple (*Ananas comosus*) residue during drying process. *Ind Crops Products*. 2013;50:557– 562.
12. Imandi SB, Bandaru VV, Somalanka SR, Bandaru SR, Garapati HR. Application of statistical experimental designs for the optimization of medium constituents for the production of citric acid from pineapple waste. *Bioresource Tech*. 2008;99:4445-4450.
13. Roda A, De Faveri DM, Giacosa S, Dordori R, Lambri, M. Effect of pretreatments on the saccharification of pineapple waste as a potential source for vinegar production. *J Cleaner Product*. 2016;112:4477-4484.
14. Parente GDL, Almeida MM, Da Silva JL, Da Silva CG, Alves MF. Cinética da produção do fermentado alcoólico de abacaxi ‘pérola’ e caracterização da bebida. *Rev Verde*. 2014;9:230 - 247.

15. Ketnawa S, Chaiwut P, Rawdkuen S. Pineapple wastes: A potential source for bromelain extraction. *Food Bioprod Process*. 2012;9:385-391.
16. De Castilhos MBM, Corrêa OLS, Zanus MC, Maia JDG, Gómez-Alonso S, García-Romero E, Del Bianchi VL, Hermosín-Gutiérrez I. Pre-drying and submerged cap winemaking: effects on polyphenolic compounds and sensory descriptors. Part I: BRS Rúbea and BRS Cora. *Food Res Int*. 2015;75:374-384.
17. De Castilhos, M. B. M.; Corrêa, O. L. S.; Zanus, M. C.; Maia, J. D. G.; Gómez-Alonso, S.; García-Romero, E.; Del Bianchi, V. L.; Hermosín-Gutiérrez, I. Pre-drying and submerged cap winemaking: effects on polyphenolic compounds and sensory descriptors. Part II: BRS Carmem and Bordô (*Vitis labrusca L.*). *Food Res Int*. 2015;76:697-708.
18. Meyer CR, Leygue-Alba NMR. *Manual de Métodos Analíticos Enológicos*. Caxias do Sul: EDUCS; 1991.
19. Jackson RS. *Wine science: principles and applications*. 4 ed. San Diego: Academic Press; 2014.
20. Rizzon LA. *Metodologia para análise de vinho*. EMBRAPA. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Brasília/DF, 2010, p. 46.
21. AOAC - Association of Official Agricultural Chemists. *Official methods of analysis of the AOAC International*. Washington; 2005.
22. Slinkard K, Singleton VL. Total phenol analysis: automation and comparison with manual methods. *Am J Enol Viticult*. 1977;28:49-55.
23. Ayala F, Echávarri JF, Negueruela AI. A new simplified method for measuring the color of wines. I. Red and rose wines. *Am J Enol Viticult*. 1997;48:357-363.
24. Zou B, Wu J, Yu Y, Xiao G, Xu Y. Evolution of the antioxidant capacity and phenolic contents of persimmon during fermentation. *Food Sci. Biotechnol. Springer Sci. Business Media*, 2017.
25. Araújo KGL, Sabaa-Srur AUO, Rodrigues FS, Manhães LRT, Canto MW. Utilização de abacaxi (*Ananas comosus L.*) cv. Pérola e *Smooth cayenne* para a produção de vinhos - estudo da composição química e aceitabilidade. *Ciênc Tec Alim*. 2009;29:56-61.
26. Boeira LS, Freitas PHB, Uchoa NR, Bezerra JA, Cád SV, Junior SD, Albuquerque PM, Mar JM, Ramos AS, Machado MB, Maciel LR. Chemical and sensorial

- characterization of a novel alcoholic beverage produced with native acai (*Euterpe precatoria*) from different regions of the Amazonas state. *LWT - Food Sci Technol.* 2020;117.
27. Brasil. Ministério Da Agricultura, Pecuária E Abastecimento. Instrução Normativa nº 34. Brasília(DF); 2012.
 28. Thé PMP, Nunes RP, Moreira Da Silva LIM, Araújo BM. Características físicas, físico-químicas, Químicas e atividade enzimática de abacaxi cv. *Smooth cayenne* recém colhido. *Alimentos e Nutrição.* 2010;21:273-281.
 29. Silva JJM, Rogez H. Avaliação da estabilidade oxidativa do óleo bruto de açai (*Euterpe oleracea*) na presença de compostos fenólicos puros ou de extratos vegetais amazônicos. *Quím Nova [online].* 2013;36:400-406.
 30. Li H, Jiang D, Liu W, Yang Y, Zhang Y, Jin C, Sun S. Comparison of fermentation behaviors and properties of raspberry wines by spontaneous and controlled alcoholic fermentations. *Food Res Int.* 2019.
 31. Brasil. Lei n. 10970 de 12 de novembro de 2004. Altera dispositivos da Lei n. 7678 de 8 de novembro de 1988, que dispõe sobre a produção, circulação e comercialização do vinho e derivados de uva e do vinho, e dá outras providências. *Diário Oficial da União.* 2004.
 32. Lin X, Hu X, Wu W, Liu S, Li C. Evaluation of the volatile profile of wax apple (*Syzygium samarangense*) wines fermented with different commercial *Saccharomyces cerevisiae* strains. *Food Sci Biotechnol.* 2018.
 33. Zoecklein BW, Fugelsang KC, Gump BH, Nury FS. *Wine analysis and production.* New York: Chapman & Hall; 1994.
 34. Alvarenga LM. Fermentado alcoólico e acético de polpa e casca de abacaxi (*Ananas comosus (L.) Merrill*): Cinética das Fermentações e caracterizações dos produtos. 2014.
 35. Araújo KGL, Sabaa-Srur AUO, Rodrigues FS, Manhães LRT, Canto MW. Utilização de abacaxi (*Ananas comosus L.*) cv. Pérola e *Smooth cayenne* para a produção de vinhos - estudo da composição química e aceitabilidade. *Ciênc Tec Alim.* 2009;29:56-61.
 36. Diniz MPF. Aproveitamento da casca de abacaxi no preparo de fermentado alcoólico. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Tecnólogo em

Agroecologia). São Cristóvão: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Sergipe; 2017.

37. Oliveira LA, Lordelo FS, Tavares JTQ, Cazetta ML. Preparation of fermented beverage using residual syrup of osmotic dehydration of pineapple (*Ananas comosus* L.). Rev Bras Tec Agr. 2012;6:702-712.

DOI: <https://doi.org/10.53934/9786585062039-71>

CAPÍTULO 71

DESEMPENHO PRODUTIVO DE CULTIVARES DE SOJA NA REGIÃO DE ASSIS, ESTADO DE SÃO PAULO, NA SAFRA 2021/2022

Sergio Doná *; Marcia Marise de Freitas Cação Rodrigues ; Éverton Luís
Finotto 

**Autor correspondente (Corresponding author) – sdon@sp.gov.br*

Resumo: Realizou-se avaliação agrônômica de diferentes cultivares de soja em Cândido Mota e Palmital, localizados no Estado de São Paulo, na safra 2021/2022. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos inteiramente casualizados, com 30 cultivares e 3 repetições por ensaio, sendo que as médias foram agrupadas pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. Os caracteres avaliados foram: ciclo, altura de plantas, altura de inserção da primeira vagem (AIPV) e produtividade de grãos. Verificou-se que há diferença na produtividade de grãos, altura de plantas, AIPV e no ciclo entre as cultivares avaliadas nos diferentes ambientes. As cultivares apresentaram altura de plantas e de inserção da primeira vagem compatíveis com o cultivo mecanizado, com valores médios de 72 cm e 15 cm, respectivamente observados em Cândido Mota e 106 cm e 21 cm observados em Palmital. As cultivares BMX Coliseu I2X, Iguaçu 64HO133 IP, CZ 26B42 IPRO e DM 66i68 IPRO, considerando as médias de produtividades de grãos, apresentaram uma adaptabilidade mais ampla, apresentando produtividades médias mais elevadas nos 02 locais onde os experimentos foram instalados.

Palavras-chave: avaliação agrônômica; *Glycine max*; produtividade de grãos

Abstract: An agronomic evaluation of different soybean cultivars was carried out at different locations (Cândido Mota and Palmital municipalities), State of São Paulo, Brazil, during the 2021/2022 crop season. The experimental design used was a completely randomized block, with 30 cultivars and 3 replications per test, with the means grouped using the Scott-Knott test at 5% probability. The characters evaluated were: plant life cycle, plant height, height of insertion of the first pod (AIPV) and yield grain. There was a difference in yield grain yield, plant height, AIPV and in life cycle between cultivars evaluated in the different locations. The cultivars presented height and insertion of the first pod compatible with the mechanized cultivation, with average values of 72 cm and 15 cm in Cândido Mota, and 106 cm and 21 cm in Palmital. The cultivars BMX Coliseu I2X, Iguaçu 64HO133 IP, CZ 26B42 IPRO and DM 66i68 IPRO, considering the average yield grain, showed a wider adaptability, with higher average yields in the two localtion.

Key words: agronomic evaluation; Glycine max; grain yield

INTRODUÇÃO

O Brasil produziu 124 milhões de toneladas de grãos de soja na safra 2021/22 (1), sendo o Estado de São Paulo responsável por 4,3 milhões de toneladas, ou seja, 3,5% da produção nacional. A região paulista do Médio Paranapanema produziu, nesta safra, 904 mil toneladas do grão, o que corresponde a 21% da produção paulista (2).

A soja é considerada uma planta de dia curto (PDC), que floresce quando os dias são mais curtos que o valor crítico máximo, porém atualmente existem cultivares com diferentes demandas de fotoperíodo (3; 4), o que possibilita seu cultivo em diferentes latitudes. Para um mesmo período do ano, a duração do dia (fotoperíodo) varia conforme a latitude e, para uma mesma cultivar de soja, o número de dias para a floração e maturação aumenta, à medida que a latitude aumenta, com reflexos na maturidade, altura da planta, peso da semente, número de vagens e na produtividade (5; 3).

Em virtude da diversidade de cultivares ofertadas anualmente, cabe aos produtores e técnicos a escolha mais acertada das cultivares para uma determinada região e condição edafoclimática, que permita obtenção de ganhos de produtividade, sem que para isso haja alterações significativas no custo de produção (6). Campos et al. (7) observaram variações de até 76% na produtividade de grãos entre cultivares avaliadas em um mesmo local. Tais variações estão relacionadas, principalmente, com os efeitos das interações do genótipo com o ambiente.

Assim, mediante a ocorrência de desempenhos diferenciados das cultivares em função do local (8; 9) e considerando a importância da região do Médio Paranapanema na produção de soja, objetivou-se com este experimento estudar o desempenho agrônomo de diferentes cultivares de soja, em diferentes locais de cultivo, visando identificar as mais adequadas ao plantio nesta região.

MATERIAL E MÉTODOS

Os ensaios foram instalados nos municípios de Cândido Mota e Palmital, em 2021 (Quadro 1 e Figura 1) com delineamento estatístico de blocos inteiramente casualizados em três repetições. As parcelas experimentais foram constituídas de quatro linhas de 5,0 m de comprimento, espaçadas de 0,50 m, considerando-se para as avaliações agrônômicas apenas as duas linhas centrais.

Em cada experimento, foram avaliadas as 30 cultivares de soja mais plantadas e/ou com maior potencial de cultivo na região (Quadro 2). Para tanto, realizou-se a semeadura direta na palha nos locais, sendo: após aveia preta Cândido Mota e após milho safrinha em Palmital.

Quadro 1. Caracterização dos locais dos experimentos nos municípios Paulistas do Médio Vale do Paranapanema, na safra 2021/2022.

Local	Altitude	Solo	Data de plantio
Cândido Mota/SP	493 m	LVdf	17/11/2021
Palmital/SP	443 m	LVdf	17/11/2021

Quadro 2. Características das cultivares avaliadas nos Municípios Cândido Mota e Palmital, safra 2021/2022.

Empresa	Cultivares	GMR*	População (1.000 pl ha ⁻¹)	Hábito de crescimento
Brasmax	BMX Coliseu I2X	6.3	200-320	Indeterminado
Brasmax	BMX Zeus 55i57 IPRO	5.5	280-330	Indeterminado
Credenz	CZ 26B42 IPRO	6.4	260-280	Indeterminado
Credenz	CZ POTENT I2X	6.4	240-260	Indeterminado
DonMario	DM 64i63 IPRO	6.4	220-320	Indeterminado
DonMario	DM 66i68 IPRO	6.6	250 a 320	Indeterminado
FT Sementes	FTR 3165 IPRO	6.6	280	Indeterminado
HO Genética	HO Tererê IPRO	6.6	240 a 280	Indeterminado
HO Genética	Iguaçu 64HO133 IPRO	6.4	220-280	Indeterminado
Monsoy	M6410 IPRO	6.4	220-280	Indeterminado
Neogen	NEO 680 IPRO	6.8	320 a 380	Indeterminado
Syngenta	NK 6201 IPRO	6.2	280-320	Indeterminado
Nidera	NS 6220 IPRO	6.2	240-280	Indeterminado
Nidera	NS 6700 IPRO	7.1	280 a 360	Indeterminado
Nidera	NS 7709 IPRO	7.0	200 a 240	Indeterminado
Pioneer	P 96R10 IPRO	6.1	260 a 320	Indeterminado
Pioneer	P 96R29 IPRO	6.2	250 a 300	Indeterminado
KWS	RK 7518 IPRO	7.5	240	Indeterminado
Bayer	TEC 7022 IPRO	7.0	300 a 340	Indeterminado
TMG	TMG 2165 IPRO	6.5	220-260	Indeterminado
Ellas Genética	ELLAS-ELISA	7.7	220-260	Indeterminado
Ellas Genética	ELLAS-LUÍZA	7.1	360-400	Indeterminado
Credenz	CZ 37B43 IPRO	7.4	240-260	Indeterminado
Credenz	CZ 37B51 IPRO	7.5	280-300	Indeterminado

Credenz	CZ RESULT I2X	6.3	220-240	Indeterminado
Nidera	NS 6446 I2X	6.4	260-300	Indeterminado
Nidera	NS 0009			Indeterminado
HO Genética	HO Paraguaçu	6.4	260-300	Indeterminado
HO Genética	HO Pirapó	6.4	260-300	Indeterminado
Brasmax	BMX Nexus I2X	6.4	220-320	Indeterminado

*- Grupo de Maturidade Relativa

Os ensaios foram adubados com formulação concentrada em fósforo no plantio, na dose de 250 kg ha⁻¹ de 08-28-16 e adubação de cobertura com cloreto de potássio na dose de 65 kg ha⁻¹, cerca de 35 a 40 dias após a germinação. O controle de plantas daninhas, pragas e doenças foram conforme recomendações técnicas preconizadas para a cultura na região.

Avaliaram-se os caracteres: 1 - Ciclo, correspondente ao período entre a data de semeadura e da colheita que geralmente ocorre cerca de 5 a 10 dias após a maturidade plena (estádio R9 – 95% das vagens com coloração de madura), conforme escala de Fehr & Caviness (10); 2 - População final de plantas, obtida pela contagem das plantas presentes em dois metros de linha, em todas as parcelas experimentais; 3 - altura de plantas e da inserção da primeira vagem (AIPV), definida pela medição de 10 plantas por parcela por ocasião da colheita; 4 - produtividade de grãos, determinada através da colheita das duas linhas centrais de 5 metros em cada parcela experimental. A umidade dos grãos foi determinada e os dados de produtividade foram corrigidos para 13% de umidade.

Análises de variância individuais e conjuntas foram devidamente efetuadas e as médias foram agrupadas pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A altura média das plantas nos dois locais foi de 89 cm (Tabela 1). As cultivares CZ 37B51 IPRO (117 cm), ELLAS-ELISA (113 cm) e TEC 7022 (110 cm) destacaram-se como as mais altas enquanto as cultivares NS 6446 I2X (78 cm), NS 6220 IPRO (75 cm), CZ RESULT I2XP 96R10 (72 cm), P 96R10 IPRO (72 cm), HO PIRAPÓ (71 cm) e BMX Zeus 55i57 IPRO (70 cm) como as de menor porte. Considerando que altura de plantas abaixo de 50 cm é considerado um valor crítico, abaixo do qual pode haver prejuízos à colheita mecanizada, verificou-se os portes adequados em todas as cultivares estudadas.

O valor médio encontrado para AIPV nos dois locais foi de 20 cm (Tabela 1), valores muito próximos aos encontrados em outros anos (8). Verificou-se cultivares com valores de AIPV entre 11 e 27 cm, portanto, sem restrições para colheita mecanizada, considerando-se 10 cm como valor crítico para esta característica (11; 12). Evidente que as condições de rugosidade e topografia do terreno podem interferir na altura mínima

necessária para que as perdas na colheita não ocorram (13). O valor em questão (10 cm) refere-se a uma condição de terreno com baixa rugosidade, adequado para colheita mecanizada.

O ciclo médio observado em Palmital, considerando-se o período da sementeira até o ponto de colheita, foi de 119 dias (Tabela 3). As cultivares BMX Zeus 55i57 IPRO (105 dias), NK 6201 IPRO (110 dias) e NS 6220 IPRO (110 dias) destacaram-se como as mais precoces, enquanto a cultivar ELLAS-LUÍZA (134 dias) como a mais tardia (Tabela 3). Estatisticamente (Scott-Knott, $P < 0,05$) as cultivares de soja foram agrupadas em cinco grupos, sendo o primeiro grupo composto por 3 (três) cultivares, com ciclo variando de 105 a 110 dias, o segundo grupo composto por 8 (oito) cultivares, com ciclo entre 113 e 117 dias, o terceiro grupo composto por 11 (onze) cultivares, com ciclo de 118 a 122 dias, o quarto agrupamento envolvendo cultivares com ciclo entre 124 e 125 dias e, por fim, a cultivar ELLAS-LUÍZA com ciclo de 134 dias. De modo geral, as cultivares comerciais avaliadas apresentaram ciclo entre 105 a 134 dias, compreendidos entre o plantio e a colheita, evidenciando que a maioria dos genótipos utilizados (73%) nesse estudo estão coerentes com as demandas regionais de cultivares de soja com ciclo (105 a 122 dias) que possibilite a adequação dos cultivos de outono/inverno, considerando-se a sucessão soja/Milho safrinha, a fim de possibilitar a otimização produtiva de ambas as espécies.

Tabela 1. Valores médios de população de plantas, altura de plantas (cm), altura de inserção da primeira vagem - AIPV (cm) e Produtividade de grãos (kg ha^{-1}) de 30 cultivares de soja. Cândido Mota e Palmital, safra 2021/2022.

Cultivares	População plantas ha^{-1}	AP ———— cm ———	AIPV	PROD ¹ t ha^{-1}
BMX Coliseu I2X	231.167	86 c	18 b	3,366
Iguaçu 64HO133 IPRO	244.000	101 b	23 a	3,195
CZ 26B42 IPRO	260.167	97 b	23 a	3,184
DM 66i68 IPRO	232.167	90 b	21 a	3,085
CZ 37B51 IPRO	236.222	117 a	27 a	2,976
NEO 680 IPRO	261.334	89 b	20 b	2,958
HO Tererê IPRO	215.334	90 b	19 b	2,927
CZ 37B43 IPRO	230.167	97 b	18 b	2,912
M6410 IPRO	233.334	90 b	22 a	2,845
Nexus	248.334	94 b	21 a	2,821
ELLAS-ELISA	247.334	113 a	24 a	2,818
TMG 2165 IPRO	258.500	93 b	18 b	2,807
NS 0009	237.834	79 c	17 b	2,803
NS 6220 IPRO	271.111	75 d	17 b	2,782
NS 7709 IPRO	227.778	101 b	23 a	2,781

HO Pirapó	240.667	71 d	16 b	2,734
NS 6446 I2X	252.334	78 d	19 b	2,683
P 96R10 IPRO	250.500	72 d	18 b	2,664
NK 6201 IPRO	222.667	85 c	19 b	2,638
HO Paraguaçu	198.167	85 c	17 b	2,577
RK 7518 IPRO	249.000	93 b	28 a	2,544
P 96R29 IPRO	254.500	83 c	20 b	2,537
FTR 3165 IPRO	246.167	84 c	21 a	2,461
TEC 7022 IPRO	223.334	110 a	22 a	2,438
NS 6700 IPRO	253.167	95 b	20 b	2,437
CZ POTENT I2X	239.445	83 c	18 b	2,397
DM 64i63 IPRO	230.500	93 b	15 b	2,283
CZ RESULT I2X	262.834	73 d	17 b	2,232
BMX Zeus 55i57 IPRO	149.417	70 d	11 b	2,220
ELLAS-LUÍZA	225.834	90 b	23 a	2,213
Média	237.777	89	20	2,710
CV (%)	9,46	4,52	13,06	13,90
F _{cult.}	2,87 **	17,34 **	3,79 **	1,27 ^{ns}

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ($P < 0,05$).

¹ - valores corrigidos para 13% de umidade.

** - significativo a 1% pelo teste F.

A produtividade média observada para os dois locais foi de 2,710 t ha⁻¹. As cultivares BMX Coliseu I2X (3,366 t ha⁻¹), Iguaçu 64HO133 IP (3,195 t ha⁻¹), CZ 26B42 IPRO (3,184 t ha⁻¹) e DM 66i68 IPRO (3,085 t ha⁻¹) posicionaram-se entre as 10 melhores cultivares nos dois ambientes, evidenciando que estas cultivares possuem adaptabilidade ampla, tendo em vista terem alcançado desempenho superior à maioria das demais cultivares avaliadas, sendo esta uma característica almejada pelos programas de melhoramento que buscam obter genótipos com bom desempenho agrônômico, mesmo quando submetidos a condições de estresse ambiental (14).

Pelos resultados obtidos com as 30 cultivares avaliadas em Cândido Mota, verificou-se que 15 (quinze) cultivares foram agrupadas entre as mais produtivas, com médias entre 2,693 t ha⁻¹ e 3,377 t ha⁻¹ (Tabela 2). Entretanto, somente oito cultivares apresentaram médias superiores a 3,000 t ha⁻¹. A média observada nesse local foi de 2,633 t ha⁻¹.

Tabela 2. População de plantas, altura de plantas - AP (cm), altura de inserção da primeira vagem - AIPV (cm) e Produtividade de grãos (kg ha⁻¹) de 30 cultivares de soja. Cândido Mota, safra 2021/2022.

Cultivares	População	AP	AIPV	PROD
	plantas ha ⁻¹	cm		t ha ⁻¹
BMX Coliseu I2X	245.000	72 c	19 c	3,377 a
CZ 37B51 IPRO	243.111	101 a	29 a	3,325 a
Iguaçu 64HO133 IPRO	224.000	84 b	22 b	3,304 a
CZ 26B42 IPRO	253.000	81 b	23 b	3,240 a
NEO 680 IPRO	246.000	78 b	18 c	3,234 a
ELLAS-ELISA	248.000	97 a	22 b	3,069 a
CZ 37B43 IPRO	219.000	83 b	17 c	3,029 a
DM 66i68 IPRO	227.000	75 c	19 c	3,026 a
HO Tererê IPRO	214.000	68 c	17 c	2,900 a
HO Paraguaçu	179.000	66 c	13 c	2,870 a
M6410 IPRO	222.000	70 c	18 c	2,853 a
TMG 2165 IPRO	255.000	73 c	14 c	2,844 a
NS 6446 I2X	302.000	63 d	19 c	2,746 a
RK 7518 IPRO	256.000	73 c	25 a	2,741 a
NS 7709 IPRO	215.556	83 b	20 c	2,693 a
Nexus	230.000	74 c	17 c	2,605 b
TEC 7022 IPRO	208.000	91 a	22 b	2,585 b
DM 64i63 IPRO	223.000	75 c	15 c	2,508 b
NS 6220 IPRO	270.222	54 d	13 c	2,497 b
HO Pirapó	232.000	56 d	15 c	2,358 b
NK 6201 IPRO	202.000	69 c	17 c	2,280 b
ELLAS-LUÍZA	205.000	69 c	19 c	2,275 b
P 96R29 IPRO	255.000	64 d	19 c	2,236 b
NS 0009	225.000	62 d	15 c	2,219 b
NS 6700 IPRO	239.000	79 b	17 c	2,194 b
FTR 3165 IPRO	223.000	66 c	15 c	2,149 b
CZ POTENT I2X	200.889	61 d	14 c	2,104 b
P 96R10 IPRO	245.000	56 d	16 c	2,074 b
CZ RESULT I2X	251.000	55 d	16 c	1,861 b
BMX Zeus 55i57 IPRO	140.500	60 d	12 c	1,804 b
Média	229.943	72	18	2,633
CV (%)	15,36	8,18	12,96	15,21
F _{cult.}	1,39 ^{ns}	8,36 ^{**}	5,38 ^{**}	2,56 ^{**}

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ($P < 0,05$).

¹ - valores corrigidos para 13% de umidade.

** - significativo a 1% pelo teste F.

Por outro lado, a média observada no experimento de Palmital foi de $2,787 \text{ t ha}^{-1}$, ou seja, apenas 5,8% superior a observada em Cândido Mota (Tabela 3). Das 30 cultivares avaliadas no experimento, 17 (dezessete) foram agrupadas estatisticamente entre as mais produtivas, com produtividades de grãos que variaram de $2,770 \text{ t ha}^{-1}$ (TMG 2165 IPRO) a $3,386 \text{ t ha}^{-1}$ (NS 0009). Destas cultivares, 09 (nove) apresentaram produtividades de grãos acima de $3,000 \text{ t ha}^{-1}$.

Tabela 3. Ciclo (dias após semeadura - DAS), população de plantas, altura de plantas (cm), altura de inserção da primeira vagem - AIPV (cm) e Produtividade de grãos (kg ha^{-1}) de 30 cultivares de soja. Palmital, safra 2021/2022.

Cultivares	Ciclo	População	AP	AIPV	PROD ¹
	DAS	plantas ha^{-1}	cm		t ha^{-1}
NS 0009	119 c	250.667	96 c	18 b	3,386 a
BMX Coliseu I2X	117 d	217.333	100 c	16 b	3,355 a
P 96R10 IPRO	113 d	256.000	88 d	19 b	3,254 a
DM 66i68 IPRO	121 c	237.333	104 c	22 a	3,143 a
CZ 26B42 IPRO	122 c	267.333	112 b	22 a	3,127 a
HO Pirapó	114 d	249.333	86 d	17 b	3,110 a
Iguaçu 64HO133 IPRO	116 d	264.000	117 b	24 a	3,086 a
NS 6220 IPRO	110 e	272.000	95 c	20 b	3,067 a
Nexus	121 c	266.667	114 b	25 a	3,036 a
NK 6201 IPRO	110 e	243.333	101 c	20 b	2,996 a
HO Tererê IPRO	122 c	216.667	111 b	20 b	2,954 a
NS 7709 IPRO	125 b	240.000	118 b	25 a	2,869 a
P 96R29 IPRO	120 c	254.000	102 c	20 b	2,838 a
M6410 IPRO	119 c	244.667	109 b	25 a	2,837 a
CZ 37B43 IPRO	125 b	241.333	111 b	19 b	2,794 a
FTR 3165 IPRO	124 b	269.333	101 c	27 a	2,772 a
TMG 2165 IPRO	113 d	262.000	112 b	21 b	2,770 a
CZ POTENT I2X	115 d	278.000	104 c	21 b	2,689 b
NEO 680 IPRO	118 c	276.667	100 c	22 a	2,681 b
NS 6700 IPRO	125 b	267.333	111 b	22 a	2,680 b
BMX Zeus 55i57 IPRO	105 e	158.333	80 d	10 b	2,635 b
CZ 37B51 IPRO	121 c	229.333	132 a	25 a	2,627 b

NS 6446 I2X	120 c	202.667	92 d	19 b	2,620 b
CZ RESULT I2X	116 d	274.667	91 d	18 b	2,602 b
ELLAS-ELISA	125 b	246.667	129 a	25 a	2,566 b
RK 7518 IPRO	118 c	242.000	113 b	31 a	2,346 b
TEC 7022 IPRO	124 b	238.667	128 a	22 a	2,291 b
HO Paraguaçu	113 d	217.333	103 c	20 b	2,284 b
ELLAS-LUÍZA	134 a	246.667	110 b	26 a	2,150 b
DM 64i63 IPRO	125 b	238.000	111 b	15 b	2,057 b
Média	119	245.611	106	21	2,787
CV (%)	2,98	9,10	5,47	20,63	12,73
F _{cult.}	8,50 **		13,62 **	2,69 **	2,78 **

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ($P < 0,05$).

¹ - valores corrigidos para 13% de umidade.

** - significativo a 1% pelo teste F.

Conforme já relatado, as cultivares BMX Coliseu I2X (3,366 t ha⁻¹), Iguaçu 64HO133 IP (3,195 t ha⁻¹), CZ 26B42 IPRO (3,184 t ha⁻¹) e DM 66i68 IPRO (3,085 t ha⁻¹) destacaram-se em produtividade de grãos nos dois ambientes avaliados, entretanto outras cultivares apresentaram resultados distintos entre os locais (Tabela 4). A cultivar CZ 37B51 IPRO foi posicionada com a segunda melhor produtividade em Cândido Mota, porém em Palmital sua posição relativa (PR) foi 22^a. Em contrapartida, verificou-se situação inversa para outras cultivares como a NS 0009 que em Palmital ficou na primeira posição, enquanto que em Cândido Mota sua posição relativa caiu para 24^a. Fato semelhante ocorreu com a cultivar P 96R10 IPRO, com PR n.º 3 em Palmital e PR n.º 28 em Cândido Mota. Tais diferenças só podem ter ocorrido, possivelmente, por diferenças relacionadas a fertilidade química dos solos, haja vista que as condições edafoclimáticas destes locais são semelhantes. Ainda, é pertinente observar também que a data de semeadura foi a mesma em ambos locais, inclusive utilizando-se a mesma semeadora e dosagem de adubo (Quadro 1).

Tabela 4. Produtividade de grãos (kg ha⁻¹) de 30 cultivares de soja. Cândido Mota e Palmital, safra 2021/2022.

Cultivares	Produtividade de grãos ⁽¹⁾					
	Cândido Mota	PR ⁽²⁾	Palmital	PR	Conjunta	PR
	t ha ⁻¹					
BMX Coliseu I2X	3,377 a	1	3,355 a	2	3,366	1
Iguaçu 64HO133 IP	3,304 a	3	3,086 a	7	3,195	2
CZ 26B42 IPRO	3,240 a	4	3,127 a	5	3,184	3
DM 66i68 IPRO	3,026 a	8	3,143 a	4	3,085	4

CZ 37B51 IPRO	3,325	a	2	2,627	b	22	2,976	5
NEO 680 IPRO	3,234	a	5	2,681	b	19	2,958	6
HO Tererê IPRO	2,900	a	9	2,954	a	11	2,927	7
CZ 37B43 IPRO	3,029	a	7	2,794	a	15	2,912	8
M6410 IPRO	2,853	a	11	2,837	a	14	2,845	9
Nexus	2,605	b	16	3,036	a	9	2,821	10
ELLAS-ELISA	3,069	a	6	2,566	b	25	2,818	11
TMG 2165 IPRO	2,844	a	12	2,770	a	17	2,807	12
NS 0009	2,219	b	24	3,386	a	1	2,803	13
NS 6220 IPRO	2,497	b	19	3,067	a	8	2,782	14
NS 7709 IPRO	2,693	a	15	2,869	a	12	2,781	15
HO Pirapó	2,358	b	20	3,110	a	6	2,734	16
NS 6446 I2X	2,746	a	13	2,620	b	23	2,683	17
P 96R10 IPRO	2,074	b	28	3,254	a	3	2,664	18
NK 6201 IPRO	2,280	b	21	2,996	a	10	2,638	19
HO Paraguaçu	2,870	a	10	2,284	b	28	2,577	20
RK 7518 IPRO	2,741	a	14	2,346	b	26	2,544	21
P 96R29 IPRO	2,236	b	23	2,838	a	13	2,537	22
FTR 3165 IPRO	2,149	b	26	2,772	a	16	2,461	23
TEC 7022 IPRO	2,585	b	17	2,291	b	27	2,438	24
NS 6700 IPRO	2,194	b	25	2,680	b	20	2,437	25
CZ POTENT I2X	2,104	b	27	2,689	b	18	2,397	26
DM 64i63 IPRO	2,508	b	18	2,057	b	30	2,283	27
CZ RESULT I2X	1,861	b	29	2,602	b	24	2,232	28
BMX Zeus 55i57 IP	1,804	b	30	2,635	b	21	2,220	29
ELLAS-LUÍZA	2,275	b	22	2,150	b	29	2,213	30
Média	2,633			2,787			2,710	
CV (%)	15,2			12,7			13,9	
F _{cult.}	2,56	**		2,78	**		1,27	ns

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ($P < 0,05$).

¹ - valores corrigidos para 13% de umidade.

² - Posição relativa

** - significativo a 1% pelo teste F.

Na tabela 5 estão apresentados os resultados de produtividade de grãos de 09 cultivares avaliadas nos municípios de Cândido Mota e Palmital, nas safras de 2020/2021 e 2021/2022. Observa-se que algumas cultivares como a CZ 26B42 demonstraram boa adaptabilidade aos dois ambientes e boa estabilidade de produção em ambos os anos, tendo em vista posicionar-se entre as melhores produtividades, tanto em Cândido Mota como também em Palmital e ainda, na média dos anos. Por outro lado, verificou-se cultivares como a P 96R10, cujo desempenho foi melhor no experimento de Palmital. Nota-se também, a partir dos resultados obtidos, que a cultivar NS 6700, em condições de solos mais argilosos e de melhor fertilidade deve ser preterida em relação às demais

cultivares. Entretanto, em solos de textura mais arenosa, tem-se evidenciado performance satisfatória desta cultivar (8).

A constatação de desempenhos diferenciados em função do local evidencia, mais uma vez, a ocorrência de interação das cultivares com os locais e, também, a importância da experimentação agronômica voltada a avaliação de cultivares, em diferentes locais e de forma continuada ao longo dos anos, a fim de se obter informações regionais que auxiliem técnicos e agricultores na escolha adequada das melhores cultivares a serem instaladas, nos diferentes ambientes de produção (15).

Tabela 5. Produtividade de grãos (kg/ha⁻¹) de 09 cultivares de soja. Cândido Mota e Palmital, safras 2020/2021 e 2021/2022.

Cultivares	Produtividade de grãos ⁽¹⁾					
	Cândido Mota	PR ⁽²⁾	Palmital	PR	Conjunta	PR
	t ha ⁻¹					
CZ 26B42	4,318 a	1	3,846 a	2	4,082 a	1
P 96R10	3,827 a	6	4,064 a	1	3,946 a	2
NEO 680	4,018 a	2	3,727 a	4	3,872 a	3
HO TERERÉ	3,833 a	5	3,789 a	3	3,811 a	4
DM66i68	3,895 a	4	3,707 a	5	3,801 a	5
TEC 7022	3,915 a	3	3,406 a	8	3,661 a	6
NS 7709	3,518 a	8	3,697 a	6	3,607 a	7
P 96R29	3,570 a	7	3,497 a	7	3,533 a	8
NS 6700	3,352 a	9	3,153 a	9	3,252 a	9
Média	3,805		3,654		3,729	
DMS (5%)	1,815		1,204		0,744	

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott (P<0,05).

¹- Valores corrigidos para 13% de umidade.

²- Posição relativa.

CONCLUSÕES

A maioria das cultivares estudadas são agronomicamente adequadas ao cultivo no Vale Paulista do Médio Paranapanema, com vantagens para os genótipos indicados pelas interações positivas com os locais, podendo favorecer os ganhos aos agricultores.

Na safra 2021/2022, as cultivares BMX Coliseu I2X, Iguazu 64HO133 IP, CZ 26B42 IPRO e DM 66i68 IPRO, apresentaram adaptabilidade mais ampla, com produtividades médias superiores nos 02 locais avaliados.

REFERÊNCIAS

1. CONAB. Série histórica das safras: soja Brasília-DF: CONAB, 2022. [internet]. 2022[Acesso em 2022 Set 10]. Disponível em: <<https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/serie-historica-das-safras#gr%C3%A3os-2>>.

2. INSTITUTO DE ECONOMIA AGRICOLA – IEA. Levantamento de área e produção dos principais produtos da agropecuária do Estado de São Paulo. São Paulo: IEA/CATI [internet]. 2022[Acesso em 2022 Set 15]. Disponível em: http://ciagri.iea.sp.gov.br/nia1/subjetiva.aspx?cod_sis=1&idioma=1.
3. Destro D, Carpentieri-Pípolo V, Kiihl RDS, Almeida LA. Photoperiodism and genetic control of the long juvenile period in soybean: A review. *Crop Breeding and Applied Biotechnology*. 2001; 1(1): 72-92.
4. Lin X, Liu B, Weller JL, Abe J, Kong F. Molecular mechanisms for the photoperiodic regulation of flowering in soybean. A review. *J. Integr. Plant Biol.* 2021; 63: 981-994.
5. HICKS DR. Growth and Development. In: NORMAN AG. Soybean, Physiology, Agronomy, and Utilization. New York: Academic Press,; 1978, p. 17-44.
6. Campos LJM, Costa RV, Almeida REM, Evangelista BA, Simon J, Silva KJN, Pereira AA, Evaristo AB. Produtividade de cultivares de soja em três ambientes do Tocantins. Londrina: EMBRAPA Soja, 2019. 18p. (Boletim Técnico de Pesquisa e Desenvolvimento, EMBRAPA Soja, n.21).
7. Campos LJM, Almeida REM, Simon J, Veras RV, Lago BC, Pizzato MR, Amorim FR, Ferreira LL, Queiroz FM, Soares NS. Desempenho de cultivares de soja no Tocantins: safra 2015/2016. In: REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA, 35., Londrina, 2016. Resumos expandidos... Londrina: Embrapa Soja, 2016. p. 207-209. (Embrapa Soja. Documentos, 372).
8. Doná S, Kanthack RAD, Cação MMFR, Guido JF, Finotto EL. Avaliação agrônômica de cultivares de soja no Vale do Paranapanema Paulista, safra 2020/2021. In: Medeiros JA, Niro CM, Medeiros JMP. Produção animal e Vegetal: Inovações e Atualidades [Internet]. Jardim do Seridó: Agron Food Academy; 2021. (Acesso em 2022 Set 15). p.913-920. Disponível em: <https://agronfoodacademy.com/9786599539633-101/>.
9. Finotto EL, Doná S, Barros VLNP, Ticelli M, Sá LAD, Bonatti JL, Soares MBB. Produção de soja na região Sudeste Paulista, safra 2020/21. In: Medeiros JA, Niro CM, Medeiros JMP. Produção animal e Vegetal: Inovações e Atualidades [Internet]. Jardim do Seridó: Agron Food Academy; 2021. (Acesso em 2022 Set 15). p.52-60. Disponível em: <https://agronfoodacademy.com/9786599539633-4/>.
10. Fehr WR e Caviness CE. Stages of soybean development. Iowa: Cooperative Extension Service, Ames; 1977.

11. CARVALHO ER et al. Desempenho de cultivares de soja [Glycine max (L.) Merrill] em cultivo de verão no Sul de Minas Gerais. *Ciência e Agrotec.* 2010; 34: 892-899.
12. Carmo EL, Braz GBP, Simon GA, Silva AG, Rocha AGC. Desempenho agronômico da soja cultivada em diferentes épocas e distribuição de plantas. *Rev. Ciências Agroveter.* 2018; 17(1): p.61-69.
13. Mauad M, Silva TLB, Neto AIA, Abreu VG. Influência da densidade de semeadura sobre características agronômicas na cultura da soja. *Revista Agrarian.* 2010; 3(9): p.175-181.
14. Pswaray A et al. Barley adaptation and improvement in the Mediterranean basin. *Plant Breeding.* 2008; 127:554-560.
15. Doná S, Kanthack RAD, Cação MMFR, Santos GXL, Cordeiro-Junior, OS, Nakayama FT, Finoto EL, Leão PCL. Desempenho agronômico de cultivares de soja no Vale do Paranapanema, safras 2017/18 e 2018/19. *Nucleus.* 2019; Edição Especial.

DOI: <https://doi.org/10.53934/9786585062039-72>

CAPÍTULO 72

COMPOSIÇÃO DE PIMENTA ROSA (*Schinus terebinthifolius* Raddi), ATIVIDADES BIOLÓGICAS, ENCAPSULAMENTO E APLICAÇÕES EM ALIMENTOS: UMA REVISÃO

Tatiane Jéssica Siebeneichler *; Eduarda Caetano Peixoto ; Bruna da Fonseca Antunes ; Vanessa Galli ; Cesar Valmor Rombaldi 

Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos (PPGCTA) – (UFPEl)

*Autor correspondente (Corresponding author) – Email: tatijs1@hotmail.com

Resumo: A pimenta rosa é uma planta com ampla distribuição geográfica, com diversidade de compostos bioativos e atividades biológicas comprovadas. Nesse sentido, o presente trabalho teve como objetivo compilar informações da literatura sobre a composição, as propriedades e as possibilidades de encapsulamento e aplicações em alimentos da pimenta rosa (*Schinus terebinthifolius* Raddi). A pesquisa bibliográfica e descritiva foi realizada nas seguintes bases de dados: *Science Direct*, *Web of Science*, *Scopus* e *Google Acadêmico*. Inúmeros estudos têm sido realizados para caracterizar e isolar os principais compostos bioativos da pimenta rosa. Os resultados indicam que os frutos, as folhas e as cascas dessa planta apresentam em sua composição diversos compostos, como flavonoides, bioflavonoides, ácidos fenólicos, taninos, terpenoides e óleos essenciais, que conferem importantes atividades biológicas. Várias técnicas de encapsulação têm sido estudadas para proteger os compostos e potencializar as atividades biológicas da pimenta rosa. A liberação controlada dos compostos é uma funcionalidade chave que pode ser fornecida pela encapsulação. No entanto, sua aplicação em alimentos tem sido pouco explorada e representa uma área de oportunidade para novas pesquisas. Esta revisão fornece uma visão geral atualizada dos principais compostos bioativos de pimenta rosa, técnicas de encapsulação estudadas e aplicação potencial em produtos alimentícios.

Palavras-chave: antimicrobiano; antioxidantes; extratos; óleos essenciais; compostos fenólicos

Abstract: Pink pepper is a plant with wide geographic distribution, with a diversity of bioactive compounds and proven biological activities. In this sense, the present work aimed to compile information from the literature on the composition, properties and possibilities of encapsulation and applications in foods of pink pepper (*Schinus*

terebinthifolius Raddi). Bibliographic and descriptive research was carried out in the following databases: Science Direct, Web of Science, Scopus and Google Scholar. Numerous studies have been carried out to characterize and isolate the main bioactive compounds of pink pepper. The results indicate that the fruits, leaves and bark of this plant have in their composition several compounds, such as flavonoids, bioflavonoids, phenolic acids, tannins, terpenoids and essential oils, which confer important biological activities. Several encapsulation techniques have been studied to protect the compounds and potentiate the biological activities of pink pepper. Controlled release of compounds is a key functionality that encapsulation can provide. However, its application in food has been little explored and represents an area of opportunity for further research. This review provides an up-to-date overview of the main bioactive compounds in pink pepper, encapsulation techniques studied, and potential application in food products.

Key Word: antimicrobial; antioxidant; extracts; essential oils; phenolic compounds

INTRODUÇÃO

A *Schinus terebinthifolius* Raddi, é uma planta perene, nativa do Brasil. Devido ao seu caráter de invasora, com alta taxa de crescimento, robustez e produção de sementes prolíferas, encontra-se amplamente distribuída pela América, Europa, Ásia e África (1). Popularmente é conhecida como aroeira ou pimenta brasileira, em razão dos pequenos frutos vermelhos, também denominados de pimenta rosa (2).

A planta possui múltiplas aplicações. As cascas, as folhas e as raízes são utilizadas na medicina popular por suas propriedades anti-inflamatórias, analgésicas e cicatrizantes (1). Os frutos são usados como condimento alimentar substituto para a pimenta preta, e para preparar bebidas alcoólicas, enquanto as flores têm valor apicultural (1). Nos últimos anos, estudos *in vitro* e *in vivo* têm comprovado diversos efeitos biológicos de folhas, caules e frutos de *S. terebinthifolius*, que incluem propriedades antioxidantes, antibacterianas, antifúngicas e antitumorais. Essas propriedades estão relacionadas ao conteúdo de óleo essencial e compostos bioativos (2–6).

Na indústria alimentícia, os aditivos sintéticos tradicionalmente empregados como antioxidantes e para controle microbiano têm sido cada vez mais rejeitados pelos consumidores, que buscam alimentos mais próximos ao seu estado natural (2). Nesse contexto, se faz necessário conhecer a composição química de extratos naturais e as respectivas atividades biológicas como potenciais alternativas para substituir ou reduzir o uso de aditivos sintéticos.

No entanto, muitos compostos bioativos são suscetíveis a reações de conversão e degradação como resultado da exposição ao calor, pressão, luz e oxigênio. Além disso, podem ter sua ação anulada pela possível ligação com outros componentes presentes no alimento (7,8). Para melhorar a estabilidade e isolar tais substâncias das condições ambientais têm sido propostas várias técnicas de encapsulamento de compostos bioativos, as quais, além de promover maior estabilidade, aumentar a solubilidade e a bioatividade dos compostos, podem mascarar aromas e sabores indesejáveis (9–13). Nesse contexto,

o presente trabalho teve como objetivo compilar informações da literatura sobre a composição, as propriedades e as possibilidades de encapsulamento e aplicações em alimentos da pimenta rosa (*Schinus terebinthifolius* Raddi).

METODOLOGIA

Para o desenvolvimento desta revisão foi realizada uma pesquisa bibliográfica nas plataformas de busca *Science Direct*, *Web of Science*, *Scopus* e *Google Acadêmico*, utilizando as seguintes palavras: “*Schinus terebinthifolius* Raddi”, “*encapsulation*”, “*composition*” e “*biological activities*”. Foram selecionados apenas os artigos publicados na última década. Os critérios de exclusão foram: com temática discordante e extratos sem identificação dos compostos individuais (Figura 1).



Figura 1- Esquema geral do conteúdo abordado na revisão

PRINCIPAIS CONSTITUINTES DA PIMENTA ROSA

A composição química dos frutos, folhas e caules de *S. terebinthifolius* Raddi têm despertado interesse da comunidade científica devido às diversas propriedades bioativas de seus extratos e óleos essenciais. Os frutos são os mais estudados e apresentam alto teor de óleo essencial, caracterizado pelo sabor apimentado e composto predominantemente por sesquiterpenos. Enquanto que os óleos essenciais de folhas e caules são caracterizados pela presença majoritária de monoterpenos (Tabela 1). Os óleos essenciais são componentes bioativos altamente valorizados pelas indústrias alimentícias e farmacêuticas por seu aroma e sabor, mas principalmente por suas reconhecidas atividades antimicrobiana e antioxidante (2,9,11,14).

Os frutos possuem um exocarpo delicado e aromático. Durante o desenvolvimento esse exocarpo apresenta coloração verde, e, ao atingir a plena maturação, a coloração passa a ser vermelha em virtude da síntese de antocianinas. A avaliação de extrato etanólico de exocarpo maduro, por Cromatografia Líquida de Alta Eficiência acoplada a Espectrometria de Massas (HPLC-MS/MS) detectou 11 compostos

fenólicos, incluindo antocianinas (cianidina 3-*O*-galactosídeo, pelargonidina 3-*O*-galactosídeo, 7-*O*-metilcianidina 3-*O*-galactosídeo, 7-*O*-metilpelargonidina 3-*O*-galactosídeo e 7-*O*-metilpelargonidina 3-*O*-galactopiranosídeo), biflavonóides (I6,II8-biapigenina, I3',II8-biapigenina e II-2,3-dihidro-I3',II6-biapigenina), ácido gálico e taninos hidrolisáveis (galoil glicose, ácido galoil chiquímico) (3,4).

O perfil de compostos fenólicos de folhas também foi obtido por HPLC-MS/MS. No extrato metanólico de folhas foram identificados 20 compostos, sendo que os majoritários foram penta-*O*-galoil-hexosídeo e ácido 4-*O*-metil-gálico (15).

Tabela 1 – Compostos presentes em frutos, folhas e caules de *S. terebinthifolius* Raddi

Compostos	Fonte	Referências
α -pineno (36,9%), α -mirceno (0,6%), α -felandreno (32,8%), <i>m</i> -cimeno (0,4%), limoneno (11,9%), γ -terpineno (0,3%), terpinoleno (3,1%), 4-Isopropil-1-metil-2-ciclohexen-1-ol (0,4%), borneol (0,2%), <i>p</i> -ment-3-en-2-ona (0,3%), Terpinen-4-ol (0,6%), α -terpineol (6,0%), piperitol (0,2%), <i>cis</i> -sabinol (0,4%), (1S,2S,3R,5S)-(+)-pinanediol (0,3%), γ -elemeno (0,4%), aromadendreno (0,5%), γ -muuroleno (0,5%), α -muuroleno (0,3%), γ -cadineno (0,3%), cadina-3,9-dieno (0,9%), α -elemol (0,3%), globulol (0,5%), guaiol (0,2%), α -eudesmol (0,2%), γ -eudesmol (0,2%), α -Cadinol (0,8%), ácido <i>n</i> -hexadecanoico (0,5%)	Óleo essencial de frutos	(16,17)
9-espiro(ciclopropano)-4,4,8-trimetil-2-metilenobicyclo [4.3.0] non-1(6)-eno (terebaneno), 9-espiro(ciclopropano)-2,4, 4,8-tetrametilbicyclo[4.3.0]nona-1,5-dieno (teredeno) e (6R*,8R*)-9-espiro(ciclopropano)-2,4,4,8-tetrametilbicyclo[4.3.0]non-1-eno (terebinteno)	Óleo essencial de frutos	(18)
Octano (0,03%), α -tujeno (0,08%), α -pineno (6,5%), sabineno (0,02%), β -pineno (3,09%), δ -3-careno (0,06%), <i>p</i> -cimeno (7,34%), α -felandreno (34,38%), (<i>Z</i>)- β -ocimeno (0,02), β -felandreno (10,61%), γ -terpineno (0,11%), α -terpinoleno (0,58%), α -tujona (0,07%), metil octanoato (0,09%), pinocarvona (0,09%), terpinen-4-ol (0,03%), α -terpineol (5,6%), dihidrocarveol (0,05%), <i>p</i> -cimeno-8-ol (0,11%), carveol (0,10%), verbenona (0,09%), piperitenone (0,03%), <i>p</i> -cymen-7-ol (0,03%), 10-undecenal (0,24%), δ -elemeno (0,92%), α -cubebeno (0,21%), α -ylangeno (0,12%), α -copaeno (0,19%), β -elemeno (0,28%), β -cubebeno (0,09%), β -bourboneno (0,06%), longifoleno (0,38%), α -gurjuneno (0,08%), α -cedreno (0,29%), β -cariofileno (0,21%), γ -elemeno (0,48%), aromadendreno (0,20%), α -himacaleno (0,24%), alo-aromadendreno (0,31%), γ -muuroleno (0,07%), germacreno D (0,02%), α -muuroleno (0,10%), α -chamigreno (0,61%), β -bisaboleno (0,10%), γ -cadineno (18,04%), Cubenol (0,04), δ -cadineno	Óleo essencial de frutos	(19)

Tabela 1 – continuação

<p>(0,69%), α-cadineno (0,20%), elemol (0,11%), germacreno B (0,71%), espatulenol (0,29%), óxido de cariofileno (0,82%), α-eudesmol (0,08%), α-cadinol (0,64%), siringaldeído (0,03%), E,E-farnesal (0,02%), grandisol (0,02%), lineatina (0,06%), Z,E-farnesal (0,02%), α-santalol (0,11%), platambina (0,29%)</p>	
<p>Antocianinas (cianidina 3-<i>O</i>-galactosídeo, pelargonidina 3-<i>O</i>-galactosídeo, 7-<i>O</i>-metilcianidina 3-<i>O</i>-galactosídeo, 7-<i>O</i>-metilpelargonidina 3-<i>O</i>-galactosídeo e 7-<i>O</i>-metilpelargonidina 3-<i>O</i>-galactopiranosídeo), biflavonóides (16,II8-biapigenina (agatisflavona), I3',II8-biapigenina (amentoflavona) e II-2,3-dihidro-I3',II6-biapigenina), ácido gálico e taninos hidrolisáveis (galoil glicose, ácido galoil químico)</p>	<p>Extrato etanólico de exocarpo de frutos (3,4)</p>
<p>Tujeno (0,90%), α-pineno (17,22%), campeno (0,26%), sabineno (2,12%), β-pineno (4,50%), α-mirceno (0,75%), decano (0,62%), α-felandreno (6,03%), α-terpineno (0,65%), <i>o</i>-cimeno (0,33%), <i>dl</i>-limoneno (2,42), β-felandreno (19,88%), γ-terpineno (1,14%), α-terpinoleno (0,27%), undecano (0,92%), terpinen-4-ol (0,72%), dodecano (0,59%), E-cariofileno (3,36%), γ-Elemeno (0,53%), α-humuleno (0,26%), germacreno D (4,27%), α-selineno (0,48%), α-selineno (4,39%), germacreno A (2,49%), δ-cadineno (0,36%), selina-3,7(11)-dieno (0,20%), germacreno B (16,76%), espatulenol (0,44%), globulol (1,03%), viridiflorol (0,55%), guaíol (0,30%), rosifoliol (0,18%), <i>trans</i>-muuroiol (0,29%), α-cadinol (1,10%), cânfora de zimbro (0,44%)</p>	<p>Óleo essencial de folhas (20)</p>
<p>Ácido gálico, ácido 4-<i>O</i>-metil gálico, tri-<i>O</i>-galoil hexosídeo, miricetina-<i>O</i>-hexosídeo, miricetina <i>O</i>-hexosil-deoxihexosídeo, miricetina <i>O</i>-hexosil-deoxihexosídeo, miricetina <i>O</i>-pentosídeo, tetra-<i>O</i>-galoil hexosídeo, miricetina <i>O</i>-deoxihexosídeo, quercetina <i>O</i>-hexosídeo, digalato metil, quercetina <i>O</i>-pentosídeo, quercetina <i>O</i>-pentosídeo campferol <i>O</i>-hexosídeo, penta-<i>O</i>-galoil hexosídeo, quercetina <i>O</i>-deoxihexosídeo, caempferol <i>O</i>-pentosídeo, hexa-<i>O</i>-galoil hexosídeo, miricetina <i>O</i>-galoil-<i>O</i>-deoxihexosídeo, caempferol <i>O</i>-deoxihexosídeo</p>	<p>Extrato metanólico de folhas (15)</p>
<p>α-pineno (53,99%), campeno (3,47%), β-pineno (4,12%), α-felandreno (2,84%), α-ocimeno (6,02%), α-copaeno (3,32%), β-elemeno (2,23%), E-cariofileno (6,71%), α-bergamoteno (2,88%), germacreno D (2,57%)</p>	<p>Óleo essencial do exterior do caule (20)</p>

ATIVIDADES BIOLÓGICAS

As plantas medicinais são utilizadas há séculos na medicina popular, pois são uma alternativa de compostos para o desenvolvimento de medicamentos mais eficazes e menos tóxicos para o organismo (21). O gênero *Schinus terebinthifolius* Raddi é uma fonte rica em compostos bioativos, tais como flavonoides, bioflavonoides, ácidos fenólicos, taninos, terpenóides e óleos essenciais, os quais apresentam importantes atividades biológicas (2–4,6,16,20,22).

Na medicina popular, esta planta é utilizada para tratar feridas e úlceras na pele, tumores, diarreias, artrites, bem como infecções do trato urinário e respiratório (23,24). Na literatura há relatos que a pimenta rosa apresenta várias atividades biológicas, como antimicrobiana (2,25,26), antiulcerogênica (27), anticancerígeno (28), anti-histamínico (29), anti-hipertensivo (30), anti-hiperalgésico (31), cicatrizante (32), anti-inflamatória (28,32,33), antifúngico (34), antitumoral (35), antioxidante (15) e antidiabética (15).

Em razão das potenciais atividades biológicas, a pimenta rosa tem sido aplicada em diversos produtos alimentícios. A adição de pimenta rosa aumentou a estabilidade oxidativa de azeites de oliva extra virgem (36) e de hambúrgueres de frango (37). O aumento da estabilidade oxidativa está relacionada com a migração de compostos terpenoides oriundos do fruto para o produto.

A atividade antimicrobiana do óleo essencial de pimenta rosa também foi avaliada. Testes *in vitro* demonstraram atividade antimicrobiana frente a *Staphylococcus aureus* e *Listeria monocytogenes* (2). E, quando aplicado em queijos, foi observado atividade antimicrobiana contra *Listeria monocytogenes*. Segundos os estudos, a ação do óleo essencial está relacionada aos danos na estrutura da membrana celular dos microrganismos patógenos.

Além do óleo essencial, os extratos fenólicos de pimenta rosa também possuem potencial para conservação de alimentos. A exemplo disso, um extrato rico em ácidos hidroxibenzóico e protocatecuico inibiram o escurecimento enzimático de maçãs minimamente processadas, através da inibição da enzima polifenoloxidase (14). Assim, a pimenta rosa tem demonstrado apresentar excelentes benefícios à conservação de alimentos, inclusive sendo comumente utilizada na culinária devido ao seu aroma característico.

ENCAPSULAÇÃO E APLICAÇÕES EM ALIMENTOS

A pimenta rosa tem um grande potencial biológico na preservação de alimentos, inibição de microrganismos, ação antioxidante e na prevenção de doenças. No entanto, esses compostos bioativos são instáveis e suscetíveis à degradação, volatilização e oxidação, em condições ambientais com alta temperatura, presença de luz e oxigênio. A encapsulação de compostos bioativos é uma ferramenta que vêm sendo pesquisada nas últimas décadas e cada vez mais está sendo aplicada na área de alimentos para proteger e otimizar o modo de ação desses compostos. A encapsulação pode ser definida como um processo para aprisionar uma substância dentro de outra substância, produzindo partículas com diâmetros nanométricos ou micrométricos (38).

Diversos estudos testaram diferentes técnicas de encapsulação para componentes da pimenta rosa, entre a mais estudada está a técnica de secagem por *spray drying* ou pulverização. A secagem por *spray drying* é uma técnica bem estabelecida na indústria de alimentos, utilizada para transformar soluções líquidas em pós estáveis, através da dissolução, emulsão, atomização e pulverização da mesma em uma câmara de secagem com fluxo de ar quente. Ainda, essa técnica é muito utilizada para encapsulação de compostos hidrofóbicos (10).

O *spray dryer* foi empregado para produzir microcápsulas de óleo essencial de pimenta rosa. A encapsulação com proteínas de soja e pectina conferiu maior preservação dos compostos presentes no óleo essencial, aumentou a solubilidade em água e melhorou a distribuição do tamanho de partícula (10). Essas características ampliam as possibilidades de aplicação do óleo essencial de pimenta rosa em produtos alimentícios, uma vez que o óleo não é solúvel em água em sua forma pura. Em um estudo para aplicação em leite, somado à melhora da solubilidade, a encapsulação também impediu a rápida volatilização e a interação do óleo essencial com outros componentes da matriz alimentar do leite, garantindo atividades antimicrobiana e antioxidante mais adequadas durante o armazenamento do produto (11).

O óleo essencial de pimenta rosa também foi encapsulado por eletrofiação, uma técnica que, diferente do *spray drying*, não aplica altas temperaturas. Na eletrofiação, a solução polimérica contida na seringa é eletricamente carregada, por alta voltagem (por meio de uma fonte de alta tensão), formando um jato que sai da agulha da seringa em direção ao coletor. Durante essa trajetória, o solvente evapora e o polímero precipita, originando uma manta de fibras de diâmetros nano ou micrométricos (39). As membranas ultrafinas produzidas por eletrofiação com ácido polilático e carregadas com o óleo essencial de pimenta rosa foram aplicadas em embalagens de requeijão. Essas fibras apresentaram ação antimicrobiana frente a *Staphylococcus aureus* e *Listeria monocytogenes* e caráter hidrofóbico (12).

Uma técnica de dispersão aprimorada da solução de fluidos supercríticos por alta pressão também foi estudada para encapsulação de um extrato de pimenta rosa, obtendo uma eficiência de encapsulação de até 95%. Essa técnica mostrou que o aumento da pressão levou a uma redução no diâmetro das partículas, que é um parâmetro importante para estabilidade das suspensões e eficiência no desempenho das atividades biológicas (13).

As embalagens ativas desempenham um papel cada vez mais relevante na vida útil de alimentos, principalmente as que proporcionam a liberação controlada de compostos naturais. Nesse sentido, o óleo essencial de pimenta rosa foi incorporado em filmes ativos de acetato de celulose e aplicado em queijos, conferindo inibição do crescimento bacteriano. Embora o óleo essencial, na sua forma pura, também apresente atividade antimicrobiana em testes *in vitro* e *in situ* (queijo), a interferência sensorial devido às expressivas características de sabor e odor do óleo essencial impossibilitaram a aplicação direta. No entanto esse problema foi minimizado quando aplicado na embalagem ativa, mostrando que a encapsulação possui função relevante na preservação das propriedades sensoriais dos alimentos (9) (Tabela 2).

Além do óleo essencial dos frutos, o extrato fenólico também foi empregado no desenvolvimento de embalagens. Um revestimento comestível para frutas minimamente processadas foi desenvolvido com adição de extrato fenólico de pimenta rosa. O alto teor de compostos antioxidantes foi capaz de inibir a enzima polifenoloxidase em maçãs, evitando o escurecimento enzimático indesejável (14) (Tabela 2).

Tabela 2 – Principais técnicas de encapsulação de pimenta rosa e aplicações em alimentos

Técnica de encapsulamento	de	Fonte	Material encapsulado	Principais resultados	Referência
Secagem por pulverização (<i>spray drying</i>)	por	Frutos	Óleo essencial	Aumento da solubilidade em água, distribuição mais homogênea do tamanho de partícula, maior preservação dos compostos presentes no óleo essencial	(10)
Secagem por pulverização (<i>spray drying</i>)	por	Frutos	Óleo essencial	Preservação das propriedades antioxidantes, liberação controlada de compostos, aumento da atividade antimicrobiana em leite	(11)
Eletrofiliação		Frutos	Óleo essencial	Aplicação em embalagem de requeijão, ação antimicrobiana frente a <i>Staphylococcus aureus</i> e <i>Listeria monocytogenes</i> , produção de membranas ultrafinas com caráter hidrofóbico	(12)
Dispersão aprimorada de solução de fluidos supercríticos		Frutos	Extrato	Eficiência de encapsulação de até 95%. Essa técnica mostrou que o aumento da pressão levou a uma redução no diâmetro das partículas	(13)
Filmes por <i>casting</i>		Frutos	Óleo essencial	Produção de embalagem ativa para queijos, com ação antimicrobiana	(9)
Filmes por <i>casting</i>		Frutos	Extrato fenólico	Produção de revestimento comestível antioxidante para frutas minimamente processadas, com ação inibitória da enzima peroxidase	(14)

Nesta revisão foi possível observar que a encapsulação é capaz de proteger os compostos e potencializar as atividades biológicas da pimenta rosa. A liberação controlada dos compostos é uma funcionalidade chave que pode ser fornecida pela encapsulação. Apesar dos estudos escassos, a estabilidade no trato gastrointestinal e

liberação controlada no organismo também pode ser otimizada através da encapsulação. Além disso, as características sensoriais podem ser mascaradas para possibilitar a aplicação em uma ampla gama de alimentos.

CONCLUSÕES

A pimenta rosa possui uma diversidade compostos tanto em frutos, quanto em folhas e caule. Apesar dos estudos escassos na área de alimentos, os resultados são promissores, principalmente como um agente antimicrobiano e antioxidante. A encapsulação é uma ótima aliada para melhorar a estabilidade e bioatividade dos compostos extraídos de pimenta rosa, além de ampliar as possibilidades de aplicações. Assim, a pimenta rosa é um recurso natural com grande potencial para aplicação na conservação de alimentos e enriquecimento funcional de matrizes alimentares.

AGRADECIMENTOS

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pelo apoio e concessão de bolsas.

REFERÊNCIAS

1. Barbosa LCA, Demuner AJ, Clemente AD, De Paula VF, Ismail FMD. Seasonal variation in the composition of volatile oils from *Schinus terebinthifolius* Raddi. *Quim Nova*. 2007;30(8):1959–65.
2. Dannenberg G da S, Funck GD, Silva WP da, Fiorentini ÂM. Essential oil from pink pepper (*Schinus terebinthifolius* Raddi): Chemical composition, antibacterial activity and mechanism of action. *Food Control* [Internet]. 2019;95(April 2018):115–20. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2018.07.034>
3. Feuereisen MM, Gamero Barraza M, Zimmermann BF, Schieber A, Schulze-Kaysers N. Pressurized liquid extraction of anthocyanins and biflavonoids from *Schinus terebinthifolius* Raddi: A multivariate optimization. *Food Chem* [Internet]. 2017;214:564–71. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.07.002>
4. Feuereisen MM, Hoppe J, Zimmermann BF, Weber F, Schulze-Kaysers N, Schieber A. Characterization of phenolic compounds in brazilian pepper (*Schinus terebinthifolius* raddi) exocarp. *J Agric Food Chem*. 2014;62(26):6219–26.
5. Belhoussaine O, El Kourchi C, Harhar H, Bouyahya A, El Yadini A, Fozia F, et al. Chemical Composition, Antioxidant, Insecticidal Activity, and Comparative Analysis of Essential Oils of Leaves and Fruits of *Schinus molle* and *Schinus terebinthifolius*. *Evidence-Based Complement Altern Med*. 2022;2022:1–12.
6. Ennigrou A, Casabianca H, Vulliet E, Hanchi B, Hosni K. Assessing the fatty acid, essential oil composition, their radical scavenging and antibacterial activities of *Schinus terebinthifolius* Raddi leaves and twigs. *J Food Sci Technol*. 2018;55(4):1582–90.

7. Bitterling H, Lorenz P, Vetter W, Conrad J, Kammerer DR, Stintzing FC. Rapid spectrophotometric method for assessing hydroperoxide formation from terpenes in essential oils upon oxidative conditions. *J Agric Food Chem.* 2020;68(35):9576–84.
8. Turek C, Stintzing FC. Stability of essential oils: A review. *Compr Rev Food Sci Food Saf.* 2013;12(1):40–53.
9. Dannenberg G da S, Funck GD, Cruxen CE dos S, Marques J de L, Silva WP da, Fiorentini AM. Essential oil from pink pepper as an antimicrobial component in cellulose acetate film: Potential for application as active packaging for sliced cheese. *LWT - Food Sci Technol.* 2017;81:314–8.
10. Locali Pereira AR, Gonçalves Cattelan M, Nicoletti VR. Microencapsulation of pink pepper essential oil: Properties of spray-dried pectin/SPI double-layer versus SPI single-layer stabilized emulsions. *Colloids Surfaces A Physicochem Eng Asp* [Internet]. 2019;581(July):123806. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.colsurfa.2019.123806>
11. Locali-Pereira AR, Lopes NA, Menis-Henrique MEC, Janzanti NS, Nicoletti VR. Modulation of volatile release and antimicrobial properties of pink pepper essential oil by microencapsulation in single- and double-layer structured matrices. *Int J Food Microbiol* [Internet]. 2020;335(September):108890. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2020.108890>
12. Ramos M, Fontes V, Ramão C, Caroline C, Moraes C, Zavareze R, et al. Antimicrobial properties of PLA membranes loaded with pink pepper (*Schinus terebinthifolius* Raddi) essential oil applied in simulated cream cheese packaging. 2022;
13. Andrade KS, Aguiar GPS, Rebelatto EA, Lanza M, Oliveira JV, Ferreira SRS. Encapsulation of pink pepper extract by SEDS technique: Phase behavior data and process parameters. *J Supercrit Fluids.* 2020;161.
14. Romani VP, Hernández CP, Martins VG. Pink pepper phenolic compounds incorporation in starch/protein blends and its potential to inhibit apple browning. *Food Packag Shelf Life* [Internet]. 2018;15(February 2017):151–8. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.fpsl.2018.01.003>
15. dos Santos da Rocha P, de Araújo Boleti AP, do Carmo Vieira M, Carollo CA, da Silva DB, Estevinho LM, et al. Microbiological quality, chemical profile as well as antioxidant and antidiabetic activities of *Schinus terebinthifolius* Raddi. *Comp Biochem Physiol Part - C Toxicol Pharmacol* [Internet]. 2019;220(February):36–46. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.cbpc.2019.02.007>
16. Hussein HS, Salem MZM, Soliman AM. Repellent, attractive, and insecticidal effects of essential oils from *Schinus terebinthifolius* fruits and *Corymbia citriodora* leaves on two whitefly species, *Bemisia tabaci*, and *Trialeurodes ricini*. *Sci Hortic (Amsterdam)* [Internet]. 2017;216:111–9. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.scienta.2017.01.004>
17. Salem MZM, El-Hefny M, Ali HM, Elansary HO, Nasser RA, El-Settawy AAA, et al. Antibacterial activity of extracted bioactive molecules of *Schinus*

- terebinthifolius ripened fruits against some pathogenic bacteria. *Microb Pathog* [Internet]. 2018;120(April):119–27. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.micpath.2018.04.040>
18. Richter R, Von Reuß SH, König WA. Spirocyclopropane-type sesquiterpene hydrocarbons from *Schinus terebinthifolius* Raddi. *Phytochemistry* [Internet]. 2010;71(11–12):1371–4. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.phytochem.2010.05.003>
 19. Bendaoud H, Romdhane M, Souchard JP, Cazaux S, Bouajila J. Chemical Composition and Anticancer and Antioxidant Activities of *Schinus Molle* L. and *Schinus Terebinthifolius* Raddi Berries Essential Oils. *J Food Sci*. 2010;75(6):466–72.
 20. El-Nashar HAS, Mostafa NM, El-Badry MA, Eldahshan OA, Singab ANB. Chemical composition, antimicrobial and cytotoxic activities of essential oils from *Schinus polygamus* (Cav.) Cabrera leaf and bark grown in Egypt. *Nat Prod Res*. 2021;35(23):5369–72.
 21. Sharma AR, Bhatta DR, Shrestha J, Banjara MR. Antimicrobial Susceptibility Pattern of *Escherichia coli* Isolated from Urinary Tract Infected Patients Attending Bir Hospital. *Nepal J Sci Technol*. 2013;14(1):177–84.
 22. Matsuo AL, Figueiredo CR, Arruda DC, Pereira F V., Borin Scutti JA, Massaoka MH, et al. α -Pinene isolated from *Schinus terebinthifolius* Raddi (Anacardiaceae) induces apoptosis and confers antimetastatic protection in a melanoma model. *Biochem Biophys Res Commun* [Internet]. 2011;411(2):449–54. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.bbrc.2011.06.176>
 23. Brandão MGL, Cosenza GP, Moreira RA, Monte-Mor RLM. Medicinal plants and other botanical products from the Brazilian Official Pharmacopoeia. *Rev Bras Farmacogn*. 2006;16(3):408–20.
 24. El-Massry KF, El-Ghorab AH, Shaaban HA, Shibamoto T. Chemical compositions and antioxidant/antimicrobial activities of various samples prepared from *Schinus terebinthifolius* leaves cultivated in Egypt. *J Agric Food Chem*. 2009;57(12):5265–70.
 25. da Silva JHS, Simas NK, Alviano CS, Alviano DS, Ventura JA, de Lima EJ, et al. Anti-*Escherichia coli* activity of extracts from *Schinus terebinthifolius* fruits and leaves. *Nat Prod Res* [Internet]. 2018;32(11):1365–8. Available from: <https://doi.org/10.1080/14786419.2017.1344657>
 26. Uliana MP, Fronza M, da Silva AG, Vargas TS, de Andrade TU, Scherer R. Composition and biological activity of Brazilian rose pepper (*Schinus terebinthifolius* Raddi) leaves. *Ind Crops Prod* [Internet]. 2016;83:235–40. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.indcrop.2015.11.077>
 27. Carlini EA, Duarte-Almeida JM, Tabach R. Assessment of the toxicity of the Brazilian pepper trees *Schinus terebinthifolius* Raddi (Aroeira-da-praia) and *Myracrodruon urundeuva* Allemão (Aroeira-do-sertão). *Phyther Res*. 2010;27(5):692–8.
 28. da Silva MM, Iriguchi EKK, Kassuya CAL, Vieira M do C, Foglio MA, de

- Carvalho JE, et al. *Schinus terebinthifolius*: Phenolic constituents and in vitro antioxidant, antiproliferative and in vivo anti-inflammatory activities. *Rev Bras Farmacogn* [Internet]. 2017;27(4):445–52. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.bjp.2016.12.007>
29. Nunes-Neto PA, Peixoto-Sobrinho TJDS, Da Silva Júnior ED, Leopoldina Da Silva J, Rodrigo Da Silva Oliveira A, Pupo AS, et al. The Effect of *Schinus terebinthifolius* Raddi (Anacardiaceae) Bark Extract on Histamine-Induced Paw Edema and Ileum Smooth Muscle Contraction. *Evidence-based Complement Altern Med*. 2017;2017.
 30. De Lima Glória L, De Souza Arantes MB, De Faria Pereira SM, De Souza Vieira G, Martins CX, De Carvalho Junior AR, et al. Phenolic compounds present *Schinus terebinthifolius* raddi influence the lowering of blood pressure in rats. *Molecules*. 2017;22(10).
 31. Piccinelli AC, Santos JA, Konkiewitz EC, Oesterreich SA, Formagio ASN, Croda J, et al. Antihyperalgesic and antidepressive actions of (R)-(+)-limonene, α -phellandrene, and essential oil from *Schinus terebinthifolius* fruits in a neuropathic pain model. *Nutr Neurosci*. 2015;18(5):217–24.
 32. Estevão LRM, Simões RS, Cassini-Vieira P, Canesso MCC, Barcelos L da S, Rachid MA, et al. *Schinus terebinthifolius* raddi (aroeira) leaves oil attenuates inflammatory responses in cutaneous wound healing in mice. *Acta Cir Bras*. 2017;32(9):726–35.
 33. Medeiros KCP, Monteiro JC, Diniz MFFM, Medeiros IA, Silva BA, Piuvezam MR. Effect of the activity of the Brazilian polyherbal formulation: *Eucalyptus globulus* Labill, *Peltodon radicans* Pohl and *Schinus terebinthifolius* Raddi in inflammatory models. *Rev Bras Farmacogn*. 2007;17(1):23–8.
 34. Khan MTH. Natural Products as Potential Resources for Antifungal Substances: A Survey. *Antifung Metab from Plants*. 2013;1–469.
 35. Queires LC, Crépin M, Vacherot F, De la Taille A, Erlon Rodrigues L. In vitro effects of polyphenols extracted from the aroeira plant (*Schinus terebinthifolius* Raddi) on the growth of prostate cancer cells (Lncap, Pc-3 and Du145). *Brazilian J Med Hum Heal*. 2013;1(1):71–82.
 36. Bittencourt Fagundes M, Ballus CA, Perceval Soares V, de Freitas Ferreira D, Sena Vaz Leães Y, Sasso Robalo S, et al. Characterization of olive oil flavored with Brazilian pink pepper (*Schinus terebinthifolius* Raddi) in different maceration processes. *Food Res Int* [Internet]. 2020;137(July):109593. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109593>
 37. Menegali BS, Selani MM, Saldaña E, Patinho I, Diniz JP, Melo PS, et al. Pink pepper extract as a natural antioxidant in chicken burger: Effects on oxidative stability and dynamic sensory profile using Temporal Dominance of Sensations. *Lwt* [Internet]. 2020;121(December 2019):108986. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.108986>
 38. Devi N, Sarmah M, Khatun B, Maji TK. Encapsulation of active ingredients in polysaccharide–protein complex coacervates. *Adv Colloid Interface Sci* [Internet].

- 2017;239:136–45. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.cis.2016.05.009>
39. Fonseca LM, de Oliveira JP, de Oliveira PD, da Rosa Zavareze E, Dias ARG, Lim LT. Electrospinning of native and anionic corn starch fibers with different amylose contents. *Food Res Int* [Internet]. 2019;116(October 2018):1318–26. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2018.10.021>

DOI: <https://doi.org/10.53934/9786585062039-73>

CAPÍTULO 73

DESIDRATAÇÃO OSMÓTICA DE FATIAS DE MAMÃO EM DIFERENTES AGENTES OSMÓTICOS

Marina Macêdo Fernandes ; Aline Dias de Oliveira ; Dyego da Costa Santos *; João Paulo de Lima Ferreira ; Thalís Leandro Bezerra de Lima 

*Autor correspondente (Corresponding author) – Email: dyego.csantos@gmail.com

Resumo: O mamão é uma fruta bastante apreciada no estado do Acre. Entretanto, sua alta perecibilidade limita a sua utilização pós-colheita, havendo necessidade de processá-lo em derivados de maior vida útil. Assim, objetivou-se desidratar osmoticamente o mamão da cultivar ‘Formosa’ e avaliar o efeito de diferentes agentes osmóticos nas características de perdas de água e de massa e de ganho de sólidos das amostras. Fatias de mamão com dimensões de 4,5×2,0×0,5 cm foram desidratadas osmoticamente na temperatura de 30 °C nas seguintes soluções hipertônicas, com cerca de 56 °Brix: melado, mel de *Apis mellifera* e xaropes de sacarose, de açúcar mascavo e de glicose, constituindo-se cinco tratamentos. Na ocasião, foi investigada a cinética das perdas de água e de massa e de ganho de sólidos das fatias por 12 h, através de pesagens regulares e determinações da matéria seca. De acordo com os resultados, observou-se que independente do agente hipertônico utilizado, a desidratação osmótica promoveu perdas de água e de massa expressivas e consideráveis incrementos de sólidos totais e sólidos solúveis totais. Dentre os desidratantes osmóticos utilizados, a glicose promoveu a menor alteração nos parâmetros citados.

Palavras-chave: *Carica papaya* L.; soluções açucaradas hipertônicas; secagem osmótica

Abstract: Papaya is a very popular fruit in the state of Acre. However, its high perishability limits its post-harvest use, with the need to process it into derivatives with a longer shelf life. Thus, the objective was to osmotically dehydrate papaya of the cultivar 'Formosa' and to evaluate the effect of different osmotic agents on the characteristics of water loss, mass and solid gain in the samples. Papaya slices measuring 4.5×2.0×0.5 cm were osmotically dehydrated at a temperature of 30 °C in the following hypertonic solutions, with approximately 56 °Brix: molasses, *Apis mellifera* honey and sucrose, brown sugar and glucose syrups, constituting five treatments. On that occasion, the kinetics of water and mass losses and solids gain of the slices were investigated for 12 h, through regular weighing and dry matter determinations. According to the results, it was observed that, regardless of the hypertonic agent used, osmotic dehydration promoted significant water and mass losses and considerable increases in total solids and total

soluble solids. Among the osmotic dehydrants used, glucose promoted the smallest change in the mentioned parameters.

Key Word: *Carica papaya* L.; hypertonic sugar solutions; osmotic drying

INTRODUÇÃO

O mamão (*Carica papaya* L.) é difundido em regiões tropicais e subtropicais (1), sendo o Brasil o segundo maior produtor mundial, com uma produção de 1.424.650 toneladas em 2016 (2). É a terceira fruta mais consumida no país e apresenta grande relevância econômica e social, principalmente na geração de emprego e renda (3). A fruta também apresenta boa aceitação no mercado internacional devido ao seu sabor e valor nutricional (1), sendo rico em açúcares, minerais, como o ferro, o cálcio, o magnésio e o potássio, compostos bioativos, como os carotenoides, pró-vitamina A, ácido ascórbico e polifenóis, além de apresentar elevada atividade antioxidante (4-5). A produção nacional do mamão é composta basicamente por dois grupos: 'Formosa' e 'Havai' (6), sendo o primeiro destinado principalmente para o mercado interno, obtendo melhores preços no período de julho a agosto (7).

Para consumo, os frutos devem ser colhidos após a maturação fisiológica e antes da sua total maturação, pois esses apresentam altas taxa respiratória e produção de etileno após colhidos. Estas características conferem-lhes rápida perecibilidade quando mantidos em temperatura ambiente (7), sendo, muitas vezes, necessário processar o fruto, de modo a aumentar a sua vida útil. Isso porque o mamão apresenta respiração climatérica, ou seja, a maturação continua após a colheita (8), tornando-se altamente perecível. Somados a isso, o elevado conteúdo de água aumenta a sua perecibilidade, devido às intensas atividades biológica e bioquímica. Assim, torna-se necessária a adoção de técnicas economicamente viáveis e tecnologicamente acessíveis para preservação do fruto. Dentre os métodos que podem ser empregados, a desidratação osmótica tem se mostrado promissora.

A desidratação osmótica, também chamada de desidratação por impregnação, é um processo de transferência de massa onde a água é parcialmente removida do produto por imersão em soluções aquosas concentradas, tais como xaropes ou salmouras (9). A diferença de pressão osmótica estabelecida no sistema resulta no movimento de água do alimento para a solução osmótica, constituindo-se, ainda, num fluxo oposto de solutos do xarope para o alimento, em menor proporção. Ainda há um terceiro fluxo, o de retirada de sólidos do alimento para a solução, de menor relevância quantitativa, porém que pode causar importante redução de qualidade do alimento (10). Em frutas, a transferência de massa durante o processo depende das características iniciais do tecido vegetal, como a maturação, o conteúdo de sólidos solúveis e insolúveis, os espaços intercelulares, a presença de gás, a proporção de substâncias pécticas e a atividade enzimática, além das próprias variáveis de processo (11).

Na desidratação osmótica, a utilização de agente desidratante concentrado em açúcares reduz em cerca de 30-50% o conteúdo de água da amostra. Mendonça et al. (11) relataram que a escolha do agente desidratante é uma decisão complexa, em que as mudanças nas características final do produto e o custo são os indicadores básicos para avaliar a possível utilização de uma determinada substância osmótica. A cinética do processo é afetada pelo tipo de agente desidratante. Solutos com alto peso molecular favorecem a perda de água e reduzem a incorporação de sólidos e, assim, promovem uma perda maior de massa. Por outro lado, os açúcares de baixo peso molecular como a glicose e a frutose, proporcionam uma elevada incorporação em função da elevada taxa de penetração na estrutura vegetal.

No Brasil, existe grande disponibilidade de cana-de-açúcar, utilizada para a fabricação de sacarose e melado, e de mel de abelhas da espécie *Apis mellífera*. A sacarose tem sido largamente utilizada para desidratação osmótica por apresentar baixa taxa de incorporação, estar amplamente disponível, ter sabor compatível com as frutas, ser eficiente, conveniente e possuir aroma agradável (12). O melado, que pode ser elaborado pela concentração do caldo de cana-de-açúcar ou pela dissolução de rapadura, constitui-se em outra opção promissora, pois além de ser hipertônico, ainda apresenta em sua composição minerais. Entretanto, pode alterar significativamente as características sensoriais das frutas nele desidratadas. Por outro lado, o mel pode enriquecer nutricionalmente o produto final pelo fato de conter quantidades significativas de minerais e bioativos, sem promover grandes alterações nas características sensoriais. Pelo fato do Brasil ser um dos maiores produtos do mundo, existe disponibilidade dessa matéria-prima (13).

Ante e exposto, o objetivo desse trabalho foi desidratar osmoticamente o mamão da cultivar ‘Formosa’ e avaliar o efeito de diferentes agentes osmóticos (melado, mel de *Apis mellifera* e xaropes de sacarose, de açúcar mascavo e de glicose) nas características de perdas de água e de massa e de ganho de sólidos das amostras.

MATERIAL E MÉTODOS

Foram utilizados mamões da cultivar ‘Formosa’ provenientes de um pequeno produtor da cidade de Xapuri-AC/Brasil, em estágio de maturação compreendendo a escala 2 da classificação proposta por Oliveira et al. (14). A saber, fruta com até 25% da superfície da casca amarela, rodeada de verde-claro. Para elaboração dos agentes osmóticos desidratantes foram utilizados a sacarose comercial, o açúcar mascavo comercial, o xarope de glicose, a rapadura e o mel de abelha da espécie *A. mellifera*, ambos oriundos do comércio local de Xapuri.

Os mamões e os insumos foram transportados ao laboratório, onde foram elaborados cinco agentes desidratantes com teores de sólidos solúveis totais (SST) padronizados em cerca de 56 °Brix. A rapadura, a sacarose e o açúcar mascavo foram dissolvidos em água destilada sob aquecimento brando em tacho aberto, para obtenção do melado de cana-de-açúcar e dos xaropes de sacarose e de açúcar mascavo com teores de SST pré-estabelecidos, os qual foram monitorados em refratômetro de bancada tipo

Abbe. O mel (com teor de SST de 82 °Brix) e o xarope de glicose foram diluídos com água destilada sob agitação até equivalência dos SST com os demais desidratantes (aproximadamente 56 °Brix). Os frutos foram lavados em água corrente, sanitizados em solução clorada (100 ppm por 15 min) e enxaguados em água corrente para remoção da solução sanitizante. Na sequência, foram descascados manualmente, cortados longitudinalmente e submetidos a remoção manual das sementes. Em seguida, foram cortados em fatias com dimensões aproximadas de 4,5×2,0×0,5 cm e submetidos a branqueamento químico por imersão em solução de ácido cítrico (4% m/m) e ácido ascórbico (1% m/m) por 1 min. Posteriormente, a solução foi drenada e a água superficial foi removida das fatias com uso de papel toalha absorvente.

As desidratações osmóticas foram conduzidas sob pressão atmosférica, sem agitação, na temperatura de 30 °C em potes plásticos com capacidade para 1,5 L. Em cada pote foram adicionados as amostras e o agente desidratante na razão de 1:3 m/m, constituindo-se em cinco tratamentos.

No estudo cinético foi monitorado a perda de água (Equação 1), perda de massa (Equação 2) e ganho de sólidos (Equação 3), segundo metodologias de Germer et al. (10), com pesagens no período inicial e em intervalos de tempo de 1 h, por 12 h. Antes de cada pesagem, foi removido o excesso de desidratante da superfície da amostra com jatos de água destilada e adsorção da água superficial com uso de papel toalha. A matéria seca em cada ponto de desidratação osmótica foi determinada em estufa a 105 °C (15) e os teores de SST durante o estudo cinético foi quantificado em refratômetro de bancada tipo Abbe.

$$PA = \frac{(U_0 - U_t)}{U_0} \cdot 100 \quad (1)$$

$$PM = \frac{M_0 - M_t}{M_0} \cdot 100 \quad (2)$$

$$GS = \frac{(M_t \cdot ST_t) - (M_0 \cdot ST_0)}{M_0} \quad (3)$$

em que:

PA - perda de água (%);

U_0 - teor de água do fruto no tempo $t=0$;

U_t - teor de água do fruto tratado no tempo t ;

PM - perda de massa (%);

M_0 - massa do fruto no tempo $t=0$ (g);

M_t - massa do fruto tratado no tempo t (g);

GS - ganho sólidos (%);

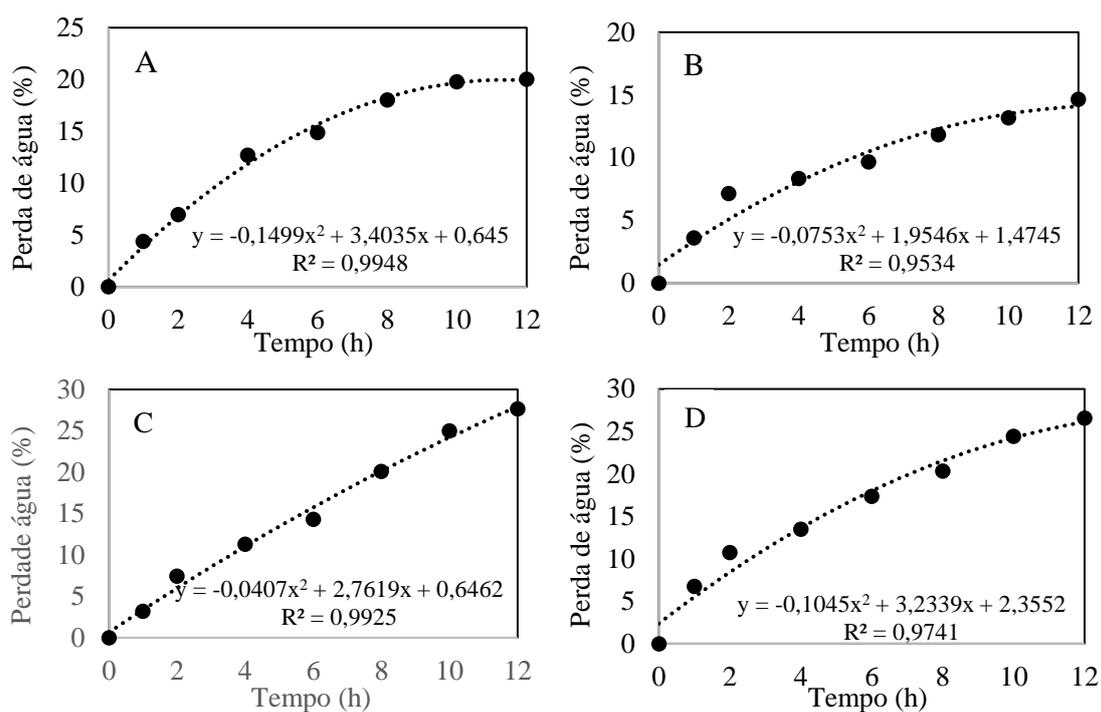
ST_0 - sólidos totais no tempo $t=0$; e

ST_t - sólidos totais no tempo t .

Decorrido o tempo da desidratação osmótica, foram removidos o excesso das soluções desidratantes das fatias de mamão com uso de jatos de água destilada seguido de adsorção da água com uso de papel absorvente e posterior acondicionamento em embalagens laminadas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Têm-se na Figura 1 os dados médios de perda de água das fatias de mamão 'Formosa' em função do tempo e do tipo de agente hipertônico utilizado como pré-tratamento osmótico. Observou-se que, independente do desidratante osmótico utilizado, houve perda progressiva de água durante as 12 h de desidratação osmótica. Esses dados corroboram com os resultados de Masztalerz et al. (16) para cilindros de maçãs, Pinheiro et al. (17) para cubos de melão e Pavkov et al. (18) para metades de damascos.



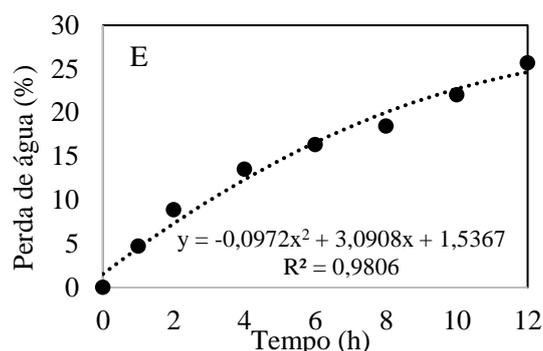


Figura 1 – Perda de água das fatias de mamão ‘Formosa’ em função do tempo e do tipo de agente hipertônico utilizado como pré-tratamento osmótico

A - Xarope de açúcar mascavo; B - Xarope de glicose; C - Melado de cana-de-açúcar; D - Xarope de sacarose; E - Mel de *A. mellifera*.

As maiores transferências de água da fruta para o meio desidratante ocorreram com os agentes hipertônicos, seguindo-se a ordem: melado-de-cana de açúcar (MCA) com 27,66%, xarope de sacarose (XSA) com 26,59%, mel de *A. mellifera* (MEA) com 25,68%, xarope de açúcar mascavo (XAM) com 20,04% e xarope de glicose (XGL) com 14,65%. Apesar de todas as soluções estarem padronizadas em um mesmo teor de SST (56 °Brix), ocorreram dispersões nos níveis absolutos de perda de água das amostras, sugerindo que as fatias de mamão detiveram diferenças na permeabilidade da parede celular, provavelmente originárias de variações na viscosidade das soluções osmóticas somados à pequenas dissimetrias quanto aos estádios de maturação do fruto. Ainda que a glicose seja um carboidrato de baixo peso molecular (19), possivelmente produzindo soluções com alta pressão osmótica, a maior viscosidade do xarope de glicose, em comparação aos demais agente desidratantes utilizados, pode ter dificultado o transporte da água através do tecido celular (18), desse modo houve menor perda de água em função do tempo de processo. Somados a isso, deve-se considerar que a glicose é um carboidrato de baixo peso molecular (19), possivelmente produzindo soluções com baixa pressão osmótica, o que, em consequência, não favorece a velocidade de transporte de água em comparação a soluções de açúcares com de maior peso molecular, a exemplo da sacarose.

A Figura 2 corresponde à perda de massa das fatias de mamão ‘Formosa’ em função do tempo e do tipo de agente hipertônico utilizado como pré-tratamento osmótico. Constatou-se comportamento similar à perda de água, em que os valores de massa dos frutos foram reduzidos progressivamente, comportamento também relatado na desidratação osmótica de cilindros de cenoura (20) e cascas de limão (21).

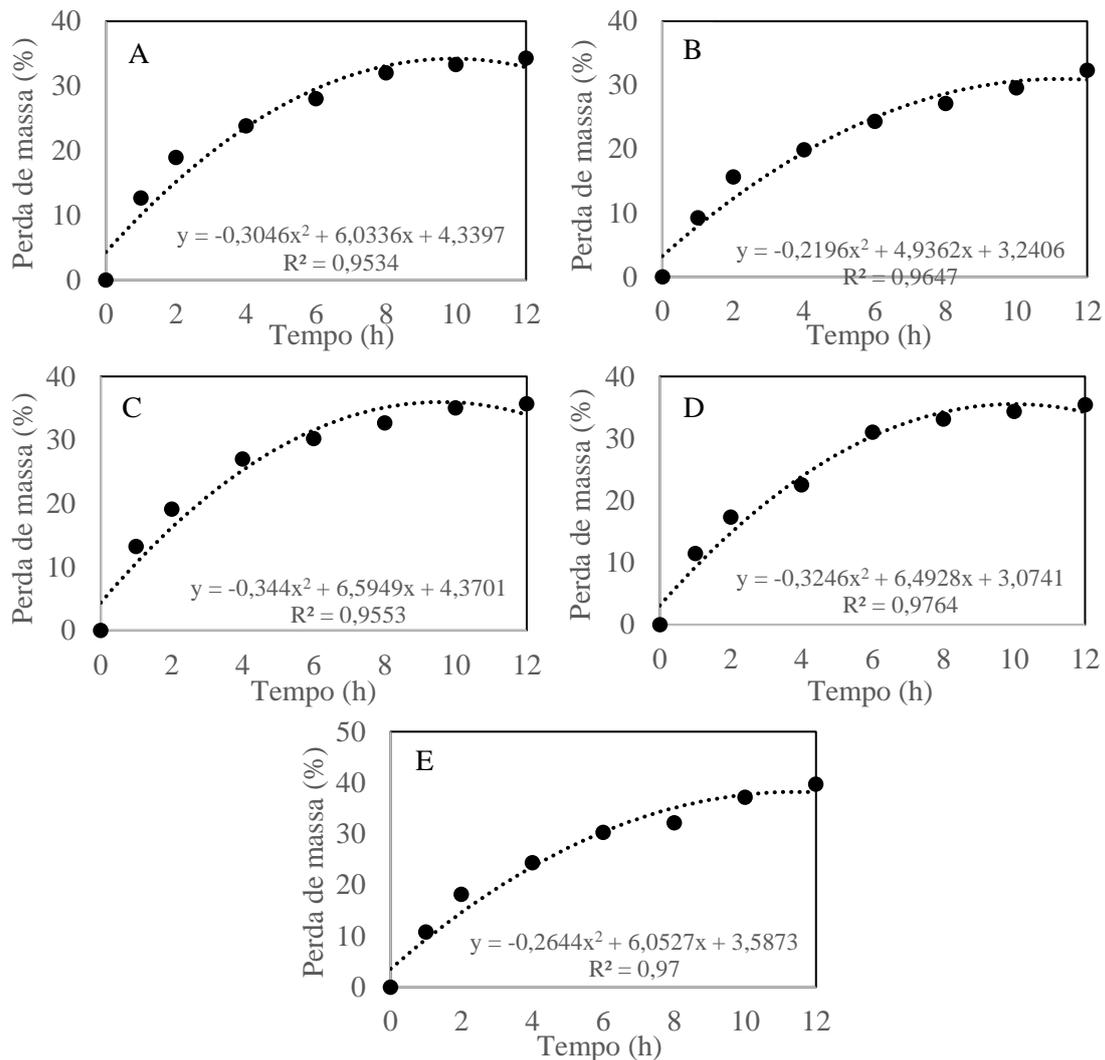


Figura 2 – Perda de massa das fatias de mamão ‘Formosa’ em função do tempo e do tipo de agente hipertônico utilizado como pré-tratamento osmótico
 A - Xarope de açúcar mascavo; B - Xarope de glicose; C - Melado de cana-de-açúcar; D - Xarope de sacarose; E - Mel de *A. mellifera*.

Ao final do processo, as perdas de massa foram de 32,30, 34,26, 35,43, 35,71 e 39,67% para as amostras XGL, XAM, XSA, XAM e MEA, respectivamente. Essas observações estão em conformidade com Bekele e Ramaswamy (22) que relataram que frutas frescas podem perder até 50% de massa durante o processo de desidratação osmótica.

Notou-se ainda que os valores absolutos de perda de massa foram superiores à perda de água em todas as amostras, sugerindo que houve perda de macro e micro componentes biológicos do mamão para a solução desidratante e/ou desintegração das fatias do mamão em virtude do amolecimento da estrutura celular da amostra, inconveniente também relatado na desidratação osmótica de kiwi (23). Entre as amostras

estudadas, a desidratada em xarope de glicose (XGL) foi a que revelou menor perda de massa, estando relacionado à menor perda de água em igual período (12 h).

Os dados de ganho de sólidos das fatias de mamão 'Formosa' em função do tempo e do tipo de agente hipertônico utilizado como pré-tratamento osmótico estão apresentados na Figura 3. Independente da amostra, observou-se gradual aumento dos sólidos nas fatias, registrando-se ao final do processo incrementos iguais a 5,84, 8,65, 9,66, 11,64 e 12,63% para as amostras XGL, XAM, MEA, XSA e MCA, respectivamente, em que a penetração de soluto foi superior a taxa de remoção de água (24-25). Essas observações estão alinhadas com diversos estudos de desidratação osmótica de produtos biológicos, tais como cubos de manga (26), cilindros de maçãs (16) e cubos de melão (17). Segundo Kroehnke et al. (23), o valor ganho de sólidos pode ser afetado tanto pelo tamanho da partícula do soluto quanto pela diferença de pressão osmótica. As moléculas menores se difundem facilmente na superfície da amostra e penetram entre a parede e a membrana celular. Por outro lado, uma diferença maior na pressão osmótica causa um maior fluxo de água, da célula para a solução, que geralmente é acompanhado por aumentos no contrafluxo do sólido de soluto, da solução para a célula (23). Desse modo, corroborando com os resultados de perda de água e de perda de massa, a amostra XGL foi a que deteve o menor ganho de sólidos provavelmente em virtude do menor peso molecular e da maior viscosidade da glicose, que retardou fluxos de soluto e de água em sentidos opostos.

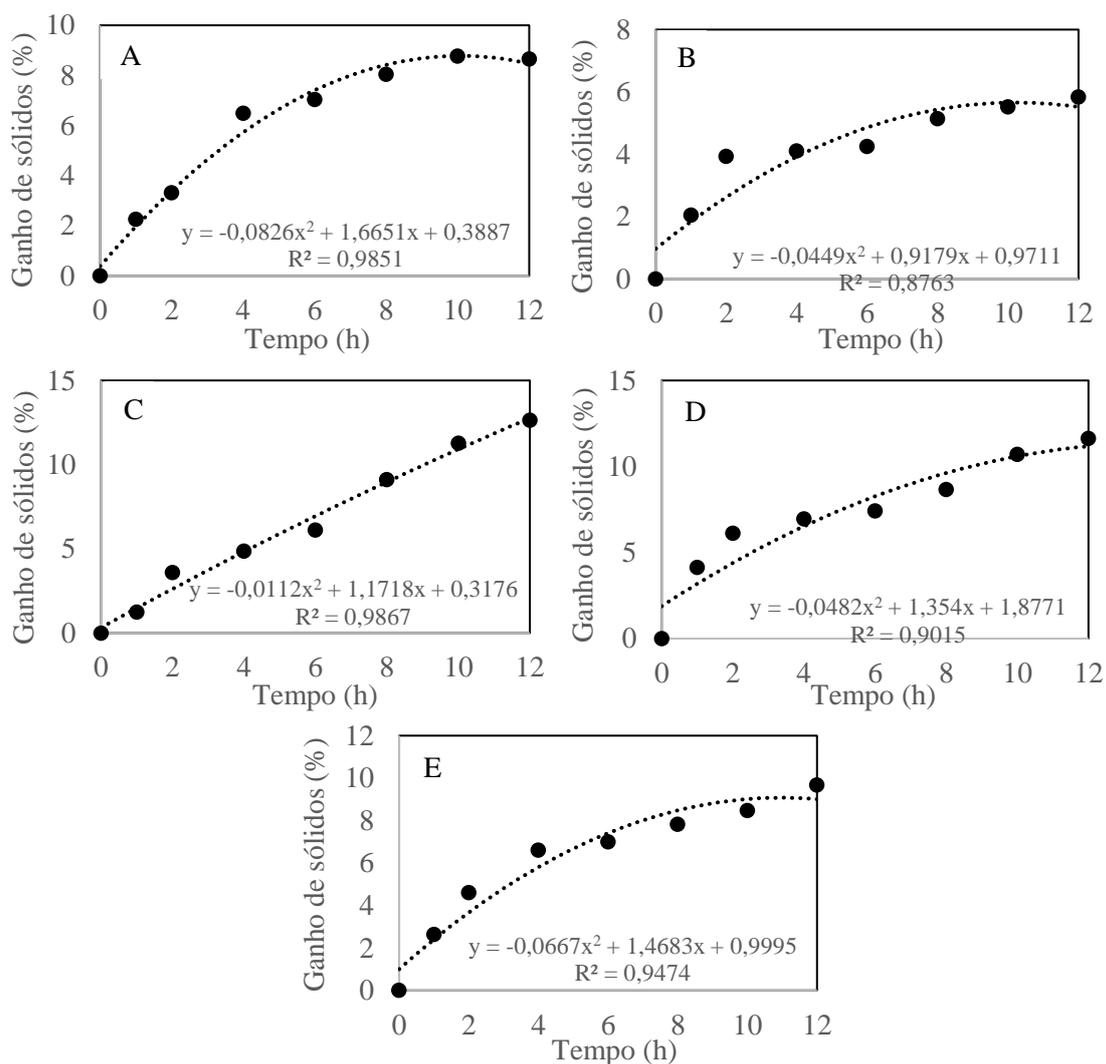


Figura 3 – Ganho de sólidos das fatias de mamão ‘Formosa’ em função do tempo e do tipo de agente hipertônico utilizado como pré-tratamento osmótico
 A - Xarope de açúcar mascavo; B - Xarope de glicose; C - Melado de cana-de-açúcar; D - Xarope de sacarose; E - Mel de *A. mellifera*.

A Figura 4 dispõe os resultados do monitoramento dos SST das fatias de mamão ‘Formosa’ em função do tempo e do tipo de agente hipertônico utilizado como pré-tratamento osmótico. Notou-se que os dados de SST apresentaram boa correlação com os parâmetros cinéticos osmóticos anteriormente discorridos, aumentando à medida que as amostras perdiam água e massa e ganhavam sólidos, fenômeno evidenciado por Mota (27). Isso era esperado, haja vista que a perda de água promove concentração dos constituintes solúveis da fruta, o que é potencializado pela incorporação de açúcares no tecido celular do produto. Ao final do processo osmótico, foram encontrados teores de SST de 26,50, 33,50, 36,25, 36,25 e 43,50 °Brix para as amostras XGL, XAM, MCA, MEA e XSA, respectivamente. O menor fluxo contracorrente de partículas sólidas e de

água entre o meio desidratante de xarope de glicose e a amostra de mamão, pelos motivos já expostos, justificam o valor de SST inferior a 30 °Brix.

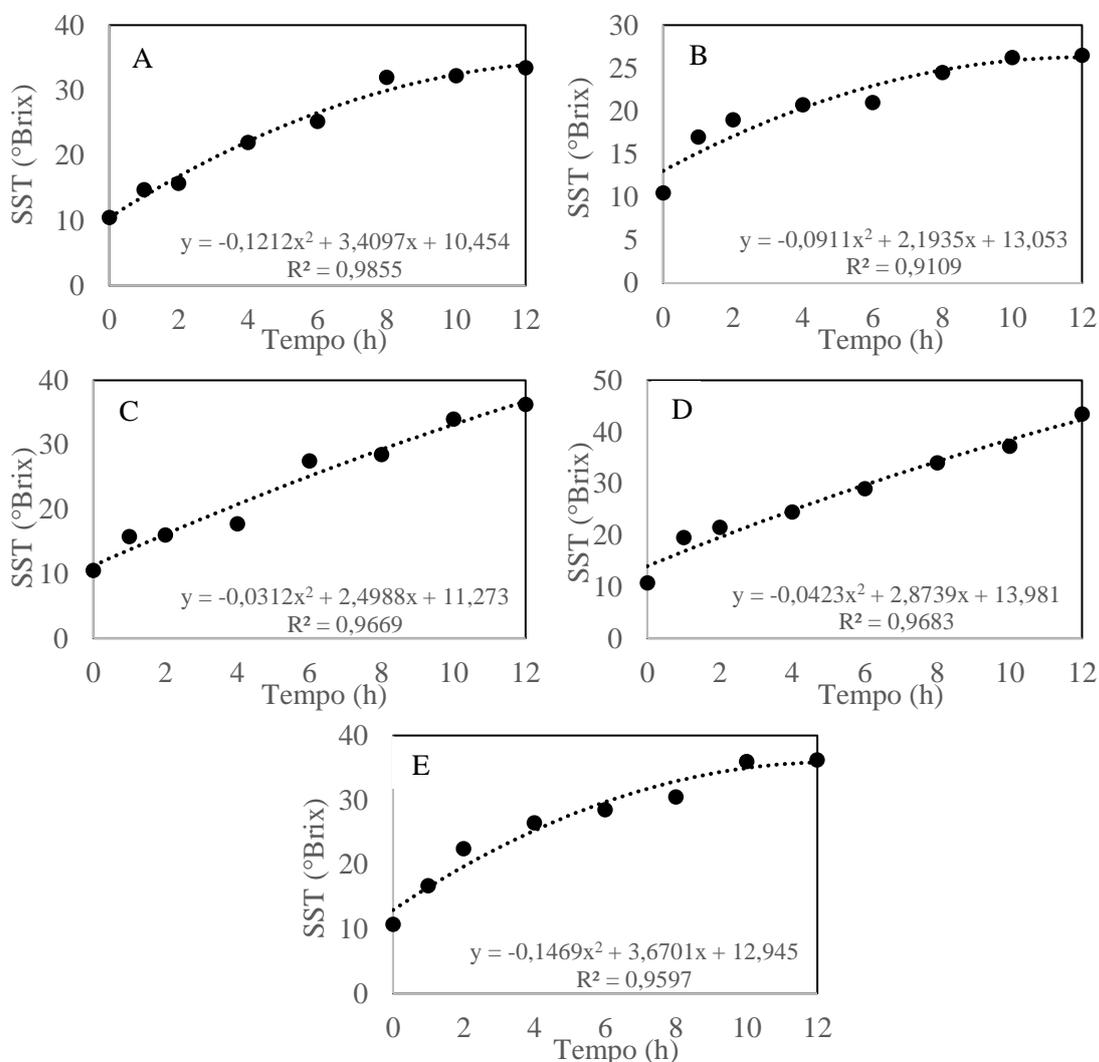


Figura 4 – Monitoramento dos sólidos solúveis totais (SST) das fatias de mamão ‘Formosa’ em função do tempo e do tipo de agente hipertônico utilizado como pré-tratamento osmótico
 A - Xarope de açúcar mascavo; B - Xarope de glicose; C - Melado de cana-de-açúcar; D - Xarope de sacarose; E - Mel de *A. mellifera*.

CONCLUSÕES

As desidratações osmóticas de mamão da cultivar ‘Formosa’ a partir de soluções hipertônicas de açúcar mascavo, glicose, melado de cana-de-açúcar, sacarose e mel de *Apis mellifera* reduziram progressivamente os conteúdos de massa e de água e promoveram ganho de sólidos e consequente aumento dos sólidos solúveis totais em todas

as amostras. Ainda, o agente osmótico glicose promoveu a menor alteração nos parâmetros investigados.

AGRADECIMENTOS

Ao Instituto Federal do Acre (IFAC) pela concessão de bolsa de iniciação científica ao primeiro autor.

REFERÊNCIAS

1. Amaral DD, Monteiro ALR, Silva EI, Lins SRO, Oliveira SMA. Frequency of quiescent fungi and post-harvest alternative management of stem end rot in papaya. *Rev Caatinga*. 2017;30(3):786-93.
2. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). Produção mundial de frutas, 2016 [Internet]. 2018. Disponível em: <www.fao.org>.
3. Galo JQB, Souza ML, Kusdra JF, Mattiuz CFM. Conservação pós-colheita de mamão ‘sunrise solo’ com uso de quitosana. *Rev Bras Frutic*. 2014;36(2):305-12.
4. Reis RC, Viana ES, Jesus JL, Lima LF, Neves TT, Conceição EA. Compostos bioativos e atividade antioxidante de variedades melhoradas de mamão. *Ciênc Rural*. 2015;45(11):2076-81.
5. Braga HF, Silva ACC. Determinação da doçura ideal em néctar de mamão adicionado de açúcar. *Ciênc Rural*. 2014;44(4):723-7.
6. Fernandes PLO, Aroucha EMM, Souza PA, Sousa AED, Fernandes PLO. Qualidade de mamão ‘Formosa’ produzido no RN e armazenado sob atmosfera passiva. *Rev Ciênc Agron*. 2010;41(4):599-604.
7. Dias TC, Mota WF, Otoni BS, Mizobutsi GP, Santos MGP. Conservação pós-colheita de mamão formosa com filme de PVC e refrigeração. *Rev Bras Frutic*. 2011;33(2):666-70.
8. Silva LRA, Silva GMC, Silva WB, Souza CLM, Oliveira JG. Atividade respiratória em mitocôndrias isoladas da polpa do mamão UENF/Caliman 01 e Tainung 01 na conservação do fruto em pós-colheita. *Rev Bras Frutic*. 2015;37(2):296-307.
9. Mendes GRL, Freitas CH, Scaglioni PT, Schmidt CG, Furlong EB. Condições para desidratação osmótica de laranjas e as propriedades funcionais. *Rev Bras Eng Agríc Ambiental*. 2013;17(11):1210-6.
10. Germer SPM, Queiroz MR, Aguirre JM, Berbari SAG, Anjos VD. Desidratação osmótica de pêssegos em função da temperatura e concentração do xarope. *Rev Bras Eng Agríc Ambiental*. 2011;15(2):161-9.
11. Mendonça CRB, Gandra EA, Luvielmo MM, Buchweitz PR. Frutas e hortaliças osmoticamente desidratadas e saturadas. Pelotas: Editora Universitária da UFPel; 2009.
12. Ferreira VF, Rocha DR, Silva FC. Potencialidades e oportunidades na química da sacarose e outros açúcares. *Quím Nova*. 2009;32(3):623-38.

13. Oliveira ENA, Santos DC. Qualidade físico-química do mel comercializado no município de Mauriti, CE. *Hig Aliment.* 2012;26(212/213):61-5.
14. Oliveira MAB, Vianni R, Souza G, Araújo TMR. Caracterização do estágio de maturação do papaia ‘golden’ em função da cor. *Rev Bras Frutic.* 2002;24(2):559-61.
15. Instituto Adolfo Lutz. Normas analíticas, métodos químicos e físicos para análises de alimentos. 4^a ed. São Paulo: IAL; 2008.
16. Masztalerz K, Lech K, Wojdyło A, Nowicka P, Ciechanowska AM, Figiel A. The impact of the osmotic dehydration process and its parameters on the mass transfer and quality of dried apples. *Dry Technol.* 2021;39(8):1074-86.
17. Pinheiro RMM, Silva WP, Miranda DAS, Silva CMDPS, Pessoa T. Osmotic dehydration of cubic pieces of melon: description through a three-dimensional diffusion model considering the resistance to mass flows on the surface. *Heat Mass Transf.* 2021;57(1):405-15.
18. Pavkov I, Radojčin-Stamenković Z, Kešelj K, Tylewicz U, Sipos P, Ponjičan O, Sedlar A. Effects of osmotic dehydration on the hot air drying of apricot halves: drying kinetics, mass transfer, and shrinkage. *Processes.* 2021;9(2):1-22.
19. Torreggiani D. Osmotic dehydration in fruit and vegetable processing. *Food Res Int.* 1993;26(1):59-68.
20. Maleki M, Shahidi F, Varidi MJ, Azarpazhooh E. Hot air drying kinetics of novel functional carrot snack: Impregnated using polyphenolic rich osmotic solution with ultrasound pretreatment. *J Food Process Eng.* 2020;43(2):1-11.
21. Kumari V, Yadav BS, Yadav RB, Nema PK. Effect of osmotic agents and ultrasonication on osmo-convective drying of sweet lime (*Citrus limetta*) peel. *J Food Process Eng.* 2020;43(4):1-11.
22. Bekele Y, Ramaswamy H. Going beyond conventional osmotic dehydration for quality advantage and energy savings. *Ethiop J Appl Sci Technol.* 2010;1(1):1-15.
23. Kroehnke, J.; Szadzińska, J.; Kubzdela, E. R.; Marecik, R. B.; Musielak, G.; Mierzwa, D. Osmotic dehydration and convective drying of kiwifruit (*Actinidia deliciosa*) – The influence of ultrasound on process kinetics and product quality. *Ultrason Sonochem.* 2021;71(1):1-11.
24. Ghellam M, Zannou O, Pashazadeh H, Galanakis CM, Aldawoud TMS, Ibrahim AS, Koca I. Optimization of osmotic dehydration of autumn olive berries using response surface methodology. *Foods.* 2021;10(5):1-15.
25. Becerá SM, Lagunas LLM, Ramírez JR, Torres SS, Ortíz AL, Bernal LGB. Modeling of solute transport inside plant tissue during osmotic dehydration of apple. *Dry Technol.* 2022;40(2):387-400.
26. Shinde B, Ramaswamy HS. Kinetic modeling of microwave osmotic dehydration of mangoes under continuous flow medium spray conditions using sucrose and maltodextrin (10-18 DE) solute mixtures. *Dry Technol.* 2021;39(6):713-25.

27. Mota RV. Avaliação da qualidade físico-química e aceitabilidade de passas de pêssego submetidas à desidratação osmótica. Ciênc Tecnol Alime. 2005;25(1):789-94.

DOI: <https://doi.org/10.53934/9786585062039-74>

CAPÍTULO 74

CARACTERIZAÇÃO FÍSICA E FÍSICO-QUÍMICA DE CASTANHOLA EM DIFERENTES ESTÁDIOS DE MATURAÇÃO

Yasmin Jaine Alves de Lucena*^{ID}; Maíra Felinto Lopes^{ID}; Rayane Nobrega Lima^{ID}
Valkiria Gonçalves de Lima^{ID}; Juvêncio Olegário de Oliveira Neto^{ID}

*Autor correspondente – Email: yasmin.lucena10@gmail.com

Resumo: A castanhola é considerada uma espécie nativa da Ásia e trazida ao Brasil como árvore ornamental por ser popularmente conhecida pela vasta sombra que fornece. Diante disso, objetivou-se com esse estudo avaliar os parâmetros físico-químicos da castanhola em três diferentes estágios de maturação a fim de fornecer um estudo mais específico desse fruto para conhecimento de suas características e da influência da maturação sobre estas. Realizou-se a caracterização física e físico-química, que resultou em maior comprimento, diâmetro e peso para o estágio I e II em relação ao III, sendo que a densidade foi estatisticamente igual para todos. Os sólidos solúveis aumentaram no início do processo de maturação, entretanto, na fase de amadurecimento houve redução indicando início de deterioração. Quanto a cor, todos apresentaram ângulo Hue entre 0 e 90°, caracterizando uma coloração entre amarelo e vermelho. Com relação às análises físico-químicas, o estágio III foi o que apresentou a maior acidez. Já com relação a umidade, o estágio II obteve o maior percentual e conseqüentemente, o menor teor de cinzas. Houve um aumento do teor de açúcares solúveis totais na transição do estágio I para o II, entretanto, na fase de amadurecimento esse teor sofreu uma redução devido à utilização do amido como fonte de energia. O estágio II destacou-se nas análises físicas por possui maior comprimento, diâmetro, peso, densidade e elevado teor de sólidos solúveis, como também nas físico-químicas com maior acidez e teor de açúcares, indicando maior conservação e rendimento do fruto nesse estágio.

Palavras-chave: composição; fruta; *Terminalia catappa*

Abstract: The castanet is considered a native species of Asia and brought to Brazil as an ornamental tree because it is popularly known for the vast shade it provides. Therefore, the objective of this study was to evaluate the physicochemical parameters of castanets in three different stages of maturation in order to provide a more specific study of this fruit to understand its characteristics and the influence of maturation on them. Physical and physicochemical characterization was carried out, which resulted in greater length, diameter and weight for stages I and II in relation to III, and the density was statistically equal for all. Soluble solids increased at the beginning of the ripening process, however,

in the ripening phase there was a reduction indicating the beginning of deterioration. As for color, all presented Hue angle between 0 and 90°, characterizing a color between yellow and red. Regarding the physicochemical analyses, stage III was the one with the highest acidity. Regarding moisture, stage II had the highest percentage and, consequently, the lowest ash content. There was an increase in the content of total soluble sugars in the transition from stage I to II, however, in the ripening phase this content was reduced due to the use of starch as a source of energy. Stage II stood out in the physical analysis for having greater length, diameter, weight, density and high content of soluble solids, as well as in the physical-chemical analysis with greater acidity and sugar content, indicating greater conservation and fruit yield at this stage.

Key Word: composition; fruit; *Terminalia catappa*

INTRODUÇÃO

A castanhola (*Terminalia catappa* Linn) é considerada uma espécie nativa da Ásia e trazida ao Brasil como árvore ornamental devido ser popularmente conhecida pela vasta sombra que fornece. Pode ser cultivada em regiões tropicais e subtropicais costeiras de diversos países e seus frutos são, na maioria das vezes, consumidos pelas crianças. Ademais, possui diversas nomeações, sendo no Brasil popularmente chamada de castanhola, castanholeira, chapéu-de-sol ou ainda guarda-sol (1).

O Brasil é considerado o terceiro país em maior escala de produção de frutas e nem todos os frutos produzidos são bem explorados, podendo ser comercializados in natura e também utilizados para diversas aplicações, como na indústria de alimentos, na criação de novos produtos, já que em sua maioria contém valor nutricional, trazendo benefícios à saúde humana (2). Estudos recentes comprovam que o fruto da castanhola de cor roxa tem sido inicialmente usado em aplicações tecnológicas devido conter elevado teor de fenólicos, antocianinas e flavonoide em sua pigmentação, além de ser rico em vitaminas lipossolúveis (3). Além disso, sua polpa é comestível, bastante fibrosa e de tamanho pequeno, tornando o seu consumo quase inexistente nas regiões em que são encontradas. A mesma possui valores de umidade em torno de 82,5%, bem como elevado teor de carboidrato e fibras e baixo teor de lipídios e proteínas, segundo SOUZA, 2016 (1).

A maturação dos frutos pode ser definida como sendo a fase do seu desenvolvimento que leva a ocorrência de várias alterações, sendo estas de origem fisiológica, bioquímica e estrutural, promovendo assim o avanço das características sensoriais do fruto, sendo estas aroma e sabor, aparência e coloração. Dessa forma, é essencial e necessário para o fruto o estudo acerca da evolução da maturação, sendo fundamentais para indicar o ponto de colheita e sua vida pós-colheita (4).

Diante disso, o objetivo desse trabalho foi avaliar os parâmetros físicos e físico-químicos da castanhola em três diferentes estágios de maturação a fim de fornecer um estudo mais específico desse fruto para melhor conhecimento de suas características e da influência da maturação sobre estas.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi executado no Laboratório de Tecnologia de Produtos de Origem Vegetal do Centro de Ciências e Tecnologia de Alimentos da Universidade Federal de Campina Grande, campus Pombal-PB.

Obtenção da polpa

Os frutos da castanhola foram colhidos de plantas localizadas na cidade de Campina Grande, no estado da Paraíba e classificados em três diferentes estádios de maturação conforme a cor da casca: verde amarelada (estágio 1), amarelo arroxeadado (estágio 2) e totalmente arroxeadado (estágio 3). Essa seleção se deu pela coloração da casca, uma vez que os frutos do estágio I apresentavam a cor da casca verde amarelada, os do estágio II, uma cor amarelo arroxeadado e os do estágio III, totalmente arroxeadado (vináceo). Em seguida foram acondicionados em caixas plásticas e transportados para o laboratório. Após a chegada, realizou-se a higienização dos frutos por imersão em água clorada (100 ppm) durante 15 minutos e posterior enxágue em água corrente para retirar o excesso da solução de hipoclorito. Em seguida, os frutos tiveram seu caroço extraído por meio de descasque manual com o uso de facas de aço inoxidável, para que apenas a polpa fosse submetida ao Extrator de Suco Mondial Turbo Juicer Premium CF-06 para se obter a polpa. Após obtenção da polpa do fruto em diferentes estádios de maturação, as amostras foram caracterizadas quanto aos parâmetros físicos e físico-químicos, cujas metodologias estão expressas a seguir.

Caracterização física

As análises físicas foram realizadas em 12 repetições, sendo um fruto por repetição, seguindo a metodologia descrita pelo Instituto Adolfo Lutz (5). Então, foram determinados o comprimento e o diâmetro por meio de paquímetro bem como o peso, utilizando balança analítica. Posteriormente, realizou-se a análise da densidade, na qual a amostra foi pesada, anotando-se sua massa. Em seguida, metade da capacidade total da proveta foi preenchida com água destilada, ajustando-se o menisco e anotando o volume. Então, a amostra foi introduzida na proveta e anotou-se o novo volume. Depois disso, mediu-se a diferença entre o volume inicial e o volume final, medida esta que forneceu o volume da amostra, com o qual foi possível calcular a densidade da mesma.

A determinação dos sólidos solúveis (SS) foi realizada por refratometria com 3 repetições, utilizando-se um refratômetro portátil digital com divisão decimal, colocando-se uma gota do suco no prisma e fazendo-se uma leitura direta em °Brix.

A análise de coloração foi feita através de um colorímetro Konica Minolta CR10 que quanto aos parâmetros CIELab (L^* , a^* , b^* , C, ângulo Hue), na qual as amostras foram analisadas em doze repetições e todas as medições do medidor de brilho foram feitas sob as condições de iluminante padrão D65 e observador a 10°, conforme determina a Comissão Internacional de Iluminação, a qual definiu três espaços de cor para a

comunicação e expressão das cores: CIE XYZ, CIE L*C*h e CIE L*a*b*. O espaço de cor L*a*b* (ou CIELAB) é amplamente utilizado para avaliar as cores, pois correlaciona os valores de cor com a percepção visual.

Caracterização físico-química

As análises físico-químicas foram realizadas em triplicata, de acordo com a metodologia descrita pelo Instituto Adolfo Lutz (5), na qual o pH é medido utilizando-se um pHmetro digital de bancada previamente calibrado com soluções padrões; a acidez total titulável por meio da titulação da amostra com NaOH (0,1N) com indicador fenolftaleína até coloração rósea e expressa em termos de % de ácido cítrico; a umidade é determinada através da secagem direta em estufa a 105°C até peso constante, resfriando-se antes no dessecador até temperatura ambiente; o resíduo mineral fixo foi determinado pelo método de gravimetria, mediante incineração da amostra em mufla, a 550°C até a presença de cinzas brancas nos cadinhos e o teor de açúcares solúveis totais seguindo o método da antrona descrito por Yemm & Willis (6), no qual, inicialmente, obtém-se a curva padrão e a equação da reta. Em seguida, pesou-se 0,5 g de amostra, anotando-se o peso e adicionando-se 50 mL de água aos poucos, macerando bem e filtrando logo após. Depois dessa etapa de extração, em tubos de ensaio, adicionou-se uma alíquota de cada amostra, a água e a antrona, sendo esse sistema mantido em gelo, seguido de agitação e banho maria a 100°C por 3 minutos. Ao resfriarem, as amostras foram lidas em espectrofotômetro a 620 nm.

Análise estatística

O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado. Os dados das análises foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e em caso de significância estatística para o teste F, as médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade, utilizando o programa estatístico ASSISTAT.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Caracterização física

Para a caracterização física da polpa de castanhola em diferentes estágios de maturação, foram avaliados os parâmetros físicos apresentados na Tabela 1 e na Tabela 2. Em relação ao comprimento, os estágios I e II não apresentaram diferenças significativas entre si, entretanto, o estágio III se difere estatisticamente dos demais. Quanto ao diâmetro, o estágio de maturação III possui o menor resultado e estatisticamente se difere dos estágios I e II. Logo, observa-se que o último estágio de maturação, no qual o fruto se encontra totalmente desenvolvido, os valores são menores, isso mostra possivelmente que o fruto esteja iniciando a fase de senescência, declinando seu tamanho.

Tabela 1 – Valores médios e desvios padrões para a caracterização física de polpa de castanhola em diferentes estágios de maturação.

Parâmetros físicos	I	II	III	CV%
Comprimento (mm)	52,75±2,86 ^a	53,58±2,57 ^a	48,91±2,15 ^b	4,92
Diâmetro (mm)	43,33±3,94 ^a	43,91±4,52 ^a	38,41±2,35 ^b	8,88
Peso (g)	25,52±4,81 ^{ab}	29,22±3,35 ^a	23,56±2,09 ^b	14,37
Densidade (g/cm ³)	0,79±0,14 ^a	0,84±0,10 ^a	0,82±0,09 ^a	14,23
Sólidos solúveis (%)	7,60±0,16 ^c	11,40±0,33 ^a	9,77±0,42 ^b	16,23

Médias seguidas pela mesma letra na horizontal não diferem estatisticamente entre si pelo Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

O estágio de maturação II, em que o fruto se encontra parcialmente maduro se destacou entre os demais com a variação do peso durante a maturação fisiológica do fruto. Já no estágio III, no qual está totalmente maduro, ocorreu uma diminuição do peso desse fruto.

Também, observa-se as médias para a densidade da castanhola nesses estágios de maturação, não se diferenciando estatisticamente entre si, isto é, não sofreram variação nesse período de maturação.

O teor de sólidos solúveis é de grande importância nos frutos, tanto para o consumo in natura como para o processamento industrial, visto que elevados teores desses constituintes na matéria-prima implicam menor adição de açúcares, menor tempo de evaporação da água, menor gasto de energia e maior rendimento do produto, resultando em maior economia no processamento. Dessa forma, baixos teores de sólidos solúveis requerem um potencial maior de conservação pós-colheita, uma vez que o excesso de açúcares pode estar associado a uma rápida deterioração (7). Os resultados desse estudo foram semelhantes ao de Dos Santos et. al (8), que encontraram uma percentagem de SS em torno de 10% para castanhola roxa e amarela. De maneira geral, sólidos solúveis constituem um indicativo de qualidade, pois quanto maior for o teor, mais avançado o estado de maturação dos frutos.

A cor é um elemento importante na aparência do alimento, por isso, é necessário que esse atributo seja expresso de maneira objetiva por meio de valores, para evitar subjetividade da interpretação. O parâmetro (L*) se refere ao eixo da luminosidade, expressa de 0 até 100. Os parâmetros (a*) e (b*) são as coordenadas cromáticas e estão relacionados às gamas de cores, sendo que (a*) varia do vermelho (eixo positivo da escala) ao verde (eixo negativo) e (b*) varia do amarelo (eixo positivo) ao azul (eixo negativo). O índice colorimétrico (H*) significa o ângulo Hue que indica a tonalidade, onde se obtém a cor real do objeto e o (C) significa croma, indicando a saturação, ou seja, o grau de concentração ou pureza de uma cor. Esses dois elementos formam a posição da cor através de coordenadas angulares cilíndricas, o (H*) começa em 0°, representa o ângulo e (C) a distância até ele. Os resultados para os parâmetros de cor estão expressos na tabela 2.

Tabela 2 – Valores médios e desvios padrões da análise de coloração da polpa de castanhola em diferentes estágios de maturação.

Parâmetros	I	II	III	CV (%)
L*	3,71±1,31 ^b	10,94±2,91 ^a	10,75±3,15 ^a	39,74
a*	25,62±7,01 ^a	22,58±7,68 ^a	17,53±5,93 ^b	15,23
b*	25,90±6,91 ^a	25,41±7,15 ^a	20,95±5,56 ^a	9,24
C	37,76±3,03 ^a	38,93±6,07 ^a	31,73±2,56 ^a	8,73
H°	82,12±5,91 ^a	62,78±9,79 ^b	57,45±11,80 ^b	15,71

Médias seguidas pela mesma letra na horizontal não diferem estatisticamente entre si pelo Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

A luminosidade (L*) foi estatisticamente igual para os estágios II e III, diferindo somente do estágio I, no qual o fruto encontra-se bem desenvolvido entrando na fase de senescência, o que acarreta uma coloração mais escura do que os demais estágios. Já para a coordenada cromática verde-vermelho (a*) o estágio III apresentou diferença significativa com relação aos demais por estar completamente maduro e apresentar cor mais próxima do vermelho enquanto os estágios I e II não diferiram entre si, estando esses, em faixas mais distantes do amadurecimento, logo, com maior tendência a cor verde. Quanto à coordenada amarelo-azul (b*) e a croma (C*), os três estágios não apresentaram diferença significativa entre si e para o (H°) só houve diferença estatística do estágio I com relação aos outros dois, sendo que todos apresentaram ângulo Hue entre 0 e 90°, corroborando com o resultado da croma e caracterizando uma coloração entre amarelo e vermelho.

Caracterização físico-química

O pH é um dos fatores importantes que implicam diretamente nas propriedades sensoriais e nutricionais dos alimentos (9). Pela tabela 3 observa-se, que o pH nos estágios II e III se diferem do estágio I, mas, entre si não apresentam diferença significativa. O pH é um atributo de qualidade e que proporciona a conservação da polpa, evitando o crescimento de leveduras. Logo valores de pH baixos são importantes, pois conseguem assegurar a conservação da polpa sem precisar de tratamento térmico elevado. Desse modo, as medias encontradas para pH variou de 4,22 a 5,29, ou seja, as polpas de castanholas nos três estágios de maturação necessitam de um maior tratamento térmico para que não haja perda de qualidade nutricional.

A acidez é um parâmetro relevante na avaliação do estado de conservação de um produto alimentício (10). As polpas de castanholas apresentaram variação de 0,33 a 0,49% de acidez, estatisticamente os estágios I e II não apresentaram diferença significativa entre si, mas, se diferem do estágio III, o qual possui maior valor de acidez titulável. Acidez geralmente diminui conforme o fruto amadurece, afetando o odor, sabor, cor, manutenção de qualidade e estabilidade. No caso, da polpa de castanhola a acidez continuou aumentando, como mostra a tabela 3.

Tabela 3 – Valores médios e desvios padrões das análises físico-químicas da polpa de castanhola em diferentes estágios de maturação.

Parâmetros físico-químicos	I	II	III	CV%
pH	5,29±0,29 ^a	4,22±0,02 ^b	4,25±0,10 ^b	4,06
AT (% de ácido cítrico)	0,33±0,02 ^b	0,35±0,05 ^b	0,49±0,08 ^a	8,30
Umidade (%)	91,66±0,61 ^{ab}	92,11±1,39 ^a	89,40±0,13 ^b	1,18
Cinzas (%)	1,03±0,05 ^a	1,12±0,23 ^a	1,33±0,12 ^a	13,20
Açúcares solúveis totais (%)	6,18±0,10 ^c	8,25±0,14 ^a	7,14±0,03 ^b	11,76

ATT = acidez total titulável. CV = coeficiente de variação. Médias seguidas pela mesma letra na horizontal não diferem estatisticamente entre si pelo Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

De acordo com a tabela 3, as amostras diferiram significativamente ao nível de 5% de probabilidade para o parâmetro de umidade. Sabe-se que a umidade representa a quantidade de água contida no alimento e percebe-se que o estágio de maturação II (estando parcialmente maduro), apresentou uma maior média comparada aos demais estágios, isto é, um alto teor de água que causa maior risco de alta perecibilidade e isso pode ser explicado devido o fruto já se encontrar com suas características desenvolvidas, influenciando em conter maior quantidade de macronutrientes em sua composição. Ademais, os três estágios de maturação apresentam valores de umidade dentro do esperado, segundo o Instituto Adolfo Lutz (5), que indica teores de umidade em frutas na faixa de 65-95g/100g, além de SOUZA (2016) (1), o qual encontrou cerca de 82,5% de umidade em castanhola.

O resíduo mineral fixo ou cinzas das amostras não apresentaram diferença significativa entre os estágios de maturação. Os resultados encontrados mostram que o conteúdo de minerais, segundo pesquisas, está dentro do esperado, sendo um valor considerável a quantidade de minerais presentes nas amostras. Em análise da polpa do fruto de mandacaru, foram encontrados valores de cinzas superiores a 0,56%, segundo Pereira et al (2013) (11), resultados esses próximos aos encontrados nesta pesquisa, que também se aproximam da faixa de valores indicado pelo Instituto Adolfo Lutz (5), no qual para alimentos como frutas, deve estar entre 0,3 e 2,1g/100g.

A análise de açúcares em alimentos é de suma importância no controle da qualidade, além dos mesmos serem responsáveis pelo *flavor*, cor e textura do produto. O conhecimento da composição qualitativa e quantitativa dos açúcares em um alimento auxilia em seu processamento e no atendimento das características impostas pela legislação para o produto (12). Os teores encontrados foram significativamente diferentes entre si e está em conformidade com o processo de amadurecimento natural do fruto, visto que ao longo da maturação até o completo amadurecimento ocorre elevação nas concentrações de açúcares devido a conversão do amido, entretanto, após o completo amadurecimento, há um declínio nesses teores em função da sua utilização como fonte de energia. O comportamento de redução dos açúcares mediante o amadurecimento do fruto também foi observado por Lopes (13), que encontrou teores de 14,3% para a castanhola amarela e 13,5% para a castanhola roxa. Esse teor de açúcar natural da fruta é de grande relevância para seu processamento, visto que reduz a quantidade de açúcar necessário para ser adicionado ao produto, o que é benéfico ao consumidor por obter um

produto mais saudável, e também para a indústria, que terá redução de gastos devido a menor quantidade necessária deste insumo.

CONCLUSÕES

As análises físicas indicaram que dos três estágios de maturação de polpa de castanhola a que mais se destacou foi o estágio II, parcialmente maduro com casca amarelo arroxeadada, por possuir maior comprimento, diâmetro, peso, densidade e elevado teor de sólidos solúveis, assim, o aproveitamento do fruto nesse estágio é possivelmente maior. Em relação às análises físico-químicas, o estágio II também sobressaiu com pH menor, mais ácido em relação aos outros estágios, o que indica maior conservação da polpa. Além disso, o resultado de açúcares totais foi maior para o estágio II, ou seja, elevados teores desses constituintes na matéria-prima implicam maior rendimento do produto.

REFERÊNCIAS

1. Souza, A. L. G. de. et al. Aproveitamento nutricional e tecnológico dos frutos da castanhola (*Terminalia catappa* Linn.). *Revista Pan-Amazônica de Saúde*, v. 7, n. 3, p. 23 – 29, 2016.
2. Do Rêgo, Emanuel Tarcísio; Dos Santos, Adriana Ferreira; Lopes, Maíra Felinto; Bezerra, Júlia Medeiros; Da Silva, Fernanda Vanessa Gomes. Componentes biométricos, físico-químicos, bioativos e antioxidantes em arazás em diferentes estádios de maturação. *Research, Society and Development*, 2020 Jul 06.
3. Ben, E.E.; Asuquo, A.E.; Owu, D.U. Comparative Effect of Aspirin, Meloxicam and *Terminalia catappa* Leaf Extract on Serum Levels of Some Inflammatory Markers in Alloxan Induced Diabetic Rats. *Asian Journal of Research in Biochemistry*. Nigéria, v.4, n.1, p.1- 10, 2019.
4. Dantas Ana Lima, Silva Silvanda de Melo, Dantas Renato Lima, de Sousa Alex Sandro Bezerra, Schunemann Ana Paula Pereira. Desenvolvimento, fisiologia da maturação e indicadores do ponto de colheita de frutos da umbugueira (*Spondias* sp.). *Revista brasileira de fruticultura*. 2016.
5. Instituto Adolfo Lutz. Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz. Métodos físico-químicos para análise de alimentos. 4ª ed. São Paulo, 2008. 1020p.
6. Yemm, E. and Willis, A.J. (1954) The estimation of carbohydrate in plant extracts by Anthrone. *Biochemical Journal*, 57, 508-514.

7. Santos Giannoni, J. A., Imamura, K. B., de Rossi, P. H. S., da Silva, V. B., Yanai, S. S., & Dorta, C. (2022). Caracterização física, química, bioquímica e microbiológica da pitaya vermelha (*Hylocereus costaricensis*) minimamente processada armazenada sob refrigeração. *Brazilian Journal of Animal and Environmental Research*, v. 5, n. 1, p. 438-449, 2022.
8. Dos Santos, Orquídea Vasconcelos; Soares, Stephanie Dias; Vieira, Evelyn Lais Santos; Lisbôa, Laís Ribeiro Corrêa; Pinto, Douglas Marley Lopes; Maciel, Adriano Cruz Da Costa. Propriedades antioxidativas e morfológicas da *Terminalia catappa* linn em diferentes estágios de maturação/ Antioxidative and morphological properties of the Terminal catappa linn in different stages of maturation. *BJDV [Internet]*. 2019.
9. Neris, Thamires Santos; LOSS, Raquel Aparecida; GUEDES, Sumaya Ferreira. Caracterização físico-química da seriguêla (*Spondias purpurea* L.) coletadas no município de Barra do Bugres/MT em diferentes estágios de maturação. *Natural Resources*, v. 7, n. 1, p. 9-18, 2017.
10. Do nascimento, Jaqueline Freitas et al. análise físico-química de polpas de acerola (*Malpighia glabra* l.) artesanais e industriais congeladas. *Pubvet*, v. 12, p. 131, 2018.
11. Pereira, M. C. et al. (2013). Characterization, bioactive compounds and antioxidant potential of three Brazilian fruits. *Journal of Food Composition and Analysis*, 29 (1). 19-24.
12. Kokkinidou, S.; Peterson, D.; Bloch, T.; Bronston, A. The important role of carbohydrates in the flavor, function, and formulation of oral nutritional supplements. *Nutrients*, v. 10, n. 6, p. 742, 2018.
13. Lopes, Caroline Brasil et al. Composição física e físico-química de frutos da *Terminalia catappa* Linn variedades roxa e amarela e de suas amêndoas, 2021.

CAPÍTULO 75

FRUTO DA CASTANHOLA: ESTUDO DE SEUS COMPOSTOS BIOATIVOS EM DIFERENTES ESTÁGIOS DE MATURAÇÃO

Yasmin Jaine Alves de Lucena* ; Alison dos Santos Oliveira ; Juvêncio Olegário de Oliveira Neto ; Maíra Felinto Lopes ; Vitória Larissa Melquiádes da Silva 

*Autor correspondente – E-mail: yasmin.lucena10@gmail.com

Resumo: No Brasil, existem muitas espécies frutíferas que apresentam potencial para a alimentação humana, entretanto, ainda pouco exploradas, daí a importância da comunidade acadêmica para embasar e confirmar tais características. Entre essas espécies, destaca-se a castanhola (*Terminalia catappa*), a mesma possui uma polpa carnosa, contendo em seu interior uma semente arredondada oleaginosa, envolvida por uma casca muito dura. A coloração do fruto varia do verde ao amarelo e vermelho a depender do estágio de maturação e é utilizado na alimentação humana na sua forma in natura. Primeiramente, fez-se a obtenção da polpa do fruto em diferentes estágios de maturação e observou-se os seguintes compostos bioativos: antocianinas e flavonóides, clorofilas e carotenoides, betalainas, taninos, compostos fenólicos por extração em meio aquoso e alcóolico. Os dados das análises foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e em caso de significância estatística para o teste F, as médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$). Diante disso, o objetivo desse trabalho foi avaliar os compostos bioativos dos frutos da *Terminalia catappa* em diferentes estágios de maturação. Conclui-se que os diferentes estágios de maturação influenciam diretamente na composição e teor desses compostos presentes no fruto, fator determinante na escolha dos mesmos para aplicação em áreas da indústria alimentícia como produção de bebidas, produtos de panificação, doces e cremes.

Palavras-chave: *Terminalia catappa*; fruta; compostos fenólicos

Abstract: In Brazil, there are many fruit species that have potential for human consumption, however, still little explored, hence the importance of the academic community to support and confirm such characteristics. Among these species, the castanet (*Terminalia catappa*) stands out, it has a fleshy pulp, containing inside a rounded oleaginous seed, surrounded by a very hard shell. The color of the fruit varies from green to yellow and red depending on the stage of maturation and is used in human food in its in natura form. First, the pulp of the fruit was obtained at different stages of maturation and the following bioactive compounds were observed: anthocyanins and flavonoids,

chlorophylls and carotenoids, betalains, tannins, phenolic compounds by extraction in aqueous and alcoholic media. The analysis data were submitted to analysis of variance (ANOVA) and in case of statistical significance for the F test, the treatment means were compared using the Tukey test ($p \leq 0.05$). Therefore, the objective of this work was to evaluate the bioactive compounds of *Terminalia catappa* fruits at different stages of maturation. It is concluded that the different stages of maturation directly influence the composition and content of these compounds present in the fruit, a determining factor in their choice for application in areas of the food industry such as the production of beverages, bakery products, sweets and creams.

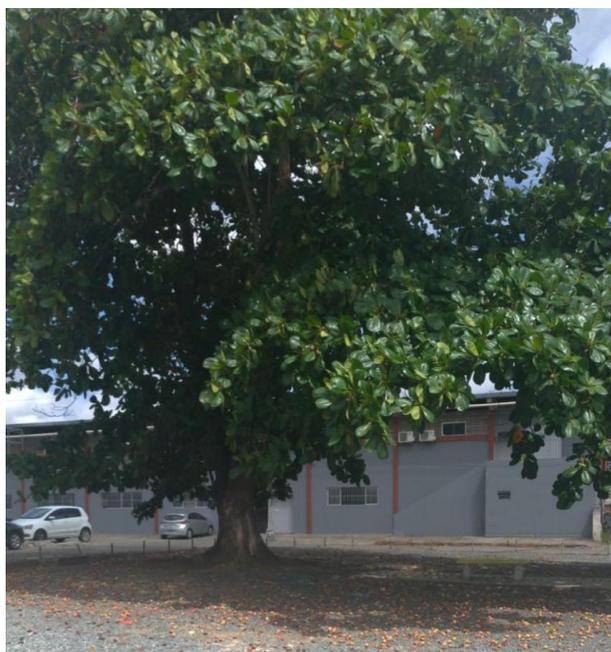
Key Word: *Terminalia catappa*; fruit; phenolic compounds

INTRODUÇÃO

No Brasil, existem muitas espécies frutíferas que apresentam benefícios para a alimentação humana com potenciais nutritivos e ação antioxidante, entretanto pouco exploradas, daí a importância das pesquisas para constatar fontes de compostos nutricionais e funcionais em diferentes espécies e estágios de maturação, especialmente pela presença de compostos bioativos que desempenham ação preventiva de doenças na saúde humana (1);(2).

A *Terminalia catappa* pertencente à família Combretaceae, é típica de regiões tropicais e subtropicais e muito utilizada na zona urbana para arborizar ambientes. Apesar de seu país de origem ser a Índia, chegou à América do Sul com propósito de reflorestamento e, atualmente, é comum na região do litoral brasileiro. O seu tronco pode ter formato reto ou torto, podendo variar de 25 a 45 m de altura e 50 a 150 cm de diâmetro, e sua safra ocorre normalmente entre os meses de novembro a março (3;4).

Figura 1 – Árvore de *Terminalia catappa* presente no distrito industrial de Campina Grande/PB



Fonte: Autoria própria (2022)

Os frutos da castanhola possuem uma polpa carnosa, contendo em seu interior uma semente arredondada e rica em óleo, envolvida por uma casca muito dura. A coloração do fruto varia do verde ao amarelo e vermelho a depender do estágio de maturação. São comestíveis, ricos em proteínas e lipídios e são utilizados na alimentação humana. A pigmentação natural presente no fruto da castanhola indica a presença de antocianinas, componentes de natureza fenólica, pertencentes ao grupo dos flavonóides, que apresentam atividade antioxidante. Os flavonóides possuem um papel fundamental na habilidade para capturar radicais livres e, assim, promover a prevenção de doenças crônicas, como o câncer e as doenças cardiovasculares (5).

Os atributos de composição físico-químicas dos frutos de castanhola são determinadas por seu estado de maturação, o percentual de compostos em macro e micronutrientes, elementos reguladores como as vitaminas, seu teor de água e o conteúdo de compostos bioativos são diretamente relacionados ao estado de evolução do fruto, que também tem influências direta das condições climáticas, intimamente associado a exposição ao sol, índice pluviométrico e umidade (6).

Compostos bioativos são substâncias orgânicas que podem ser adquiridas de plantas (frutas, vegetais e grãos) e/ou seus coprodutos, ou ainda, produzidos durante o processamento de alimentos, sendo capazes de regular diferentes atividades biológicas no organismo e trazendo benefícios a saúde com efeitos anti-inflamatório, antitumoral e antidiabético (7).

A castanhola já vem sendo analisada e utilizada para promover efeitos anti-inflamatórios, em virtude de suas propriedades antioxidantes que estão relacionadas aos flavonoides, polifenóis e taninos (8). Diante disso, o objetivo desse trabalho foi avaliar os compostos bioativos dos frutos da castanhola em diferentes estágios de maturação.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi executado no Laboratório de Tecnologia de Produtos de Origem Vegetal do Centro de Ciências e Tecnologia de Alimentos da Universidade Federal de Campina Grande, campus Pombal-PB.

Obtenção da polpa

Os frutos da castanhola foram colhidos de plantas localizadas na cidade de Campina Grande, no estado da Paraíba em quatro estágios de maturação: verde (estágio 1), de vez (estágio 2), parcialmente maduro (estágio 3) e totalmente maduro (estágio 4). Essa seleção está relacionada a coloração da casca, uma vez que os frutos do estágio 1 apresentavam a cor da casca verde, os do estágio 2, a cor verde amarelada, os do estágio 3 uma cor amarelo arroxeadado e os do estágio 4, totalmente arroxeadado (vináceo). Em seguida foram acondicionados em caixas plásticas e transportados para o laboratório. Após a chegada, realizou-se a higienização dos frutos por imersão em água clorada (100 ppm) durante 15 minutos e posterior enxágue em água corrente para retirar o excesso da solução de hipoclorito. Em seguida, os frutos tiveram seu caroço extraído por meio de descasque manual com o uso de faca, para que apenas a polpa fosse submetida ao Extrator de Suco Mondial Turbo Juicer Premium CF-06 para se obter a polpa mais líquida. Após obtenção da polpa do fruto em diferentes estágios de maturação, as amostras foram analisadas quanto aos seus compostos bioativos, cujas metodologias estão expressas a seguir.

Compostos fenólicos e Taninos

Os compostos fenólicos (utilizando como padrão o ácido gálico) e taninos (utilizando como padrão ácido tânico) foram determinados pelo método de Folin-ciocalteau descrito por Waterhouse (9). Inicialmente, obteve-se a curva padrão e a equação da reta. Para os compostos fenólicos foi feita a extração por meio aquoso e taninos, pesou-se 0,5 g de amostra adicionando-se 25 mL de água aos poucos, macerando bem. Após essa etapa de extração, em tubos de ensaio, adicionou-se uma alíquota de cada amostra, a água e o reagente Folin-ciocalteau (na parede do tubo e em água gelada) seguido de agitação e repouso por 5 minutos. Após o tempo de reação, adicionou-se 250 uL do carbonato de sódio, seguido de nova agitação e repouso em banho maria a 40°C por 30 minutos. Ao esfriar, realizou-se a leitura das amostras em espectrofotômetro em um comprimento de onda de 765 nm. Diferentemente dos aquosos, para a fase inicial de extração dos compostos fenólicos alcóolicos, o procedimento foi pesar 1 g da amostra

(em tubo de Falcon de 15 mL), adicionar 4 mL de metanol 50% e homogeneizar em vortex, deixando em repouso por 60 minutos a temperatura ambiente. Em seguida, centrifugou-se por 15 minutos a 15.000 rpm e transferiu-se o sobrenadante para outro tubo. A partir do resíduo da primeira extração, adicionou-se 4 mL de acetona 70%, homogeneizou-se em vortex deixando em repouso por 60 minutos, depois, centrifugou-se novamente por 15 minutos e transferiu-se o novo sobrenadante para o tubo que já continha o primeiro, finalizando com a adição de 2 mL de água destilada. Após esse processo de extração, a análise seguiu a sequência de etapas descritas anteriormente.

Antocianinas e flavonóides

A determinação de antocianinas e flavonóides foi realizada pelo método de Francis (10), pesando-se 1g de amostra, adicionando-se em seguida, 10 mL da solução de Etanol-HCl. Logo após, foi realizada a mistura durante 1 minuto, a qual foi recolhida em um tubo recoberto por papel alumínio e guardada na geladeira por 24 horas. Após esse período, a mistura foi filtrada em papel de filtro e completou-se o volume do tubo para 10 mL com a solução de etanol-HCl. Em seguida, realizou-se a leitura das amostras em espectrofotômetro em um comprimento de onda de 374 nm para flavonóides e 535nm para antocianinas.

Betaláínas

As betalaínas (betacianinas e betaxantinas) foram determinadas de acordo com Castellar et al. (11). Os extratos foram preparados utilizando a proporção etanol:água (80:20) como solução de extração. As amostras foram pesadas, cerca de 1g e maceradas em 10 mL de etanol 80%, sendo agitadas e armazenadas em geladeira por 24 h. Após isso, as amostras foram centrifugadas a 3.500 rpm durante 10 minutos a 24 °C. Depois, reservou-se o sobrenadante em uma proveta e adicionou-se ao resíduo mais 10 mL de etanol 80%, que foi submetido ao mesmo procedimento descrito anteriormente. Os dois sobrenadantes foram combinados na mesma proveta e o volume final ajustado para 25 mL com etanol 80%, sofrendo uma nova agitação. Ao final, realizou-se a leitura dos sobrenadantes em espectrofotômetro em um comprimento de onda de 535 nm e 480 nm, para betacianinas e betaxantinas, respectivamente.

Clorofila e carotenoides totais

A determinação de clorofila e carotenoides se deu pelo método de Lichtenthaler (12), pesando-se cerca de 200 mg de amostra, colocando-a em um almofariz, ao qual foi adicionado 0,2 g de carbonato de cálcio (CaCO₃) mais cerca de 3 mL de acetona 80%, macerando bem. Em seguida, verteu-se o extrato em um tubo de centrífuga e lavou-se o resíduo do almofariz com 2 mL de acetona a 80%, completando o volume para 5 mL. Então, centrifugou-se por 10 minutos a 10°C e 3000 rpm. Após essa etapa, verteu-se o sobrenadante para uma proveta de 10 mL e observe o volume. Ao final, realizou-se a

leitura de uma alíquota em espectrofotômetro nos comprimentos de onda de 470, 646 e 663 nm.

Análise estatística

O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado com três tratamentos e três repetições. Os dados das análises foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e em caso de significância estatística para o teste F, as médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$). Para a estatística dos dados, utilizou-se o programa ASSISTAT versão 7.7 pt.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos na identificação dos compostos bioativos das polpas nos diferentes estágios de maturação estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 – Identificação dos compostos bioativos de frutos de castanhola em quatro estágios de maturação.

Parâmetros	Formulações			
	E1	E2	E3	E4
Taninos (mg/100g)	1857,07±1,90 ^a	629,33±0,87 ^b	872,53±0,99 ^b	616,53±0,78 ^b
C. Fenólicos Aquosos (mg/100g)	-	93,81±2,47 ^c	210,91±8,73 ^a	172,14±8,43 ^b
C. Fenólicos Alcólicos (mg/100g)	-	38,90±1,47 ^c	48,51±1,89 ^b	71,85±1,41 ^a
Flavonóides (mg/100g)	7,78±0,23 ^c	7,86±0,33 ^{bc}	12,27±1,83 ^b	45,79±1,67 ^a
Antocianinas (mg/100g)	2,12±0,16 ^b	2,50±0,34 ^b	2,69±0,32 ^b	7,07±0,72 ^a
Betaxantinas (mg/100g)	24,14±1,19 ^b	20,55±0,48 ^b	21,80±2,40 ^b	58,41±3,10 ^a
Betacianinas (mg/100g)	102,74±1,90 ^c	74,18±2,30 ^c	375,13±3,60 ^b	424,82±3,30 ^a
Clorofilas totais (mg/100g)	2,86±0 ^a	0,45±0,15 ^b	0,195±0,06 ^b	0,26±0,04 ^b
Carotenoides totais (µg/g)	1,45±0,03 ^a	0,25±0,06 ^b	0,23±0,08 ^b	0,20±0,01 ^b

Fonte: O autor (2022). **E1** - Estágio de maturação 1; **E2** - Estágio de maturação 2; **E3** - Estágio de maturação 3 e **E4** - Estágio de maturação 4. Médias seguidas pela mesma letra na horizontal não diferem estatisticamente entre si pelo Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Os taninos são compostos de sabor adstringente encontrados em várias partes dos vegetais principalmente nas suas cascas e sementes, úteis na proteção contra possíveis pragas, pois contém odor repulsivo e alta capacidade de causar intoxicações em animais (13). Nota-se um valor muito elevado na polpa de castanhola no estágio de

maturação 1 (1857,07 mg/100g), o que era esperado, já que geralmente quanto mais verde o fruto, mais adstringente, consequentemente maior o teor de taninos a medida que vai amadurecendo resultando numa menor concentração de ácido tânico em E4, estado máximo de maturação onde o fruto atinge o ápice do desenvolvimento aumentando os teores de açúcares e reduzindo sua adstringência e quantidade de ácido tânico (13).

Quanto aos compostos fenólicos totais por extração aquosa e alcoólica, observa-se que os valores diferiram estatisticamente entre si ($p < 0,05$) para todos os extratos. Nos fenólicos aquosos, o tratamento E3 apresentou a maior média, com 210,91 mg EAG/100g, seguido dos tratamentos E4 e E2 com 172,14 e 93,81 mg EAG/100g, respectivamente. Já o extrato alcoólico o tratamento E4 apresentou o maior valor com 71,85 mg EAG/100g, seguido do tratamento E3 com 48,51 mg EAG/100g e do tratamento E2 com 38,90 mg EAG/100g. É possível observar que os extratos aquosos apresentaram maior valor de fenólicos totais que se assemelham ao trabalho de Silva et al. (14) que avaliando a extração de compostos fenólicos por extração aquosa e alcóolica do fruto da mangaba observaram que a extração aquosa apresentou valor superior quando comparada a extração alcoólica.

A polpa E4 obteve os maiores valores para antocianinas e flavonoides, isso acontece, pois coloração arroxeadada intensa presente no fruto da castanhola pode ser resultante dessa forte presença das antocianinas, um componente fenólico de atividade antioxidante pertencente ao grupo dos flavonoides que têm um papel fundamental na habilidade para capturar radicais livres e, assim, promover a prevenção de várias doenças. Assim, à medida que a polpa de castanhola vai amadurecendo ela vai mudando de uma coloração esverdeada passando pelo amarelo até um roxo intenso quando madura.

Foram verificados valores elevados de 58,41 e 424,82 mg/100g, para betacianinas e betaxantinas, respectivamente em E4, justamente por esta apresentar uma pigmentação roxa mais forte se comparada às demais. A presença dessas substâncias são responsáveis por propiciar uma coloração atraente e forte valor nutricional, no entanto elas são altamente instáveis, podendo ser perdidas na presença de luz e pH (15).

Em relação aos teores de clorofilas totais para os quatro estágios de maturação avaliados, observa-se que apenas a amostra E1 diferiu significativamente das demais ($p < 0,05$), apresentando maior média com valor de 2,86 mg/100g. Os outros estágios obtiveram médias menores, com valores entre 0,19 a 0,45 mg/100g. Silva (16), ao avaliar os compostos bioativos de castanhola verde, obteve valor de 7,830 mg/100g, resultado superior ao encontrado no presente estudo. O estágio de maturação em que o fruto se encontra verde, há uma maior concentração de clorofilas quando comparados com os estágios mais maduros. Os carotenóides estão presentes nos cloroplastos e podem ser camuflados pela presença de outros pigmentos clorofilinos, devido isso, apesar de presentes em maior quantidade no estágio verde, não são percebidos com facilidade, já que a clorofila é o pigmento que predomina. Porto (17).

Analisando os estágios estudados para o parâmetro de carotenoides totais, a amostra E1 diferiu estatisticamente das demais ($p < 0,05$) e apresentou maior média com valor de 1,45 $\mu\text{g/g}$. As outras amostras não diferiram entre si e obtiveram valores entre 0,25 a 0,20 $\mu\text{g/g}$. A medida que o fruto amadurece e a clorofila vai se degradando, os

carotenóides tornam-se mais visíveis em tons que variam do amarelo alaranjado ao vermelho. De acordo com Lima *et al.*, (18), os carotenóides são pigmentos naturais nos alimentos, alguns representantes dessa classe atuam como precursores da vitamina A e apresentam função regulatória e alta capacidade antioxidante; dado a essa função eles têm sido associados à prevenção de neoplasias, ao aumento da atividade do sistema imunológico, além de estarem relacionados à prevenção da maioria das Doenças Crônicas Não Transmissíveis (DCNTs).

CONCLUSÕES

Diante do exposto, esse estudo fornece informações a respeito dos quatro estágios de maturação do fruto da castanhola, onde foi possível observar que o fruto do E1 e E2 possui coloração variando de verde e amarela, quanto as antocianinas, flavonoides, betacianinas e betaxantinas o E4 apresentou maiores médias devido a sua coloração mais roxa, para os compostos fenólicos aquosos e alcóolicos as amostras E3 e E4 apresentaram maiores valores. Dessa forma, conclui-se que os diferentes estágios de maturação influenciam diretamente na composição e teor desses compostos presentes no fruto, fator determinante na escolha dos mesmos para aplicação em áreas distintas da indústria alimentícia como a área de bebidas, panificação, doces, cremes entre outros, mostrando assim o seu potencial.

REFERÊNCIAS

1. Serra, J.L.; Rodrigues, A.M.C.; Freitas, R.A.; Meirelles, A.J.A.; Darnet, S.H.; Silva, L.H.M. Alternative sources of oils and fats from Amazonian plants: fatty acids, methyl tocols, total carotenoids and chemical composition. **Food research international**. Maranhão, v.116, n.1, p.12-19, 2019.
2. Teixeira, N; Mello, J. C. S; Fronza, P.; Batista, L.F.; Paula-Souza, J.; Brandão, M.G.L. Edible fruits from Brazilian biodiversity: a review on their sensorial characteristics versus bioactivity as tool to select research. **Food research international**. Minas Gerais, v.119, n.1, p.325-48, 2019.
3. Katiki, L. M., Gomes, A. C. P., Barbieri, A. M. E., Pacheco, P. A., Rodrigues, L., Veríssimo, C. J., Gutmanis, G., Piza, A. M., Louvandini, H., Ferreira, J. F. S. Terminalia catappa: chemical composition, in vitro and in vivo effects on Haemonchus contortus. **Veterinary Parasitology**, v. 246, p. 118-123, 2017.
4. Marques, M. R., Paz, D. D., Batista, L. P. R., Barbosa, C. D. O., Araújo, M. A. M., Moreira-Araújo, R. S. D. R. An in vitro analysis of the total phenolic content, antioxidant power, physical, physicochemical, and chemical composition of

- Terminalia Catappa Linn fruits. **Food Science and Technology**, v. 32, n. 1, p. 209-213, 2012.
5. Uchida, V. H.; Miguel, T. B. V.; Mata, A. L. M.; Duarte, M. M. L. **Análise por planejamento experimental dos fatores que influenciam a extração do corante da castanhola**: Universidade Federal Do Rio Grande Do Norte, Programa De Pós-Graduação Em Engenharia Química. XX Congresso Brasileiro de Engenharia Química: Engenharia e Tecnologia de Alimentos, Florianópolis/SC, p. 1-8, 2014.
 6. Merelo, P.; Agustí, J.; Arbona, V.; Costa, M.; Estornell, L.H.; Gómezcadenas, A.; Coimbra, S.; Gómez, M.D.; Pérez-Amador, M.A.; Domingo, C.; Talón, M.; Tadeo, F.R. Cell wall remodeling in abscission zone cells during ethylene-promoted fruit abscission in citrus. **Frontiers in Plant Science**, v.8, p.1-20, 2017.
 7. Galanakis, C. M. Introduction. In C. M. Galanakis (Ed.), **Nutraceutical and functional food components. Effects of innovative processing techniques**, p. 1 – 14. London: Elsevier, 2017.
 8. Silva, L. P., de Angelis, C. D., Bonamin, F., Kushima, H., Mininel, F. J., Dos Santos, L. C., Delella, F. K., Felisbino, S. L., Vilegas, W., Rocha, L. R. M., Ramos, M. A. S., Bauab, T. M., Toma, W., Hiruma-Lima, C. A. Terminalia catappa L.: A medicinal plant from the Caribbean pharmacopeia with anti-Helicobacter pylori and antiulcer action in experimental rodent models. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 159, p. 285-295, 2015.
 9. Waterhouse, A. Folin-ciocalteau micro method for total phenol in wine. American Journal of Enology and Viticulture, p.3-5, 2006.
 10. Francis, F. J. Analysis of anthocyanins. In: MARKAKIS, P. (Ed.). **Anthocyanins as Food color**. New York: Academic Press, 1982, p. 181-207.
 11. Castellar, M. R.; Solano, F.; Obón, J. M. Betacyanin and other antioxidants production during growth of *Opuntia stricta* (Haw.) fruits. **Plant Foods Human Nutrition**, v.67, n.4, p.337-343, 2012.
 12. Miller, G. L. Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugar. **Analytical Chemistry**, v. 31, n. 3, p. 426-428, 1959.
 13. Rocha, W. S., Lopes, R. M., Silva, D. B. D., Vieira, R. F., Silva, J. P. D., & Agostini-Costa, T. D. S. Compostos fenólicos totais e taninos condensados em

- frutas nativas do cerrado. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 33, p. 1215-1221, 2011.
14. Silva, M. E. C.; Santos, E. B. S.; De Carvalho Marques, G. E.; Brandão, C. M.; & Cardoso, D. V. V. Hancornia speciosa Gomes: caracterização química, compostos bioativos e atividade antioxidante Hancornia speciosa Gomes: chemical characterization, bioactive compounds and antioxidant activity. **Brazilian Journal of Development**, v. 8, n. 3, p. 16439-14452, 2022.
 15. Priatni, S.; Pradita, A. Stability study of betacyanin extract from red dragon fruit (*Hylocereus polyrhizus*) peels. **Procedia Chemistry**, v. 16, p. 438-444, 2015.
 16. Silva, Gerbson Vicente de Andrade. **Compostos bioativos e avaliação centesimal da farinha da castanhola (*Terminalia catappa* Linn.)**. 2018. 38 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia de Alimentos, Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar Unidade Acadêmica de Tecnologia de Alimentos Curso de Graduação em Engenharia de Alimentos, Universidade Federal de Campina Grande, Pombal -PB, 2018.
 17. PORTO, R. G. C. L. Influência do estágio de maturação no teor de compostos bioativos e atividade no cajuí (*Anacardium humile* St. Hill) e castanhola (*Terminalia catappa* L.) – Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Piauí. Programa de pós-graduação em Alimentos e Nutrição – Teresina, 2014.
 18. Lima, Juliana Pinto de; LOPES, Cristiane de Oliveira; DIAS, Nayane Aparecida Araújo; PEREIRA, Michel Cardoso de Angelis. Atividade e Biodisponibilidade dos Carotenóides no Organismo: activity and bioavailability of carotenoids in body. **Revista Ciências em Saúde**, Lavras - Mg, v. 2, p. 1-9, 01 jan. 2012.

DOI: <https://doi.org/10.53934/9786585062039-76>

CAPÍTULO 76

ELABORAÇÃO DE FARINHA A PARTIR DE RESÍDUO CERVEJEIRO

Isabele de Reis Siqueira *; Mariana Sodré Castrillon ; Káren Maciel Pires 
; Andressa Carolina Jacques ; Catarina Motta de Moura 

*Autor correspondente (Corresponding author) – Email:
isabelesiqueira.aluno@unipampa.edu.br

Resumo: Na produção de cerveja gera-se em torno de 20 kg de bagaço de malte a cada 100 L de cerveja. Esse resíduo apresenta alto teor nutritivo, devido à sua composição nutricional, em geral, é considerado um material lignocelulósico rico em proteínas e fibras. Pensar em formas de aliar sustentabilidade e saúde nas atividades produtivas é um grande desafio para empreendedores e pesquisadores do século XXI. Realizar um reaproveitamento dos resíduos da indústria cervejeira, pela transformação do bagaço de malte em farinha, pode ser uma alternativa para agregar valor nutricional ao produto final e para o desenvolvimento de um novo produto. O objetivo deste trabalho foi o desenvolvimento de farinha do bagaço de malte e a caracterização físico-química do bagaço e da farinha obtida. Para as análises seguiu-se a metodologia oficial do Instituto Adolfo Lutz. Foram utilizados resíduos de bagaço de malte de três diferentes tipos de cervejas: *Pilsen*, IPA (*Indian Pale Ale*) e *Black IPA*. A farinha que apresentou uma maior quantidade de proteína ($20,52 \pm 0,08$) e fibra bruta ($66,01 \pm 2,32$) foi a do bagaço de malte utilizado na produção da cerveja do tipo IPA. Com isso, observar-se que em comparação com a farinha de trigo, a farinha do bagaço de malte se mostrou uma opção melhor no desenvolvimento de novos produtos além de agregando valor nutricional para o produto final.

Palavras-chave: bagaço de malte; farinha; reaproveitamento

Abstract: In beer production, around 20 kg of malt bagasse is generated for every 100 L of beer. This residue has a high nutritional content, due to its nutritional composition, in general, it is considered a lignocellulosic material rich in proteins and fibers. Thinking about ways to combine sustainability and health in productive activities is a great challenge for entrepreneurs and researchers in the 21st century. Reusing waste from the brewing industry, by transforming malt bagasse into flour, can be an alternative to add nutritional value to the final product and for the development of a new product. The objective of this work was the development of malt bagasse flour and the physicochemical characterization of the bagasse and the flour obtained. For the analysis, the official

methodology of the Instituto Adolfo Lutz was followed. Malt bagasse residues from three different types of beers were used: Pilsen, IPA (Indian Pale Ale) and Black IPA. The flour that presented the highest amount of protein (20.52 ± 0.08) and crude fiber (66.01 ± 2.32) was the malt bagasse used in the production of IPA type beer. With this, it can be observed that compared to wheat flour, malt bagasse flour proved to be a better option in the development of new products in addition to adding nutritional value to the final product.

Key Word: malt bagasse; flour; reuse

INTRODUÇÃO

O Brasil consome cerca de 10,3 bilhões de litros de cerveja por ano, o que o coloca na quarta posição entre os maiores consumidores de cerveja no mundo, atrás da China (35 bilhões de litros/ano), seguida pelos Estados Unidos (23 bilhões de litros/ano) e da Alemanha (10,7 bilhões de litros/ano) (1). Dados do Anuário da cerveja de 2021 apresentam que o Brasil possui 1.549 cervejarias registradas junto ao Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), representando um aumento de 12% em relação ao ano anterior. Além disso, o Rio Grande do Sul é o segundo estado que possui o maior número cervejarias do Brasil, sendo 285 cervejarias no total, ficando atrás de São Paulo que contém 340 (2).

Segundo o Decreto nº 9.902, de 8 de julho de 2019, cerveja é a bebida resultante da fermentação, a partir da levedura cervejeira, do mosto de cevada malteada ou de extrato de malte, submetido previamente a um processo de cocção adicionado de lúpulo ou extrato de lúpulo, hipótese em que uma parte da cevada malteada ou do extrato de malte poderá ser substituída parcialmente por adjunto cervejeiro (3). Durante o processo de fabricação da cerveja ocorre a geração de três diferentes resíduos sólidos, são eles: o bagaço de malte, a levedura residual e o *trub*, que são retirados em diferentes etapas do processo. O bagaço de malte é retirado após a etapa de brassagem, sendo este o resíduo que representa cerca de 85% do resíduo total gerado, onde a cada 100 L da bebida produzida, 20 kg do bagaço são gerados, e se descartados em locais inapropriados provocam problemas ambientais (4).

O bagaço do malte tem um alto teor nutritivo, além de ser considerado um material lignocelulósico, rico em proteínas e fibras, no qual representam cerca de 20 e 70% da sua composição respectivamente. Os teores são influenciados pela origem do grão da cevada, pelo processo, tipo da cerveja produzida, adição ou não de adjuntos (5). Pensar em formas de aliar sustentabilidade e saúde nas atividades produtivas é um grande desafio para empreendedores e pesquisadores do século XXI (6). Por isso, o reaproveitamento dos resíduos da indústria cervejeira, pela transformação em farinha, pode ser uma alternativa para agregar valor nutricional para o produto final e para o desenvolvimento de um novo produto, o que pode se tornar uma alternativa para as indústrias cervejeiras darem um novo fim para estes resíduos, agregando valor ao mesmo.

A partir do exposto, este trabalho tem por objetivo o desenvolvimento da farinha do bagaço de malte e a caracterização físico-química do bagaço de malte e da farinha obtida.

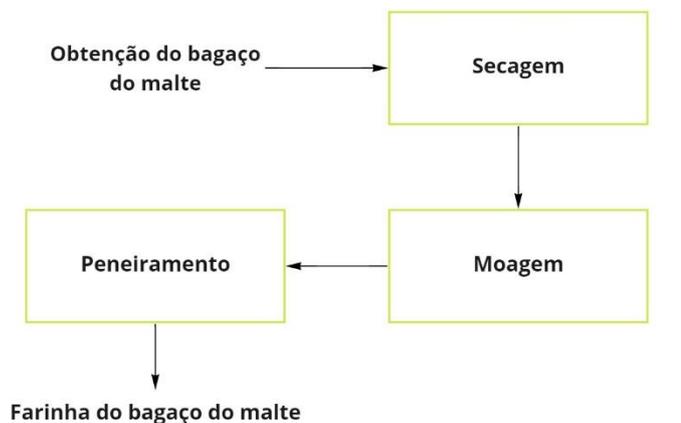
MATERIAL E MÉTODOS

O projeto foi desenvolvido nos laboratórios do curso de Engenharia de Alimentos da Universidade Federal do Pampa (UNIPAMPA), campus Bagé, Rio Grande do Sul.

Os bagaços de malte foram fornecidos por micro cervejarias da região, estes foram obtidos da filtração do mosto, após a etapa de mosturação. Foram utilizados bagaços de malte da produção de três diferentes tipos de cerveja: tipo *Pilsen*, IPA (*Indian Pale Ale*) e *Black IPA* para elaboração das farinhas.

O material coletado foi armazenado em *freezer* (-18°C) até o momento de sua utilização. Para sua utilização na secagem, a amostra foi descongelada sob refrigeração (4°C) por um período de aproximadamente 24 h. Em seguida, foi encaminhada para a secagem em estufa com circulação forçada de ar (modelo 400 – 4ND), com velocidade 2 m/s na temperatura de 60°C , segundo metodologia proposta por Bourscheidt *et al* (7) e Batista, Santos e Jacinto (8). Após a secagem o malte foi submetido a moagem em um móido em moinho de facas (modelo MA-580), para obtenção da farinha com granulometria de $250\ \mu\text{m}$, conforme legislação para farinha de trigo conforme a Instrução normativa 8 de 3 de junho de 2005 (9). A Figura 1 apresenta o fluxograma para a obtenção da farinha do bagaço de malte.

Figura 1 - Fluxograma de produção da farinha do bagaço de malte.



Fonte: Autora, 2022.

Para a composição centesimal das diferentes farinhas do bagaço do malte foram realizadas as análises de umidade, cinzas, proteínas, lipídeos, fibras, seguindo metodologia oficial do Instituto Adolfo Lutz (10).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos pelas análises físico-químicas dos três tipos de bagaço de malte estão apresentados na Tabela 1, sendo BM *Pilsen* o bagaço de malte da cerveja do tipo *Pilsen*, BM IPA o bagaço de malte da cerveja do tipo IPA e BM *Black IPA* o bagaço de malte da cerveja do tipo *Black IPA*. Todas as análises foram realizadas em triplicata.

Tabela 1 – Resultados obtidos para os bagaços de malte.

Parâmetros	BM <i>Pilsen</i>	BM IPA	BM <i>Black IPA</i>
Umidade (%)	73,38 ± 0,17	74,97 ± 1,24	74,92 ± 0,49
Cinzas (%)	0,65 ± 0,08	0,66 ± 0,05	0,65 ± 0,05
Proteínas (%)	6,26 ± 0,81	6,48 ± 0,97	4,88 ± 0,33
Lipídeos (%)	5,47 ± 0,48	5,65 ± 1,18	5,17 ± 0,01

Fonte: Autora, 2022. Valor médio ± desvio médio (n=3 repetições)

Como pode ser observado pela Tabela 1, o bagaço de malte obtido da elaboração da cerveja do tipo IPA foi o que obteve resultados mais satisfatórios em relação ao teor de cinzas (0,66%), lipídeos (5,65%) e proteínas (6,48%), porém apresentou em torno de 74,97% de umidade.

Mathias, Mello e Servulo (10) encontraram um valor de 82,6% de umidade e 3,85% de cinzas para o bagaço de malte da cerveja tipo *Pilsen*. Neste trabalho obteve-se valores inferiores no parâmetro umidade isso pode ser atribuído à quantidade de água absorvida durante a mostura e também a granulometria dos grãos de malte utilizado.

Vale ressaltar que valores de umidade elevados juntamente com a composição do bagaço do malte, tornam-no suscetível a uma rápida deterioração e por isso há necessidade de uma operação de secagem, favorecendo uma vida de útil maior assim como uma maior facilidade de armazenamento.

Em relação ao teor de cinzas desta pesquisa, o bagaço de malte seco obteve um resultado de 2,81% para o malte utilizado na elaboração da cerveja tipo *Pilsen*; 2,19% para o malte da cerveja tipo *Black IPA* e 2,53% para o malte da cerveja tipo IPA. Massardi, Massini e Silva (11) encontraram 3,76% de cinzas nas amostras de bagaço de malte, Chaves (12) (não especificado o tipo de cerveja produzida) obteve resultados semelhantes ao presente estudo, para o teor de cinzas das amostras secas e Moreira *et al* (13) (não especificado o tipo de cerveja produzida) encontrou 2,97% de cinzas no bagaço de malte. O conteúdo de cinzas é importante para os alimentos que são ricos em minerais, implicando no seu valor nutricional (14). Com isso, é possível determinar a eficácia nutricional do alimento.

Os resultados encontrados para as análises físico-químicas para as farinhas do bagaço de malte estão apresentados na Tabela 2.

Tabela 2 - Resultados obtidos para a farinha do bagaço de malte.

Parâmetros	<i>Pilsen</i>	IPA	<i>Black IPA</i>
Umidade (%)	8,13 ± 0,01	6,67 ± 0,07	7,51 ± 0,06
Cinzas (%)	3,33 ± 0,1	2,53 ± 0,10	1,92 ± 0,27
Proteínas (%)	19,73 ± 0,67	20,52 ± 0,08	13,09 ± 0,87
Lipídeos (%)	8,75 ± 0,07	7,91 ± 0,71	8,71 ± 0,28
Fibras bruta (%)	63,46 ± 1,05	66,01 ± 2,32	65,57 ± 1,09

Fonte: Autora, 2022. Valor médio ± desvio médio (n=3 repetições)

Segundo Moreira *et al* (15) os resultados encontrados para proteínas, lipídeos e cinzas para a farinha do bagaço de malte (não especificado o tipo de cerveja produzida) foram 14,44%, 6,3% e 2,97% respectivamente. Teixeira *et al* (16) encontraram valores para umidade, cinzas, proteínas, lipídeos e fibra bruta de 5,2%, 3,4%, 12,5%, 5,9%, 27,6%, respectivamente (não especificado o tipo de cerveja produzida). As diferenças nos resultados que foram encontrados neste estudo podem ser justificadas pelo fato de diversos fatores influenciarem na composição centesimal do bagaço de malte, como: tempo de colheita, variedade da cevada, cereais que são utilizados durante a maltagem, além da preparação do mosto. Conforme Tabela 2 ao realizar uma comparação entre as três farinhas do bagaço de malte, consegue-se observar que a farinha obtida do bagaço utilizado na elaboração da cerveja tipo IPA foi a que obteve um menor teor de umidade (6,67%), maior teor de proteínas 20,52% e de fibras bruta 66,01%, o que dá indício de que é a melhor opção para elaboração de um produto mais nutritivo quando se fala em valor proteico e de fibras, já que o bagaço de malte é conhecido pelo seu alto índice de proteínas e fibras.

Segundo a Tabela Brasileira de Composição de Alimentos (17) a farinha de trigo tem a seguinte composição centesimal: 13% de umidade, 0,8% de cinzas, 9,8% de proteínas, 1,4% de lipídeos e 2,3% de fibras alimentares.

Quando se comparado com a farinha de trigo, as farinhas do bagaço de malte têm valores mais baixos para umidade, o que a torna mais segura em relação a contaminação microbiana. Em relação ao teor de cinzas as farinhas do bagaço de malte obtiveram valores mais elevados comparados com a farinha de trigo, o que mostra que as farinhas do bagaço de malte têm maiores resíduos inorgânicos. A quantidade de proteínas e lipídeos também foram maiores quando comparada com a farinha de trigo.

Considerando o rico potencial nutricional da farinha de malte, apresentado nesta pesquisa, o processamento em forma de farinha apresenta-se como uma técnica eficiente para manutenção da qualidade higiênico-sanitária destes produtos que podem ser utilizados em diversas preparações alimentícias, colaborando com a segurança alimentar e reduzindo a poluição ambiental.

CONCLUSÕES

Pelas análises realizadas, foi possível compreender pela composição centesimal da farinha elaborada a partir do resíduo de produção de cerveja, o bagaço de malte, que existe um potencial da sua incorporação como ingrediente alimentar. Isso se dá pelo seu alto teor de proteínas e fibras.

A farinha com melhor composição centesimal foi a do bagaço de malte da cerveja do tipo IPA, na qual obteve os resultados de 6,67% de umidade, 2,53% de cinzas, 20,52% de proteínas, 7,91% de lipídeos e 66,01% de fibras bruta. Com isso, consegue-se observar que quando comparada com a farinha de trigo, a farinha do bagaço de malte se mostrou uma opção melhor devido a suas características nutricionais.

Promover a reutilização do bagaço de malte na alimentação humana apresenta um caráter mais sustentável e que deve ser explorado pelas suas características nutricionais, visto que hoje existem mais de 33 milhões de brasileiros que são acometidos pela insegurança alimentar. Por isso, explorar maneiras de reaproveitar alimentos pode ser uma solução para melhorar a qualidade de vida da população brasileira.

AGRADECIMENTOS

A Universidade Federal do Pampa pelo uso dos laboratórios, as cervejarias locais que forneceram os bagaços de malte, ao Programa de Desenvolvimento Acadêmico da Unipampa, a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio Grande do Sul (Fapergs) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).

REFERÊNCIAS

1. Rosa NA, Afonso JC. A química da cerveja. *Química nova na escola*. 2015; 37:98-105.
2. Brasil. Anuário da cerveja: 2021. 2021 [acesso em 9 Set 2021]. Disponível em: http://www.cervbrasil.org.br/novo_site/wp1.content/uploads/2021/04/anuariocerveja2.pdf.
3. Brasil, Decreto nº 9.902, de 8 de julho de 2019. Regulamento da Lei nº 6.871 de 4 de junho de 2009, que dispõe sobre a padronização, a classificação, o registro, a inspeção, a produção e a fiscalização de bebidas. *Diário Oficial União*. 9 jul 2019; Seção 1.
4. Colpo I, Funck VM, Martins MES. Waste Management in Craft Beer Production: Study of Industrial Symbiosis in the Southern Brazilian Context. *Environmental Engineering Science*. 2021; 39:418-430.

5. Rech KPM, Zorzan V. Aproveitamento de resíduos da indústria cervejeira na elaboração de cupcakes [trabalho de conclusão de curso]. Francisco Beltrão: Universidade Tecnológica Federal do Paraná.
6. Nascimento CS. Prospecção de produtos inovadores com a utilização do bagaço de malte na fabricação de gelatos [dissertação]. Maceió: Universidade Federal do Alagoas; 2020.
7. Bourscheidt, CT. et al. Estudo da secagem do bagaço de malte resíduo úmido obtido do processo industrial de cervejaria. II International Symposium on Agricultural and Agroindustrial Waste Management. 2011.
8. Batista EA, Santos NC, Jacinto RL. Estudo do processo de secagem do resíduo de malte gerado na produção de cerveja [trabalho de conclusão de curso]. Campina Grande: Universidade Estadual da Paraíba; 2016.
9. Brasil. Instrução Normativa nº 8, de 3 de junho de 2005, que aprova o regulamento técnico de identidade e qualidade da farinha de trigo. Diário Oficial União. 3 jun 2005.
10. Instituto Adolfo Lutz. Métodos físico-químicos para análise de alimentos. 4. Ed. 2008.
11. Mathias TRS, Mello PPM, Servulo EFC. Caracterização de resíduos cervejeiros. XX COBEQ. 2014; 1:3805-3812.
12. Massardi MM, Massini RMM, Silva DJ. Caracterização química do bagaço de malte e avaliação do seu potencial para obtenção de produtos com valor agregado. The Journal of Engineering and Exact Sciences. 2020; 6:83-91.
13. Chaves GP. Elaboração de barras de cereais com o bagaço de malte [trabalho de conclusão de curso]. Bagé: Instituto Federal Sul-rio-grandense; 2021.
14. Da costa GM, et al. Elaboração e caracterização físico-química de farinha de bagaço de malte. Alimentos: Ciência, Tecnologia e Meio Ambiente. 2020. 1:11-25.
15. Zambiazzi RC. Análise físico química de alimentos. Pelotas: Editora e gráfica universitária; 2010.
16. Teixeira AM, et al. Avaliação físico-química e sensorial de pães com diferentes proporções de farinha de bagaço de malte de cevada como fonte de fibra. AMBIÊNCIA. 2018; 14:439-448.

17. NEPA. Tabela brasileira de composição de alimentos. 4 ed. Campinas: Book Editora; 2011.

DOI: <https://doi.org/10.53934/9786585062039-77>

CAPÍTULO 77

A IMPORTÂNCIA DAS PLANTAS ALIMENTÍCIAS NÃO CONVENCIONAIS NA SOCIEDADE: REVISÃO DE LITERATURA

Ana Clara Caetano Menditi *

*Autor correspondente (Corresponding author) – Email: mentitianaclara@gmail.com

Resumo: As plantas alimentícias não-convencionais (pancs) são aquelas pouco populares no dia a dia da população. Maior parte dessas plantas são orgânicas, exóticas, nativas, não são transgênicas, e ainda por cima, possuem uma variedade de nutrientes em sua composição. Contam com substâncias que trazem benefícios, possuindo deste modo, ações anti-inflamatórias, antioxidante, anticarcinogênicas e antimicrobiana. Dentre as pancs, a planta ora-pro-nóbis é composta por diversos nutrientes no qual é indispensável o seu consumo. Mesmo exibindo efeitos antinutricionais, tem efeitos anti-inflamatórios, antioxidantes. É composta por minerais, lipídios, ácidos graxos insaturados, fibras, proteínas e compostos bioativos. Diversos estudos são citados para o desenvolvimento de novos produtos com esse tipo de planta, contudo, é necessário o aprofundamento das pesquisas, comprovando seus efeitos benéficos, bem como efeitos antinutricionais. O objetivo do trabalho foi elaborar uma revisão bibliográfica com os respectivos benefícios que as pancs trazem para a saúde e o desenvolvimento de produtos usando essas plantas.

Palavras-chave: Plantas, Benefícios, Nutrientes, Produtos.

Abstract:

Non-conventional food plants (NFCPs) are those that are not very popular in people's daily lives. Most of these plants are organic, exotic, native, non-transgenic, and on top of that, they have a variety of nutrients in their composition. They contain substances that bring benefits, thus possessing anti-inflammatory, antioxidant, anticarcinogenic, and antimicrobial actions. Among the pancs, the ora-pro-nobis plant is composed of several nutrients which its consumption is indispensable. Even though it exhibits antinutritional effects, it has anti-inflammatory, antioxidant effects. It is composed of minerals, lipids, unsaturated fatty acids, fiber, protein, and bioactive compounds. Several studies are cited for the development of new products with this type of plant, however, it is necessary to deepen the research, proving its beneficial effects, as well as its antinutritional effects. The objective of this work was to elaborate a literature review with the respective health benefits of Pancs and the development of products using these plants.

Keywords: Plants, Benefits, Nutrients, Products.

INTRODUÇÃO

Atualmente, a sociedade contemporânea tem buscado novos meios de mudanças em relação aos seus hábitos alimentares, aderindo um estilo de vida melhor, diversificando suas refeições, passando a consumir, portanto alimentos menos industrializados e sim mais saudáveis, ou seja, ricos em nutrientes, com o objetivo principal de obter uma qualidade de vida melhor (1; 2).

Diante disso, surgem as plantas alimentícias não convencionais (PANCS) os quais não são tão populares como as plantas consumidas diariamente. São plantas exóticas, nativas, cultivadas, que por vez contém uma variedade de nutrientes presentes em sua composição. São plantas que possuem uma ou mais partes comestíveis, podendo serem elaboradas de diversas formas para o consumo (3).

*Acerca do termo “não convencional”, é importante entender que este não faz referência a planta em si, ele vai ser relativo à regionalidade e à cultura, ou seja, de acordo com a região, determinada planta pode ser ou não considerada uma PANC. Como é o caso do umbu (*Spondias tuberosa* Arruda), que na maioria das cidades do Sul é considerada uma PANC, mas, no Nordeste, é uma planta que faz parte do cardápio cotidiano (4).*

As PANCS são plantas que crescem em qualquer meio e região, algumas já tem a tendência de se evoluir melhor em uma determinada região do que em outras. O uso dessas plantas em companhia com a refeição é importante, por serem saudáveis e ricas em nutrientes (1).

Por possuírem pouco conhecimento, a população caracteriza essas plantas como quaisquer tipos de matos presentes no meio ambiente, sendo consideradas até mesmo como ervas daninhas (1).

Mesmo que o conhecimento dessas pancs não seja tão comum pela sociedade, as substâncias presentes em sua composição trazem infinitos benefícios, possuindo deste modo, ações anti-inflamatórias, antioxidantes, anticarcinogênicas, bem como propriedades antimicrobianas, com habilidade de retardar certas doenças (5).

O uso das plantas na culinária é relevante na inclusão das refeições do dia a dia, principalmente em porções restritivas, como dietas. Onde o seu consumo pode funcionar como uma estratégia para manter a diversificação alimentar. Sendo consumida in natura, como também processada ou/ e minimamente processada (4).

O atual trabalho tem como objetivo de abordar os benefícios que as plantas alimentícias não convencionais trazem para a saúde e também o desenvolvimento de produtos usando essas plantas.

Benefícios nutricionais das PANCS

Existem no Brasil aproximadamente de 3 mil espécies de PANCS e, estudos tem demonstrado que em torno de 10% de toda flora nacional é formada por plantas alimentícias não aproveitadas, se perdendo vitaminas essenciais, fibras, antioxidantes e sais minerais, todos necessários para um bom funcionamento do organismo humano. Neste sentido podemos explorar a disseminação do conhecimento quanto aos benefícios do consumo das PANCS e, conseqüentemente, melhorar sua aceitabilidade (6).

A presença de nutrientes nas pancs é extremamente superior do que nas plantas domesticadas. Além de serem ricas em nutrientes, possuem baixo custo quando comparadas com hortaliças convencionais. Pelo simples fato de se desenvolverem facilmente em diversos lugares, a maioria delas são orgânicas, ecológicas e acima de tudo, não são transgênicas (7; 8).

Um dos principais problemas relacionados as pancs, é que essas não são cultivadas e por isso a lei da oferta e da procura, é baixa. Outro ponto a ser discutido está relacionado diretamente aos consumidores, pela falta de conhecimento e pela falta de criar novos hábitos alimentares, acabam não incluindo as pancs em sua alimentação. De certa forma, é um dos motivos pelos quais o mercado não consegue comercializar esse tipo de vegetal (9).

É relevante o aprofundamento de pesquisas sobre as plantas alimentícias não convencionais, comprovando assim seus benefícios e se caso há algum efeito contrário, ou seja, tóxico, ou antinutricional, que são propícios a levar em risco a saúde do consumidor (11).

Desenvolvimento de produtos

As plantas alimentícias não convencionais são consumidas pela sociedade como fontes alternativas, por exibirem excelentes fontes de nutrientes. Com isso, segundo Pozzebon (2021), citou que essas plantas são usadas para desenvolvimento de novos produtos, como por exemplo, a folha de peixinho, por ser uma fonte rica em fibras totais, onde efetuou o processo de desidratação dessa panc, para a elaboração de biscoitos (13).

Um das plantas considerada pouco popular no Brasil é a ora-pro-nóbis (*Pereskia aculeata*), pertencente da família Cactaceae, apresentam alguns nomes populares, como labrobó, lobrodo, guaiapá, groselha-da-américa, cereja-de-barbados, cipó-santo, mata-velha, trepadeira-limão, jumbeta(19). É uma planta originada da América Tropical, e também no Brasil, nas regiões Sul, Sudeste e Nordeste e principalmente com destaque nos estados de MG e GO (21).

Essa panc de fácil cultivo bem como de reprodução. Dentre os nutrientes, ela é composta por lipídios, ácidos graxos insaturados, ferro, cobre, fósforo, magnésio,

carboidratos, fibras, proteínas, compostos bioativos e assim por diante. Tende a retardar a ocorrência de certas doenças, como anemia ferropriva, câncer, osteoporose e à constipação intestinal. Tem ação antioxidante e anti-inflamatória(19). É uma espécie que contém uma variedade de plantas, como a ora-pro-nóbis laranja, branca, dourada e rosa (15; 12). Figura 1.



Figura 1. Ora-pro-nóbis do tipo a) branca e b) laranja (Fonte: Google).

É uma panc que pode ser consumida crua, refogada, ou em sopas. A sua farinha é muito utilizada na área de panificação, com a finalidade de enriquecer diversos produtos e também na complementação de nutrientes no combate à desnutrição (16;18). A seguir na Tabela 1 apresenta a composição química da farinha de ora-pro-nóbis (15).

Parâmetros Kcal – g.100g	Farinha de ora-pro-nóbis
Valor energético	323,63±1,17
Umidade	5,90±0,09
Cinzas	17,83±0,04
Carboidratos	48,39±0,96
Proteínas	24,17±0,98
Gordura Total	3,71±0,16
Fibra Alimentar Total	32,80±1,88
Sódio	0,062±0,007
Cálcio	3,41±0,02
Potássio	1,9±0,022

Tabela 1. Composição química de farinha de ora-pro-nóbis (Fonte: Fink et al., 2018).

Alguns estudos aplicaram novas formulações para o desenvolvimento de pães a partir da planta ora-pro-nóbis e a bertalha. Um outro estudo, usou na formulação de macarrão, farinhas de ora-pro-nobis. Posto isto, os produtos produzidos por essas

espécies, exibiram resultados satisfatórios referente a análise sensorial, sendo como uma alternativa a possibilidade de aplicar essas plantas na formulação de novos produtos (12).

Muitos produtos alimentícios vêm sendo desenvolvidos como mecanismos de melhorar a sua formulação através da incorporação de adição de plantas alimentícias não convencionais, como meio de enriquecer e tornar menos danosos. Assim dizendo, um estudo buscou analisar a presença de farinhas de Batata Yacon, Moringa e ora-pro-nóbis na produção de hambúrguer bovino. Onde obtiveram uma redução significativa no teor de gorduras e carboidratos, e um aumento superior no teor de proteínas, fibras alimentares e cinzas (17).

Piccini *et al* (15) , desenvolveu hambúrguer vegetariano e bebida fermentada, usando como base a proteína de folhas de ora-pro-nóbis, constata que a matéria-prima pode ser usada para o desenvolvimento de novos produtos, melhorando assim o perfil nutricional dos mesmos.

CONCLUSÕES

Perante a isso, nota-se que as plantas alimentícias não convencionais, como a ora-pro-nóbis é bem nutritiva. Além do mais, essas plantas, de maneira geral, são cultivadas por sistemas sustentáveis, ou melhor, não utilizam o uso de produtos químicos, que além de beneficiar a saúde humana, contribui significativamente para o meio ambiente. Contudo, é importante ampliar a divulgação/comércio dessas espécies para a sociedade e aprofundar nas pesquisas sobre o seu uso e forma de consumo.

REFERÊNCIAS

1. Lopes T. A. J., Sousa W. G. M., Abreu M. C. CARACTERIZAÇÃO DE PLANTAS ALIMENTÍCIAS NÃO CONVENCIONAIS PERTENCENTES À FAMÍLIA LAMIACEAE BASEADA EM DADOS BIBLIOGRÁFICOS. *Biodiversidade*, Piauí, 2021, 20 (2):63-92.
2. Liberato, P, S., Lima, D, V, T., Silva, G, M, B. PANCs – Plantas Alimentícias não convencionais e seus benefícios nutricionais. *Environmental Smoke*. João Pessoa, 2019, 2 (2): 102-111.
3. Tuler, A, C., Peixoto, A, L., Silva, N, C, B. Plantas alimentícias não convencionais (PANC) na comunidade rural de São José da Figueira, Durandé, Minas Gerais, Brasil. *Rodriguésia*. Rio de Janeiro, 2019, 70: 1-12.
4. Bezerra, J, A., Brito, M,M. Potencial nutricional e antioxidantes das Plantas alimentícias não convencionais (PANCs) e o uso na alimentação: Revisão. *Research, Society and Development*. São Paulo, 2020, 9 (9): 1-11.
5. Nunes, L, V., Giannoni, J, A., Costa, A, G., Ferreira, A, C., Rossi, P, H, S., Favoni, S, P, G. Avaliação do conhecimento sobre plantas alimentícias não convencionais (panc) por meio de questionário da plataforma google forms aplicado à população. *Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação- REASE*. São Paulo, 2021, 7 (7): 250-261.

6. Garcia E. L., Ciccone C. E. ANÁLISE QUALITATIVA E LEVANTAMENTO DAS PANCs NATIVAS DA CIDADE DE BOTUCATU/SP. *Tekhne e Logos*, 2020, 11(3):82-92.
7. Furtado G. C. Desenvolvimento e avaliação sensorial de antepasto com mangará (coração da bananeira) para cardápios de meios de hospedagem (*Musa spp*). Monografia (Programa de Graduação em Hotelaria) - Rio de Janeiro – RJ, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro – UFRRJ, 2018, 49p.
8. Terra, S, B., Viera, C, T, R. Plantas Alimentícias não convencionais (pancs): levantamento em zonas urbanas de Santana do Livramento, RS. *Ambiência-Revista do Setor de Ciências Agrárias e Ambientais*. Rio Grande do Sul, 2019, 15 (1): 112- 130.
9. Barroso A. B. PLANTAS ALIMENTÍCIAS NÃO CONVENCIONAIS DO NORDESTE: UMA REVISÃO. Monografia (Programa de Graduação em Engenharia de Alimentos) – Fortaleza – CE, Universidade Federal do Ceará – UFCE, 2021, 63p.
10. Botrel N., Freitas S., Fonseca M. J. O., Melo R. A. C., Madeira N. Valor nutricional de hortaliças folhosas não convencionais cultivadas no Bioma Cerrado. *Brazilian Journal of Food Technology*, Campinas, 2020 23:1-8.
11. Paschoal, V.; Souza, N.S. Plantas Alimentícias não convencionais (PANC). In: CHAVES, D. F. S., *Nutrição Clínica Funcional: compostos bioativos dos alimentos*. VP Editora, 2015, p. 302-323.
12. Cunha M. A., Pinto L. C., Santos I. R. P., Neves B. M., Cardoso R. C. V. Plantas Alimentícias Não Convencionais na perspectiva da promoção da Segurança Alimentar e Nutricional no Brasil. *Research, Society and Development*, 2021, 3:1-13.
13. Pozzebon J. M. Cultivo, aspectos nutricionais e aplicação culinária de plantas alimentícias não convencionais (PANC). Monografia (Programa de Graduação em Nutrição) – Palmeira das Missões – RS, Universidade Federal de Santa Maria – RS, 2021, 45p.
14. Padilha M. R. F., Souza V. B. N., Shinohara N. K. S., Pimentel R. M. M. Plantas Alimentícias não Convencionais presentes em Feiras Agroecológicas em Recife: Potencial Alimentício. *Brazilian Journal of Development*, Curitiba, 2020, 6 (9): 64928-64940.
15. Fink S. R., Konzen R. E., Vieira S. E, Ordonez A. M., Nascimento C. R. B. Benefícios das Plantas Alimentícias não Convencionais-PANCs: Caruru (*Amaranthus Viridis*), Moringa Oleífera Lam. e Ora-pro-nóbis (*Pereskia Aculeata* Mill). *Pleiade*, 2018, 12(S1): 39-44.
16. Piccini C., Bortoluzzi E., Fiorentin G., Batista K., Fortes S. UTILIZAÇÃO DE ORA-PRO-NÓBIS (*Pereskia aculeata* Miller) EM ALIMENTOS: REVISÃO DA LITERATURA CIENTÍFICA E PESQUISA EXPLORATÓRIA. Trabalho Integrador apresentado ao curso Técnico em Alimentos – Xanxerê – SC, Instituto Federal de Santa Catarina – IFSC, 2020, 39p.

17. Ziegler V., Ugalde M. L., Veeck I. A., Barbosa F.F. Enriquecimento nutricional de hambúrguer com adição de componentes de plantas alimentícias não convencionais. *Revista Brasileira de Tecnologia de Alimentos*, Campinas, 2020, 23:1-12.
18. Kinupp, V. F., Barros, I. B. I. Teores de proteína e minerais de espécies nativas, potenciais hortaliças e frutas. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, 2008, 28, (4): 846- 857.
19. MELLO F. S. B. O. N. Plantas alimentícias não convencionais: uma alternativa para a economia criativa. Dissertação (Pós-Graduação em Desenvolvimento Local) – CAMPO GRANDE – MS, Universidade católica dom bosco, 2022, 52p.
20. BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. Secretaria Nacional de Defesa Agropecuária. Departamento Nacional de Defesa Vegetal. Regras para análise de sementes. Brasília: Departamento de Defesa Vegetal, 2010.
21. Callegari C. R., Filho A. M. M. Plantas Alimentícias Não Convencionais PANCs. Epagri, Florianópolis, 2017, 56p.

DOI: <https://doi.org/10.53934/9786585062039-78>

CAPÍTULO 78

CARACTERIZAÇÃO E ESTABILIDADE DE BANANA D'ANGOLA PRODUZIDA POR SECAGEM OSMO-CONVECTIVA

Aline Dias de Oliveira ; Marina Macêdo Fernandes ; Dyego da Costa Santos *; João Paulo de Lima Ferreira ; Thalís Leandro Bezerra de Lima 

*Autor correspondente (Corresponding author) – Email: dyego.csantos@gmail.com

Resumo: Considerando-se a importância alimentar que a banana cultivar D'Angola, popularmente conhecida como banana comprida, apresenta no estado do Acre e o seu curto período de preservação pós-colheita, objetivou-se produzir rodela de banana D'Angola desidratada pelo método osmo-convectivo, caracterizar os produtos obtidos e avaliar a sua estabilidade durante o armazenamento. Rodela de banana D'Angola com espessura média de 0,3 cm foram desidratadas osmoticamente em xarope de sacarose e melado de cana-de-açúcar na temperatura de 30 °C por 24 h, seguida de secagem a 40, 50 e 60 °C até massa constante. As rodela de banana desidratada osmo-convectivamente foram caracterizadas quanto a parâmetros físicos e químicos e armazenadas em embalagens laminadas em condições ambientais, com análises físicas e químicas no tempo inicial e a cada 10 dias de armazenagem, por 30 dias. De acordo com os resultados, evidenciou-se que tanto o agente desidratante quanto a temperatura de secagem convectiva contribuíram para alterações significativas nas rodela de banana. As amostras de banana pré-tratadas com melado detiveram os maiores resultados de umidade e acidez total titulável (ATT), enquanto que as amostras pré-tratadas com sacarose apresentaram os maiores dados para sólidos totais, pH, sólidos solúveis totais (SST) e relação SST/ATT. Em geral, a razão de reidratação foi maior na amostra pré-tratada com melado nas temperaturas de 40 e 50 °C. Ainda, as amostras desidratadas osmo-convectivamente detiveram boa estabilidade durante os 30 dias de estocagem em condições ambientais, não apresentando alterações significativas nos parâmetros físicos e químicos investigados.

Palavras-chave: armazenamento; banana comprida; desidratação; solução hipertônica

Abstract: Considering the nutritional importance that the banana cultivar D'Angola, popularly known as long banana, presents in the state of Acre and its short period of post-harvest preservation, the objective was to produce slices of banana D'Angola dehydrated by the osmo-convective method, characterize the products obtained and evaluate their stability during storage. D'Angola banana slices with an average thickness of 0.3 cm were osmotically dehydrated in sucrose syrup and sugar cane molasses at 30 °C for 24 h,

followed by drying at 40, 50 and 60 °C up to constant mass. The osmo-convectively dehydrated banana slices were characterized in terms of physical and chemical parameters and stored in laminated packaging under environmental conditions, with physical and chemical analyzes at the initial time and every 10 days of storage, for 30 days. According to the results, it was shown that both the dehydrating agent and the convective drying temperature contributed to significant changes in banana slices. The banana samples pre-treated with molasses had the highest results for moisture and total titratable acidity (TTA), while the samples pre-treated with sucrose had the highest data for total solids, pH, total soluble solids (TSS) and relation TSS/TTA. In general, the rehydration ratio was higher in the sample pre-treated with molasses at temperatures of 40 and 50 °C. Furthermore, the osmo-convectively dehydrated samples had good stability during the 30 days of storage under environmental conditions, showing no significant changes in the physical and chemical parameters investigated.

Key Word: storage; long banana; dehydration; hypertonic solution

INTRODUÇÃO

A banana (*Musa spp.*) é cultivada em mais de 130 países ao longo de regiões tropicais e subtropicais em todo o mundo, sendo que são conhecidas mais de 300 variedades produzidas em diferentes regiões (1). No Brasil, a banana é plantada em todos os estados, incluindo vários ecossistemas, com destaque para as cultivares Prata, Pacovan, Prata Anã, Maçã, Mysore, Terra e D'Angola, do grupo genômico AAB, utilizadas unicamente para o mercado interno, e Nanica, Nanicão e Grande Naine, do grupo AAA, usadas, principalmente, no mercado para exportação (2).

No estado do Acre, a bananeira é produzida em todos os 22 municípios, sendo que a cultivar D'Angola (conhecida no estado como banana-comprida) tem a maior área plantada e seu fruto é o mais consumido (na forma cozida, frita ou na forma de mingau) no estado em relação ao das outras cultivares. O Acre ainda tem baixa produtividade média, em torno de 10,5 t/ha/ano, índice 25% inferior à média nacional (3).

O fruto da bananeira está entre as frutas mais populares em todo o mundo, desempenhando importante papel na nutrição (4), ao se constituir em fonte de energia (1). É consumida em sua quase totalidade na forma *in natura* devido às características sensoriais e ao seu grande valor nutricional, apresentando quantidades significativas de vitaminas C, A, B1 e B2, elevado conteúdo de potássio e de fósforo, baixo teor de sódio e considerável proporção de carboidratos (5). Segundo dados do IBGE (6), o Brasil se destaca entre os cinco maiores produtores de banana do mundo, com uma produção aproximada de 6,8 milhões de toneladas em 464,5 mil hectares.

Como fruto climatérico, a banana apresenta uma vida de prateleira relativamente curta, o que representa um sério problema de conservação (5). Somados a isso, o elevado conteúdo de água aumenta a sua perecibilidade pós-colheita, devido às intensas atividades biológica e bioquímica. Assim, torna-se necessário a adoção de técnicas economicamente viáveis e tecnologicamente acessíveis para preservação dessa fruta. Dentre as

metodologias que podem ser empregadas, a desidratação osmótica seguida de secagem convectiva tem se mostrado promissora, devido a melhoria da qualidade do produto final, menor injúria térmica sofrida pelo produto durante a secagem com ar aquecido e maior retenção de nutrientes e de compostos bioativos (7-11).

A desidratação osmótica, também chamada de desidratação por impregnação, é um processo de transferência de massa onde a água é parcialmente removida do produto por imersão em soluções aquosas concentradas, tais como xaropes ou salmouras (7). A diferença de pressão osmótica estabelecida no sistema resulta no movimento de água do alimento para a solução osmótica, constituindo-se, ainda, num fluxo oposto de solutos do xarope para o alimento, em menor proporção. Ainda há um terceiro fluxo, o de retirada de sólidos do alimento para a solução, de menor relevância quantitativa, porém que pode causar importante redução de qualidade do alimento (8).

Em frutas, a transferência de massa durante o processo depende das características iniciais do tecido vegetal, como a maturação, o conteúdo de sólidos solúveis e insolúveis, os espaços intercelulares, a presença de gás, a proporção de substâncias pécicas e a atividade enzimática, além das próprias variáveis de processo (9).

Pelo fato de a desidratação osmótica remover apenas parte da água do alimento, considerada-se essa etapa um pré-tratamento e a desidratação convectiva com ar aquecido é posteriormente empregada (10). Para comercialização de produtos osmóticos desidratados é necessário reduzir ainda mais a quantidade de água do material e consequentemente sua atividade biológica. Assim, a aplicação de secagem com ar aquecido após a osmótica, recebe o nome de desidratação osmo-convectiva (11). Na secagem convectiva posterior, ocorre remoção de boa parte do conteúdo de água remanescente, até nível seguro para armazenagem. Além disso, há economia no consumo de energia na ordem de 20 a 30% (9).

Ainda que a literatura apresente uma grande quantidade de estudos acerca da desidratação osmótica e osmo-convectiva de bananas (12-14), não foram encontradas investigações aplicadas a bananas da cultivar D'Angola, o que reforça a necessidade e importância de realização deste estudo. Assim, objetivou-se produzir rodela de banana D'Angola desidrata pelo método osmo-convectivo, caracterizar os produtos produzidos e avaliar a sua estabilidade durante o armazenamento.

MATERIAL E MÉTODOS

Foram utilizadas bananas compridas da cultivar D'Angola provenientes de um pequeno produtor da cidade de Xapuri-AC/Brasil, em estágio de maturação compreendendo a escala 7 da classificação proposta por Alves et al. (15). A saber, cascas amarelas com pequenos pontos escuros. Para elaboração dos agentes osmóticos desidratantes foram utilizados a sacarose e a rapadura, ambos oriundos do comércio local.

As bananas e os insumos foram transportados adequadamente ao laboratório, onde foram elaborados dois agentes desidratantes com teor de sólidos solúveis totais (SST) padronizados em 60 °Brix. A sacarose e a rapadura foram dissolvidas em água destilada sob aquecimento brando em tacho aberto, para obtenção do xarope de sacarose e do

melado de cana-de-açúcar com teores de SST pré-estabelecidos. As bananas foram lavadas em água corrente, sanitizadas em solução clorada (100 ppm por 15 min) e enxaguadas em água corrente para a remoção do agente sanitizante. Em seguida, foram descascadas manualmente, cortadas em rodela com espessura de cerca de 0,3 cm e submetidas a branqueamento químico por imersão em solução de ácido cítrico (4% m/m) e ácido ascórbico (1% m/m) por 1 min. Na sequência, a solução foi drenada e a água superficial foi removida das rodela com uso de papel toalha absorvente.

As desidratações osmóticas foram conduzidas sob pressão atmosférica, sem agitação, na temperatura de 30 °C e em bandejas plásticas com capacidade para 2 L. Em cada bandeja foram adicionados as rodela de banana e o agente desidratante (xarope de sacarose e melado) na razão de 1:3 m/m, constituindo-se então em dois tratamentos. Decorridos o tempo da desidratação osmótica, foi removido o excesso das soluções desidratantes das rodela de banana e submeteu-as à desidratação convectiva complementar em desidratador (modelo Pratic Drayer digital/Meloni), nas temperaturas de 40, 50 e 60 °C e velocidade do ar de secagem de 1,8 m s⁻¹, até equilíbrio higroscópico com o ambiente, momento em que foram acondicionadas em embalagens laminadas.

As rodela de banana D'Angola desidratadas osmo-convectivamente foram desintegradas com uso de almofariz e pistilo e avaliadas quanto aos parâmetros de teor de umidade, sólidos totais, sólidos solúveis totais (SST), acidez total titulável (ATT) em ácido málico e pH segundo metodologias do Instituto Adolfo Lutz (16) e relação entre os SST e ATT para quantificação da sensação de doçura; adicionalmente, investigou-se as características de reidratação dos produtos não desintegrados (17).

A amostra de cada tratamento osmo-convectivo (melado e sacarose) que apresentou os melhores resultados quanto à caracterização física e química foi acondicionada em embalagem flexível laminada e estocada durante 30 dias em condições ambientais de Xapuri-AC/Brasil, entre os meses de junho a julho, com acampamento da evolução das características físicas e químicas através de análises periódicas no tempo inicial e a cada 10 dias de armazenagem. Os parâmetros investigados durante o armazenamento foram teor de umidade, sólidos totais, sólidos solúveis totais, acidez titulável em ácido málico, pH e relação SST/ATT, segundo métodos já descritos.

Os dados da caracterização e do armazenamento foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e a comparação de médias foi feita pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, usando-se o programa computacional *Assistat* versão 7.7 pt.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1 estão dispostas as características físicas e químicas das rodela de banana D'Angola produzidas pelo método de secagem osmo-convectivo. Verificou-se que, independentemente do agente hipertônico utilizado, as amostras tiveram todos os parâmetros analisados diferindo significativamente entre si ($p < 0,05$), indicando que a impregnação com melado de cana-de-açúcar (MCA) e xarope de sacarose (XSA) alteraram as características originais das bananas.

Os teores de umidade das rodela de banana reduziram ($p < 0,05$) a medida que a temperatura de secagem aumentava, apresentando em qualquer amostra conteúdos abaixo do máximo de 25% permitido para produtos de frutas secos ou desidratados (18). Isso é importante para assegurar a manutenção das características de qualidade durante a estocagem prolongada.

Por outro lado, os sólidos totais revelaram comportamento inversamente relacionado à umidade ($p < 0,05$), demonstrando maiores teores com os incrementos de temperatura. Em qualquer amostra, os sólidos totais apresentaram conteúdos de sólidos totais superiores a 85%, evidenciando concentração de componentes orgânicos e inorgânicos nas amostras, como amido, açúcares, minerais, além de compostos bioativos. Entretanto, deve-se salientar que investigações acerca da preservação de constituintes termolábeis fazem-se necessárias.

A acidez total titulável (ATT) aumentou ($p < 0,05$) com a elevação da temperatura de secagem em ambos os tratamentos, com incrementos de 31,58% e 34,08% nas amostras pré-tratadas com MCA e XSA, respectivamente. Ainda que a maioria das amostras tenha revelado ATT superior a 1,0%, observou-se que os valores de pH foram superiores a 4,65, não sendo identificado um comportamento claro deste parâmetro em função da temperatura de secagem. Apesar das bananas desidratadas pelo método osmoconvectivo terem apresentado características de pouca acidez ($pH > 4,50$), deve-se considerar que os baixos conteúdos de umidade asseguram a qualidade do produto, como já relatado.

Tabela 1 – Características físicas e químicas das rodela de banana D'Angola produzidas pelo método de secagem osmoconvectiva

Parâmetro	Temp. (°C)	Amostra	
		MCA	XSA
Umidade (% b.u)	40	14,40 ± 0,38 aA	10,40 ± 0,22 aB
	50	12,80 ± 0,29 bA	9,88 ± 0,19 aB
	60	12,02 ± 0,30 cA	8,71 ± 0,25 bB
Sólidos totais (%)	40	85,60 ± 0,38 cB	89,60 ± 0,22 bA
	50	87,20 ± 0,29 bB	90,12 ± 0,19 bA
	60	87,98 ± 0,30 aB	91,29 ± 0,25 aA
Acidez total titulável (%)	40	1,14 ± 0,01 cA	0,91 ± 0,01 cB
	50	1,29 ± 0,01 bA	1,03 ± 0,01 bB
	60	1,50 ± 0,01 aA	1,22 ± 0,02 aB
pH	40	4,77 ± 0,01 bB	4,87 ± 0,01 aA
	50	4,65 ± 0,02 cB	4,69 ± 0,01 bA
	60	4,80 ± 0,01 aB	4,87 ± 0,02 aA
Sólidos solúveis totais (°Brix)	40	40,04 ± 0,04 cB	43,82 ± 0,03 cA
	50	43,07 ± 0,06 bB	46,53 ± 0,03 bA
	60	56,08 ± 0,07 aB	59,76 ± 0,04 aA
Relação SST/ATT	40	35,06 ± 0,23 bB	48,42 ± 0,31 aA
	50	33,30 ± 0,19 cB	45,03 ± 0,42 bA
	60	37,43 ± 0,28 aB	49,13 ± 0,66 aA

Obs.: Médias seguidas da mesma letra minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, a 5% de significância; análise estatística aplicada individualmente para cada parâmetro avaliado.

MCA - Melado de cana-de-açúcar; XSA - Xarope de sacarose.

Umidade: MG = 11,37%; CV = 2,45%; DMS para colunas = 0,61; DMS para linhas = 0,50

Sólidos totais: MG = 88,63%; CV = 0,31%; DMS para colunas = 0,61; DMS para linhas = 0,50

Acidez total titulável: MG = 1,18%; CV = 0,82%; DMS para colunas = 0,021; DMS para linhas = 0,017

pH: MG = 4,77; CV = 0,31%; DMS para colunas = 0,032; DMS para linhas = 0,026

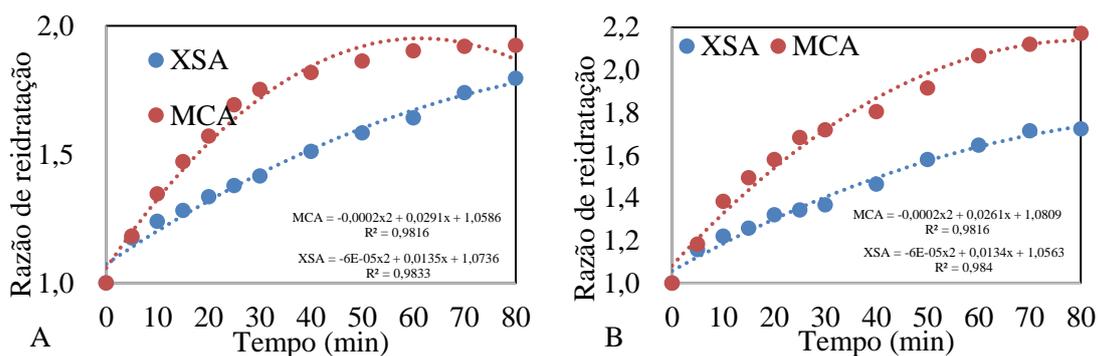
Sólidos solúveis totais: MG = 48,22%; CV = 0,10%; DMS para colunas = 0,101; DMS para linhas = 0,083

Relação SST/ATT: MG = 41,40; CV = 0,92%; DMS para colunas = 0,83; DMS para linhas = 0,68

O teor de sólidos solúveis totais (SST) aumentou significativamente ($p < 0,05$) com a elevação da temperatura de secagem, atingindo valores superiores a 50 °Brix nas amostras secadas a 60 °C, sendo decorrente da concentração da matéria seca da banana pela remoção de umidade. Além dos açúcares próprios da banana, deve-se considerar que o processo osmótico conduzido em MCA e XSA impregnou as amostras com os açúcares do agente osmótico, contribuindo para incrementos de SST. Entre os diferentes agentes hipertônicos utilizados, observou-se que as amostras pré-tratadas com XSA detiveram os maiores valores de SST provavelmente decorrentes da maior incorporação de sólidos.

A relação SST/ATT não apresentou comportamento dependente da temperatura; entretanto percebeu-se que as amostras pré-tratadas com XSA relevaram, em qualquer condição térmica, as maiores magnitudes para esse parâmetro, provavelmente decorrentes da menor acidez. Assim, essas amostras seriam percebidas como as sensorialmente mais doces.

Estão apresentados na Figura 1 os valores médios da razão de reidratação das rodela de banana D'Angola pré-tratadas osmoticamente com MCA e XSA e secadas em diferentes temperaturas. Observou-se que, independentemente do agente hipertônico utilizado, todas as amostras tiveram a razão de reidratação aumentada em função do tempo. No início do processo houve maior interação entre a água e a matriz celular das amostras e à medida que a reidratação progredia houve uma tendência decrescente da taxa de absorção de água, provavelmente devido às rodela de banana terem atingido um nível de saturação de água (19).



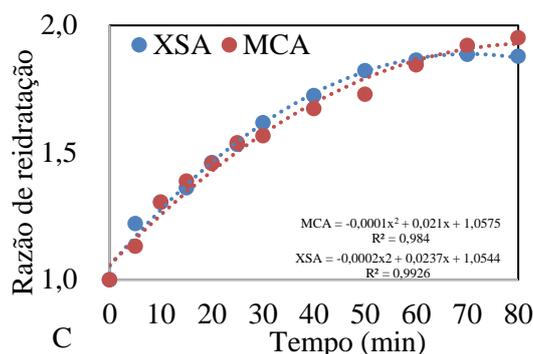


Figura 1 – Valores médios da razão de reidratação das rodela de banana D’Angola pré-tratadas osmoticamente com melado de cana-de-açúcar e xarope de sacarose e desidratadas nas temperaturas de 40 (A), 50 (B) e 60 °C (C).

MCA - Melado de cana-de-açúcar; XSA - Xarope de sacarose.

Comportamento semelhante foi reportado por Benseddik et al. (20) para fatias de abóbora e por Boateng et al. (19) para fatias de sementes de ginkgo, com velocidade de reidratação decrescente em função do tempo. Por outro lado, Turkmen et al. (21) relataram comportamento linear na reidratação de frutos de *Prunus laurocerasus* L. Ceclu et al. (22) relataram que ao colocar amostras desidratadas na água, ocorre absorção de fluido pelas paredes celulares e, devido à elasticidade natural da estrutura celular, as células voltaram à sua forma original captando água para as cavidades internas, provavelmente devido à sucção superficial e capilar.

Por ser utilizada como um indicador de qualidade (23-24), a capacidade de reidratação de produtos desidratados é frequentemente investigada, especialmente porque alguns autores relataram que as condições de secagem podem propiciar alterações no material vegetal induzidas pela secagem (22;25). Entretanto, nesse estudo não se observou efeito claro da temperatura na capacidade de reidratação das rodela de banana, corroborando os resultados de Díaz et al. (26), que reportaram que as condições de secagem testadas não influenciaram na capacidade de reidratação de rodela de laranja.

Nas temperaturas de 40 e 50 °C, as amostras pré-tratadas com MCA apresentaram maior capacidade de reidratação, enquanto as amostras secadas na temperatura de 60 °C tiveram comportamento de absorção de água semelhante, podendo estar relacionado à ruptura celular e acúmulo local de matéria seca em ambas as amostras (21), favorecidas pelas maiores taxas de secagem registradas (23), o que segundo Kaushal e Sharma (24) ocasiona maiores alterações físico-químicas nos produtos.

A Tabela 2 apresenta as características físicas e químicas das rodela de banana D’Angola produzidas pelo método de secagem osmo-convectiva durante o armazenamento de 30 dias em condições ambientais.

Tabela 2 – Características físicas e químicas das rodelas de banana D'Angola produzidas pelo método de secagem osmo-convectivo durante o armazenamento de 30 dias em condições ambientais

Parâmetro	Amostra	Tempo (dias)			
		0	10	20	30
Umidade (% b.u)	MCA	12,00 ± 0,15 aA	11,91 ± 0,13 aA	12,02 ± 0,20 aA	12,17 ± 0,18 aA
	XSA	8,56 ± 0,13 bA	8,61 ± 0,21 bA	8,60 ± 0,18 bA	8,66 ± 0,16 bA
Sólidos totais (%)	MCA	88,00 ± 0,15 bA	88,09 ± 0,13 bA	87,98 ± 0,20 bA	87,83 ± 0,18 bA
	XSA	91,44 ± 0,13 aA	91,39 ± 0,21 aA	91,40 ± 0,18 aA	91,34 ± 0,16 aA
Acidez total titulável (%)	MCA	1,51 ± 0,02 aA	1,50 ± 0,03 aA	1,49 ± 0,02 aA	1,50 ± 0,02 aA
	XSA	1,27 ± 0,02 bA	1,25 ± 0,02 bA	1,23 ± 0,02 bA	1,23 ± 0,02 bA
pH	MCA	4,89 ± 0,03 bA	4,91 ± 0,03 aA	4,90 ± 0,03 bA	4,86 ± 0,03 bA
	XSA	4,95 ± 0,02 aA	4,92 ± 0,02 aA	4,94 ± 0,02 aA	4,97 ± 0,03 aA
Sólidos solúveis totais (°Brix)	MCA	56,08 ± 0,38 bA	56,20 ± 0,33 bA	56,60 ± 0,20 bA	56,18 ± 0,30 bA
	XSA	59,78 ± 0,26 aA	59,76 ± 0,25 aA	59,88 ± 0,34 aA	59,80 ± 0,29 aA
Relação SST/ATT	MCA	37,08 ± 0,67 bA	37,35 ± 0,88 bA	37,91 ± 0,51 bA	37,46 ± 0,66 bA
	XSA	47,15 ± 0,76 aA	47,81 ± 0,76 aA	48,78 ± 0,82 aA	48,80 ± 0,73 aA

Obs.: Médias seguidas da mesma letra minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, a 5% de significância; análise estatística aplicada individualmente para cada parâmetro avaliado.

MCA - Melado de cana-de-açúcar; XSA - Xaprove de sacarose.

Umidade: MG = 10,32%; CV = 1,64%; DMS para colunas = 0,29; DMS para linhas = 0,40

Sólidos totais: MG = 89,68%; CV = 0,19%; DMS para colunas = 0,29; DMS para linhas = 0,40

Acidez total titulável: MG = 1,37%; CV = 1,47%; DMS para colunas = 0,035; DMS para linhas = 0,047

pH: MG = 4,92; CV = 0,52%; DMS para colunas = 0,044; DMS para linhas = 0,060

Sólidos solúveis totais: MG = 58,04 °Brix; CV = 0,51%; DMS para colunas = 0,512; DMS para linhas = 0,697

Relação SST/ATT: MG = 42,79; CV = 1,71%; DMS para colunas = 1,27; DMS para linhas = 1,71

Constatou-se que todos os parâmetros avaliados se apresentaram estáveis ($p > 0,05$) durante a estocagem por período de 30 dias, evidenciando a manutenção das características avaliadas. Esses resultados são importantes pois atestam que os produtos têm potencial para manter suas propriedades originais quando estiverem em prateleiras de supermercados, necessitando, porém, de estudos de estabilidade em intervalos de tempos superiores e, inclusive, de ensaios sensoriais para avaliar a aceitabilidade dos mesmos junto aos consumidores em função da estocagem prolongada.

A manutenção das características descritas atestou que a embalagem utilizada se constituiu em isolante gasoso adequado, prevenindo a adsorção de água pelas amostras tratadas com MCA e XSA. Sabe-se que os açúcares possuem elevada higroscopicidade, e o fato de não adsorverem quantidades significativas de água ratifica a adequação da embalagem laminada para retardar as trocas de umidade que, se ocorressem, alterariam o balanço químicos de todos os outros constituintes, como açúcares, ácidos orgânicos, entre outros. Durante toda a estocagem, as amostras pré-tratadas com MCA diferiram

estatisticamente ($p < 0,05$) das amostras pré-tratadas como XSA, o que já era esperado, haja vista a manutenção das características físicas e químicas durante o armazenamento, o qual já foi relatado.

CONCLUSÕES

As características físicas e químicas das rodela de banana desidratadas por secagem osmo-convectiva foram significativamente alteradas pela temperatura de secagem, em que há redução dos conteúdos de umidade e aumentos nos teores de sólidos totais, sólidos solúveis totais (SST) e acidez total titulável (ATT). Os parâmetros de pH e relação SST/ATT não revelam comportamento dependente da temperatura.

Ainda, o armazenamento em embalagem flexível laminada das rodela de banana produzidas pelo método de secagem osmo-convectiva indica boa estabilidade durante 30 dias e, ao término da armazenagem, todos os parâmetros estudados mantêm estatisticamente iguais ao tempo inicial.

AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão de bolsa de iniciação científica ao primeiro autor e ao Instituto Federal do Acre (IFAC), Campus Xapuri, pela infraestrutura para realização da pesquisa.

REFERÊNCIAS

1. Qamar S, Shaikh A. Therapeutic potentials and compositional changes of valuable compounds from banana – a review. *Trends Food Sci Technol.* 2018;79(1):1-9.
2. Mendonça KH, Duarte DAS, Costa VAM, Matos GR, Seleguini A. Avaliação de genótipos de bananeira em Goiânia, estado de Goiás. *Rev Ciênc Agron.* 2013;44(3):652-60.
3. Nogueira SR, Andrade Neto RC, Nascimento GC. Controle químico da Sigatoka-negra em banana-comprida no Acre. Rio Branco: Embrapa Acre; 2010.
4. Fu X, Cheng S, Liao Y, Huang B, Du B, Zeng W, Jiang Y, Duan X, Yang Z. Comparative analysis of pigments in red and yellow banana fruit. *Food Chem.* 2018;239(1):1009-18.
5. Silva SF, Dionisio AP, Walder JMM. Effect of gamma radiation in the banana “nanica” (*Musa* sp., grupo AAA) radiated in the pre-climacteric stage. *Alim Nutr.* 2007;18(3):331-7.
6. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Levantamento sistemático da produção agrícola, 2016 [Internet]. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/>>.
7. Mendes GRL, Freitas CH, Scaglioni PT, Schmidt CG, Furlong EB. Condições para desidratação osmótica de laranjas e as propriedades funcionais. *Rev Bras Eng Agríc Ambiental.* 2013;17(11):1210-6.

8. Germer SPM, Queiroz MR, Aguirre JM, Berbari SAG, Anjos VD. Desidratação osmótica de pêssegos em função da temperatura e concentração do xarope. *Rev Bras Eng Agríc Ambiental*. 2011;15(2):161-9.
9. Mendonça CRB, Gandra EA, Luvielmo MM, Buchweitz PR. Frutas e hortaliças osmoticamente desidratadas e saturadas. Pelotas: Editora Universitária da UFPel; 2009.
10. Elias NF, Berbert PA, Molina MAB, Viana AP, Dionello RG, Queiroz VAV. Avaliação nutricional e sensorial de caqui cv Fuyu submetido à desidratação osmótica e secagem por convecção. *Ciênc Tecnol Alime*. 2008;28(2):322-8.
11. Santos DC, Queiroz AJM, Figueirêdo RMF, Oliveira ENA. Cinética de secagem de farinha de grãos residuais de urucum. *Rev Bras Eng Agríc Ambiental*. 2013;17(2):223-31.
12. Fernandes FAN, Rodrigues S, Gaspareto OCP, Oliveira EL. Optimization of osmotic dehydration of bananas followed by air-drying. *J Food Eng*. 2006;77(1):188-93.
13. Kadam DM, Dhingra D. Mass transfer kinetics of banana slices during osmo-convective drying. *J Food Process Eng*. 2011;34(2):511-32.
14. Silva Júnior AF, Silva WP, Aires JEF, Aires KLCAF, Castro DS. Osmotic dehydration kinetics of banana slices considering variable diffusivities and shrinkage. *Int J Food Prop*. 2017;20(6):1313-25.
15. Alves EJ, Medina VM, Oliveira M. Colheita e manejo pós-colheita. In: Alves EJ. (Org.). *A Cultura da banana: Aspectos técnicos, socioeconômicos e agroindustriais*. 2. ed. Cruz das Almas: EMBRAPA-CNPMP; 1999.
16. Instituto Adolfo Lutz. Normas analíticas, métodos químicos e físicos para análises de alimentos. 4ª ed. São Paulo: IAL; 2008.
17. Polat A, Izli N. Determination of drying kinetics and quality parameters for drying apricot cubes with electrohydrodynamic, hot air and combined electrohydrodynamic-hot air drying methods. *Dry Technol*. 2022;40(3): 527-42.
18. Brasil. Resolução de Diretoria Colegiada (RDC) n° 272, de 22 de setembro de 2005. Aprova o Regulamento técnico para produtos de vegetais, produtos de frutas e cogumelos comestíveis. *Diário Oficial da União*; 2005.
19. Boateng ID, Yang XM, Tahany AAA, Li YY, Yolandani. Drying methods affect organoleptic and physicochemical properties of rehydrated ginkgo seed slices. *Ind Crops Prod*. 2021;160(1):1-11.
20. Benseddik A, Azzi A, Zidoune MN, Khanniche R, Besombes C. Empirical and diffusion models of rehydration process of differently dried pumpkin slices. *J Saudi Soc Agric Sci*. 2019;18(4):401-10.
21. Turkmen F, Karasu S, Karadag A. Effects of different drying methods and temperature on the drying behavior and quality attributes of cherry laurel fruit. *Processes*. 2020;8(7):1-15.
22. Ceclu LS, Botez E, Nistor OV, Andronoiu DG, Mocanu GD. Effect of different drying methods on moisture ratio and rehydration of pumpkin slices. *Food Chem*. 2016;195(1):104-9.

23. Singh S, Raina CS, Bawa AS, Saxena DC. Effect of pretreatments on drying and rehydration kinetics and color of sweet potato slices. *Dry Technol.* 2006;24(11):1487-94.
24. Kaushal P, Sharma HK. Osmo-convective dehydration kinetics of jackfruit (*Artocarpus heterophyllus*). *J Saudi Soc Agric Sci.* 2016;15(2):118-26.
25. Dimoso N, Makule E, Kassim N. Quality assessment of formulated osmotically dehydrated cashew apple (*Anacardium occidentale* L.) slices dried using hot air and solar driers. *Int J Biosci.* 2020;17(6):421-32.
26. Díaz GR, Monzó JM, Fito P, Chiralt A. Modelling of dehydration-rehydration of orange slices in combined microwave/air drying. *Innov Food Sci Emerg Technol.* 2003;4(2):203-9.

CAPÍTULO 79

AMIDO – UMA ABORDAGEM ACERCA DA COMPOSIÇÃO, ESTRUTURA, PROPRIEDADES, MODIFICAÇÃO E APLICAÇÃO

Poliana Sander Ferreira¹ *; Eveline Lopes Almeida¹ 

¹Planta Piloto de Cereais, Raízes e Tubérculos, Escola de Química, Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Cidade Universitária, Rio de Janeiro RJ, Brasil

*Autor correspondente (Corresponding author) – Email: poliana@eq.ufrj.br

Resumo: O amido, um polissacarídeo de reserva das plantas, é um importante ingrediente para as indústrias alimentícias e não-alimentícias. A ampla aplicação industrial do amido é devido ao seu baixo custo, biodegradabilidade, renovabilidade e fácil disponibilidade. Portanto, compreender a sua composição química, estrutura molecular e granular, bem como suas propriedades físico-químicas, contribuem para o processamento e direcionamento do amido em uma variedade de propósitos, tais como substituição ao glúten, agente gelificante, espessante, estabilizante, encapsulante, entre outros. Amidos em sua forma nativa apresentam características indesejáveis, como instabilidade térmica e tendência a retrogradação, que os tornam impróprios para a maioria das aplicações. Portanto, os amidos são comumente submetidos à processos de modificações para melhorar suas características positivas e/ou diminuir suas limitações tecnológicas. Deste modo, esta revisão fundamenta o conhecimento existente na literatura sobre a estrutura do amido, integra aspectos de sua composição e propriedades físico-químicas, bem como referencia os métodos de modificação aplicáveis para melhorar e/ou aumentar as aplicações tecnológicas dos amidos dentro do setor alimentício.

Palavras-chave: alimento; amilose; amilopectina; gelatinização; retrogradação

Abstract: Starch, a plant reserve polysaccharide, is an essential ingredient for the food and non-food industries. The extensive industrial application of starch is due to its low cost, biodegradability, renewability, and easy availability. Therefore, understanding its chemical composition, molecular and granular structure, and physicochemical properties contribute to the processing and targeting of starch for various purposes, such as gluten replacement, gelling agent, thickener, stabilizer, and encapsulant, among others. Starches in their native form have undesirable characteristics, such as thermal instability and a tendency to retrograde, which make them unsuitable for most applications. Therefore, starches are commonly subjected to modification processes to improve their positive characteristics and/or reduce technological limitations. Thus, this review bases the existing knowledge in the literature on starch structure; it integrates aspects of its composition and physicochemical properties and references applicable modification

methods to improve and/or increase the starch technological applications within the food sector.

Key Word: foods; amylose; amylopectin; gelatinization; retrogradation

INTRODUÇÃO

O amido é encontrado amplamente na natureza e é a fonte de energia mais importante para a nutrição humana (1). Consiste na reserva de carboidratos mais abundante nos vegetais, sendo comumente utilizado pelas plantas como fonte de carbono e energia. Comumente, este polissacarídeo é armazenado nos amiloplastos de órgãos reprodutivos (grãos), vegetativos (tubérculos, raízes, caules, folhas), frutos (banana, lobeira e outros) e raízes (mandioca). A partir dessas fontes o amido comercial é obtido (2–4).

O amido é uma matéria-prima mundialmente importante devido a sua vasta disponibilidade e multifuncionalidade atribuídas as suas diversas funções tecnológicas. Pode ser aplicado na formulação de rações, medicamentos, cosméticos, plásticos, adesivos, tintas, etc. Contudo, a indústria alimentícia é o setor que mais utiliza amido (em torno de 60%), aplicando-o como ingrediente funcional em uma ampla variedade de alimentos, e para uma variedade de propósitos, tais como substituição ao glúten, agente gelificante, espessante, estabilizante, vitrificante, encapsulante, entre outros (4–6).

Amidos de milho, batata e mandioca são amidos comerciais amplamente utilizados na indústria. Por sua vez, amidos não-convencionais apresentam potencial de serem complementares aos amidos comerciais para diferentes aplicações e podem apresentar como vantagem a produção sustentável, valorização de resíduos e subprodutos, disponibilidade local, viabilidade tecnológica, significado cultural e a produção de alimentos especiais (7). Para tanto, é essencial compreender a relação entre a estrutura do amido e suas propriedades para a escolha do ingrediente com a funcionalidade desejável para a aplicação pretendida (8). Logo, o objetivo desta revisão é compreender os componentes e estrutura do amido e a relação com suas propriedades físicas, como gelatinização, formação de pasta, gelificação e retrogradação, as quais apresentam grande importância nutricional e tecnológica quando direcionado a alguma aplicação.

COMPOSIÇÃO DO AMIDO

O amido distingue-se dos demais carboidratos por ocorrer na natureza em partículas denominadas grânulos (9). A maioria dos grânulos de amido de ocorrência natural, independentemente da fonte vegetal ou tecido, é composto majoritariamente (cerca de 98% em base seca) por dois homopolissacarídeos – amilose e amilopectina. A fração remanescente do grânulo é composta por compostos intermediários e constituintes

traços e/ou contaminantes, tais como lipídios, minerais e proteínas (2,4,5,10,11). Na sequência é discutido sobre cada um desses constituintes.

AMILOSE

A amilose é um polímero essencialmente linear formada por unidades de α -D-glicopiranosil unidas por ligações glicosídicas (1 \rightarrow 4) (Figura 1a), contendo poucas ramificações conectadas por ligações α -D-(1 \rightarrow 6), cerca de 0,3-0,5% do total de ligações. O grau de polimerização (DP) da amilose é maior que 600 (podendo chegar a 18.000) e apresenta peso molecular médio na ordem de 10^5 a 10^6 Da. Tais variações podem ser originárias das diferentes fontes botânicas, bem como devido ao grau de maturação, isto quando dentro de uma mesma espécie. De modo geral, a amilose constitui de 20 a 30% da maioria dos grânulos de amido nativos, podendo atingir 70% da composição de amidos com alto teor de amilose (3,5,6,10–12). A função da amilose é desconhecida. Possivelmente, ela contribui para o empacotamento das moléculas de glucano dentro da matriz de amilopectina em regiões amorfas menos densas (13).

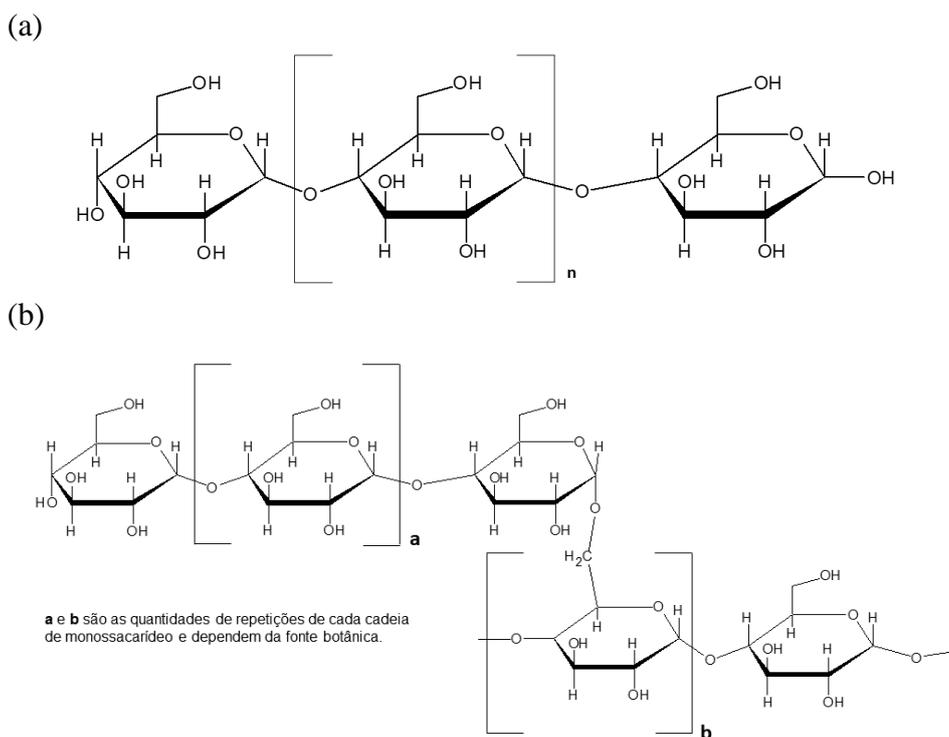


Figura 1 – Estrutura dos polímeros de (a) amilose e (b) amilopectina

AMILOPECTINA

A amilopectina também apresenta cadeias formadas por moléculas de glicose unidas por ligações α -D-(1 \rightarrow 4). No entanto, a amilopectina se diferencia da amilose por ser um polissacarídeo altamente ramificado – entre 4 e 5% do total de ligações. Estas

ramificações podem ser formadas por cadeias poliméricas curtas ($12 < DP < 20$), longas ($30 < DP < 45$) e muito longas ($DP \text{ médio} > 60$) ligadas a cadeia principal por ligações α -D-(1 \rightarrow 6). Portanto, o polímero de amilopectina apresenta elevado peso molecular, entre $50\text{--}500 \times 10^6$ Da, e consiste no principal polissacarídeo da maioria dos amidos: entre 70-75% dos amidos nativos e 98-99% para os amidos denominado cerosos (3,5,6,9,10).

A respeito da arquitetura interna da amilopectina, o modelo de *backbone* é uma teoria recente e se opõe ao modelo tradicional de clusters. No modelo de *backbone*, a arquitetura interna da amilopectina é caracterizada como cadeias internas em uma espinha segmentada do tipo linear com ramificações contendo cadeias externas formando duplas hélices vindo em um plano perpendicular (14).

No modelo de clusters (Figura 2), o polímero de amilopectina é composto por três tipos de ramificações (A, B e C). As cadeias A apresentam o final redutor conectado a uma cadeia B ou C por intermédio de ligações α -(1 \rightarrow 6) e não são ramificadas. As cadeias B são aquelas conectadas a uma cadeia C ou a uma outra cadeia B por meio de uma ligação α -(1 \rightarrow 6) e possuem uma ou mais cadeias A ou B ligadas a elas por meio de ligações α -(1 \rightarrow 6) (ou seja, são ramificadas). Cadeias B1 estão localizadas em um único cluster; as cadeias B2 e B3 são mais longas, estendendo-se a dois, três ou mais clusters, respectivamente. As cadeias C são aquelas que apresentam um grupo terminal redutor (\emptyset) e várias ramificações (cadeias B). De forma resumida, cada uma das cadeias das moléculas de amilopectina tem a mesma conformação de α -hélice direita encontrada nas moléculas de amilose; no entanto, as cadeias B e C têm monômeros de glicose conectados por ligações α -D-(1 \rightarrow 4) e ligações α -D-(1 \rightarrow 6) nos pontos de ramificação (3,8,10,11).

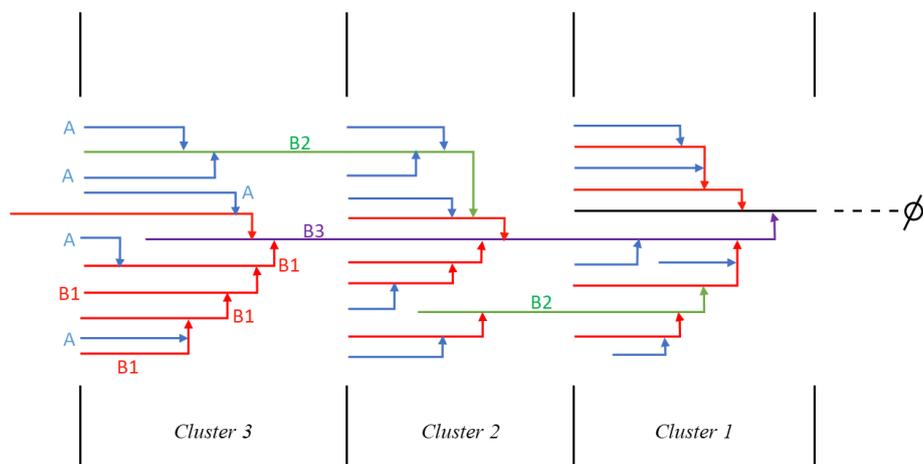


Figura 2 – Modelo de cluster da amilopectina com as cadeias A (—), B1 (—), B2 (—), e B3 (—). A cadeia que transporta a extremidade redutora (\emptyset) é a cadeia C. As linhas contínuas representam unidades de glicose ligadas por α -1,4; as setas indicam ligações α -1,6

MATERIAL INTERMEDIÁRIO

Além da amilose e da amilopectina, grânulos de amido também podem conter um terceiro componente de poliglucano denominados “material intermediário” (13,15). Sugestivamente, esses componentes são conhecidos desta forma por possuírem grau de ramificação e massa molar intermediários aos da amilose e a amilopectina (16). De maneira resumida, materiais intermediários são um material polimérico formado por ligações glicosídicas entre monômeros de glicose, com estrutura ramificada semelhante à amilopectina e comprimento da cadeia de amilose (17), exibindo propriedades distintas tanto da amilose quanto da amilopectina (4).

Em termos de disponibilidade, são mais facilmente encontrados em grânulos de amido com alto teor de amilose, principalmente de batata, cevada e milho, aveia, trigo e centeio. Ressaltasse que a estrutura desses materiais varia amplamente com a fonte de amido e com a sua síntese (13). Estima-se que esses componentes se originem de *clusters* imaturos formados por enzimas responsáveis pela formação da amilose em sinergismo com enzimas de ramificação e desramificação do amido; resultando na clivagem da cadeia de amilose e na transferência de cadeias para uma molécula de amilopectina. No entanto, este fenômeno ainda não foi confirmado experimentalmente (17)

LIPÍDIOS

Amidos de tubérculos (batata) e raízes (mandioca) contêm uma porcentagem muito pequena de lipídios (cerca de 0,1%), em comparação com amidos de cereais (milho, trigo, arroz, sorgo), que contêm 0,8 a 1,0% de lipídios (2). No caso dos cereais, os lipídios podem estar presentes no interior dos grânulos de amido, na forma de lisofosfolipídeos e ácidos graxos livres; e/ou externos ao grânulo de amido, na forma de triglicerídeos, fosfolipídios e ácidos graxos livres, provenientes da membrana do amiloplasto (4). Devido aos efeitos do processamento na despolimerização do amido ou de forma natural, os ácidos graxos presentes no amido podem formar complexos estáveis com o carboidrato penetrando nas hélices terminais da amilose ou amilopectina (15). Amidos comerciais geralmente contêm menos de 1% de lipídios. Concentrações maiores normalmente são removidos por extração ou hidrólise (18).

PROTEÍNAS

O teor de proteína dos amidos varia de acordo com a sua fonte de obtenção (18). Amidos de tubérculos (batata) e raízes (tapioca) contêm uma pequena quantidade de proteínas (cerca de 0,1%) em comparação com os amidos de cereais (milho, trigo, milho ceroso), que contêm 0,2 a 0,4% de proteínas (2). A contaminação proteica dos amidos pode ser resíduos de armazenamento do endosperma preso à superfície dos grânulos, como também proteína proveniente de enzimas (responsáveis pela síntese e degradação do amido) aprisionadas dentro o grânulo (4,10). Se as condições forem tais que as enzimas se tornem ativas, isso certamente influenciará a funcionalidade do amido, especialmente no que tange a área de panificação (19).

Em linhas gerais, a presença residual de lipídios ou proteínas em amido apresentam como desvantagens a alta reatividade dos macronutrientes quanto as técnicas de modificação física, química ou biológica do amido. Nestes casos, as reações podem envolver o carboidrato ou ainda influenciar na formação de compostos tóxicos, geração de radicais livres, reações de Maillard, comprometer as enzimas amilolíticas e/ou alterar na reticulação de proteínas (15).

MINERAIS

Amidos contém pequena quantidade de minerais e sais inorgânicos, o qual varia de acordo com a fonte de obtenção e região do mundo onde foram produzidos (18). Os teores de cinzas dos amidos geralmente variam entre 0,1% e 0,5% (10), o qual é representado principalmente pelo fósforo (fosfolipídios, monoésteres e fosfato inorgânico) (4). Grupos fosfato aniônicos causam repulsão mútua localizada das cadeias de glucanas, levando à instabilidade estrutural, tornando a estrutura propensa à ação amilolítica (13). Tecnicamente, a presença de íons em sistemas amiláceos aquosos, seja com carga positiva ou negativa, pode afetar o desempenho em termos de finalidades gelificantes (15).

ESTRUTURA GRANULAR

Os grânulos de amido são frequentemente descritos de acordo com suas características: forma, tamanho, polimorfismo e cristalinidade. Essas características estão altamente relacionadas a uma série de fatores, como origem botânica, condições de crescimento e fisiologia da planta; e são determinantes nas propriedades físicas dos amidos (8,11,20).

ASPECTOS MORFOLÓGICOS

O amido nativo ocorre na forma de grânulos com várias formas e tamanhos (21), características estas que dependem da bioquímica do cloroplasto ou amiloplasto em que o amido é formado, bem como da fisiologia da planta (22). Formas comuns de grânulos de amido nativo incluem esfera, elipsoide, polígono, oval, lenticular e túbulo irregular. Quanto ao tamanho, os grânulos podem variar entre $1-100\ \mu\text{m}$ de diâmetro, com variadas distribuições de tamanho de partícula (unimodal, bimodal, trimodal) (Figura 3a). Estas características estão altamente relacionadas a algumas de suas propriedades funcionais, como inchamento, solubilidade e suscetibilidade enzimática (4,11,19).

Diferentes técnicas microscópicas podem ser empregadas para analisar a morfologia dos grânulos de amido, são elas: microscopia eletrônica de varredura (MEV), microscopia de luz e de luz polarizada, microscopia de força atômica, microscopia eletrônica de transmissão, e microscopia confocal de varredura a laser (21). Por microscopia eletrônica de varredura ou por microscopia de luz é possível verificar a forma e a dimensão dos grânulos de amido, bem como obter imagens de sua superfície – geralmente lisa e sem características, exceto pela composição de sulcos e fissuras (19,21).

Sob microscopia de luz polarizada, grânulos de amido nativo exibem birrefringência que aparece como uma cruz de Malta característica, oriunda do arranjo radial e ordenado dos cristalitos dentro dos grânulos (23). Microscopia eletrônica de transmissão é aplicável ao estudo da morfologia interna dos grânulos, como tamanho e forma das lamelas cristalinas (24). Microscopia de força atômica é uma técnica de imagem de alta resolução que permite visualizar e dimensionar a rugosidade da superfície dos grânulos de amido, sendo a sua topografia dependente da fonte botânica (25–27). A microscopia confocal de varredura a laser é amplamente utilizada em estudo das características morfológicas de grânulos de amido, incluindo cavidades, anéis de crescimento, canais, sulcos equatoriais, distribuição de amilose, grupos de proteína e fosfato (21).

ESTRUTURA E POLIMORFISMO

Os amidos são constituídos por uma hierarquia de elementos estruturais complexos, desde lamelas e regiões amorfas até blocos, anéis de crescimento e grânulos, que aumentam em escala de nanômetros a microns (21,23). As moléculas de amilose e amilopectina são sintetizadas radialmente e simultaneamente ao crescimento de um grânulo de amido, com seus respectivos grupos redutores terminais (\emptyset) orientados para a região central, denominada hilo, a qual é considerada o ponto inicial de crescimento do grânulo (Figura 3b) (4,8,10,13).

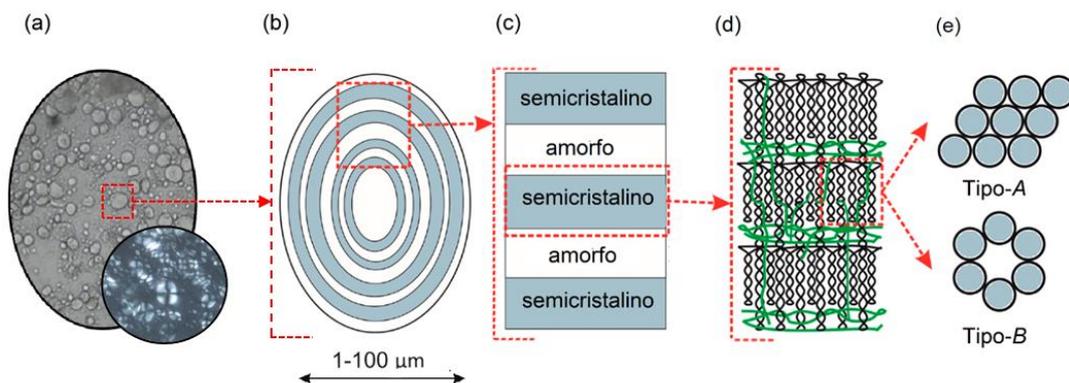


Figura 3 – Representação esquemática de diferentes níveis estruturais do grânulo de amido: (a) microscopia de luz e de luz polarizada (inserção); (b) grânulo de amido contendo pilhas de lamelas microcristalinas; (c) visão ampliada das regiões amorfa e cristalina; (d) duplas hélices e segmentos ramificados de amilopectina (mostrados com linhas pretas) e hélices simples de amilose (linhas verdes); (e) denotação das hélices duplas em cristais polimórficos A ou B (vista superior)

Na organização granular, cadeias adjacentes de amilopectina se associam de modo a formar uma estrutura lamelar composta por regiões semicristalinas, ordenadas e empacotadas, contínuas e conectadas por ligações covalentes às regiões amorfas, alternadas a uma distância de repetição de 9-10 nm (Figura 3c) (8–10). Este arranjo radial e ordenado de moléculas de amilopectina tornam os grânulos anisotrópicos e, portanto, birrefringentes, o que é evidenciado pelo cruzamento de polarização (Cruz de Malta) visto

quando os grânulos são examinados usando luz plana polarizada (inserção apresentada na Figura 3a), de modo que o centro da cruz está no hilo (4,9,10).

A cristalinidade dos grânulos de amido é relativamente baixa, na faixa de 15% a 45%, e aumenta com a proporção de amilopectina no amido (19). Por ora, é válido afirmar que a amilopectina é o componente mais importante dos amidos em termos de estrutura e funcionalidade, pois sozinha ela é suficiente para a formação do grânulo. Por outro lado, presume-se que a amilose esteja localizada entre as cadeias da amilopectina e aleatoriamente intercalada entre as regiões amorfas e cristalinas (Figura 3d) (12).

Diversos métodos analíticos podem ser empregados na avaliação da estrutura ordenada de grânulos de amido. Neste sentido, espectroscopias de infravermelho por transformada de Fourier, Raman e ressonância magnética nuclear são técnicas de curto alcance, enquanto a técnica de difração de raios-X se enquadra como uma técnica de alto alcance (21). A respeito desta última técnica, quatro padrões distintos de difração podem ser obtidos; A, B, C e V. O padrão A é obtido para amidos de cereais (exceto variedades com alto teor de amilose); o padrão B é comum para amidos radiculares e tubulares (e para variedades com alto teor de amilose), bem como para amido retrogradado (19).

As diferenças entre esses dois polimorfos surgem do teor de água e da forma de empacotamento das suas duplas hélices (28). Amido com polimorfismo tipo-A possui uma célula unitária monoclinica, duplas hélice de amilopectina relativamente compactas e baixo teor de água. Por outro lado, as duplas hélices de amidos tipo-B têm uma estrutura menos empacotada, alto teor de água e é formado por célula unitária hexagonal (Figura 3e). O polimorfo C consiste em um padrão intermediário dos polimorfismos A e B (8,11). Em relação ao padrão V, este pode ser encontrado em amidos que apresentam amilose complexada com moléculas de ácidos graxos (também encontrado em amidos nativos), emulsificantes, butanol e iodo (29).

PROPRIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS

Amidos de diferentes fontes botânicas possuem diversas propriedades funcionais e, portanto, têm aplicações versáteis na indústria alimentícia. Essas amplas aplicações são resultantes da transformação de grânulos de amido nativo semicristalinos para o estado amorfo (gelatinização), para gerar uma pasta após a absorção de água e desenvolver viscosidade (formação de pasta), desenvolvendo um gel após a formação da rede (gelificação), recristalizando e formando um estado insolúvel e agregado (retrogradação) (8). Na sequência será discutido acerca dessas características de amidos nativos nestas diferentes fases de transformação.

GELATINIZAÇÃO

Grânulos de amido são construídos a partir de polímeros hidrofílicos. Contudo, o próprio grânulo de amido nativo não é solúvel em água fria devido à estrutura semicristalina do grânulo e às ligações de hidrogênio formadas entre grupos hidroxila (19). Quando suspensos em excesso de água à temperatura ambiente, grânulos de amido nativo são capazes de absorver umidade (até 30% m/m). Esta umidade é majoritariamente

distribuída na região amorfa dos grânulos e pode ser removida por processo de secagem, sem alterar a estrutura original do grânulo (8–10).

Em contrapartida, quando grânulos de amido, em excesso de água, são aquecidos a uma temperatura específica, ocorre o intumescimento granular além do inchaço reversível. Neste caso, ocorre o rompimento das ligações de hidrogênio nas regiões amorfas e a ruptura da ordem molecular no interior dos grânulos acarretando na perda da birrefringência (visualizada pela redução da evidência da Cruz de Malta). À medida que a temperatura continua a aumentar, o inchamento granular, que teve seu início próximo ao hilo, evolui para a periferia, até a ocorrência da ruptura total dos grânulos. Essa transição térmica, denominada gelatinização, é uma característica exclusiva dos amidos e consiste em um processo irreversível, isto é, a secagem do amido gelatinizado resultará em grânulos amorfos, diferente da estrutura inicial (semicristalina) (5,6,9,10,19,22).

A temperatura na qual os grânulos de amido perdem a estrutura semicristalina é conhecida como temperatura de gelatinização (8). Esse parâmetro físico, assim como a entalpia de gelatinização do amido, podem ser quantificadas por calorimetria de varredura diferencial (do inglês, *differential scanning calorimetry* – DSC) durante o aquecimento em excesso de água (11). As propriedades de gelatinização (temperaturas e entalpia) podem variar conforme o método de medição, proporção amido-água, pH, presença ou ausência de um sal inibidor ou promotor do inchaço, concentração do sal, ou da presença e concentração de um soluto, como a sacarose (10,11).

Os parâmetros de gelatinização são mais fortemente influenciados pelo tipo de amido, sendo controlados por características derivadas da estrutura molecular da amilopectina (comprimento de cadeia, extensão de ramificação, peso molecular), composição do amido (proporção amilose: amilopectina e teor de fósforo) e arquitetura granular (proporção de regiões cristalinas e amorfas) (22). Em geral, a temperatura de gelatinização aumenta com o aumento do comprimento da cadeia ramificada da amilopectina, uma vez que estas formam a região ordenada e compactada dos grânulos de amido. A maioria dos amidos apresentam temperaturas de gelatinização entre 55 e 80 °C, podendo chegar até a 130 °C no caso de amidos cerosos, devido à maior cristalinidade porcentual da amilopectina (30).

Além da energia térmica, excesso de água também é fundamental para a ocorrência do fenômeno de gelatinização, uma vez que a água atua como um agente plastificante volátil. A presença de água diminuirá a temperatura de transição vítrea (T_g) e, conseqüentemente, a temperatura de fusão dos cristalitos (19). Plastificantes não voláteis, como polióis (glicerol, glicol e sorbitol), compostos contendo nitrogênio (ureia, derivados de amônio e aminas), açúcares e ácido cítrico também são aplicáveis para melhorar a processabilidade do amido (6). Por fim, a perda de estrutura cristalina dentro do grânulo de amido pode resultar em muitas mudanças em suas propriedades funcionais, incluindo inchamento, formação de pasta e birrefringência (11).

PROPRIEDADES DE PASTA

A gelatinização do amido é seguida por um processo de formação de pasta. Grânulos de amido gelatinizados e inchados são bastante frágeis e facilmente rompidos. Portanto, o aquecimento contínuo desses grânulos, em excesso de água e sob ação cisalhante, resulta na formação de uma massa viscosa, denominada pasta de amido. Resumidamente, a pasta é constituída por uma fase contínua (uma dispersão/solução molecular) de moléculas de polímero de amido inchado, componentes solúveis lixiviados (principalmente amilose), fragmentos de grânulos (grãos fantasmas e outros remanescentes) e moléculas retrogradadas (a ser discutido posteriormente) (8–10).

No processamento normal de alimentos envolvendo calor e umidade, a maioria dos grânulos de amido sofre gelatinização e formação de pasta. Isto porque à medida que a temperatura de uma suspensão formada por amido e água aumenta, as moléculas dentro dos grânulos vibram e torcem tão violentamente que as ligações de hidrogênio intermoleculares são hidrolisadas, permitindo maior penetração das moléculas de água entre as cadeias de polissacarídeo. Como resultado, as ligações de hidrogênio intermoleculares entre as cadeias são substituídas por ligações de hidrogênio com as moléculas de água, produzindo uma hidratação mais extensa. Por consequência, as moléculas de amido ficam envoltas por moléculas de água que as plastificam e permitem que elas se movam mais livremente e se separem mais umas das outras, causando o inchaço irreversível dos grânulos em várias vezes o seu tamanho original (10).

O comportamento de cozimento de diferentes pastas de amidos pode ser comparado usando um amilógrafo, como *Rapid Visco Analyzer* (RVA) e *Brabender Amylograph*. Ambos os equipamentos registram a mudança na viscosidade sob baixas taxas de cisalhamento em função da temperatura (8,10). Muitos fatores podem afetar as propriedades de pasta do amido, incluindo tamanho de partícula, presença de impurezas e teor de amilose. Diferentes metodologias e parâmetros experimentais, como pH, concentração da pasta, temperaturas e taxas de cisalhamento também podem afetar os resultados das propriedades da pasta (11).

GELIFICAÇÃO E RETROGRADAÇÃO

Após a gelatinização e à medida que uma pasta de amido é resfriada, as moléculas de amilose e amilopectina iniciam uma etapa de reassociação, migrando do estado amorfo (causado pela gelatinização do amido) para um estado mais ordenado ou semicristalino. Como consequência é observado o aumento da opacidade e a formação de precipitado insolúvel (no caso de soluções diluídas) ou de um gel viscoelástico firme, resultado da formação de redes/zonas de associação em uma tentativa das moléculas dos polímeros de amido formar cristais organizados. O processo coletivo, pelo qual as moléculas em solução se tornam menos solúveis é denominado retrogradação e ocorre porque o amido gelatinizado não está em equilíbrio termodinâmico. Esse fenômeno ocorre especialmente em amidos nativos (9,10,19,31) e geralmente é acompanhado por liberação de água, fenômeno denominado sinérese (4,8).

A firmeza do gel obtido como resultado final da retrogradação depende da extensão da formação da zona de junção, a qual é influenciada pela quantidade de água presente no meio, temperatura, concentração de amido e pela presença de outros componentes como lipídios, proteínas, açúcares, sais, ácidos e surfactantes. Ainda, a taxa e a extensão da retrogradação dos amidos estão associadas a fatores como a estrutura das moléculas de amilose e amilopectina, bem como pela razão entre esses polissacarídeos no grânulo. Este último fator é um dos mais importantes para a retrogradação, uma vez que esse fenômeno é resultado da cristalização, ou seja, da formação e agregação subsequente de duplas hélices dos polímeros de amilose e amilopectina (9–11).

Em linhas gerais, a força de um gel de amido aumenta com o seu teor de amilose. Isto porque as moléculas lineares de amilose podem formar zonas de junção longas e fortes na rede de gel. Amidos nativos de cereais e leguminosas, como milho, trigo, arroz e ervilha, são conhecidos por reterem grânulos rígidos e inchados e, por consequência desenvolvem géis fortes; contudo, apresentam maior tendência a retrogradação. Em contraste, amidos cerosos, amido de batata e amido de tapioca produzem pastas mais viscosas, não formam gel ou apenas formam géis fracos (pois tendem a inchar e se dispersar livremente após o cozimento, resultado da ausência de amilose e de lipídios endógenos para formar complexos de amilose-lipídio) e apresentam baixa tendência à retrogradação. Amidos com maiores teores de amilose tendem a gerar géis mais firmes e apresentam alta resistência à quebra por enzimas digestivas, alta tendência à retrogradação e formação de complexos de amilose-lipídio (5,8–10).

De modo geral, a cinética de retrogradação do amido é dividida em dois processos distintos. O processo de retrogradação inicial está relacionado à perda da rede de amilose, quando duplas hélices são formadas a partir de segmentos de cadeia, seguida de agregação hélice-hélice. Deste modo, é válido afirmar que a amilose é responsável por alterações de curto prazo (menos de um dia) no processo de retrogradação. Por outro lado, o polímero de amilopectina apresenta duplas hélices mais curtas, atribuídas pelas restrições impostas por sua estrutura ramificada e pelo comprimento dessas ramificações. Essas duplas hélices se agregam, podendo resultar em redes tridimensionais com água incorporada. Portanto, a retrogradação da amilopectina prossegue lentamente ao longo de várias semanas de armazenamento e contribui para as mudanças reológicas e estruturais a longo prazo. É válido salientar que em amidos nativos, a quantidade de amilopectina geralmente é maior do que a amilose; portanto, a maioria dos cristalitos formados durante a retrogradação do amido está relacionada à associação de cadeias de amilopectina (19,31).

A retrogradação pode ser mensurada pelas mesmas técnicas utilizadas para quantificar a gelatinização. Ademais, essa propriedade dos amidos é uma característica importante para a aplicação desse polissacarídeo, uma vez que as propriedades dos alimentos à base de amido, como viscosidade, digestibilidade, dureza e tempo de prateleira, são amplamente afetadas pelo fenômeno de retrogradação (11). Adicionalmente, diferentes métodos podem ser empregados para reduzir a taxa de retrogradação do amido em produtos alimentícios, incluindo a adição de derivados químicos ao amido, como hidroxipropilação e acetilação; armazenamento em temperatura abaixo da temperatura de transição vítrea acarretando na diminuição da mobilidade

molecular do amido; adição de agentes complexantes (por exemplo, monoglicerídeos, lecitina e estearoil lactilato de sódio) para formar complexo helicoidal de inclusão com amilose e cadeias ramificadas longas de amilopectina; e hidrólise do amido por enzimas amilolíticas (por exemplo, α - e β -amilases) para reduzir o comprimento das cadeias de glucano (8).

MODIFICAÇÃO E APLICAÇÃO EM ALIMENTOS

Amidos são considerados a principal fonte de energia para alimentação humana (4). Os amidos comerciais, tradicionalmente provenientes de cereais como milho e trigo, são comumente aplicados para alterar a textura e aparência dos alimentos. De forma mais detalhada, nos alimentos o amido apresenta a capacidade de modificar características como adesividade, espessamento, vitrificação, estabilidade de emulsão, turvação, estabilidade de espuma, retenção de umidade, polvilhamento, expansão, crocância e gelificação (5). Desse modo, os amidos tradicionalmente fazem parte da composição de produtos de panificação (pães, tortas, biscoitos, etc.), produtos de confeitaria, molhos, sopas, maionese, sorvetes, bebidas, massas, pudins, entre outros (32).

Contudo, materiais produzidos a partir de amido nativo são caracterizados por baixa estabilidade ao calor, baixa solubilidade em água, alta temperatura de gelatinização, alta viscosidade e propriedades mecânicas ruins, devido ao seu alto grau de cristalinidade que propicia ao amido baixa reatividade (20). Essas propriedades do amido nativo não atendem aos requisitos de aplicações nutricionais e industriais (1). Em linhas gerais, as aplicações de amidos dentro da indústria alimentícia são expandidas após modificação do material amiláceo por métodos químicos, físicos e/ou enzimáticos (8,33,34).

A modificação química dos polímeros de amido é realizada por meio da inserção de grupo funcional (por exemplo: carboxil, acetil, hidroxipropil, amina, amida ou outros) à cadeia do amido. Os novos grupos funcionais alteram suas propriedades físico-químicas e funcionais, como os comportamentos de gelatinização, formação de pasta, gelificação e retrogradação. Amidos de grau alimentício são modificados quimicamente para melhorar a consistência da pasta, clareza e estabilidade durante resfriamento e congelamento. Algumas novas aplicações de amidos quimicamente modificados são como quelante, crioprotetor, auxiliar de secagem, substituto de gordura, carreador de sabor, precursor de sabor e cor (através de reações de Maillard) e substrato em fermentações (35).

As modificações físicas produzem mudanças nas propriedades do amido sem introduzirem nenhuma modificação química na estrutura molecular (além da clivagem limitada da ligação glicosídica (despolimerização) que resulta na diminuição do peso molecular médio) (36). No setor alimentício, um dos principais interesses na modificação física é a produção de amidos *clean label* (37). Segundo a RDC 259/2002, amidos modificados fisicamente podem ser classificados como ingredientes, ao invés de aditivos alimentares, e não precisam ser identificados nos rótulos dos alimentos como amido modificado (38), tornando-os aceitáveis como produtos naturais.

Comparado as modificações químicas, os tratamentos físicos são geralmente mais simples, apresentam menor custo e não produzem efluentes contendo sais, reagentes ou subprodutos de reagentes. Outro interesse é devido vários tratamentos físicos aumentarem o teor de amidos resistente e de digestão lenta (36). Essa abordagem possibilita a mudança de visão de muitos consumidores quanto aos alimentos ricos em amido, alterando-o de um ingrediente não saciante, calórico e não nutritivo para um alimento saciante e auxiliar no controle de peso (14).

No tratamento enzimático, as enzimas atuam de maneira específica ao substrato, apresentando como vantagens a eliminação de subprodutos indesejáveis, geração de amido com maior pureza, baixo custo e consistência de produtos de alta qualidade. Ademais, a modificação por enzimas também consiste em um importante método na fabricação de amidos *clean label* (37). Em linhas gerais, a modificação enzimática altera características como viscosidade, solubilidade e gelificação ampliando a aplicação dos amidos como ingrediente alimentício. Ademais, enzimas podem ser adicionadas para aumentar o teor de amido resistente, produzir malte e inspecionar o impacto da estrutura/tipo de amido na degradação do amido (34). Uma abordagem para a modificação enzimática do amido é projetar um amido com uma nova estrutura, na qual a massa molecular, a distribuição do comprimento da cadeia ramificada e a relação amilose/amilopectina possam ser alteradas por reações enzimáticas. Essas técnicas geralmente produzem amidos com propriedades físico-químicas alteradas e atributos estruturais modificados para diversas aplicações alimentícias (1).

De modo geral, prospecta-se o aumento da demanda de amido modificado na indústria de alimentos e bebidas, devido à sua natureza isenta de glúten. Além disso, a alta demanda por alimentos processados, o aumento do uso de adesivos de base biológica em várias aplicações industriais e o aumento do interesse no desenvolvimento de produtos à base de amido contribuirão para o crescimento do mercado de amido modificado (33).

CONCLUSÕES

O amido é um componente natural bastante simples no sentido de que é constituído apenas por unidades de glicose. Contudo, ele se torna complexo quando avaliado a nível molecular e granular. De fato, a composição e as características estruturais do amido, tais como composição, morfologia, estrutura interna e grau de cristalinidade, estão intimamente associadas as suas propriedades físicas, como gelatinização e retrogradação, e influenciam diretamente nos seus atributos funcionais. Portanto, na escolha da matéria-prima amilácea para uma dada aplicação tecnológica, seja ela alimentícia ou não, deve-se levar em consideração todos estes atributos, os quais por muitas vezes é derivativo das diferentes fontes botânicas e podem ser alterados ao submeter o material amiláceo à processos de modificação físicos, químicos e/ou enzimáticos.

REFERÊNCIAS

1. Park SH, Na Y, Kim J, Kang SD, Park K-H. Properties and applications of starch

- modifying enzymes for use in the baking industry. *Food Sci Biotechnol* [Internet]. 2018;27(2):299–312. Available from: <https://doi.org/10.1007/s10068-017-0261-5>
2. McDonagh P. Native, modified and clean label starches in foods and beverages. In: Baines D, Seal R, editors. *Natural food additives, ingredients and flavourings*. Cambridge: Woodhead Publishing; 2012. p. 162–75.
 3. Pérez S, Baldwin PM, Gallant DJ. Structural features of starch granules I. In: BeMiller JN, Whistle R, editors. *Starch: Chemistry and Technology*. 3rd ed. New York: Academic Press; 2009. p. 149–92.
 4. Schmiele M, Sampaio UM, Clerici MTPS. Basic principles: Composition and properties of starch. In: Clerici MTPS, Schmiele M, editors. *Starches for food application*. London: Academic Press; 2019. p. 1–22.
 5. Agama-Acevedo E, Flores-Silva PC, Bello-Perez LA. Cereal starch production for food applications. In: Clerici MTPS, Schmiele M, editors. *Starches for food application*. London: Academic Press; 2019. p. 71–102.
 6. Avérous LR, Halley PJ. Starch polymers: from the field to industrial products. In: Avérous LR, Halley PJ, editors. *Starch polymers: From genetic engineering to green applications*. 1st ed. Elsevier; 2014. p. 3–10.
 7. Zhu F. Underutilized and unconventional starches: Why should we care? *Trends Food Sci Technol*. 2020;100(April):363–73.
 8. Ai Y, Jane J-L. Understanding starch structure and functionality. In: Sjöo M, Nilsson L, editors. *Starch in food: structure, function and applications*. 2nd ed. Woodhead Publishing; 2018. p. 151–78.
 9. BeMiller JN, Huber KC. Carbohidratos. In: Damodaran S, Parkin KL, Fennema OR, editors. *Química de Alimentos de Fennema*. 4th ed. Porto Alegre: Artmed; 2010. p. 75–130.
 10. BeMiller JN. *Carbohydrate chemistry for food scientists*. London: Woodhead Publishing; 2019. 427 p.
 11. Zhu F, Xie Q. Structure and physicochemical properties of starch. In: Sui Z, Kong X, editors. *Physical Modifications of Starch*. Singapore: Springer Nature; 2018. p. 1–14.
 12. Denardin CC, Silva LP da. Estrutura dos grânulos de amido e sua relação com propriedades físico-químicas. *Ciência Rural*. 2009;39(3):945–54.
 13. Tetlow IJ, Bertoft E. A review of starch biosynthesis in relation to the building

- block-backbone model. *Int J Mol Sci.* 2020;21(7001):1–37.
14. Hamaker BR. Current and future challenges in starch research. *Curr Opin Food Sci* [Internet]. 2021;40:46–50. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.cofs.2021.01.003>
 15. Medina-López SV, Zuluaga-Domínguez CM, Fernández-Trujillo JP, Hernández-Gómez MS. Nonconventional hydrocolloids' technological and functional potential for food applications. *Foods.* 2022;11(401):1–33.
 16. Han W, Zhang B, Li J, Zhao S, Niu M, Jia C, et al. Understanding the fine structure of intermediate materials of maize starches. *Food Chem* [Internet]. 2017;233:450–6. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.04.155>
 17. Schmiele M, Sampaio UM, Clerici MTPS. Identification and analysis of starch. In: Clerici MTPS, Schmiele M, editors. *Starches for food application: Chemical, Technological and Health Properties.* London: Academic Press; 2019. p. 23–69.
 18. Luallen T. Utilizing starches in product development. In: Sjö M, Nilsson L, editors. *Starch in food: structure, function and applications.* 2nd ed. Woodhead Publishing; 2018. p. 545–79.
 19. Eliasson A-C. Starch: Physicochemical and functional aspects. In: Eliasson A-C, editor. *Carbohydrates in food.* 3rd ed. Boca Raton: CRC Press; 2017. p. 479–577.
 20. Dome K, Podgorbunskikh E, Bychkov A, Lomovsky O. Changes in the crystallinity degree of starch having different types of crystal structure after mechanical pretreatment. *Polymers (Basel).* 2020;12(3):1–12.
 21. Xu H, Zhou J, Liu X, Yu J, Copeland L, Wang S. Methods for characterizing the structure of starch in relation to its applications: a comprehensive review. *Crit Rev Food Sci Nutr* [Internet]. 2021;1–18. Available from: <https://doi.org/10.1080/10408398.2021.2007843>
 22. Singh N, Singh J, Kaur L, Sodhi NS, Gill BS. Morphological, thermal and rheological properties of starches from different botanical sources. *Food Chem.* 2003;81:219–31.
 23. Bertoft E. Understanding starch structure: recent progress. *Agronomy.* 2017;7(56):1–29.
 24. Wei C, Qin F, Zhou W, Yu H, Xu B, Chen C, et al. Granule structure and distribution of allomorphs in C-type high-amylose rice starch granule modified by antisense RNA inhibition of starch branching enzyme. *J Agric Food Chem.* 2010;58:11946–54.

25. Baldwin PM, Adler J, Davies MC, Melia CD. High resolution imaging of starch granule surfaces by Atomic Force Microscopy. *J Cereal Sci.* 1998;27:255–65.
26. Barrera GN, Calderón-domínguez G, Chanona-pérez J, Gutiérrez-lópez GF, León AE, Ribotta PD. Evaluation of the mechanical damage on wheat starch granules by SEM , ESEM , AFM and texture image analysis. *Carbohydr Polym* [Internet]. 2013;98(2):1449–57. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.carbpol.2013.07.056>
27. Juszczak L, Fortuna T, Krok F. Non-contact atomic force microscopy of starch granules surface. Part I. Potato and tapioca starches. *Starch/Stärke.* 2003;55:1–7.
28. Imberty A, Buleon A, Tran V, Pérez S. Recent advances in knowledge of starch structure. *Starch.* 1991;43(10):375–84.
29. Wu C, Zhou X. The overview of functional starch. In: Jin Z, editor. *Functional Starch and Applications in Food.* Singapore: Springer; 2018. p. 1–26.
30. Jane J, Chen YY, Lee LF, McPherson AE, Wong KS, Radosavljevic M, et al. Effects of amylopectin branch chain length and amylose content on the gelatinization and pasting properties of starch. *Cereal Chem.* 1999;76(5):629–37.
31. Bao J. The functionality of rice starch. In: Eliasson A-C, editor. *Starch in food: Structure, function and applications.* Cambridge: Woodhead Publishing; 2004.
32. Egharevba HO. Chemical properties of starch and its application in the food industry. In: Emeje, M, editor. London: IntechOpen; 2020.
33. Amaraweera SM, Gunathilake C, Gunawardene OHP, Manamperi A, Fernando CAN, Kulatunga AK, et al. Development of starch-based materials using current modification techniques and their applications: A review. *Molecules.* 2021;26(6880):1–30.
34. Punia S. Barley starch modifications: Physical, chemical and enzymatic - A review. *Int J Biol Macromol* [Internet]. 2020;144:578–85. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2019.12.088>
35. Chen Y-F, Kaur L, Singh J. Chemical Modification of Starch. In: Sjöö M, Nilsson L, editors. *Starch in Food: Structure, Function and Applications.* 2nd ed. Woodhead Publishing; 2018. p. 283–321.
36. BeMiller JN. Physical Modification of Starch. In: Sjöö M, Nilsson L, editors. *Starch in Food: Structure, Function and Applications.* 2nd ed. Woodhead Publishing; 2018. p. 223–53.

37. Park S, Kim Y-R. Clean label starch: production, physicochemical characteristics, and industrial applications. *Food Sci Biotechnol* [Internet]. 2021;30(1):1–17. Available from: <https://doi.org/10.1007/s10068-020-00834-3>
38. BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução – RDC nº 259, de 20 de setembro de 2002. Regulamento Técnico sobre Rotulagem de Alimentos Embalados. *Diário Oficial da União*: seção 1, ano 139, n. 184, Brasília, DF, p. 33-34, 23 set. 2002.

DOI: <https://doi.org/10.53934/9786585062039-80>

CAPÍTULO 80

ELABORAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DE FARINHAS DE CASCAS DE MELÃO (*Cucumis melo L.*) DESIDRATADAS OSMOTICAMENTE E POR SECAGEM CONVECTIVA

Maria Tereza Lucena Pereira *; Amélia Ruth Nascimento Lima ; Vera Solange de Oliveira Farias ; Aluizio Freire da Silva Júnior ; Vanessa Bordin Vieira ; Raíra da Silva Campos ; Camila Araújo Costa Lira 

**Maria Tereza Lucena Pereira (Corresponding author) – Email: mariatereza-lucena@hotmail.com*

Resumo: A casca do melão é uma matéria-prima altamente nutritiva e de elevado potencial biotecnológico, no entanto, devido à sua alta perecibilidade, devem ser consideradas a utilização de métodos para sua conservação. Dentre tais métodos, a secagem convectiva e o pré-tratamento de desidratação osmótica podem ser benéficos por reduzirem o teor de umidade e, conseqüentemente, aumentarem o tempo de vida útil das matérias-primas. Assim, objetivou-se realizar a secagem da casca do melão sob as temperaturas de 60 e 70°C, com e sem o pré-tratamento de desidratação osmótica para ambas condições de secagem, bem como, realizar a caracterização físico-química das farinhas obtidas. O procedimento de desidratação osmótica foi realizado em temperatura ambiente, durante um período pré-determinado de 35 horas, utilizando uma solução contendo sacarose em uma concentração de 20°Brix. Já a secagem convectiva foi realizada nas temperaturas aludidas, para as amostras com e sem o pré-tratamento. Após o procedimento de secagem, foram elaboradas quatro formulações de farinhas, nestas, foram realizadas as análises físico-químicas de umidade, cinzas, atividade de água e lipídeos. Mediante à caracterização físico-química das farinhas, apenas os teores de umidade das amostras não submetidas ao pré-tratamento foram adequados (<15%, segundo a norma vigente). Quanto à análise de cinzas, as amostras que não foram pré-desidratadas apresentaram os maiores teores. Já para atividade de água, todas as amostras apresentaram resultados adequados, já que foram menores que 0,6%. Na análise de lipídeos, como esperado, foram obtidos resultados discretos. No geral, a farinha da casca do melão demonstrou potencial de inserção no mercado.

Palavras-chave: aproveitamento integral dos alimentos; conservação dos alimentos; *Cucumis melo L*

Abstract: Melon peel is a highly nutritious raw material with high biotechnological potential, however, due to its high perishability, the use of methods for its conservation should be considered. Among these methods, convective drying and pretreatment of osmotic dehydration can be beneficial because they reduce moisture content and, consequently, increase the shelf life of raw materials. Thus, the objective was to dry the melon peel at temperatures of 60 and 70°C, with and without the pre-treatment of osmotic dehydration for both drying conditions, as well as to perform the physicochemical characterization of the obtained flours. The osmotic dehydration procedure was performed at room temperature during a predetermined period of 35 hours, using a solution containing sucrose at a concentration of 20°Brix. Convective drying was performed at the alluded temperatures for the samples with and without pretreatment. After the drying procedure, four formulations of flours were elaborated, in these, the physicochemical analyses of moisture, ash, water activity and lipids were performed. By the physicochemical characterization of the flours, only the moisture contents of the samples not submitted to pretreatment were adequate (<15%, according to the current norm). As for ash analysis, samples that were not pre-dehydrated showed the highest levels. For water activity, all samples showed adequate results, since they were lower than 0.6%. In the analysis of lipids, as expected, discrete results were obtained. Overall, melon peel flour showed potential for market insertion.

Key Word: full use of food; food conservation; *Cucumis melo L*

INTRODUÇÃO

O melão (*Cucumis melo L.*) é uma fruta altamente cultivada, sobretudo em países tropicais, mas que apresenta elevado consumo em todo o mundo, devido às suas propriedades nutricionais e à presença de compostos bioativos (1).

No entanto, devido à alta popularidade e, obviamente, ao processamento constante do melão pelas indústrias para o desenvolvimento de produtos, são geradas excessivas cargas compostas pelos subprodutos, ou seja, porções não consumidas convencionalmente (cascas e sementes) (2).

Diante disso, as indústrias processadoras do melão vêm buscando alternativas para agregar valor aos subprodutos deste fruto, com o objetivo de minimizar danos ambientais e de gerar o aproveitamento de matérias-primas consideravelmente nutritivas (3).

Neste sentido, a casca do melão, que representa cerca de 24 à 44% do peso total do fruto (4), caracteriza-se como uma importante fonte de compostos com atividades benéficas ao organismo, como pectina, carotenoides, flavonoides, limoneno e polimetoxiflavonas (5). Portanto, tais características fazem com que esta matéria-prima tenha potencial para ser amplamente utilizada pelas indústrias alimentícia, farmacêutica e cosmetológica (6).

Todavia, para a utilização da casca do melão para o desenvolvimento de produtos, é necessário considerar que aproximadamente 92% da sua composição é constituída por água, fato que a torna bastante perecível (7). Em decorrência disto, técnicas que

promovem uma maior conservação, através da redução da umidade, apresentam relevância no tocante à obtenção de produtos com qualidade e maior tempo de vida útil (8).

Dentre as técnicas utilizadas para a conservação de alimentos, a secagem convectiva, ou seja, a remoção parcial ou total da água através de aplicação de ar quente é um método bastante utilizado e que geralmente antecede a elaboração de farinhas (9, 10).

Logo, visando a otimização do processo de secagem convectiva, outras técnicas promotoras da redução da umidade podem ser previamente empregadas. A exemplo da desidratação osmótica, que consiste na imersão do produto em uma solução osmótica, contendo alguma substância desidratante, capaz de transferir seus solutos para o interior do produto, induzindo, conseqüentemente, a remoção de água (11,12).

Diante do exposto, o objetivo do presente estudo foi realizar a secagem da casca do melão sob as temperaturas de 60 e 70°C, com e sem o pré-tratamento de desidratação osmótica para ambas condições de secagem, e também, realizar a caracterização físico-química das farinhas obtidas.

MATERIAL E MÉTODOS

Obtenção e tratamento das amostras

Melões (*Cucumis melo L.*) foram obtidos na feira livre do município de Cuité, localizado no Curimataú da Paraíba. Na oportunidade, foram observados critérios de integridade física e fisiológica da casca.

Posteriormente, os frutos foram conduzidos ao Laboratório de Tecnologia de Alimentos (LTA) da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG) *Campus* Cuité, para a realização do tratamento, que consistiu em higienização prévia, despoldamento com o auxílio de uma faca inox, sanitização em solução clorada de 200ppm durante 15 minutos, higienização, e escoamento da água em recipiente poroso por aproximadamente 20 minutos. Por fim, algumas amostras foram submetidas ao pré-tratamento de desidratação osmótica antes da secagem, e outras foram direcionadas imediatamente ao processo de secagem.

Desidratação osmótica

A solução utilizada para a desidratação foi composta por água destilada e açúcar cristal comercial, preparada na proporção de 1:3 (g/g casca: solução) na concentração de 20° Brix. As cascas permaneceram por 35 horas imersas na solução osmótica em temperatura ambiente. Por fim, as amostras foram lavadas com água destilada e levemente enxugadas com papel toalha para a retirada do excesso de água.

Algumas cascas foram secas em estufa a 60°C, enquanto que outras foram secas a 70°C.

Secagem convectiva

Os experimentos de secagem convectiva foram realizados em uma estufa de circulação e renovação forçada de ar, previamente estabilizada, utilizando a técnica de secagem contínua, para as temperaturas de 60° e 70°C. Na oportunidade, foram realizados quatro experimentos de secagem, dois para as amostras que passaram pelo pré-tratamento de desidratação osmótica em cada temperatura supramencionada, e dois para as amostras sem tratamento prévio, submetidas às mesmas temperaturas.

Durante os procedimentos de secagem, as amostras eram retiradas da estufa, em tempos pré-determinados, e pesadas em balança analítica para aferição da massa. Tal procedimento foi repetido até a obtenção do teor de umidade de equilíbrio. Após as secagens, as cascas foram conduzidas para a elaboração das farinhas.

Elaboração das farinhas

Foram elaboradas quatro formulações de farinhas: duas sem o pré-tratamento de desidratação osmótica e com secagem à 60°C (FCMSDO 60°C) e 70°C (FCMSDO 70°C), respectivamente, e duas com o pré-tratamento de desidratação osmótica e secagem à 60°C (FCMCDO 60°C) e 70°C (FCMCDO 70°C).

As cascas secas foram submetidas à trituração por dez minutos em um liquidificador industrial da marca Colombo Premium. Em seguida, as amostras foram embaladas em sacos plásticos, codificadas e encaminhadas imediatamente para as análises físico-químicas.

Análises físico-químicas

Foram realizadas as análises de umidade de acordo com a *Association of Official Agricultural Chemists* – AOAC (13); cinzas com base na metodologia do Adolfo Lutz (14); atividade de água através da leitura direta em um higrômetro AquaLab (Decagon Devices); e a determinação de lipídeos por meio da metodologia de Folch, Less e Stanley (15). Todas as análises foram realizadas em triplicata.

Análises estatísticas

Os dados foram compilados em planilha personalizada do programa Microsoft Office Excel 2016 e submetidos à análise de variância (ANOVA) e teste de Tukey ao nível de 5% de significância, através do Software Assistat.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Elaboração das farinhas das cascas do melão

As quatro formulações das farinhas estão ilustradas na Figura 1.

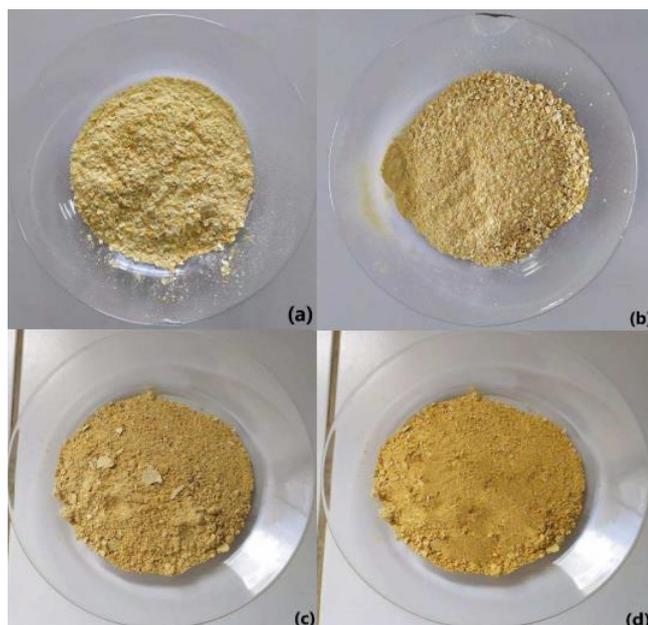


Figura 1 – (a) FCMSD 60°C; (b) FCMSD 70°C; (c) FCMCD 60°C; (d) FCMCD 70°C

Visualmente a granulometria das farinhas submetidas ao pré-tratamento de desidratação osmótica apresentou um aspecto mais refinado em comparação às farinhas que não receberam o pré-tratamento.

Além disso, é possível identificar que a coloração das amostras desidratadas é levemente mais escurecida. Tal fato pode ser em consequência da utilização da sacarose durante o procedimento de desidratação, bem como, pelo efeito da temperatura durante o processo de secagem, os quais, em associação, podem favorecer o escurecimento não enzimático (16). No entanto, como a análise de cor não foi realizada, não foi possível identificar de modo preciso a influência da desidratação osmótica na coloração das amostras.

Caracterização físico-química das farinhas obtidas

Os dados referentes às análises físico-químicas realizadas para as quatro formulações de farinhas da casca do melão podem ser visualizados através da Tabela 1.

Tabela 1 – Caracterização físico-química das farinhas da casca do melão

ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS				
AMOSTRAS	Umidade (%)	Cinzas	Aw	Lipídeo (%)
FCMSDO 60°C	14,16±0,79 ^b	8,96±0,12 ^b	0,26±0,02 ^c	2,05±0,20 ^a
FCMSDO 70°C	10,13±0,49 ^c	9,35±0,13 ^a	0,20±0,00 ^d	1,10±0,49 ^b
FCMCDO 60°C	19,67±1,36 ^a	5,14±0,04 ^d	0,31±0,00 ^a	1,16±0,23 ^b
FCMCDO 70°C	21,33±1,65 ^a	5,81±0,04 ^c	0,29±0,00 ^b	0,60±0,20 ^b

As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. (Tukey, 5% de significância).

É perceptível que apenas as amostras que foram submetidas ao pré-tratamento de desidratação osmótica não apresentaram diferença estatística entre si. Além disso, ambas demonstraram os maiores teores de umidade, sendo, inclusive, acima do limite máximo de 15%, preconizado pela RDC nº 263/2005 (17). Em contrapartida, os valores de umidade das formulações FCMSDO 60°C e FCMSDO 70°C são adequados, já que foram abaixo de 15%. De acordo com Kroehnke et al. (18), o fato de as farinhas pré-desidratadas osmoticamente terem apresentado um teor de umidade mais elevado pode ser justificado pela capacidade que a sacarose possui de se depositar na superfície do produto, causando um revestimento semelhante à uma crosta, a qual pode dificultar bastante o transporte de umidade.

Para avaliar a eficácia da secagem convectiva na redução da umidade dos produtos, certamente, faz-se necessário realizar uma comparação do teor de umidade do produto seco com o do produto *in natura*. Todavia, no presente estudo não foi realizada a caracterização físico-química da casca do melão *in natura*, portanto, foi utilizado como base o estudo de Morais et al. (19), no qual foi obtido como valor do teor de umidade da casca do melão o percentual de 92,1%, enquanto que neste foram obtidos valores que variaram de 10,13% a 21,33% para as farinhas. Tal comparação exprime a validade da secagem na redução do teor de umidade da casca do melão e na elaboração de produtos com qualidade.

Quanto à análise de cinzas, é possível verificar que nenhuma das amostras apresentou semelhança estatística, e que os maiores teores foram obtidos nas formulações que não foram desidratadas osmoticamente, ou seja, FCMSDO 70°C e FCMSDO 60°C ($9,35 \pm 0,13$ e $8,96 \pm 0,12$ respectivamente). Resultado aproximado foi encontrado no estudo de Madeira (20), no qual foi atingido um valor de cinzas de $8,66 \pm 0,08$ para a farinha da casca do melão amarelo. De acordo com a Instrução Normativa 8/2005 que dispõe sobre o regulamento técnico de identidade e qualidade da farinha de trigo, o teor máximo de cinzas para esta farinha deve ser de 2,5% para ser considerada integral (21). Porém, como ainda não há uma resolução que discorra sobre farinhas de resíduos de frutas, tal recomendação não deve ser totalmente considerada, uma vez que se trata de uma matéria-prima distinta.

No que concerne à análise da atividade de água (A_w), mais uma vez, todas as amostras diferiram estatisticamente entre si, entretanto, assim como na análise do teor de umidade, os maiores resultados foram obtidos para as amostras que foram desidratadas osmoticamente, ou seja, FCMCDO 60°C e FCMCDO 70°C ($0,31 \pm$ e $0,29 \pm$, respectivamente). Ademais, ao fazer uma comparação isolada entre os valores das farinhas das cascas que não foram pré-desidratadas (FCMSDO 60°C e FCMSDO 70°C), e entre as que foram pré-desidratadas (FCMCDO 60°C e FCMCDO 70°C), pode-se perceber que o acréscimo da temperatura favoreceu a obtenção de menores teores de A_w .

No entanto, no geral, todas as farinhas apresentaram teores de $A_w < 0,6$, fato que, de acordo com Troller e Christian (22), atribui ao produto a característica de estabilidade microbiológica, uma vez que a atividade de água é um fator determinante para o desenvolvimento de micro-organismos, e a maioria deles não consegue se desenvolver em condições de $A_w < 0,6$. Portanto, com base no resultado desta análise, as farinhas

desenvolvidas no presente estudo provavelmente podem ter um tempo de vida útil satisfatório (a ser confirmado em análises de estabilidade microbiológica), tendo em vista que a atividade de água é um parâmetro crítico de qualidade dos produtos (23).

Ao que diz respeito à análise de lipídeos, como esperado, foram obtidos valores baixos, dentre os quais, apenas a formulação FCMSDO 60°C apresentou diferença estatística em relação às demais. Ao realizar uma inspeção dos valores, é possível perceber que o aumento da temperatura implicou em percentuais mais baixos de lipídeos totais. Os valores obtidos foram ainda mais discretos que o valor obtido por Madeira (20), o qual foi de $3,63 \pm 1,23$. Assim, tais resultados sugerem que as formulações de farinhas da casca do melão representam uma alternativa interessante para ser utilizada no enriquecimento de produtos alimentícios sem que haja a elevação considerável do teor lipídico.

CONCLUSÕES

Com relação à caracterização físico-química das farinhas obtidas, a análise da umidade demonstrou que as amostras que passaram pelo pré-tratamento de desidratação osmótica apresentaram teores acima dos recomendados para esse tipo de produto, em contrapartida, as amostras que não foram desidratadas osmoticamente apresentaram teores menores que 15%, sendo, portanto, adequadas.

Quanto à análise de cinzas, as amostras que não foram pré-desidratadas apresentaram os maiores teores, logo, estas formulações concentram maior resíduo mineral. Já na análise de atividade de água, as amostras que passaram pela desidratação osmótica exibiram os maiores teores, no entanto, as quatro formulações expuseram valores bastante adequados, já que foram menores que 0,6%. Quanto à análise de lipídeo, como esperado, foram obtidos valores reduzidos.

Embora algumas amostras não tenham apresentado conformidade para determinadas análises, no geral, acredita-se que a farinha da casca do melão representa uma matéria-prima com potencial de mercado por ser nutritiva e acessível, portanto, sua utilização no enriquecimento de produtos alimentícios parece ser uma boa estratégia. No entanto, faz-se necessária a caracterização físico-química e microbiológica completa destas farinhas, a fim de avaliar o máximo de parâmetros de qualidade.

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Campina Grande (UFCG) pelo suporte e estrutura, e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo financiamento.

REFERÊNCIAS

1. Vishwakarma VK, Gupta JK, Upadhyay PK. PHARMACOLOGICAL IMPORTANCE OF CUCUMIS MELO L.: AN OVERVIEW. Asian Journal of Pharmaceutical and Clinical Research. 2017 Mar 1;10(3):8.

2. Rolim PM, Seabra LMJ, de Macedo GR. Melon By-Products: Biopotential in Human Health and Food Processing. *Food Reviews International*. 2019 May 9;36(1):15–38.
3. Raji Z, Khodaiyan F, Rezaei K, Kiani H, Hosseini SS. Extraction optimization and physicochemical properties of pectin from melon peel. *International Journal of Biological Macromolecules*. 2017 May;98:709–16.
4. Silva MA, Albuquerque TG, Alves RC, Oliveira MBPP, Costa HS. Melon (*Cucumis melo* L.) by-products: Potential food ingredients for novel functional foods? *Trends in Food Science & Technology*. 2020 Apr;98:181–9.
5. Li Z, Yao L, Yang Y, Li A. Transgenic approach to improve quality traits of melon fruit. *Scientia Horticulturae*. 2006 May;108(3):268–77.
6. Mallek-Ayadi S, Bahloul N, Kechaou N. Characterization, phenolic compounds and functional properties of *Cucumis melo* L. peels. *Food Chemistry*. 2017 Apr;221:1691–7.
7. Morais DR, Rotta EM, Sargi SC, Bonafe EG, Suzuki RM, Souza NE. Proximate Composition, Mineral Contents and Fatty Acid Composition of the Different Parts and Dried Peels of Tropical Fruits Cultivated in Brazil. *Journal of the Brazilian Chemical Society*. 2017.
8. Pereira MTL. Desidratação osmótica e secagem convectiva da casca do melão: modelagem matemática e caracterização físico-química das farinhas obtidas [dissertação]. Cuité: Universidade Federal de Campina Grande; 2021.
9. Miraei Ashtiani S-H, Rafiee M, Mohebi Morad M, Khojastehpour M, Khani MR, Rohani A, et al. Impact of gliding arc plasma pretreatment on drying efficiency and physicochemical properties of grape. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*. 2020 Jul;63:102381.
10. Rodrigues HGA, Reis PMC, Viana AC. Produção de farinha do resíduo industrial da acerola por secagem solar e artificial. *Revista Semiárido De Visu*. 2019 Apr 30;7(1):24–33.
11. Lech K, Michalska A, Wojdyło A, Nowicka P, Figiel A. The Influence of the Osmotic Dehydration Process on Physicochemical Properties of Osmotic Solution. *Molecules*. 2017 Dec 16;22(12):2246.

12. Cichowska J, Żubernik J, Czyżewski J, Kowalska H, Witrowa-Rajchert D. Efficiency of Osmotic Dehydration of Apples in Polyols Solutions. *Molecules*. 2018 Feb 17;23(2):446.
13. Official methods of analysis of AOAC International. Gaithersburg, Md.: AOAC International; 2004.
14. Instituto Adolfo Lutz. Métodos físico-químicos para análise de alimentos. Brasília São Paulo Ministério Da Saúde Instituto Adolfo Lutz; 2008.
15. Folch J, Lees M, Stanley GHS. A simple method for the isolation and purification of total lipides from animal tissues. *Journal of Biological Chemistry*. 1957 May;226(1):497–509.
16. Lima A da S, Figueiredo RW de, Maia GA, Lima JR, Sousa PHM de. Estudo da estabilidade de melões desidratados obtidos por desidratação osmótica seguida de secagem convencional. *Revista Brasileira de Fruticultura*. 2004 Apr;26(1):107–9.
17. Ministério da Saúde (BR). Resolução nº 263, de 22 de setembro de 2005. Regulamento técnico para produtos de cereais, amidos, farinhas e farelos. *Diário Oficial da União*. 23 set 2005.
18. Kroehnke J, Szadzińska J, Radziejewska-Kubzdela E, Biegańska-Marecik R, Musielak G, Mierzwa D. Osmotic dehydration and convective drying of kiwifruit (*Actinidia deliciosa*) – The influence of ultrasound on process kinetics and product quality. *Ultrasonics Sonochemistry*. 2021 Mar;71:105377.
19. Morais DR, Rotta EM, Sargi SC, Bonafe EG, Suzuki RM, Souza NE, Visentainer JV. Proximate composition, mineral contents and fatty acid composition of the different parts and dried peels of tropical fruits cultivated in Brazil. *journal of the brazilian chemical society* [Internet]. 2016 [Acesso em 11 set 2022]; Disponível em: <http://static.sites.s bq.org.br/jbcs.s bq.org.br/pdf/160202AR.pdf>
20. Madeira PMR. Agregação de valor ao resíduo de melão: caracterização, avaliação de atividade antioxidante, antiproliferativa, potencial prebiótico e produção de enzimas [tese]. Natal: Universidade Federal do Rio Grande do Norte; 2017.
21. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA). Instrução Normativa n. 8, de 2 de junho de 2005. Regulamento técnico de identidade e qualidade da farinha de trigo. *Diário Oficial da União*, 3 jun 2005.

22. Troller JA, Christian JHB. Water activity and food. New York: Academic Press; 1978.
23. Gibbs P, Gekas V. Water activity and microbiological aspects of foods a knowledge base [Internet]. 1998 [Acesso em 11 set 2022]. Disponível em: <http://www.nelfood.com/help/library/nelfood-kb02.pdf>

CAPÍTULO 81

DETERMINAÇÃO DO PERFIL FÍSICO-QUÍMICO DOS VINHOS DO SUL DE MINAS GERAIS

Matheus Felipe de Oliveira Silva *; Maurício Bonatto Machado de Castilhos 

* *Matheus Felipe de Oliveira Silva* – Email: matheustecnologo@gmail.com

Resumo: A composição química dos vinhos é determinante para delinear suas características, sendo essas dependentes do cultivo da uva, do processamento, dos processos de estabilização, do armazenamento e das características intrínsecas e extrínsecas da região produtora. De um lado, as regiões vitivinícolas clássicas e emergentes elevam o Brasil a uma posição de destaque no panorama vinicultor mundial; de outro, há significativa carência de estudos que descrevam o perfil químico dos vinhos das regiões emergentes, incluindo a região do Sul de Minas Gerais. O objetivo do presente trabalho foi estudar o perfil físico-químico dos vinhos tintos da cultivar Syrah, pertencentes à safra de 2021 provenientes de vinícolas localizadas no Sul de Minas Gerais sendo elas: Bárbara Eliodora, Davo, Maria Maria, Mar de Morros e Primeira Estrada. Os resultados obtidos do estudo físico-químico mostraram diferenças significativas em todas as propriedades avaliadas, classificando os vinhos, em sua maioria, como finos, meio secos e seguros microbiologicamente, pois apresentaram acidez volátil média inferior a 20 mEq/L. O teor de fenólicos totais se destacou frente aos demais vinhos já estudados, mostrando que os vinhos da uva Syrah são ricos em compostos fenólicos, pressupondo elevado potencial antioxidante. Os índices de cor evidenciaram que a região onde a vinícola está inserida deve exercer influência significativa no perfil químico e, conseqüentemente, no perfil sensorial. Futuros trabalhos incluem o estudo sensorial destes vinhos e o levantamento de parâmetros ambientais a fim de relacioná-los com o seu *terroir*.

Palavras-chave: Condições ambientais; *Terroir*; Identidade regional; Propriedades físico-químicas; Vinho tinto.

Abstract: The wines' chemical composition is crucial to delineate their features, which depend on grape growing, processing, stabilization processes, storage, and the intrinsic and extrinsic characteristics of the producing region. On one hand, the classic and emerging wine regions elevate Brazil to a prominent position in the world winegrowing panorama; on the other hand, there is a significant lack of studies that describe the chemical profile of wines from emerging regions, including the region of South of Minas Gerais state. The aim of the present work was to study the physicochemical profile of red

wines from the Syrah cultivar, 2021 vintage, from wineries located in southern Minas Gerais, namely: Bárbara Eliodora, Davo, Maria Maria, Mar de Morros, and Primeira Estrada. The results obtained from the physicochemical study showed significant differences in all the properties evaluated, classifying the wines mostly as fine, medium dry and microbiologically safe, as they presented an average volatile acidity below 20 mEq/L. The total phenolic content stood out compared to other wines previously studied, showing that Syrah wines are rich in phenolic compounds, assuming a high antioxidant potential. The color indices showed that the region where the winery is located must have a significant influence on the chemical profile and, consequently, on the sensory profile. Future works include the sensory study of these wines and the survey of environmental parameters in order to relate them to their terroir.

Key Words: Environmental conditions; Terroir; Regional identity; Physicochemical properties; Red wine.

INTRODUÇÃO

Essa região vem se destacando no panorama de produção de uvas e vinhos no Brasil, sendo considerada uma região emergente (1) e com potencial na produção vitivinícola apresentando rótulos de qualidade e com características regionais que identificam o seu *terroir*.

O vinho é uma bebida muito apreciada no mundo, pois a riqueza de informações acerca dos benefícios do seu consumo moderado e diário é notável tanto pelo seu teor alcoólico como pela presença de inúmeros compostos fenólicos que apresentam elevada capacidade antioxidante. Embora no vinho branco o armazenamento em garrafa possa contribuir para defeitos tecnológicos, como alterações na cor (escurecimento) e eventual deterioração da qualidade global, no vinho tinto, ao contrário, a mudança na coloração devido ao processo de estabilização pode ser importante para melhorias na sua qualidade (2).

Para uma excelente elaboração do vinho, as uvas devem apresentar maturação e condições sanitárias ideais, além de haver controle específico da fermentação alcoólica. Tecnicamente, o vinho pode ser elaborado a partir de qualquer uva, mas para a maioria dos casos, ele é produzido com uvas viníferas; sendo diferentes das uvas de mesa, por estas apresentarem menor tamanho, além de evidenciar sabor mais frutado. A coloração púrpura está relacionada comumente aos vinhos jovens, enquanto cores rubis e bordô aos vinhos maduros. Os tons de vermelho terracota ou alaranjado são frequentemente associados aos vinhos envelhecidos (3,4).

Sendo assim, este trabalho promoveu evidências científicas sobre o panorama geográfico das vinícolas no Sul de Minas Gerais e a influência da região demarcada como produtora de uvas e vinhos nos perfis químicos das bebidas. O objetivo central do projeto foi verificar os perfis físico-químicos dos vinhos produzidos com cultivares semelhantes por diferentes vinícolas situadas em regiões diferenciadas no sul de Minas Gerais, possibilitando, identificar indicadores químicos que possam direcionar a identidade regional desses vinhos a fim de caracterizá-los de acordo com a região produtora.

MATERIAL E MÉTODOS

Os vinhos foram coletados em diferentes vinícolas mineiras, todas localizadas na região do Sul do estado de Minas Gerais. Os vinhos coletados foram varietais de duas cultivares amplamente cultivadas na região: Sauvignon Blanc (cultivar branca) e Syrah (cultivar tinta) todas referentes à safra 2021.

Os vinhos Sauvignon Blanc e Syrah foram coletados nas seguintes vinícolas: Vinhos Maria Maria (Três Pontas/MG). Vinhos Primeira Estrada (Três Corações/MG), Vinhos Mar de Morros (Serra da Mantiqueira/MG), Vinícola Bárbara Eliodora (São Gonçalo do Sapucaí/MG), e Vinícola Davo (São Gonçalo do Sapucaí/ MG). Foram adquiridas 9 garrafas de cada vinho para proceder com as análises dos perfis químicos. Todas as amostras foram armazenadas sob temperatura ambiente na posição horizontal até o momento das análises.

As análises físico-químicas para cada um dos vinhos foram as seguintes: acidez total e volátil (g/L em ácido tartárico e acético, respectivamente) com uso de pHmetro, aparato para titulometria e destilador Tecnal (TE0363) (5); extrato seco total (g/L) utilizando banho termostático a 100 °C e estufa a 105 °C até peso constante (5); açúcares redutores utilizando RedutecTecnal (TE0861) baseado no método de Lane-Eynon com redução de íons cobre a partir da solução de Fehling (5); teor alcoólico (% v/v) utilizando destilador de arraste a vapor com posterior leitura em densímetro digital (Anton Paar®) (5), teor de fenólicos totais (mg/L de ácido gálico) pelo método de Folin-Ciocalteu com emprego de espectrofotômetro de absorvância a 765 nm (6), e índices de cor utilizando espectrofotometria nos comprimentos de onda de 450 nm, 520 nm, 570 nm e 630 nm determinando todos os parâmetros do espaço CIELab através do software MSCV 7.1 (7). Todas as propriedades físico-químicas foram obtidas em triplicata.

Os dados obtidos foram tabulados em planilhas do Excel (Microsoft®). Todos os resultados foram comparados mediante à aplicação da Análise de Variância (ANOVA) com posterior teste de comparação múltipla de Tukey, quando $P < 0,05$. O software utilizado foi o Minitab 17 (Minitab Inc.). O nível de significância aplicado para todos os testes foi de 0,05 (ou 5%).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 1 mostra existência de diferenças significativas em todas as propriedades físico-químicas avaliadas ($P < 0,05$). O teor alcoólico de vinhos de mesa e/ou finos e vinhos nobres, de acordo com a legislação brasileira, deve compreender valores entre 8,4 e 14,0% v/v e 14,1 a 16% v/v de etanol, respectivamente (8), e todos os vinhos apresentaram valores médios de teor alcoólico inseridos nesta faixa, sendo todos classificados como vinhos finos e somente o vinho Maria Maria sendo classificado como vinho nobre. Os teores alcoólicos observados nesses vinhos estão de acordo com os teores encontrados por De Castilhos et al. (2016) que estudaram vinhos elaborados com uvas híbridas através de processos de pré-secagem das uvas com a finalidade de concentrar o

teor de sólidos solúveis a fim de evitar a prática de chaptalização. Este resultado pressupõe que as uvas viníferas apresentam, naturalmente, teores de açúcares superiores em relação às variedades híbridas.

A acidez total de todas as amostras apresentou valores de acordo com a legislação que determina valores entre 40 e 130 mEq/L em pH 8,2. Esta propriedade físico-química apresentou diferenças significativas, sendo a vinícola Bárbara Eliodora a que apresentou valor superior de acidez total em relação às demais amostras. A acidez total é contabilizada pela soma da acidez volátil e fixa, sendo a primeira responsável por determinar a sanidade da bebida e a segunda determinada pelos ácidos orgânicos que são fixos no vinho (4). Todas as amostras foram classificadas como bebidas seguras microbiologicamente, já que todas apresentaram acidez volátil abaixo de 20 mEq/L em ácido acético, corroborando o preconizado pela legislação (8). Para este parâmetro, os vinhos da vinícola Primeira Estrada apresentaram maiores valores médios e os vinhos da vinícola Davo apresentaram os menores valores médios. Este resultado era esperado, já que são vinhos comercializados no mercado e devem atender aos parâmetros legislativos e de segurança microbiológica.

Tabela 1. Média±desvio padrão das propriedades físico-químicas dos vinhos tintos da cultivar Syrah.

Propriedades físico-químicas	Vinhos Syrah ¹					Valor P ²
	BE	DV	MRMR	MM	PE	
Teor alcoólico (%v/v)	12,54±0,90 ab	12,72±0,72 a	13,68±0,31 a	14,27±0,81 a	10,81±0,55 b	0,001
Acidez total (mEq/L)	96,07±0,98 a	78,10±2,26 b	80,72±6,23 b	78,76±4,08 b	83,01±2,04 b	0,001
Acidez volátil (mEq/L)	6,53±0,56 ab	5,55±0,56 b	7,19±3,44 ab	9,47±1,49 ab	10,78±0,98 a	0,025
Extrato seco (g/L)	23,88±1,29 b	24,13±0,53 b	26,14±0,27 b	29,20±1,41 a	25,48±0,36 b	<0,001
Açúcares redutores (g/L)	4,32±0,20 b	5,34±0,19 a	4,13±0,22 bc	3,63±0,18 c	4,34±0,21 b	<0,001
Fenólicos totais (mg/L)	1416,8±58,7 b	1408,4±25,1 b	1248,1±36,0 c	1712,1±54,5 a	1525,9±41,1 b	<0,001
Luminosidade (L*)	30,37±0,11 a	8,66±0,05 d	25,13±0,05 b	2,66±0,05 e	20,26±0,11 c	<0,001
Chroma (C*)	56,24±0,10 b	41,18±0,11 c	59,28±0,41 a	19,04±0,39 d	56,59±0,04 b	<0,001
Ângulo de tonalidade (h*)	21,21±0,03 c	20,88±0,08 c	23,81±0,26 b	13,89±0,005 d	26,59±0,14 a	<0,001
Coordenada a*	52,43±0,10 b	38,47±0,08 d	54,23±0,27 a	18,48±0,39 e	50,60±0,09 c	<0,001
Coordenada b*	20,33±0,03 c	14,68±0,09 d	23,93±0,41 b	4,57±0,09 e	25,33±0,12 a	<0,001
Intensidade de cor	4,14±0,01 e	10,52±0,03 b	5,13±0,02 d	15,71±0,07 a	5,90±0,03 c	<0,001
Tonalidade	0,67±0,005 a	0,63±0,005 b	0,61±0,003 c	0,55±0,005 d	0,68±0,003 a	<0,001

¹BE: vinícola Bárbara Eliodora; DV: vinícola Davo; MRMR: vinícola Mares de Morros; MM: vinícola Maria Maria; PE: vinícola Primeira Estrada. ²Valor P referente ao teste de Análise de Variância a P<0,05. Letras diferentes na mesma linha indicam diferenças significativas pelo teste de comparação múltipla de Tukey a P<0,05.

Todas as amostras foram classificadas como leves ao paladar, apresentando texturas medianas, visto que o extrato seco médio de todas as amostras apresentou valores

inferiores a 30 g/L. Vinhos com extrato seco abaixo de 20 g/L são considerados leves ao paladar ou não encorpados, ao passo que vinhos com extrato seco acima de 30 g/L são considerados encorpados (9). De acordo com a legislação (8), todas as amostras analisadas foram classificadas como vinhos meio seco, pois apresentaram teores médios de açúcar redutor acima de 4,0 g/L e abaixo de 25 g/L. Vinhos secos apresentam teor de açúcar redutor abaixo de 4,0 g/L. Neste caso, somente a vinícola Maria Maria apresentou vinhos secos.

O teor de fenólicos totais apresentou valores expressivos para todas as amostras, sendo as amostras da vinícola Maria Maria as que apresentaram valores superiores para este parâmetro físico-químico e as amostras da vinícola Mar de Morros as que apresentaram menores valores. Mesmo o menor valor médio de fenólicos totais foi considerado elevado, visto que são concentrações significativamente superiores aos vinhos tintos de uvas híbridas como a Isabel, por exemplo (10). Este resultado é importante do ponto de vista nutricional, pois os compostos fenólicos apresentam efetiva capacidade antioxidante e são compostos importantes no combate à formação de radicais livres (4).

Em relação aos índices de cor, os vinhos da vinícola Bárbara Eliodora apresentaram maior luminosidade e tonalidade, indicando bebidas com coloração tinta expressiva, porém mais límpidos e claros, que não fornecem tanto obstáculo para a passagem de luz. Os vinhos da vinícola Mar de Morros apresentaram maiores valores da coordenada a^* e Chroma, indicando coloração mais avermelhada e mais intensidade na cor vermelha, apresentando maior saturação (Chroma). Os vinhos da vinícola Maria Maria apresentaram maior intensidade de cor e os vinhos da vinícola Primeira Estrada apresentaram maiores valores de ângulo de tonalidade, coordenada b^* e tonalidade, sendo estes com maior tonalidade amarela e com expressiva tonalidade vermelha por apresentar valores expressivos da coordenada a^* .

Os vinhos Maria Maria que apresentaram menores valores da coordenada a^* se assemelharam aos valores encontrados por De Castilhos et al. (2016) (10) para vinhos elaborados pela uva híbrida BRS Violeta, uma variedade tintureira, ou seja, que apresenta a película e a polpa tinta. Este fato chama atenção, pois indica que os vinhos Syrah da vinícola Maria Maria são extremamente fortes em cor violeta, assim como os vinhos BRS Violeta estudados pelos autores citados acima. Os vinhos Maria Maria também apresentaram baixos resultados de Chroma, corroborando o que foi encontrado para o vinho BRS Violeta, ou seja, são vinhos tintos com elevada tonalidade violeta avermelhada e com baixa saturação e cores densas (10).

De uma forma geral, os índices de cor mostraram que os vinhos se diferenciaram de forma significativa entre as vinícolas, assim como todos os parâmetros físico-químicos avaliados. Isso mostra que os fatores ambientais e o *terroir* das vinícolas geram grande influência no perfil químico, fato que pressupõe mudanças significativas no perfil sensorial, temática que será abordada em estudos futuros.

CONCLUSÕES

Os resultados obtidos pela análise dos perfis físico-químicos dos vinhos resultaram em dados que atenderam aos limites preconizados pela legislação, classificando-os, em sua maioria, como vinhos finos, meio secos e livres de qualquer contaminação microbiológica, visto que a acidez volátil resultou abaixo do limite máximo preconizado pela legislação. O teor de fenólicos totais apresentou valores expressivos para todas as amostras, destacando o potencial de guarda e funcional dos vinhos elaborados com uvas viníferas, já que o elevado nível de compostos fenólicos indica maior potencial antioxidante e, por conseguinte, elevado poder de combate a doenças degenerativas. As diferenças observadas em todas as propriedades físico-químicas, em especial nos índices de cor, mostram que há diferenças entre as regiões onde as vinícolas estão instaladas, ou seja, pressupõe-se que o caráter ambiental e o efeito *terroir* são responsáveis por delinear essas diferenças significativas entre as amostras. O estudo da influência dos diferentes perfis físico-químicos nas propriedades sensoriais e a relação destes perfis com os fatores ambientais serão objeto de estudos futuros.

AGRADECIMENTOS

À Universidade do Estado de Minas Gerais, Unidade Frutal - MG, ao laboratório de físico-química e à equipe técnica por todo auxílio prestado para a realização das análises. Às vinícolas pela doação dos vinhos, e a todas as pessoas envolvidas nesta etapa.

REFERÊNCIAS

1. ALBERT, AZ. *O admirável mundo novo do vinho: e as regiões emergentes* [Internet]. 4. ed. São Paulo: Editora Senac São Paulo; 2012 [acesso em 20 Set 2022]. Disponível em: [https://cdn.atenaeditora.com.br > artigos_anexos](https://cdn.atenaeditora.com.br/artigos_anexos).
2. KALLITHRAKA S; SALACHA, MI; TZOUROU, I. Changes in phenolic composition and antioxidant activity of White wine during bottle storage: accelerated browning test versus bottle storage. *Food Chem.* 2009; 113:500-505.
3. BERNARDO E. *Savoir goûter le vin: par le meilleur sommelier du monde*. Paris: Ed. Plon; 2005.
4. JACKSON RS. *Wine science: principles and applications*. 5. ed. San Diego: Academic Press, 2020.
5. AOAC. Association of Official Agricultural Chemists. *Official methods of analysis of the AOAC International*. Washington, 2016.

6. SLINKARD K, SINGLETON VL. Total phenol analysis: automation and comparison with manual methods. *Am J Enol Vitic.* v. 28, p. 49-55, 1977. [acesso em 20 Set 2022]. Disponível em: <https://www.ajevonline.org/content/28/1/49>.
7. AYALA F, ECHÁVARRI, J F, NEGUERUELA AI. **MSCV® 7.1 software.** 2012.
8. BRASIL. Instrução Normativa nº 14 de 8 de fevereiro de 2018. Estabelece a complementação dos padrões de identidade e qualidade do vinho e derivados de uva e do vinho. **DOU:** Brasília, 2018.
9. DE CASTILHOS MBM, DEL BIANCHI V L. Vinhos. In: MORAES, I. O. (Org.). **Biotechnologia na Produção de Alimentos.** 2. ed. São Paulo: Blucher, 2022. p. 37-70.
10. DE CASTILHOS MBM, CORRÊA O L S, ZANUS MC, GARCIA MAIA JD, GÓMEZ-ALONSO S, GARCÍA-ROMERO E, DEL BIANCHI V L, HERMOSÍN-GUTIÉRREZ I. Pre-drying and submerged cap winemaking: effects on polyphenolic compounds and sensory descriptors. Part II: BRS Carmem and Bordô (*Vitis labrusca L.*). **Food Research International**, v. 76, n. 3, p. 697-708, 2015. [acesso em 20 Set 2022]. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0963996915301216>



ÁREA: Adubação, nutrição de plantas e manejo de irrigação

DOI: <https://doi.org/10.53934/9786585062039-82>

CAPÍTULO 82

REVISÃO DE LITERATURA A RESPEITO DA NUTRIÇÃO E DA TOLERÂNCIA DE PLANTAS DE FEIJÃO SOB ESTRESSE BIÓTICO E ABIÓTICO

Cibelle Christine Brito Ferreira¹; Clauber Rosanova²; Caio Felipe Cavalcante Dantas³; Flávia Naiane Macedo Santos⁴; Rosilene da Costa Porto de Carvalho⁵; Thanna Aryella Martins de Carvalho⁶

¹*Docente/pesquisadora no curso de Agronomia - IFTO, E-mail: cibelle.agro@gmail.com*

²*Doutor e Coordenador do Curso de Zootecnia – IFTO E-mail: clauber@ifto.edu.br*

³*Estudante do curso de Agronomia – UNITINS, E-mail: caio.1948@hotmail.com*

⁴*Mestre em Agroenergia – UFT, E-mail: flavianaianemacedo@gmail.com*

⁵*Estudante do curso de Agronomia – IFPA, E-mail: rosilene.cop@gmail.com*

⁶*Estudante do curso de Agronomia – ULBRA, E-mail: aryellamc@gmail.com*

Resumo: sabendo da importância dos nutrientes para o desenvolvimento do feijoeiro, desde o desenvolvimento inicial ao fim de ciclo, busca-se, por meio de levantamento bibliográfico e pesquisa exploratória, discorrer sobre como os nutrientes atuam na germinação de sementes, no desenvolvimento inicial e na tolerância de plantas aos estresses bióticos e abióticos no cultivo de feijão. De maneira que as informações disponíveis neste trabalho permitirão que os produtores rurais atuem a tempo de evitar potenciais perdas que efeitos bióticos e abióticos adversos possam causar ao feijoeiro, contribuindo de maneira significativa para aumento da sustentabilidade da cultura. A adubação é um dos fatores que afetam a qualidade da semente, pois plantas adubadas de modo adequado apresentam condições de produzir maior quantidade de semente, além de promover melhor qualidade, por resistir mais facilmente a adversidades durante o período de produção. Altos índices de produção, bem como ótima qualidade dos produtos somente são alcançados com o equilíbrio no fornecimento de macro e micronutrientes, que atuam no metabolismo vegetal. Os estresses bióticos e/ou abióticos são fatores limitantes na produção do feijão, pois em qualquer uma destas condições, pode causar o retardo do crescimento e danos no desenvolvimento, reduzir a produtividade e, em casos extremos, levar a planta à morte. Uma alternativa a estes fatores limitantes é o uso de cultivares com características genéticas competitivas e eficientes contribuindo para alcançar um padrão de agricultura mais sustentável e com melhores condições de produção, desde o preparo e preservação da fertilidade do solo, aos tratamentos culturais.

Palavras-chaves: germinação de sementes; nutrientes; solo

Abstract: knowing the importance of nutrients for the development of beans, from the initial development to the end of the cycle, it is sought, through bibliographic survey and exploratory research, to discuss how the nutrients act in the germination of seeds, in the initial development and in the tolerance from plants to biotic and abiotic stresses in bean cultivation. In such a way that the information available in this work will allow the rural producers to act in time to avoid the potential losses that adverse biotic and abiotic effects may cause to the common bean, contributing in a significant way to increase the sustainability of the crop. Fertilization is one of the factors that affect the quality of the seed, as plants properly fertilized are able to produce a greater amount of seed, in addition to promoting better quality, as they more easily resist adversity during the period of production. High production rates, as well as excellent product quality, are only achieved with a balance in the supply of macro and micronutrients, which act on plant metabolism. Biotic and / or abiotic stresses are limiting factors in the production of beans, as in any of these conditions, it can cause growth retardation and damage to development, reduce productivity and, in extreme cases, lead the plant to death. An alternative to these limiting factors is the use of cultivars with competitive and efficient genetic characteristics, contributing to achieve a more sustainable pattern of agriculture and with better production conditions, from the preparation and preservation of soil fertility, to cultural treatments.

Key-words: nutrientes; seed germination; soil

INTRODUÇÃO

O feijão-comum é uma das principais culturas produzidas e consumidas no Brasil. Apresenta importância nos aspectos econômicos e culturais, principalmente por ser um alimento que é fonte de proteína, vitaminas, ferro e sais minerais na dieta básica da população (1). Sendo ele uma leguminosa que pode ser cultivada por pequenos, médios e grandes produtores em todas as regiões do país, em diversos sistemas de produção, desde os mais tecnológicos e intensivos até os mais simples e de baixo custo e uso de tecnologias. Adubação correta, defensivos adequados, sementes de boa qualidade e manejo correto da irrigação podem proporcionar aumento no rendimento do feijoeiro (2).

O feijoeiro é uma planta considerada exigente em fertilidade e qualidade do solo, devido ao ciclo curto e ao sistema radicular superficial e pouco desenvolvido. Fatores nutricionais que estimulam o crescimento inicial do sistema radicular como a correção da acidez do solo antes da semeadura para neutralizar o Al tóxico, fornecer Ca, Mg e aumentar o pH para a faixa que permita maior disponibilidade de nutrientes (5,8 a 6,2); a aplicação de N, P e B na semeadura potencializam o desenvolvimento da cultura. As sementes, assim como demais órgãos da planta, apresenta composição química bastante variável por se tratar de um órgão que se forma no final do ciclo da planta. Durante o seu desenvolvimento, acumulam reservas de nitrogênio, carboidratos, lipídios e minerais. Uma gama muito ampla de minerais podem estar presentes na parede celular e nas

organelas, mas a grande parte do fósforo e vários cátions são encontrados juntos como compostos de fitina (3).

A reserva de nutrientes na semente é expressa pelos teores encontrados nas partes constituintes da semente. Esse valor varia entre espécies, cultivares e depende das condições do ambiente em que a semente é produzida. Os nutrientes armazenados na semente irão suprir os elementos necessários para o estabelecimento da plântula em seus estádios iniciais. Entretanto, o desenvolvimento das plantas geradas pode também depender da fertilidade do solo. Assim, o meio pode compensar a necessidade de um dado elemento, mesmo que a semente apresente baixo conteúdo deste, por ter sido originada de uma planta mãe não muito bem suprida. Por outro lado, com certas limitações, uma semente com alto conteúdo de um elemento, originará uma planta vigorosa, em um meio deficiente nesse elemento (3).

Sabendo da importância dos nutrientes para o desenvolvimento do feijoeiro, desde o desenvolvimento inicial ao fim de ciclo, busca-se, por meio de levantamento bibliográfico e pesquisa exploratória, discorrer sobre como os nutrientes atuam na germinação de sementes, no desenvolvimento inicial e na tolerância de plantas aos estresses bióticos e abióticos no cultivo de feijão. De maneira que as informações disponíveis neste trabalho permitirão que os produtores rurais atuem a tempo de evitar potenciais perdas que efeitos bióticos e abióticos adversos possam causar ao feijoeiro, contribuindo de maneira significativa para aumento da sustentabilidade da cultura.

EFEITO DOS NUTRIENTES NA GERMINAÇÃO DE SEMENTES

O feijão é um dos principais constituintes da dieta alimentar do povo brasileiro, sendo uma excelente fonte de aminoácidos, carboidratos, vitaminas, minerais e fibras; apresenta ainda conteúdo proteico de aproximadamente 25% (4).

A produtividade e a lucratividade de um empreendimento agrícola estão diretamente relacionadas à qualidade da semente utilizada para a semeadura. Assim, um dos fatores que mais contribui para o baixo rendimento do feijoeiro no Brasil, apesar da sua importância, é a utilização de grão, ao invés de semente, para a instalação da cultura.

O uso de semente com qualidades genética, sanitária, física e fisiológica é essencial para a obtenção de boa produtividade e, conseqüentemente, retorno financeiro. A exigência nutricional das culturas, em geral, torna-se mais intensa com o início da fase reprodutiva, sendo mais crítica na época de formação das sementes, quando consideráveis quantidades de nutrientes são para elas translocadas. Essa maior exigência se deve ao fato de os nutrientes serem essenciais à formação e ao desenvolvimento de novos órgãos de reserva.

A disponibilidade de nutrientes influencia a formação do embrião e dos cotilédones com resultados eficazes sobre o vigor e a qualidade fisiológica. No entanto, há poucos trabalhos relacionados à adubação e nutrição das plantas produtoras de sementes com sua qualidade fisiológica, e no caso de micronutrientes a situação é ainda mais crítica. O papel dos nutrientes é fundamental durante as fases de formação, desenvolvimento e maturação das sementes, principalmente na constituição das membranas e no acúmulo de carboidratos, lipídios e proteínas. A deficiência de

micronutrientes, especialmente a de manganês e zinco, pode reduzir a atividade metabólica devido à demanda em processos fisiológicos, como componentes de enzimas essenciais e também comprometer a manutenção estrutural e a integridade funcional das membranas.

O manganês está relacionado à formação da lignina, que, por sua vez, é uma das substâncias presentes na parede celular, conferindo-lhe impermeabilidade, exercendo, assim, efeito significativo sobre a capacidade e a velocidade de absorção de água através do tegumento, interferindo desse modo, na quantidade de líquidos liberados para o meio externo durante a fase de embebição do processo de germinação de sementes.

Plantas cultivadas em condição de deficiência de zinco, geralmente, produzem sementes com baixo conteúdo e concentração desse nutriente e quando semeadas em solo deficiente, as plântulas são menos vigorosas refletindo em baixo rendimento na colheita. O aumento do conteúdo de zinco nas sementes tem efeito positivo no aumento do rendimento nessas condições.

Os teores de nutrientes nas sementes de feijão foram determinados da seguinte maneira: o nitrogênio, por digestão sulfúrica, sendo no extrato dosado o N-orgânico, usando-se o reagente Nessler e o teor de N-NO₃. Para determinação do boro, as amostras foram submetidas à digestão por via seca (incineração), quantificando-se posteriormente o seu conteúdo por meio da colorimetria pela Azometina H. Os demais nutrientes (P, K, Ca, Mg, S, Cu, Fe, Mn e Zn) foram definidos por meio da digestão nitroperclórica e posterior determinação no extrato, onde o fósforo foi determinado por colorimetria, o potássio por fotometria de chama e o enxofre por turbidimetria. O cálcio, magnésio, cobre, ferro, manganês e zinco foram analisados por espectrofotometria de absorção atômica.

O macronutriente exigido em maior quantidade pelo feijoeiro é o nitrogênio, seguido por potássio, cálcio, enxofre, magnésio e fósforo. Contudo, quando se considera apenas a semente, a maior porcentagem do total absorvido é formada por N e P, seguidos por S, K, Mg e Ca. A necessidade de fósforo (acumulação na planta) é muito menor do que a de nitrogênio e a maior parte de P acumulado na planta (maior que 80%) é translocada para a semente, sendo possível aumentar a produtividade da cultura com o aumento da taxa de absorção de P.

Os efeitos dos nutrientes sobre a qualidade da semente tornam-se mais pronunciados em situações de deficiência nutricional. A exigência nutricional para a maioria das espécies aumenta com o início da fase reprodutiva, sendo mais crítica por ocasião da formação da semente, quando grande quantidade dos nutrientes é translocada para elas. A disponibilidade de nutrientes influi na formação do embrião e dos órgãos de reserva e na composição química da semente, afetando, conseqüentemente, sua qualidade.

(5), estudando o efeito da adubação fosfatada nas características químicas e fisiológicas da semente do feijão, verificou que maiores teores de fósforo no solo resultaram em semente com maiores peso e vigor e que os teores de fósforo, no solo de onde a semente semeada se originou, não influenciaram as percentagens de plântulas normais e anormais e de sementes mortas. Verificou também que teores crescentes do nutriente no solo aumentaram a quantidade de P, Mg e Zn e diminuíram a de N na

semente. A deficiência de P pode, entretanto, restringir a absorção, assimilação e translocação de N nas plantas.

Plantas de feijão originadas de semente com alto teor de P produziram maior massa de parte aérea e número e massa de nódulos e foram menos responsivas ao suprimento de P no solo do que plantas oriundas de semente com baixo teor de P. Outrossim, semente de feijoeiro com maior teor de P pode resultar em plantas com maior crescimento da parte aérea, nodulação e acúmulo de N, no estágio vegetativo de crescimento, particularmente sob baixas doses aplicadas de fósforo, via solo. Os trabalhos envolvendo fósforo na cultura do feijão, principalmente os relacionados ao teor na semente, limitam-se a avaliar o efeito na fase inicial do desenvolvimento da cultura. Em vista disso, o objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito da combinação de teores de fósforo na semente com teores de fósforo aplicados via solo sobre o produto final, ou seja, sobre as características químicas e fisiológicas da semente.

O feijoeiro é uma planta considerada exigente em fertilidade e qualidade do solo, devido ao ciclo curto e ao sistema radicular superficial e pouco desenvolvido. Por isso, é importante que os nutrientes estejam prontamente disponíveis para as plantas, de acordo com a demanda durante o ciclo (6). Dentre os fatores nutricionais que estimulam o crescimento inicial do sistema radicular destacam-se:

1. correção da acidez do solo antes da semeadura para neutralizar o Al tóxico, fornecer Ca, Mg e aumentar o pH para a faixa que permita maior disponibilidade de nutrientes (5,8 a 6,2);
2. aplicação de Ca, N, P e B na semeadura;
3. evitar a aplicação de fertilizante salino próximo à semente (exemplo: cloreto de potássio).

EFEITO DOS NUTRIENTES NO DESENVOLVIMENTO INICIAL DO FEIJÃO

O benefício da adição de elementos minerais no crescimento das plantas foi reconhecido há mais de 2000 anos. Contudo, Just von Liebig (1803-1873) foi o principal cientista de seu tempo a lançar as bases da nutrição mineral de plantas. Sua descoberta de que os elementos N, S, P, K, Ca, Mg, Si, Na e Fe eram essenciais, embora fundamentada apenas em observações, provou estar correta (7).

A nutrição mineral de plantas é o ramo da Fisiologia Vegetal que estuda quais são os elementos químicos essenciais para o ciclo vital das plantas. Estuda também como os elementos são absorvidos e translocados, as funções que desempenham nos sistemas funcionais, as exigências nutricionais e os distúrbios causados quando em concentrações insuficientes ou excessivas. Apresenta grande relação com o desenvolvimento inicial das plantas, em especial com a fertilidade do solo e a adubação das culturas (8)

Como o processo de absorção de nutrientes é realizada pelo vegetal para suprir as necessidades de seu metabolismo, que compreende os processos pelos quais esses nutrientes serão utilizados para seu crescimento e manutenção (8). Para que ocorra a absorção de nutrientes pelas plantas a partir do solo, dois aspectos são fundamentais. O primeiro, que o elemento se encontre na solução do solo em forma que possa ser

absorvido e segundo que esse nutriente, em solução, entre em contato com o sistema radicular da planta (9).

O sistema radicular do feijão possui mais tolerância a baixa saturação por bases (10). A nutrição mineral adequada é o meio mais rápido e menos oneroso para aumentar a produtividade das culturas. Altos índices de produção, bem como ótima qualidade dos produtos somente são alcançados com o equilíbrio no fornecimento de macro e micronutrientes, que atuam no metabolismo vegetal (11).

Todavia, no caso do feijoeiro, cujo sistema de fixação de N é de baixa eficiência, a necessidade do nutriente está mais relacionada à atividade da redutase do nitrato, enzima indispensável no aproveitamento dos nitratos absorvidos pela planta, pois é responsável pela redução do nitrato a nitrito, no processo de assimilação do N. Além disso, a aplicação foliar de Mo aumenta a redução do acetileno e a remobilização do N durante o estágio de enchimento de vagens e os efeitos combinados desses processos resultam em maior produtividade de sementes (12, 13).

Segundo (14), absorção de nitrogênio ocorre praticamente durante todo o ciclo da cultura, mas a época de maior exigência, quando a velocidade de absorção é máxima, ocorre dos 35 aos 50 dias da emergência da planta, coincidindo com a época do florescimento. Neste período, a planta absorve de 2,0 a 2,5 kg N/ha/dia.

O período de maior velocidade de absorção de fósforo vai desde aproximadamente 30 dias até os 55 dias da emergência, ou seja, desde o estágio fisiológico anterior ao aparecimento dos botões florais até o final do florescimento, quando já existem algumas vagens formadas. Embora a demanda seja alta durante todo este período, ela acentua-se no final do florescimento e no início de formação das vagens, época em que o feijoeiro absorve de 0,20 a 0,30 kg P/ha/dia.

O padrão observado no estudo de (14), para absorção de potássio é diferente. Aparentemente, são dois os períodos de grande demanda: entre 25 e 35 dias e entre 45 e 55 dias da emergência. O primeiro período corresponde à diferenciação dos botões florais, quando a cultura absorve, em média, 1,7 kg K/ha/dia, e o segundo, ao final do florescimento e início de formação das vagens, quando o feijoeiro absorve, em média, de 2,2 a 3,3 kg/ha/dia. A partir do final do florescimento a absorção de K é muito baixa.

EFEITO DOS NUTRIENTES NA TOLERÂNCIA DE PLANTAS DE FEIJÃO AOS ESTRESSES BIÓTICOS

Os diferentes tipos de estresses, caracterizados por condições externas que adversamente afetam o crescimento, o desenvolvimento e conseqüentemente a produtividade das plantas (15). Oosten explica, em seu trabalho, que estes estresses podem ser bióticos, impostos por organismos, como vírus, bactérias, fungos, nematoides e insetos ou abióticos, incluindo excesso ou deficiência de fatores do ambiente físico ou químico. Contextualizando, o estresse biótico ocorre como resultado de danos às plantas por outros organismos vivos, ervas daninhas, pragas de insetos, organismos causadores de doenças, nematoides, produtos químicos alelopáticos, etc. Entre estes, fungos e vírus são os maiores e grupos mais importantes afetando todas as partes da planta em tudo estágios de crescimento de leguminosas alimentares.

(16) aponta, dentre as condições ambientais que podem causar alguns desses tipos de danos, o excesso ou a falta de água (estresse hídrico), variações na temperatura (frio ou calor), excesso de salinidade, deficiência mineral no solo, o excesso ou falta de luz, além da chuva e vento. Destacam-se também a deficiência de nutrientes, como nitrogênio e fósforo, bem como os estresses decorrentes da baixa disponibilidade hídrica e das altas temperaturas (17). Nesse contexto o estresse desempenha um papel importante na determinação de como o solo limita a distribuição de espécies vegetais em dado ambiente, sendo sua composição, condutividade hidráulica, capacidade de troca iônica e pH, fatores que influenciam diretamente na disponibilidade de ar, água, nutrientes minerais e consequentemente desequilíbrios fisiológicos nas plantas (16).

As plantas são organismos constantemente expostos a vários fatores adversos, contudo, possuem a capacidade natural de regular uma rede de vias de sinalização com respostas rápidas e eficazes desencadeadas por estresses bióticos e abióticos (15). Entretanto, devido à relação evolutiva interespecífica entre plantas e agentes patogênicos, as respostas de defesa aos ataques bióticos são extremamente variáveis (17). As deficiências de minerais (alimento das plantas) no solo e na planta podem ser observadas pelo aparecimento de pragas e doenças que prejudicam os cultivos. Identificando qual a deficiência no solo, podemos escolher a prática de manejo que deve ser feita para melhorar a fertilidade do solo. Sempre que possível, é interessante ter também as informações obtidas por análise de solo ou análise foliar (18).

O estado nutricional em que se apresentam relaciona-se diretamente às respostas por elas expressadas. O desequilíbrio nutricional, seja por excesso ou falta de determinados nutrientes, favorece o estabelecimento de enfermidades e ou pragas conforme o(s) nutriente(s) em desequilíbrio nos tecidos do vegetal (19). Dessa forma, devido ao seu efeito no padrão de crescimento, na morfologia e na anatomia, e particularmente na composição química da planta, os nutrientes minerais podem aumentar ou diminuir a resistência das plantas às pragas e às doenças (20).

Em relação a nutrição, ressaltam-se os fosfitos, que são formados pela reação de ácido fosforoso + hidróxido de Na, K, Mg, Zn, Ni, Cu, etc..., os quais podem possuir modos de ação distintos dependendo da concentração utilizada. Os fosfitos atuam como toxidez direta inibindo crescimento fúngico principalmente de oomicetos. Com elevadas concentrações de fosfito na aplicação (9 mL/L), corre-se o risco de fitotoxidez, a concentração considerada ideal está por volta de 3 a 6 mL/L onde promovem indução de resistência (reação de hipersensibilidade, acúmulo de compostos fenólicos e lignificação dos tecidos ao redor do crescimento fúngico (21). Isto também depende do balanço de micronutrientes, pois a formação de lignina depende da rota do ácido chiquímico.

A severidade da doença é determinante. Sendo os fosfitos altamente translocados no floema, pode auxiliar no combate de doenças no sistema radicular das plantas. Com menores concentrações de fosfito, têm-se indução de resistência. Por exemplo, concentrações de 0,1 a 3 mMolar de fosfito já se tem ação sobre *Phytophthora* pela complexação de fenóis formando lignina ao redor do fungo (21).

Os estresses bióticos e/ou abióticos são fatores limitantes na produção do feijão, pois em qualquer uma destas condições, pode causar o retardo do crescimento e danos no

desenvolvimento, reduzir a produtividade e, em casos extremos, levar a planta à morte. Uma alternativa a estes fatores limitantes é o uso de cultivares com características genéticas competitivas e eficientes contribuindo para alcançar um padrão de agricultura mais sustentável e com melhores condições de produção, desde o preparo e preservação da fertilidade do solo, aos tratos culturais (22).

Devido à sua tolerância em solos com baixa fertilidade em decorrência da sua capacidade de fixação de nitrogênio, bem como de realizar simbiose efetiva com micorrizas e habilidade para tolerar solos com grandes variações de pH, o feijão é um dos componentes mais valiosos em sistemas agrícolas, restaurando a fertilidade dos solos para sucessão de outras culturas (22).

(18) esclarece que as restrições bióticas incluem pragas de insetos e vírus, bactérias e patógenos fúngicos, embora em qualquer área de produção, normalmente não mais do que três ou quatro pragas e patógenos são uma ameaça séria. As seguintes pragas e doenças que acometem a cultura do feijão são indicativos de deficiência de Cálcio (Ca): Cochonilha, Mosca-branca (*Bemisia tabaci*); Podridão apical, Virose “vira cabeça”, Vírus dourado. Outro elemento nutricional que em desequilíbrio causa interferência nos fatores bióticos da cultura é o Boro (Bo), que deixa a planta suscetíveis a podridões, assim como o Cobre (Cu) e o Silício (Si) que em desequilíbrio geram maior suscetibilidade ao ataque de pragas e doenças (18).

Segundo a (23) existem pragas classificadas como “pragas de solo”, que causam danos tanto no próprio solo, quanto nas plantas. (23) destaca como principais pragas e doenças que não podem passar despercebidas na hora de planejar o controle fitossanitário nas lavouras, a Lagarta-elasmó (*Elasmopalpus lignosellus*) que acomete, diversas culturas, dentre elas o feijão, onde as larvas atacam o colo das plantas, interrompendo o crescimento, provocando murchamento e a morte do cultivo. Os danos causados por essa praga são mais expressivos em solos leves e bem drenados.

Outra praga de solo que também acomete o feijão é o Tamanduá-da-soja (*Sternechus subsignatus*), que se trata de uma praga de difícil controle. A incidência é maior em solos sem remoção, onde é realizado o cultivo mínimo (redução do uso de máquinas sobre o solo) e o plantio direto. O dano se dá quando o inseto raspa o caule das plantas, desfia os tecidos de suporte e translocação de seiva. Quando há alta incidência, o dano chega a ser irreversível, podendo afetar até 100% das plantas. Se o ataque ocorre na fase final do desenvolvimento do cultivo, as larvas se localizam na haste principal, podendo quebrar a planta apenas com o vento ou chuva, reduzindo o rendimento e dificultado a colheita.

O feijão também é prejudicado pela doença de Tombamento, proveniente do fungo *Rhizoctonia solani*, que causa podridões nas raízes no início do crescimento das plantas, impactando no desenvolvimento, vigor e na germinação da semente. A presença da doença está ligada às condições do solo e culturas anteriores. Nesta doença, o fungo pode provocar danos no sistema radicular, conseqüentemente um mal desenvolvimento da planta, deformando os caules e raízes do cultivo. Além disso, a doença compromete a pigmentação das folhas e causar necrose do tecido vascular, comprometendo a

translocação de água e nutrientes. A proliferação da doença é favorecida na primavera, quando as temperaturas do solo são mais baixas e a umidade elevada.

Ressalta-se, em relação a nutrição, que em feijoeiros, os fosfitos proporcionam melhora no controle de mofo branco quando usado conjuntamente com fungicidas. De maneira geral, para aplicação de fosfitos, as plantas devem estar em bom estado nutricional para que se proporcione correto funcionamento do metabolismo primário e secundário. A aplicação de fosfitos deve ser realizada nas fases de maior demanda nutricional nas plantas onde as mesmas tornam-se mais susceptíveis aos efeitos danosos dos patógenos. Por exemplo, nas fases vegetativas, próximo ao florescimento onde se tem alta pressão de dreno de nutrientes (21).

EFEITO DOS NUTRIENTES NA TOLERÂNCIA DE PLANTAS DE FEIJÃO AOS ESTRESSES ABIÓTICOS

As plantas estão suscetíveis a estresses abióticos, nos quais podem ser físicos ou químicos como temperatura alta ou baixa, deficiência ou excesso de água, alta salinidade e baixa disponibilidade de nutrientes no solo que podem prejudicar o seu crescimento e desenvolvimento (24; 25; 26).

Uma das maneiras de amenizar os danos que os estresses abióticos causam nas plantas é a utilização de fertilizantes, bioestimulantes, inoculantes que favorecem a absorção dos nutrientes pelas plantas (SÁ et al., 2018). A salinidade do solo é um estresse que ocorre em diferentes condições climáticas resultante de processos naturais intensificada pelas ações humanas. O estresse salino afeta as plantas induzindo alterações osmóticas, iônicas, metabólicas e oxidativas, assim intervém na nutrição das plantas e altera seu crescimento e desempenho.

O feijão é uma cultura que sofre com os abióticos, a salinidade prejudica o crescimento e produtividade devido à grande redução na absorção de água pelas raízes das plantas proveniente do estresse osmótico e toxicidade iônica (28). Avaliando o uso da Glicina Betaina (GB) a fim de diminuir o estresse salino e aumentar a absorção de nutrientes em feijão comum (*Phaseolus vulgaris L.*), Sofy et. al. (28) concluíram que a GB é capaz de aliviar o estresse salino e reduzir o acúmulo de Na⁺ nos tecidos das plantas e aumentar o acúmulo de K, N e P, que permitem melhor osmose e desenvolvimento do crescimento da planta.

(SÁ 27) realizaram um estudo sobre o estresse abiótico salino e a fertilização com fósforo na cultura de feijão-caupi onde foi constatado que independente da irrigação com água salina a aplicação do nutriente fósforo aumentou o crescimento e a atividade fotossintética do feijão-caupi, principalmente na fase reprodutiva.

A irregularidade dos períodos de chuvas aliado a práticas incorretas de irrigação provoca o estresse hídrico em diferentes cultivares de feijão. O estresse hídrico afeta o período de floração o que pode resultar no aborto significativo de flores e frutos, além de interferir no crescimento vegetativo e assim reduzindo o desempenho da planta (29; 30).

Os bioestimulantes diminuem os efeitos adversos causados pelo estresse hídrico, em que foi comprovado por Petropoulos et al. (31), onde a aplicação de quatro bioestimulantes (Nomoren, EKOpop, Veramin Ca e Twin-Antiestress) melhorou o

rendimento e a qualidade do feijão comum (*Phaseolus vulgaris L.*) cultivado sob estresse hídrico. Altas temperaturas provocam danos na fertilidade do pólen que resulta na queda das flores e com isso causa redução no número de sementes e na qualidade. Já as baixas temperaturas podem limitar a produção no estágio inicial da planta (26).

Os nutrientes como o potássio (K), nitrogênio (N) e fósforo (P) e enxofre (S) são essenciais para o bom desenvolvimento das plantas pois desempenham um papel importante na melhoria do crescimento da planta, na eficiência de absorção de nutrientes e protege as plantas sob condições externas (32). A deficiência desses nutrientes resulta na perda significativa de rendimento do feijão.

Os estresses abióticos afetam o estado mineral do solo e o acesso as raízes das plantas aos minerais existentes na rizosfera (33). O nitrogênio é um elemento chave não só para o cultivo do feijão mais também para diversas plantas, a disponibilidade de nitrogênio no ciclo de vida da planta é vital para atingir um bom crescimento e desenvolvimento. O nitrogênio tem influência direta na absorção e na assimilação de outros minerais. A deficiência deste elemento além de inibir o crescimento vegetativo altera características como área foliar, cor, número de folhas e altura da planta (34).

Outro mineral extremamente importante no cultivo de diferentes espécies de feijão é o potássio. Ele melhora os processos metabólicos do açúcar, aumenta a osmorregulação, regula a abertura estomática, participa da fotossíntese, previne perdas de energia, aumenta a resistência à seca e aumenta o rendimento (36). Sadehipour (35) estudou a aplicação do potássio para diminuir o estresse abiótico provocado pelo cádmio em feijão comum, os resultados mostraram uma redução da toxicidade do cádmio e melhora no crescimento e absorção da clorofila.

A aplicação de fósforo nos cultivares de feijão promove o crescimento da raiz, melhora a resistência a doenças, diminui o estresse hídrico e aumenta a absorção de nutrientes e melhora o rendimento da safra. O baixo teor de fósforo provoca nas plantas a diminuição das taxas fotossintéticas, pois o fósforo é fundamental para que esse processo ocorra e afeta a redução no número e tamanho das folhas (32).

O enxofre é um macronutriente fundamental no combate ao estresse nas plantas. Os compostos contendo enxofre servem como componentes estruturais, atuam como moléculas de sinalização para comunicação celular com o ambiente. Podem estimular a tolerância e proteção a diferentes tipos de estresses abióticos, atua diretamente como oxidante e altera os processos moleculares regulando positivamente os genes envolvidos na tolerância ao estresse (38; 39).

De modo geral, os estresses abióticos causam diversos problemas na cultura de feijão, assim os nutrientes são peças importantes no combate aos estresses abióticos e desenvolvimento de resistência para o crescimento e desenvolvimento saudável da planta.

CONCLUSÃO

O cultivo do feijão exige uma demanda de nutrientes que propiciará um bom desenvolvimento e melhor rendimento da safra. Entender a importância dos nutrientes para o cultivo do feijoeiro é imprescindível pois os nutrientes são vitais para a plantas

desde os estágios iniciais até no desenvolvimento de resistências no combate a fatores negativos como os estresses bióticos e abióticos. Neste artigo disponibilizamos informações importantes com base na literatura, que permitem entender a real necessidade para o cultivo do feijão em relação aos nutrientes, o que acarreta na melhoria da eficiência na produtividade das lavouras.

REFERÊNCIAS

- 1-Anjos DD. N, Mendes HTA, Vasconcelos RC, Moreira PM, Cangussu ACV, Pires ES. Avaliação do feijoeiro comum em função dos bioestimulantes, NPK e micronutrientes em Vitória da Conquista – BA. Revista Agrarian, Dourados, v.10, n.35, p. 1-9, 2017.
- 2- Frasca LLM. Bioestimulantes no crescimento e desempenho agrônômico do feijão-comum de ciclo superprecoce. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Goiás, Escola de Agronomia e Engenharia de Alimentos (EAEA), Programa de Pós Graduação em Agronomia, Goiânia, 2019.
- 3- Neto JJ, Rosseto CAV. Concentração de nutrientes nas sementes: o papel do molibdênio. Floresta e Ambiente Vol. 5(1):171-183, jan./dez. 1998
- 4- Sgarbieri VC. Alimentação e nutrição: fator de saúde e desenvolvimento. Campinas: UNICAMP, 1987. 387p
- 5- Vieira RF. Influência de teores de fósforo no solo sobre a composição química, qualidade fisiológica e desempenho no campo de sementes de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). Revista Ceres, v.33, n.186, p. 173-188. 1986.
- 6- Embrapa. Conhecendo a fenologia do feijoeiro e seus aspectos fitotécnicos / Márcia Gonzaga de Castro Oliveira ... [et al.]. Embrapa 59 p. ISBN 978-85-7035-770-0. Brasília, DF 2018.
- 7 - Marschner, P. Marschner's mineral nutrition of higher plants. 3ed. Academic Press, 2012. 649 p.
- 8- Epstein E, Bloom, AJ. Nutrição mineral de plantas: princípios e perspectivas. Londrina - PR: Editora Planta, 2006. 404p.
- 9- Cavalcanti FJA. Recomendações de adubação para o Estado de Pernambuco: 2a aproximação. 3ª Ed. Recife, PE: IPA. 2008. 212 p.

- 10- Silva LM, Lemos LB, Crusciol CAC, Feltran JC. Sistema radicular de cultivares de feijão em resposta à calagem. Botucatu: Faculdade de ciências agrônômicas, Universidade Estadual de São Paulo; 2004
- 11- Santos JF, Lemos, JNR, Nóbrega JQ, Grangeiro JIT, Brito LMP, Oliveira MEC. Produtividade do feijão vigna utilizando biofertilizante e uréia. v1. Tecnologia & Ciência Agropecuária; 2007. p.25-29
- 12- Vieira RF, Cardoso EJBN, Vieira C, Cassini STA. Foliar application of molybdenum in common bean. I. Nitrogenase and nitrate reductase activities in a soil of low fertility. *Journal of Plant Nutrition*; 1998. p.2141-2151.
- 13 - Jesus Júnior WC, Vale FXR.; Coelho RR, Hau B, Zambolim L, Berger RD. Management of angular leaf spot in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) with molybdenum and fungicide. *Agronomy Journal*, Madison, v.96, n.3; 2004. p.665- 670.
- 14- Rosolem CA, Marubayashi OM. Seja o doutor do seu feijoeiro In: Encarte do Informações Agrônômicas, n.68, 1994. 16p
- 15- Oosten MJV, Pepe O, Pascale SD, Silva S, Maggio A. The role of biostimulants and bioeffectors as alleviators of abiotic stress in crop plants. *Chem. Biol. Technol. Agric.* 4:5 DOI 10.1186/s40538-017-0089-. 2017. 12p.
- 16- Ferreira AC. Fisiologia e morfologia de plantas de feijão sob deficiência hídrica. Dissertação (Mestrado). Piracicaba: Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo; 2017. 62p.
- 17- Pandey P, Irulappan V, Bagavathiannan MV, Senthil-Kumar M. Impact of Combined Abiotic and Biotic Stresses on Plant Growth and Avenues for Crop Improvement by Exploiting Physio-morphological Traits. *Front. Plant Sci.* 8:537. doi: 10.3389/fpls.2017.00537. 2017.
- 18 – Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Pragas e doenças que indicam deficiências de minerais no solo e na planta. MAPA. 2016. [acesso 10 mar 2021]. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/sustentabilidade/organicos/fichas-agroecologicas/arquivos-fertilidade-do-solo/36-pragas-e-doencas-que-indicam-deficiencias-minerais-no-solo-e-planta.pdf/view>
- 19- Enebe MC, Babalola OO. The influence of plant growth-promoting rhizobacteria in plant tolerance to abiotic stress: a survival strategy. *Applied Microbiology and Biotechnology* (2018) 102: 7821-7835. Disponível em: <<https://doi.org/10.1007/s00253-018-9214-z>>; Acesso em maio de 2021.
- 20- Escobar RF. Olive nutritional status and tolerance to biotic and abiotic stresses. *Front. Plant Sci.* 10:1151. doi: 10.3389/fpls. 2019.

- 21- Portal do agronegócio. Relação entre susceptibilidade a pragas e doenças e estado nutricional das plantas. Portal do Agronegócio. [cited 2021 dec 8]. Available from: portaldoagronegocio.com.br
- 22 – Neta H B Dos S. Avaliação de linhagens de feijão com e sem estresse hídrico em condições semiáridas. (Pós-graduação em agronomia- Produção Vegetal). Petrolina: Campus Ciências Agrárias, Universidade Federal do Vale do São Francisco; 2017. 2p.
- 23- BASF. Principais pragas e doenças de solo. 2018. [cited 2021 mai 10]. Available from: <https://www.basf.com/br/pt/media/news-releases/2018/05/Conhec-a-as-principais-pragas-e-doenc-as-de-solo-.html>
- 24 - Kumar M, Kour D, Yadav AN, Saxena R, Rai PK, Jyoti A, Tomar RS. Biodiversity of methylotrophic microbial communities and their potential role in mitigation of abiotic stresses in plants. *Biologia*, v. 74, n. 3, 2019 p. 287-308.
- 25 - He M, He CQ, Ding NZ. Abiotic stresses: general defenses of land plants and chances for engineering multistress tolerance. *Frontiers in plant Science*; 2018. p. 1771.
- 26- Assefa T, Mahama A A, Brown AV, Cannon EK, Rubyogo JC, Rao IM, Cannon SB. A review of breeding objectives, genomic resources, and marker-assisted methods in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Molecular Breeding*, v. 39, n. 2; 2019. 20p
- 28- Sofy MR, Elhawat N, Alshaal T. A glicina betaína combate o estresse salino, mantendo alta relação K^+/Na^+ e defesa antioxidante através da limitação da absorção de Na^+ no feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L.). *Ecotoxicologia e Segurança Ambiental*: DOI: 10.1016/j.ecoenv. 2020
- 29 - Mathobo R, Marais D, Steyn JM. The effect of drought stress on yield, leaf gaseous exchange and chlorophyll fluorescence of dry beans (*Phaseolus vulgaris* L.). *Agricultural Water Management*, v. 180; 2017. p. 118-125.
- 30 – Nemeskéri E, Molnár K, Pék Z, Helyes L. Effect of water supply on the physiological characteristics related to the use of water and on the productivity of pod beans in times of drought. v. 36. *Irrigation Science*; 2018 p. 143-158.
- 31- Petropoulos SA, Taofiq O, Fernandes Â, Tzortzakis N, Ciric A, Sokovic M, Ferreira I. C. Bioactive properties of greenhouse-cultivated green beans (*Phaseolus vulgaris* L.) under biostimulants and water-stress effect. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, v. 99, n. 13; 2019. p. 6049-6059.
- 32- Fouda, K. F. Effect of phosphorus level and some growth regulators on productivity of faba bean (*Vicia faba* L.). v. 57. *Egypt: Soil Sci*; 2017. p. 73-87.

- 33- Ahanger MA, Ahmad P. Role of mineral nutrients in abiotic stress tolerance: revisiting the associated signaling mechanisms. *Plant Signaling Molecules*; 2019. p. 269-285.
- 34- Azimi, S; Kaur, T.; Gandhi, T. K. A deep learning approach to measure stress level in plants due to Nitrogen deficiency. v. 173. *Measurement*; 2021. p. 108650.
- 35- Sadeghipour, O. Enhancing cadmium tolerance in common bean plants by potassium application. v. 101. *The Philippine Agricultural Scientist*; 2018 p. 167-175.
- 36- Yin Z, Guo W, Xiao H, Liang J, Hao X, Dong N, Yin, F. Nitrogen, phosphorus, and potassium fertilization to achieve expected yield and improve yield components of mung bean. v. 13. *PloS one*, n. 10. 2018 p. e0206285.
- 37- Samanta S, Singh A, Roychoudhury A. Involvement of Sulfur in the Regulation of Abiotic Stress Tolerance in Plants. *Protective Chemical Agents in the Amelioration of Plant Abiotic Stress: Biochemical and Molecular Perspectives*, 2020. p. 437-466.
- 38- Hasanuzzaman M, Hossain Ms, Bhuyan Mb, Al Mahmud J, Nahar K, Fujita M. The role of sulfur in plant abiotic stress tolerance: molecular interactions and defense mechanisms. In: *Plant Nutrients and Abiotic Stress Tolerance*. Springer, Singapore, 2018. p. 221-252.

DOI: <https://doi.org/10.53934/9786585062039-83>

CAPÍTULO 83

ADUBAÇÃO ORGÂNICA COMO ALTERNATIVA DE PRODUÇÃO DE MILHO (*ZEA MAYS L.*) NO BRASIL: REVISÃO DE LITERATURA

Antonio Deusimar Oliveira de Sousa Junior *; Gênesis Alves de Azevedo 
; Lucianne Martins Lobato ; Giselly Martins Lobato ; Cyntia Airagna Fortes dos Santos ; Gerson Freitas Vieira Neto ; Fernanda Mendonça Freitas 

Antonio Deusimar Oliveira de Sousa Junior – Email:
antonio.junior.engagro@gmail.com

Resumo: A aplicação de adubos orgânicos é uma alternativa econômica e sustentável de grande importância no aproveitamento de biofertilizantes de origem animal como esterco animal. A serventia desses insumos orgânicos decresce o uso de insumos sintéticos e revigora as propriedades físicas e químicas, além de melhorar o desenvolvimento das culturas. Desse modo, o objetivo principal desta revisão foi coletar e organizar informações sobre a utilização de adubos orgânicos na agricultura em substituição a adubação química para produção de milho (*Zea Mays. L.*) como segundo cereal de maior importância econômica no Brasil, além de destacar os principais entraves, limitações e impactos ambientais do adubo químico na agricultura. O baixo custo na aplicação de adubos orgânicos na agricultura, o efeito sustentável pela reutilização de dejetos em industriais agropecuárias e a produção de alimentos orgânicos mais saudáveis à saúde, são fatores que direcionam a adoção de fertilizantes orgânicos de origem animal como alternativa eficaz para produção de grandes culturas como o milho (*Zea mays L.*). Uma vez que, o ganho na produtividade é expresso no decorrer do trabalho, além de não prejudicar o meio ambiente.

Palavras-chave: Sustentabilidade ambiental; Produtividade; Baixo custo.

Abstract: The application of organic fertilizers is an economic and sustainable alternative of great importance in the use of biofertilizers of animal origin as animal manure. The usefulness of these organic inputs reduces the use of synthetic inputs and invigorates the physical and chemical properties, in addition to improving the development of crops. Thus, the main objective of this review was to collect and organize information on the use of organic fertilizers in agriculture to replace chemical fertilization for the production of corn (*Zea Mays. L.*) as the second most economically important cereal in Brazil, in addition to highlighting the main obstacles, limitations and environmental impacts of chemical fertilizers in agriculture. The low cost in the application of organic fertilizers in

agriculture, the sustainable effect of the reuse of waste in agricultural industries and the production of healthier organic foods, are factors that direct the adoption of organic fertilizers of animal origin as an effective alternative for the production of large crops such as maize (*Zea mays L.*). Since the gain in productivity is expressed in the course of work, in addition to not harming the environment.

Key words: Environmental sustainability; Productivity; Low cost.

INTRODUÇÃO

A aplicação de adubos orgânicos é uma alternativa econômica e sustentável de grande importância no aproveitamento de biofertilizantes de origem animal como esterco animal. A serventia desses insumos orgânicos decresce o uso de insumos sintéticos e revigora as propriedades físicas e químicas, além de melhorar o desenvolvimento das culturas (1,2,3).

Devido ao alto o preço dos fertilizantes minerais, é necessária adoção de novos caminhos que proporcionem reduzir a dependência de recursos não renováveis e melhorar taxas de produção ligado à sustentabilidade (4,5).

De acordo com o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – MAPA (6), os produtos orgânicos são propostos afim de evitar a utilização de produtos não orgânicos capazes de prejudicar a saúde do agricultor, animais e o meio ambiente. Visando a preservação dos ecossistemas naturais e o incremento de atividades naturais como o equilíbrio biológico e a reciclagem de matéria orgânica proporcionando processos que elevam a fertilidade do solo.

Aliado a importância do uso de adubos orgânicos, observa-se que o agronegócio brasileiro responde por metade das exportações mundiais de grãos, sendo o quarto maior produtor de grãos, com quase 8% da produção mundial. Segundo o canal Agro do Estadão, a maior produção de soja no Brasil atingiu 126 milhões de toneladas (26,6% do PIB e 61% do total de cargas, sendo o maior produtor de soja do mundo em 2020 (7).

Pretendendo aumentar a produtividade e manter o equilíbrio do sistema de cultivo do milho, seguindo a demanda de consumo para obtenção de alimentos orgânicos, tornou-se uma alternativa viável para intensificar a lucratividade do setor agropecuário pela oportunidade de agregar valor ao produto, aplicando menos insumos e favorecendo o meio ambiente. (8). Os cereais são a mais importante fonte de alimentos do mundo, tanto para o consumo humano direto, como para a produção de carne. Segundo pesquisas, aproximadamente um terço da produção de cereais é destinada ao consumo animal, onde serão necessários bilhões de toneladas extras de cereais até 2030 (9).

A produção de grãos é uma das atividades agrícolas com maior desempenho para na economia brasileira, inserindo um total de 2 trilhões de reais na economia (CNA). Para que alcançar esse feito, o Brasil passou por um grande avanço territorial no Centro-Oeste, que concentra 46% da produção de cereais, logo o estado de Mato Grosso com 28% da produção total (10) (CONAB, 2021). Um dos três cereais mais cultivados no mundo é o milho, com consideráveis 150 espécies diferentes, embora amplamente utilizada, a

indústria de ração animal consome 53% e 2% para fins de consumo humano, como a culinária (11).

O milho (*Zea mays L.*), pela sua área de utilização e valor económico e social, é o cereal mais produzido no mundo; seu grão pode ser consumido in natura, como grãos secos e verdes. É adotado na alimentação humana e animal e seus grãos são destinados para a fabricação de cereais. (12, 13). Nos últimos anos, a cultura vem se expandindo em várias regiões geográficas do Brasil, o aumento da área cultivada teve intensidade na região Centro-Oeste. E houve diminuição da área cultivada nas regiões Sul, Sudeste e Nordeste (14).

Desse modo, o objetivo principal desta revisão foi coletar e organizar informações sobre a utilização de adubos orgânicos na agricultura em substituição a adubação química para produção de milho (*Zea Mays. L.*) como segundo cereal de maior importância econômica no Brasil, além de destacar os principais entraves, limitações e impactos ambientais do adubo químico na agricultura.

REVISÃO DE LITERATURA

Emprego da adubação orgânica e benefícios

Hoje, é notável o aparente interesse de nosso sistema produtivo em atender as condições do desenvolvimento sustentável, levando em consideração os assuntos sob os quais se baseia, de natureza econômica, social e ambiental (15).

O emprego de adubos orgânicos em solos agrícolas tem crescido nos últimos anos no Brasil, devido ao forte aumento no volume de resíduos orgânicos produzidos por uma parcela da população, transtornos relativos à degradação do solo, do ambiente, e sobretudo a saúde humana. Portanto, a investigação visando ferramentas alternativas que promovam o aproveitamento de resíduos e condicionem o aumento de produtividade das culturas de forma sustentável vem sendo discutido e proposto para aplicação em lavouras (16).

A adubação orgânica apresenta elevada eficácia no processo agrícola por propiciar beneficiamento das condições físico-químicas do solo, estimulando no desenvolvimento de espécies de importância econômica. Na produção dos adubos orgânicos, diversos microrganismos são conhecidos pelo desempenho como decompositores, focalizando-se nas minhocas. Existem vários trabalhos em torno desses microrganismos e suas funções em divergentes produtos orgânicos. Entretanto, poucos são os estudos sobre o esterco de equinos no Brasil e menos ainda sobre a atuação de microrganismos no processo da sua decomposição, especificamente sobre o comportamento dos besouros coprófagos nesses materiais orgânicos (17).

Os adubos orgânicos tiveram maior reconhecimento e utilização em cultivos agrícolas além de reduzir custo energético das lavouras e aumentar a estabilidade de recursos naturais. A técnica de reusar plantas como cobertura morta no solo tem sido aplicada em algumas regiões semiáridas, pois além de promover a umidade do solo, favorece o desenvolvimento da cultura (18).

O emprego de produtos orgânicos, indicam vários benefícios nutricionais, visto que não transcorre o uso de agrotóxicos, adubos químicos e outros elementos tóxicos e sintéticos nos alimentos orgânicos. Assim sendo, há preservação da biodiversidade, fases e ações biológicas do solo, garantindo um ecossistema em equilíbrio (19).

Além dos benefícios da agricultura orgânica para o ecossistema, tem-se uma melhora na vida do produtor, uma vez que faz-se uso de metodologias de conservação de solos, como por exemplo, rotação e consorciação de espécies agrícolas, cultivo mínimo e adubação verde, onde diminui drasticamente a perda nutricional, adverso da agricultura convencional, a observação, tendo como respostas a redução de contaminação de solos, recursos hídricos, aparecimento de pragas, erosão e locomoção indevida de nutrientes, tornando o solo mais produtivo e resistente quanto a propagação de parasitas (19).

O uso de fontes orgânicas contendo vários nutrientes como cama de frango, principalmente N, se manejado adequadamente tem capacidade para fornecer alguns ou todos atributos de fertilizantes químicos. A adoção dessa prática melhora o teor de matéria orgânica, que por sua vez beneficia as propriedades físicas do solo, aumenta a capacidade de retenção de água, reduz a erosão, melhora a aeração e estabelece um ambiente confortável para microbiota do solo se desenvolver (15).

A adição de compostos orgânicos, ligada ao manejo correto do solo, permite um desenvolvimento das plantas, seja pela disponibilização de nutrientes, melhorando as propriedades da cultura. Dessa forma, o uso de materiais de origem orgânica, cama de aviário, chorume de suíno, representam uma ótima alternativa como fertilizante por propiciar um destino mais adequado, permitindo uma melhora na produção animal e vegetal em razão de fatores como, disponibilização de nutrientes na área (20).

Segundo a Revista Cultivar (21), a Universidade Federal de Viçosa desempenha um projeto há 15 anos que se fundamenta na produção de milho e feijão com aplicação de adubo orgânico, mineral e organo-mineral. Os fertilizantes orgânicos utilizados continuamente por muitos anos têm um efeito residual a longo prazo levando a uma fonte estável de nutrientes. Dessa forma, os fertilizantes orgânicos forneceram nutrientes suficientes para manter a produtividade no primeiro ano de aplicação, estabilizando acima dos 5.000 kg/ha, a partir do quarto ano de aplicação anual. Logo após o 12º ano, o rendimento de milho foi de 6.500 kg/ha quando foram usados fertilizantes orgânicos isolados, enquanto a maior dose de fertilizantes químicos foi usada, o rendimento de milho não excedeu 4.900 kg/ha. No ano seguinte, a diferença dos resultados foi positiva para o milho “orgânico”, o qual ficou com 1.800 kg/ha a mais em relação ao outro adubado com 500kg fertilizante mineral 4-14-8 + 300 kg de amônio/ha.

Pelos resultados obtidos pela UFV no cultivo do milho, os fertilizantes orgânicos elevaram em até quatro vezes o teor de fosforo no solo e o potássio cerca de 2,5 vezes. As concentrações de cálcio e magnésio e o pH do solo são mantidos em níveis adequados para o cultivo. Esses resultados demonstram que o composto tem potencial para melhorar a fertilidade do solo ao longo prazo. Com uso de 10 a 15 toneladas/ha de composto orgânico, o aumento na fertilidade do solo foi eficiente em intervalos mais curtos, a despeito de altas doses em longo período de tempo (21).

Dependência do uso de adubos químicos e seus impactos ambientais

De acordo com Civitereza (22), o uso excessivo de fertilizantes provoca um problema grave ao meio ambiente, causando a poluição das águas causando o fenômeno de eutrofização. A maioria dos fertilizantes penetra diretamente no solo, mas uma parcela é levada pelas chuvas, dessa forma poluindo lagos, rios e lençóis freáticos com sais, do tipo fosfato e nitrogênio que estão presentes nos fertilizantes. É devido a esses nutrientes em quantidades demasiadas viabiliza o crescimento de algas que sequestram o oxigênio levando a morte de toda a vida presente nos rios e lagos.

O solo necessita da microfauna para não se tornarem estéreis e não recorrer a mais aplicações de insumos agrícolas, o que seria outro problema causado pelo excesso de fertilizantes químicos, uma vez causado o rompimento da cadeia de microfauna (minhocas, formigas, besouros, fungos, bactérias) presentes no litossolo. Dessa forma a participação desses organismos vivos no solo promove a fertilidade através de interações entre os organismos (22).

Considerando também a dificuldade de transporte e os altos preços para adquirir esse tipo de fertilizante, o qual já causa impactos negativos no solo e prejudica a microbiota em nincho ecológico presente no ambiente da cultura, reduzindo o desenvolvimento da cultivar.

A busca por outras fontes de adubos é impulsionada tanto pelo alto preço dos fertilizantes minerais, quanto pela crescente demanda por produtos orgânicos (23). Altos custos nos insumos minerais limitam a produtividade de grãos, além de reduzir a atividade no agronegócio tornando maior a dependência das lavouras em aguardar a chegada dos produtos importados como fósforo (P) e potássio (K), resultando no aumento da produção da cultura (24).

Embora o aumento da demanda interna por fertilizantes afim de contribuir com a produção agrícola, houve queda na estatística da produção, seguida de queda na proposta interna. Indicando o Brasil como dependente da importação de fertilizantes químicos para suprir a demanda de adubações no setor agrícola. Cerca de 70% dos fertilizantes aplicados no país são importados. (25).

O Ministério da Economia (26), relata o crescimento vertiginoso nas importações, a qual é influenciada pelas dilatação na compra de produtos como trigo e centeio, não moídos (29,5%), fertilizantes brutos (115,5%), carvão (68,6%); óleos brutos de petróleo ou minerais betuminosos na Indústria Extrativa (173,1%); Óleos combustíveis de petróleo ou de minerais betuminosos (exceto óleos brutos) (108,2%); adubos ou fertilizantes químicos (58,1%); Inseticidas, fungicidas, herbicidas, rodenticidas, reguladores de crescimento para plantas, desinfetantes e semelhantes (85,4%) na Indústria de Transformação.

Segundo destacou Ministério da Economia (26), o Brasil dobrou o valor em compras de fertilizantes em 10 anos, passando de US\$ 1,25 em 2007 para US\$ em 2017. Isto posto, é comprovado a dependência que o país possui na aquisição de fertilizantes químicos importados, estimulada pela produção agrícola nacional no período.

Associado a esse registro, o alto custo dos insumos e fertilizantes ainda mais caros limitam a produtividade alimentar do país. Elevando o custo de produção das lavouras resultando na dependência de fontes importadas não renováveis de nutrientes como fósforo e potássio. Todavia, o setor agrícola gera uma grande quantidade de resíduos, permitindo o reaproveitamento de nutrientes. A reutilização reduz erros de condutas ambientais e estabelece uma economia circular para o setor agrícola. A razão para procurar fertilizantes alternativos é o alto preço de adubos minerais solúveis. A união de fertilizantes minerais com adubos orgânicos formulou uma alternativa mais econômica e sustentável, denominada fertilizante organomineral, o qual é a mistura de ambas fontes nutritivas (27).

Fontes de adubos orgânicos

A adubação orgânica oferece benefícios incríveis para auxiliar nas atividades conservacionistas, aproveitando resíduos cujo descarte provocaria impactos no meio ambiente. Outra vantagem apresentada por esse fertilizante é o tempo de duração, uma vez que, a disposição dos nutrientes será de forma lenta e duradoura devido aos processos de mineralização e decomposição de matéria orgânica. Equivalendo também para melhorar significativamente as propriedades físicas e biológicas do solo. Entretanto, os benefícios que se destacam são redução do processo de corrosão, maior quantidade de nutrientes às plantas, maior retenção de água, pouca diferença de temperatura do solo, durante o dia e noite, estimulação da atividade biológica, aumentou a taxa de infiltração e agregação de partículas. (28).

Dentre os adubos orgânicos, o esterco de origem animal é considerado o mais importante, e seu principal nutriente é o nitrogênio. Dispondo de um conjunto de elementos químicos, além de fósforo e potássio. Embora muito rico em nutrientes, o teor de elementos químicos no esterco não é equilibrado, devendo ser complementado com esterco e fertilizantes minerais. (28).

O uso de esterco bovino (chorume) concede cerca de 20% menos produtividades do que suínos e cerca de 5,0% de lucro. Além do esterco de suínos e bovinos, o esterco de frangos de granjas de frangos de corte também é usado como fertilizante orgânico para o milho. (28).

A utilização de adubos orgânicos, em especial os estercos de animais, é uma alternativa para o suprimento de nutrientes no solo em áreas com pecuária. A reciclagem de nutrientes através do uso de adubo orgânico nas propriedades visa não somente o controle da poluição ambiental, mas também a redução de custos com aquisição de fertilizantes (29). Os adubos orgânicos de origem animal mais utilizados na forma sólida são os estercos de animais, os compostos orgânicos e húmus de minhoca. Os resíduos orgânicos, além de fertilizarem o solo são ativadores de microvida e melhoradores da estrutura e textura do solo, permitindo maior infiltração de água e maior aeração (30).

A adubação orgânica é uma estratégia economicamente viável e ecologicamente sustentável no contexto da agricultura moderna que, como comumente se sabe, desenvolve cada vez mais alternativas que viabilizem a agricultura em todas as escalas,

de maneira sempre a conciliar produtividade e ao mesmo tempo proteção ao meio ambiente. Como visto o uso de fertilizantes orgânicos torna-se viável para corrigir e alterar o pH do solo, permitindo o cultivo de alimentos variados. Para o agricultor uma alternativa de fertilizante de qualidade e com um preço acessível é o adubo orgânico que pode ser produzido em sua residência com restos de vegetais e frutas, exemplos: laranja, batata inglesa, mamão, cenoura, goiaba, coentro, abacate e cascas de ovos (31).

Mercado e produção do milho importação/exportação

O milho é um dos produtos agrícolas mais importantes do mundo, fazendo parte das commodities mais ricas em energia para produção de ração animal, além de conseguir atender a demanda alimentar de vários países e estar no topo da produção de biocombustível (32).

Segundo a CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento (33), evidenciou que na segunda safra de milho 2021/22 deve ser colhido 87 milhões de toneladas, conforme o 11º levantamento de grãos, houve aumento de 6,2 % em relação à safra anterior, ou seja, 15,9 milhões de toneladas. A colheita da segunda temporada de milho segue crescendo e ultrapassa 79 áreas semeadas, segundo o relatório do Progresso de Safra. O volume estimado para a segunda safra de milho representa a maior produtividade registrada na série histórica. Esse número leva em consideração a redução da produtividade em relação ao levantamento anterior, devido aos efeitos da falta de chuva e do ataque de pragas em importantes áreas de produção, como o Paraná. Em relação ao ciclo anterior, o aumento da produção atingiu 44%.

Mais um aumento nas estimativas de produção de milho no Brasil. A Conab está estimada em 98,5 milhões de toneladas, o maior volume já produzido na história do Brasil. No entanto, ainda há espaço para novos máximos, pois a colheita ainda está em andamento, embora bem encaminhada (34).

Em virtude das exportações de grãos, o agronegócio brasileiro consegue equilibrar a balança comercial e deixar o país em condições aliviadas em relação ao comércio internacional de matérias-primas agrícolas (35). Além das exportações, a estabilidade do Brasil no mercado internacional é acompanhada da expansão de área cultivada, uso de novas tecnologias agrícolas como adubos, defensivos agrícolas, máquinas e o aumento da produtividade (36).

De acordo com Coelho (37), houve acréscimos demasiados de preço da saca de milho, atingindo um valor mais que o dobro dos vistos em 2018. O mercado obedece à oferta e demanda, à medida que as exportações aumentam, a demanda para ração animal.

O processo de ocupação produtiva do cerrado foi fundado ou dirigido pelo complexo “grão – carne”. Ao analisar a produção de cereais, destacam-se a soja e o milho, porém, considerando as principais culturas de grãos no cerrado – milho, soja, feijão, arroz e trigo, aumentou de oito milhões de toneladas para 112,7 milhões em intervalo de 40 anos, de 21% para 56% do total nacional (38).

A falta de infraestrutura para transportes com mais facilidade, como a carência de intermodalidade ou multimodalidade de transporte, déficit na capacidade estática de armazenamento e outros causam prejuízos para a comercialização do milho e de outras

commodities, pois o país alcançou novas fronteiras agrícolas e expandiu o número de áreas agricultáveis, Centro-Oeste é uma região com alta capacidade produtiva, e encontra dificuldades para descolamento até as áreas portuárias, permitindo o vazio em unidades armazenadoras e instalações agrícolas (39).

CONCLUSÕES

É de fato importante analisar as melhores formas de impulsionar a produtividade de cereais como o milho sob adubação orgânica, uma vez que são produções que movimentam a economia do país, além de manter a demanda do exterior para produção de subprodutos. O baixo custo na aplicação de adubos orgânicos na agricultura, o efeito sustentável pela reutilização de dejetos em industriais agropecuárias e a produção de alimentos orgânicos mais saudáveis à saúde, são fatores que direcionam a adoção de fertilizantes orgânicos de origem animal como alternativa eficaz para produção de grandes culturas como o milho (*Zea mays L.*). Uma vez que, o ganho na produtividade é expresso no decorrer do trabalho, além de não prejudicar o meio ambiente.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1 Gomes LSDP, Braz, TGDS, Mourthé MHF, Paraíso HA, Pires Neto ODS, Silva FEG, Pereira LRF, Almeida BQ. Níveis de substituição de ureia por esterco bovino na adubação de capim-marandu. *Revista de Ciências Agrárias*. 2018; 41: 914-923.
- 2 Santos LF, Lana RP, Silva MCS, Veloso TRG, Kasuya MCM, Ribeiro KG. Effective microorganisms inoculant: Diversity and effect on the germination of palisade grass seeds. *Agra Sciences*. 2020; 92: 1-12.
- 3 Barbosa CH. Eficiência nutricional de diferentes biofertilizantes produzidos a partir de resíduos da agricultura familiar no desenvolvimento da pimenta de cheiro [dissertação]. Humaitá: Universidade Federal do Amazonas; 2019.
- 4 Macêdo AJS, Edvan RL, Santos EM, Soares MN. Adubação orgânica em pastagens tropicais: Revisão. *Redvet*. 2018; 19: 1-19.
- 5 Carvalho LR, Pereira LET, Hungria M, Camargo PB, Da Silva SC. Nodulation and biological nitrogen fixation (BNF) in forage peanut (*Arachis pintoi*) cv. Belmonte subjected to grazing regimes. *Agriculture, Ecosystems and Environment*. 2019; 278: 96-106.
- 6 MAPA-Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento [Internet]. 2020 [22 ago 2022]. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/sustentabilidade/organicos/o-que-sao-produtos-organicos>.
- 7 Sucena M, Quintella M. Cenário atual dos transportes de cargas [Internet]. Rio de Janeiro: FGV Repositório digital; 2022 [acesso em 19 ago 2022]. Disponível em: <https://hdl.handle.net/10438/32320>.
- 8 Cruz CD. Programa genes: estatística experimental e matrizes. Viçosa: UFV; 2006.
- 9 FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations. Agricultura mundial até 2030: principais pontos [internet]. 2002 [acesso em 31 ago 2022]. Disponível

em: <https://www.beefpoint.com.br/fao-agricultura-mundial-ate-2030-principais-pontos-6421/>.

10 CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. Boletim da safra de café: Terceiro levantamento 2021 [Internet]. 2022 [acesso em 19 ago 2022]. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/cafe/boletim-da-safra-de-cafe>.

11 abiMILHO – Associação Brasileira das Indústrias do Milho. Estatísticas [Internet]. 2022 [acesso em 18 ago 2022]. Disponível em <http://www.abimilho.com.br/estatisticas>.

12 Massad MD, Oliveira FL, Fávero C, Dutra TR, Quaresma MAL. Desempenho de milho verde em sucessão a adubação verde com crotalária, submetido a doses crescentes de esterco bovino, na caatinga mineira. *Magistra*. 2017; 26: 326-336.

13 CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. Acompanhamento da Safra Brasileira de: Grãos. Brasília [Internet]; 2018 [acesso em 26 ago 2022]. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos>.

14 Landau EC, Da Silva GA, Moura L, Hirsch A, Guimarães DP. Dinâmica da produção agropecuária e da paisagem natural no Brasil nas últimas décadas: produtos de origem vegetal. 2. ed. Brasília: Embrapa Milho e Sorgo; 2020.

15 Malaquias CAA, Santos AJM. Adubação organomineral e NPK na cultura do milho (*Zea mays*). *Pubvet*. 2017; 11: 501-512.

16 Nakao AH, Rodrigues RAF, Souza MFP, Dickmann L, Catalani GC, Centeno DC. Aplicação de composto orgânico e adubo químico no feijoeiro e seu efeito residual sobre a cultura do milho. *Rev. Cultura Agrônômica*. 2016; 25: 387-400.

17 Zuffo AM, Aguilera JG. Pesquisas agrárias e ambientais. 3. ed. Nova Xavantina: Pantanal Editora; 2021.

18 Souza ER, Montenegro, AAA, Montenegro, SMG, de Matos, JA, Temporal stability of soil moisture in irrigated carrot crops in northeast Brazil. *Agricultural Water Management*. 2011; 99: 26-32.

19 Domingues CHC. Contribuição à análise de agregação de valor na pequena produção agrícola: o caso dos produtos orgânicos. UNICAMP. 2011; 1.

20 Zortea LF. Produção de milho com utilização adubação orgânica no planalto catarinense [Monografia]. Curitiba: Universidade Federal de Santa Catarina; 2015.

21 Galvão JCC, Miranda GV, Santos IS. Adubação orgânica em milho. 2015 [acesso em 29 ago 2022]. Disponível em: <https://revistacultivar.com.br/artigos/adubacao-organica-em-milho>.

22 Civitera G. Impactos da adubação mineral no meio ambiente. 2021 [acesso em 20 ago 2022]. Disponível em: <https://www.terradecultivo.com.br/os-impactos-da-adubacao-mineral-no-meio-ambiente/>.

23 Portugal JR, Tarsitano MAA, Peres AR, Arf O, De Castilho Gitti D. Organic and mineral fertilizer application in upland rice irrigated by sprinkler irrigation: economic analysis. *Científica*. 2016.; 44: 146-155.

24 Ramos LA, Lana RMQ, Korndorfer GH, Silva AA. Effect of organo-mineral fertilizer and poultry litter waste on sugarcane yield and some plant and soil chemical properties. *Afr J Agric Res*. 2017 [acesso em 17 ago 2022]; 12: 20-27

- 25 Associação nacional para difusão de adubos (ANDA). Macro Indicadores. São Paulo; 2022 [acesso em 25 ago 2022].
- 26 Ministério da economia. Balança Comercial e Estatísticas de Comércio Exterior. 2022 [acesso em 27 ago 2022]. Disponível em: https://balanca.economia.gov.br/balanca/pg_principal_bc/principais_resultados.html.
- 27 Almeida Júnior JJ, Smiljanic KBA, Matos FSA, Pereira RM, Perozini AC, Dourado VGGR et al. Fertilizante organomineral da Organic utilizado na cultura da soja na região Centro-Oeste do Brasil. CONJ. 2022 [acesso em 28 de agosto de 2022];22(9):527-40.
- 28 Ribeiro TSL. Avaliação de fertilizantes orgânicos e compostagem na produtividade do milho (*Zea mays L.*) [Monografia]. Araçatuba-SP: Centro Universitário Unitoledo; 2021.
- 29 Higashikaw FS, Silva CA, Bettiol W. Chemical and physical properties of organic residues. SBCS. 2010; 34: 1743-1752.
- 30 Araújo DLD, Alves LS, Verás MLM, Araújo DL, Andrade R. Desenvolvimento inicial do maracujazeiro sob fertilização orgânica e água disponível. ACSA. 2014; 10: 128-133.
- 31 Silva MLDS. Produção de adubo orgânico e seus benefícios para o meio ambiente e a agricultura na microrregião serrana do sertão de alagoas [trabalho de conclusão de curso]. Alagoas: Centro Universitário Internacional UNINTER; 2022.
- 32 CONAB - Companhia Nacional De Abastecimento. Boletim da safra de grãos quarto levantamento janeiro safra 2021/22. 2022 [acesso em 26 ago 2022]. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos/boletim-da-safra-de-graos>.
- 33 CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. Estimativa aponta recorde para milho 2ª safra com produção superior a 87 milhões de toneladas. 2022 [acesso em 01 set 2022]. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/ultimas-noticias/4718-estimativa-aponta-recorde-para-milho-2-safra-com-producao-superior-a-87-milhoes-de-toneladas>.
- 34 CONAB – Companhia nacional de abastecimento. Análise mensal: milho. 2019. [acesso em 01 set 2022]. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/analises-do-mercado-agropecuario-e-extrativista/analises-do-mercado/historico-mensal-de-milho/item/12123-milho-analise-mensal-junho-julho-2019>
- 35 Souza AE, Reis JGM, Abraham ER, Dos Santos RM, Gobbetti MP. Simulação de operações de grãos em um terminal portuário. Agrarian. 2019; 13: 114-121.
- 36 Artuzo FD, Foguesatto CR, Souza ÂRLD, Silva LXD. Costs management in maize and soybean production. RBGN. 2018; 20: 273-294.
- 37 Coelho JD. Milho: produção e mercados. 2021. (210).
- 38 Vilela D, Andrade RG, Leite JLB, Hott MC, Magalhães Junior WCPD. Produção de leite no cerrado: conjuntura e análises. Capítulo 17. Ponta Grossa – Paraná: Atena; 2022; 77-81.
- 39 Azevedo MLS. Produção e caminhos da exportação da soja e do milho no Brasil [Monografia]. Brasília: UNB Faculdade de Agronomia e Veterinária; 2021.

CAPÍTULO 84

USO DE POME (*PALM OIL MILL EFFLUENT*) COMO FONTE DE POTÁSSIO NA FERTIRRIGAÇÃO DE PASTAGEM

Cíntia Cármen de Faria Melo *; Danilo Silva Amaral ; Luís César Dias Drumond 

* cintiamello1693@hotmail.com

Resumo: O efluente resultante da extração de óleo de palma, conhecido como POME (*palm oil mill effluente*) apresenta concentrações significativas de nutrientes de plantas, especialmente potássio (K). Buscando uma fonte alternativa de nutrientes para as pastagens e para a correta destinação do efluente, objetivou-se avaliar o potencial da utilização do POME como fonte de K na fertirrigação de pastagem. Foi conduzido um experimento com tratamentos em esquema fatorial 2x3, sendo duas fontes de K (KCl e POME), e três doses de K: 1370, 1700 e 1970 kg ha⁻¹ ano⁻¹ de K, com quatro repetições. As parcelas de 4 m², foram cultivadas com *Megathyrus maximus* cv. BRS Zuri, em condição irrigada. Avaliou-se os teores de N, P, K, Ca, Mg e S na matéria seca (MS) (g kg⁻¹), a eficiência de uso dos nutrientes (g g⁻¹), a produção de massa de forragem (MF, kg ha⁻¹ de MS), a taxa de acúmulo de forragem (TAF, kg ha⁻¹ dia⁻¹ de MS) e a capacidade de suporte (CS, UA ha⁻¹). Os dados foram submetidos a Anova pelo teste F e as médias comparadas pelo teste SNK a 5% de probabilidade. A fertirrigação com POME propiciou teores adequados de K na planta, e elevou o teor de P, Mg e Ca em relação ao adubo convencional. A produção alcançada foi de 40 t ha⁻¹ de MS e não foi afetada pela fonte de K, alcançando uma CS de 10 UA ha⁻¹. A fertirrigação com POME constitui uma fonte alternativa de K para as gramíneas forrageiras.

Palavras-chave: adubação potássica; *Elaies guineensis*; gramínea forrageira; produção de forragem; reuso de efluente

Abstract: The effluent resulting from the extraction of palm oil, known as POME (palm oil mill effluent) has significant concentrations of plant nutrients, especially potassium (K). Seeking an alternative source of nutrients for pastures and for the correct destination of the effluent, the objective was to evaluate the potential of using POME as a source of K in pasture fertigation. An experiment was carried out with treatments in a 2x3 factorial scheme, with two sources of K (KCl and POME), and three doses of K: 1370, 1700 and 1970 kg ha⁻¹ year⁻¹ of K, with four replications. The 4 m² plots were cultivated with *Megathyrus maximus* cv. BRS Zuri, in irrigated condition. The contents of N, P, K, Ca, Mg and S in dry matter (DM) (g kg⁻¹), nutrient use efficiency (g g⁻¹), forage mass production (kg ha⁻¹), forage accumulation rate (kg ha⁻¹ day⁻¹) and animal capacity (animal

unit per hectare). The data were submitted to ANOVA by the F test and the means compared by the SNK test at 5% probability. Fertigation with POME provided adequate levels of K in the plant, and increased the content of P, Mg and Ca in relation to conventional fertilizer. The production reached was 40 t ha⁻¹ of dry forage mass and was not affected by the K source, reaching an animal capacity of 10 animal unit per hectare. Fertigation with POME constitutes an alternative source of K for forage grasses.

Key Word: effluent reuse; *Elaies guineensis*; forage grass; forage production; potassium fertilization

INTRODUÇÃO

A fertirrigação de culturas agrícolas com águas residuárias parte do princípio de reusar a água doce e aproveitar os nutrientes nela dissolvidos para a nutrição das plantas, levando a redução de custos com fertilizantes. A técnica se baseia na capacidade depuradora do sistema solo-planta, que utiliza mecanismos físicos, químicos e biológicos de degradação e remoção dos componentes potencialmente poluidores dos efluentes, mas requer critérios agronômicos e ambientais, evitando contaminação do solo ou toxicidade às plantas (1).

A produção de forragem nas pastagens irrigadas depende basicamente da espécie cultivada, das condições de temperatura e do manejo da fertilidade do solo. A fertirrigação de pastagens com efluentes otimiza sua produção ao fornecer nutrientes essenciais às plantas como nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca) e magnésio (Mg) (2). As gramíneas forrageiras apresentam alta demanda e capacidade de remoção de nutrientes do solo (3), especialmente N e K, constituindo as espécies mais aptas à aplicação de efluentes, além de torna essa prática mais segura ambientalmente.

Uma importante cadeia produtiva mundial e que gera grandes volumes de águas residuárias é a de óleo de palma. Este produto é extraído dos frutos da palmeira *Elaeis guineenses* Jacq., e corresponde a 28% de todo o óleo vegetal produzido anualmente no mundo, seguido pelo óleo de soja (4). Os maiores produtores mundiais de óleo de palma são Indonésia, Malásia, Tailândia e Colômbia, mas o Brasil também figura entre os dez maiores produtores, com o cultivo concentrado no estado do Pará (5).

Dentre os resíduos gerados no processo de extração do óleo de palma, um deles é o POME (Palm Oil Mill Effluent). Nesse processo é utilizada grande quantidade de água, gerando em média 0,87 m³ de POME para cada tonelada de frutos processados (4). Esse efluente é uma suspensão coloidal composta principalmente de água, mas que contém sólidos solúveis, e se lançado sem tratamento em corpos d'água pode esgotar o oxigênio disponível (6).

O POME apresenta pH próximo de 5,0 e teores significativos de N, P, K, Ca e Mg podendo ser utilizado como fertilizante (7). Ressalta-se que o K é o nutriente mais abundante no efluente, geralmente com teor superior a 2.000 mg L⁻¹ (8). O alto teor de K no efluente é esperado, pois, a palma de óleo é uma cultura que exige e exporta grande quantidade desse nutriente na colheita (9).

Sabe-se que a aplicação de águas residuais com altos níveis de potássio (K) aumenta o nível geral de fertilidade do solo, com exceção de efluentes alcalinos que podem dissolver o carbono orgânico do solo (8). Considerando as características do POME e a crescente demanda por alternativas para a correta destinação dos resíduos agroindustriais, estudos visando o aproveitamento desses efluentes são essenciais para uma economia sustentável (10).

Objetivou-se nesta pesquisa avaliar o potencial da utilização do POME como fonte de potássio na fertirrigação de pastagem em sistema intensivo de produção. Foram testadas as seguintes hipóteses: i) O efluente de palma fornece potássio garantindo teor adequado do nutriente na gramínea forrageira; ii) A eficiência de uso dos macronutrientes não será afetada pelo fornecimento de efluente; e iii) A fertirrigação com POME complementada com adubos comerciais promove produção de massa de forragem similar à adubação com cloreto de potássio. Este estudo pode corroborar com a integração das cadeias produtivas da pecuária intensiva a pasto e a produção de óleo de palma nas diversas regiões de cultivo no mundo, embasando o reaproveitamento do efluente no cultivo de gramíneas forrageiras.

MATERIAL E MÉTODOS

Local e condições climáticas

O experimento foi conduzido em área de pastagem pré-estabelecida na estação experimental da Fazenda Corozito (Ganaderia La Palma), no município de Maní, departamento de Casanare, Colômbia, no período de maio de 2019 a março de 2020. Nessa região se faz o cultivo de extensas áreas de *E. guineensis* com várias indústrias que extraem o óleo de palma, e também se explora a pecuária de corte. Os solos são jovens, mal drenados e expostos a grandes oscilações hídricas entre as épocas de chuva e seca (11). A área experimental está localizada nas coordenadas 4°39'44.75"N e 72° 6'5.80"W, com clima Aw denominado tropical de savana conforme a classificação de Köppen-Geiger. A precipitação média anual é de 2040 mm e radiação solar de 2700 W m⁻², de acordo com os dados climáticos históricos da propriedade.

Desenho experimental

Os tratamentos foram dispostos em esquema fatorial 2x3, sendo duas fontes de K: adubo cloreto de potássio (KCl) e efluente da extração de óleo de palma (POME); e três doses de K: 1370, 1700 e 1970 kg ha⁻¹ ano⁻¹ de K, totalizando seis tratamentos. O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado, com quatro repetições. As doses de K foram estabelecidas tendo como meta a produção de forragem para 9, 11 e 13 unidades animal por hectare (UA ha⁻¹), considerando uma extração de 25 kg t⁻¹ de matéria seca (MS) (3). A acidez do solo foi corrigida conforme análise de solo, com duas aplicações de 3 t ha⁻¹ de calcário dolomítico em superfície, com intervalo de seis meses.

O experimento foi conduzido sem o componente animal, ou seja, com coleta e retirada de toda a massa de forragem do extrato pastejável, e por isso as doses de nutrientes foram superiores às utilizadas em condições de pastejo quando há a ciclagem de nutrientes. A área experimental era cultivada com a gramínea *Megathyrus maximus* cv. BRS Zuri, cuja altura de entrada é de pelo menos 70 cm (12). Cada parcela tinha 4 m² de área útil, e 1 m de bordadura.

Aplicação dos tratamentos e irrigação

O efluente foi cedido pela indústria Extractora Cusiana S.A.S, localizada a 5 km da área experimental. O efluente era coletado semanalmente na lagoa de esfriamento, e transportado em tanque acoplado ao trato até a área experimental, onde era armazenado em um reservatório de polietileno. O efluente utilizado apresentava as concentrações de 265, 224, 6014, 1246, 214, 8,64, 435 mg L⁻¹ de N, P, K, Mg, Ca, S e Na, respectivamente, e o KCl tinha 60% de K₂O.

A dose do efluente foi definida a partir de sua concentração de K, chegando às quantidades de K estabelecidas nos tratamentos. Os requerimentos de N, P e S foram supridos em todas as parcelas de acordo com o método do balanço de massa (13), com base na produção esperada de cada tratamento. Assim foram aplicados 1370, 1700 e 1970 kg ha⁻¹ ano⁻¹ de N, 132, 163 e 190 kg ha⁻¹ ano⁻¹ tanto de P quanto de S nos tratamentos de 9, 11 e 13 UA ha⁻¹, respectivamente. Foram utilizados os adubos comerciais ureia, fosfato monoamônico (MAP) e sulfato de amônio (SA).

Foi instalado um sistema de irrigação por aspersão, com tubulação enterrada, sendo o bombeamento com sucção dupla, de água limpa ou efluente. Foi utilizada uma bomba Barnes HG 1.5 65 HF com rotor 6,75” acionada por motor à gasolina de 6,5 cv. O efluente foi bombeado em pressão fixa de 3 bar e vazão de 1,25 m³ h⁻¹, direcionado através de mangueira dotada com esguicho de jardim modelo ep207 vonder, variando assim o tempo de aplicação conforme a dose de K de cada tratamento. Os aspersores utilizados na irrigação foram NaanDanJain 5035 SD com bocais 5,5x2,5mm, e o manejo da irrigação foi realizado repondo 100% da evapotranspiração diária.

Variáveis analisadas

Produção de matéria seca (kg ha⁻¹)

Realizou-se o corte da forrageira sempre que a planta atingia altura entre 80 e 90 cm em relação a superfície do solo, com altura de resíduo de 35 cm. Essa foi a condição em que a pastagem se encontrava com boa densidade e cobertura do solo (Figura 1). Durante o período experimental houve 19 cortes da forrageira, com período de rebrota médio de 15 dias. Para a coleta do material foi utilizado um quadro de 2,25 m² e a massa fresca foi pesada imediatamente usando balança portátil com precisão de 10 g. Uma amostra foi retirada e acondicionada em saco de papel para determinação do teor de matéria seca.

A determinação da matéria seca (MS) foi realizada em estufa com circulação forçada de ar a 60 °C até massa constante. O teor de MS foi utilizado para calcular a massa de forragem produzida (MF, kg ha⁻¹ de MS). Calculou-se também a taxa de acúmulo de forragem (TAF, kg ha⁻¹ dia⁻¹ de MS), e capacidade de suporte (UA ha⁻¹), considerando eficiência de pastejo de 70%.

Teores de nutrientes (g kg⁻¹)

As amostras secas do extrato pastejável foram enviadas para laboratório onde foram realizadas as análises de teor dos N, P, K, Ca, Mg e S. Para avaliar o N, a amostra foi submetida a digestão sulfúrica, destilação pelo método Kjeldahl, e determinação por titulação, potássio por fotometria de chama, fósforo por espectrofotometria com azul-demolibdênio, cálcio e magnésio por espectrofotometria de absorção e enxofre por turbidimetria (14).

Eficiências de uso de macronutrientes (g g⁻¹)

De posse dos teores de N, P, K, Ca, Mg e S na matéria seca, foram calculadas as eficiências de uso destes nutrientes, através do quociente do quadrado da matéria seca e o teor do nutriente (15).

Análises estatísticas

Os dados foram submetidos a testes de pressuposições para análise de variância, seguidos da ANOVA pelo teste F, e quando houve diferença entre as médias, as mesmas foram comparadas pelo teste SNK, a 5% de probabilidade, utilizando o software SPEEDStat 2.5 (16).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A fertirrigação com efluente de palma como fonte de K complementada com adubação convencional forneceu todos os macronutrientes inorgânicos à gramínea forrageira. Observou-se que as plantas se desenvolviam de forma muito similar sob ambas fontes de K (efluente e KCl). Os teores de K, N, P, Ca, Mg e S estão apresentados na Figura 1 (a, b, c, d, f), respectivamente.

O teor de K no extrato pastejável da forrageira foi superior quando se utilizou o KCl, chegando próximo a 35 g kg⁻¹, enquanto no tratamento com efluente esteve entre 25 e 30 g kg⁻¹ de K. Nota-se que o tratamento com efluente permitiu a elevação do teor de K na planta conforme aumentou-se a dose aplicada. Ao contrário, quando foi utilizado o KCl, o teor de K se manteve estável, sem resposta às maiores doses.

O teor de N não foi influenciado pela dose de K, mas algumas vezes foi menor quando se aplicou o efluente, porém o teor de N sob ambas fontes de K ficou em torno de 29 g kg⁻¹. Esse teor de N, bem como o de K estão na faixa adequada para gramíneas mais exigentes como as do gênero *Megathyrsus* (sin. *Panicum*) (3).

Os teores de P e Mg foram superiores nas plantas que receberam efluente, independente da dose de K. Isso está relacionado ao fato de que o efluente é uma fonte orgânica multinutrientes, e apresenta teores significativos desses elementos. Fontes orgânicas de P podem favorecer sua disponibilidade no solo, pois a liberação do fosfato é mais lenta, o que reduz sua adsorção específica e precipitação com Al ou Ca (17).

O teor de Ca nas plantas que receberam efluente aumentou com as doses aplicadas, o que indica que o efluente forneceu Ca adicional, somando-se ao Ca aplicado através do calcário. No tratamento com KCl o teor de Ca foi diminuindo com o aumento da dose de K, o que pode ser efeito de diluição pelo estímulo ao crescimento da planta ou predomínio de K na zona radicular, que pode prejudicar a absorção de outros nutrientes como o Ca (18). O teor de S não foi influenciado pelos tratamentos.

A fertirrigação com efluente propiciou uma maior eficiência de uso do K e do N pela forrageira. A eficiência de uso de nutrientes é a relação entre massa produzida e teor do nutriente, ou seja, quanto de nutriente que foi convertido em matéria seca. O uso eficiente dos nutrientes pela planta constitui um dos fatores essenciais para uma ótima produção, com economia com fertilizantes (19).

A produção e a taxa de acúmulo diária de matéria seca não diferiram entre as doses de K. A massa de forragem produzida foi de 40 t ha⁻¹ de MS, que corresponde a uma taxa de acúmulo diária de aproximadamente 130 kg ha⁻¹ de MS. Com essa produção, foi alcançada uma capacidade de suporte de 10 UA ha⁻¹, na média do período experimental. A distribuição da produção de matéria seca ao longo do ano pode ser observada na Figura 2. O aumento das doses de K não incrementou significativamente a MF, sendo mais viável a menor dose testada.

A produção de forragem não foi influenciada pela fonte de K. Isso ocorreu porque a fertirrigação com POME foi capaz de fornecer eficientemente o K à gramínea, de igual maneira que o KCl, visto os teores adequados do nutriente na matéria seca. Considerando que a eficiência de uso de K e N foi maior nas plantas que receberam efluente, a utilização dessa fonte permite reduzir a dose de K aplicada e alcançar os mesmos patamares de produção de forragem. Esses resultados confirmam que o uso equilibrado e integrado de fontes de nutrientes orgânicas e inorgânicas pode ajudar a sustentar a produção agropecuária (20), especialmente com os altíssimos custos dos fertilizantes industriais nos últimos anos.

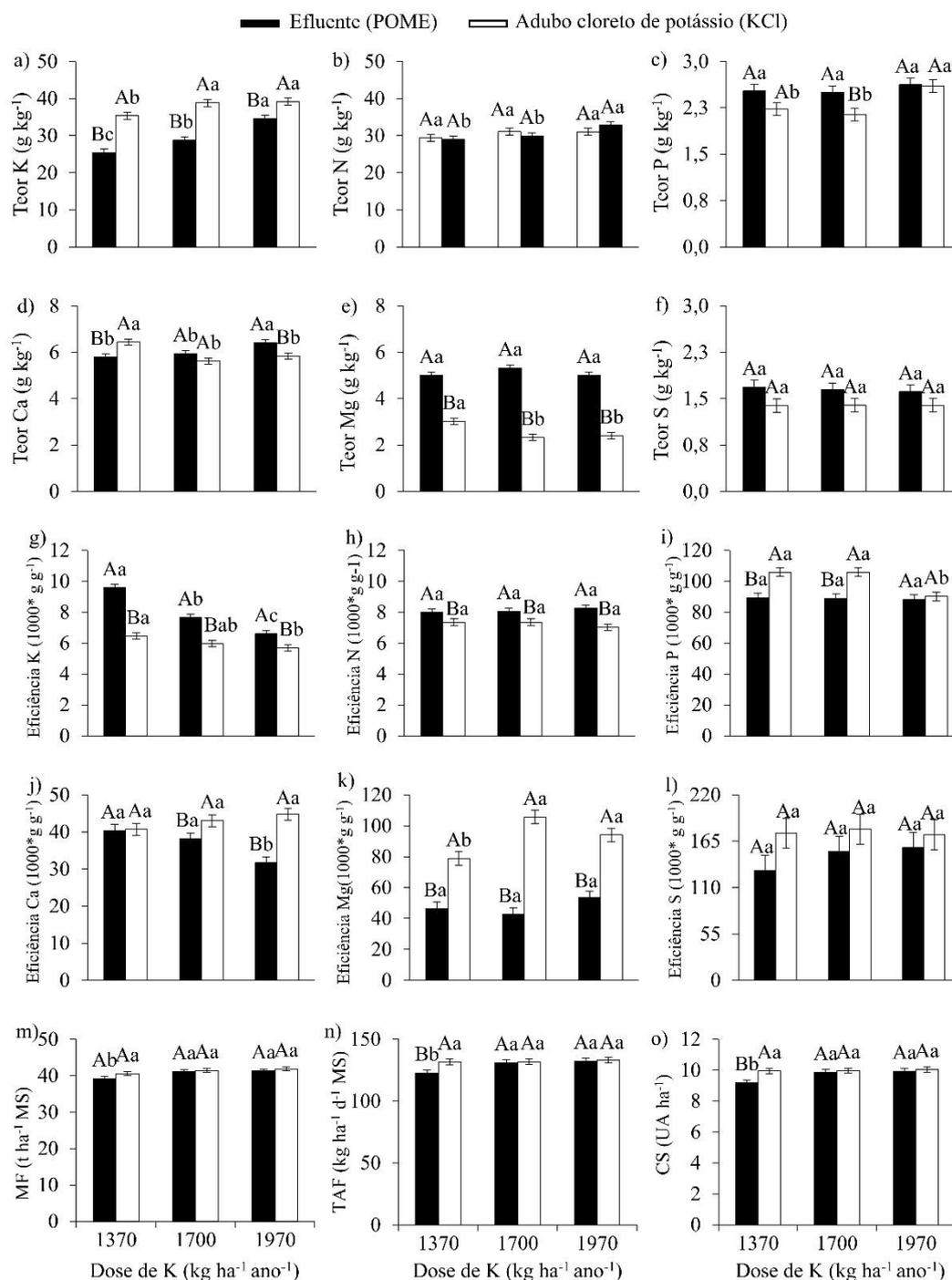


Figura 1 - Teores e eficiências de uso de K, N, P, Ca, Mg e S (a, b, c, d, e, f, g), e massa de forragem, taxa de acúmulo de forragem e capacidade de suporte em pastagem de *M. maximus* cv. BRS Zuri fertirrigada, em função da fonte de potássio utilizada: efluente de palma ou cloreto de potássio.

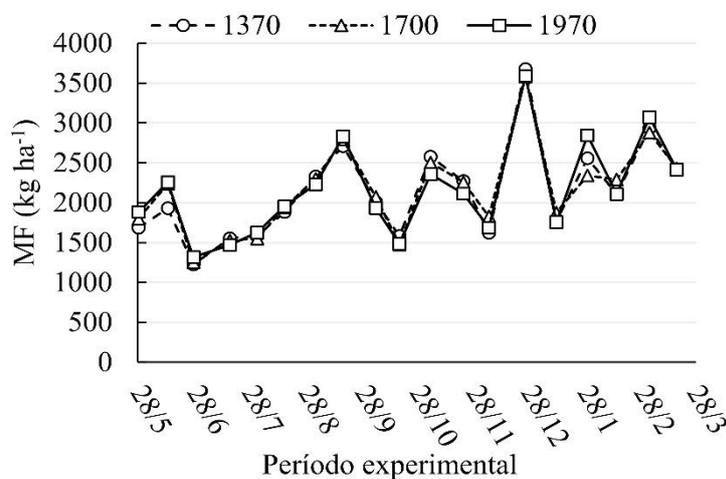


Figura 2 – Produção de massa de forragem de *M. maximus* cv. BRS Zuri em pastagem fertirrigada, durante o período experimental em função das doses de potássio (1370, 1700 e 1970 kg ha⁻¹).

CONCLUSÕES

O efluente de palma (POME) é uma fonte de potássio eficiente para fertirrigação de gramínea em pastagem, capaz de suprir adequadamente a planta com o nutriente, e elevar a eficiência interna de uso de K e N pela gramínea.

A fertirrigação com POME complementada com adubos comerciais promove produção de massa de forragem similar à adubação com cloreto de potássio, constituindo uma fonte alternativa de K para as pastagens em sistemas intensivos.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Ganaderia La Palmera de Corozito, à Extractora Cusiana e à Gappi Consultoria pelo fomento e incentivo a esta pesquisa.

REFERÊNCIAS

1. Erthal VJT, Ferreira PA, Pereira OG, Matos AT de. Características fisiológicas, nutricionais e rendimento de forrageiras fertigadas com água residual de bovinocultura. Rev Bras Eng Agrícola e Ambient. 2010;14(5):458–66.
2. Drumond LCD, Zanini JR, Aguiar ADPA, Rodrigues GP, Fernandes ALT. Produção

- de matéria seca em pastagemde tifton 85 irrigada com diferentes doses de dejetos líquido de suíno. Eng Agric. 2006;26(2):426–33.
3. Werner JC; Paulino VT; Cantarella H. Forrageiras. In: Raij B, Cantarella H, Quaggio J FA, editor. Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo. 2nd ed. Campinas: Boletim Técnico 100, IAC.; 1996. p. 263–73.
 4. Hosseini SE, Wahid MA. Pollutant in palm oil production process. J Air Waste Manag Assoc. 2015;65(7):773–81.
 5. United States Department of Agriculture U. Palm Oil: World Production 2022 [Internet]. 2022. Available from: <https://ipad.fas.usda.gov/cropexplorer/cropview/commodityView.aspx?cropid=4243000>
 6. Mosunmola AG, Olatunde SK. Palm Oil Mill Effluents (POME) and its Pollution Potentials: A biodegradable Prevalence. J Pollut Eff Control. 2020;8(5):258.
 7. Rupani PF, Singh RP, Ibrahim MH EN. Characterization and Recycling of Organic Waste after Co-Composting - A Review. J Agric Sci. 2010;11(1):70–81.
 8. Arienzo M, Christen EW, Quayle W, Kumar A. A review of the fate of potassium in the soil-plant system after land application of wastewaters. J Hazard Mater. 2009 May;164(2–3):415–22.
 9. Iren O, Amalu UC. Forms and Status of Potassium in Some Soils Supporting Oil Palm (*Elaeis guineensis*, Jacq) Plantations in Cross River State, Nigeria. Commun Soil Sci Plant Anal. 2012;43:1949–62.
 10. Fonseca LS, Campanha RB. Caracterização química e física de resíduos industriais de dendê tenra e híbrido manicoré. EmbrapaAgroenergia, 2016:214–221.
 11. Oviedo JSU, González, FT. Biodiversidad del departamento de Casanare: identificación de ecosistemas estratégicos. Universidad Nacional de Colombia Instituto de Estudios Orinocenses. Colômbia; 2011.
 12. Barbosa PL, Silva VJ, Pedreira CGS, André F. AF, Sollenberger LE. Herbage accumulation and tillering dynamics of ‘Zuri’ guineagrass under rotational stocking. Crop Sci. 2021;61(5):3787-3798.
 13. Drumond, L. C. D.; Aguiar APA. Irrigação de Pastagens. 1º Edição. Drumond LCD, editor. Uberaba; 2005. 210 p.
 14. Silva FC. Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes. 2nd ed. Silva FC, editor. Brasília, DF.: Embrapa Solos.; 2009. 627 p.

15. Siddiqi MY, Glass ADM. Utilization index: A modified approach to the estimation and comparison of nutrient utilization efficiency in plants. *J Plant Nutr.* 2008;4(3):289–302.
16. Carvalho AMX, Mendes FQ, Mendes FQ, Tavares LF. SPEED stat: A free, intuitive, and minimalist spreadsheet program for statistical analyses of experiments. *Crop Breed Appl Biotechnol.* 2020;20(3):1–6.
17. Pavinato CS, Rosolem CA. Disponibilidade de nutrientes no solo: decomposição e liberação de compostos orgânicos de resíduos vegetais. *Rev Bras Cienc do Solo.* 2008;32(3):911–20.
18. Raij, B. van; Cantarella, H.; Quaggio, J. A.; Furlani AMC. Recomendações de adubação e calagem para o estado de São Paulo. 2nd ed. Campinas, SP.: Instituto Agrônômico e Fundação IAC; 1997. 285 p.
19. Baligar VC, Fageria, He ZL. Nutrient use efficiency in plants. *Commun Soil Sci Plant Anal.* 2001;32(7–8):921–50.
20. Aziz, T, Ullah S, Sattar A, Nasim† M, Farooq MKM. Nutrient Availability and Maize (*Zea mays*) Growth in Soil Amended with Organic Manures. *Int J Agric Biol.* 2010;12(4):621–4.

DOI: <https://doi.org/10.53934/9786585062039-85>

CAPÍTULO 85

DESEMPENHO DE CULTIVARES DE ALFACE SUBMETIDAS A DIFERENTES REPOSIÇÕES HÍDRICAS

Joan Carlos Alves Pereira *; Leiliane Silva Lopes Lima ; Thalís Leandro Bezerra de Lima 

*Autor correspondente (Corresponding author) – Email: joan_carlos21@yahoo.com.br

Resumo: Pesquisas com ensaio de cultivares de alface têm sido uma alternativa eficaz para avaliar diferentes meios de cultivo. O objetivo do presente estudo foi avaliar o efeito da aplicação de diferentes lâminas de irrigação no desenvolvimento de cultivares de alface, nas condições edafoclimáticas de Campina Grande-PB. Conduziu-se um experimento em uma área da Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Campina Grande, no qual foram cultivados 10 canteiros, compostos por 78 plantas cada, num espaçamento de 0,25 m x 0,30 m entre linhas e entre plantas na linha, respectivamente. Adotou-se o delineamento estatístico em Blocos Inteiramente Casualizados em esquema fatorial, 3 cultivares x 5 lâminas com quatro repetições, cujos tratamentos consistiram em níveis diferentes de reposição hídrica (L1: 70%, L2: 80%, L3: 90%, L4: 100% e L5: 115% da evapotranspiração da cultura - ETc) com três diferentes cultivares (Elba - C1, Americana - C2 e Crespa - C3). As irrigações foram aplicadas via sistema por gotejamento com auxílio do software ETo calculator Versão 3.2 da FAO Penman-Monteith para a estimativa da evapotranspiração de referência. Quarenta dias após a semeadura determinou-se a massa verde da parte aérea (MVPA), massa seca da parte aérea (MSPA), massa fresca da raiz (MFR), massa seca da raiz (MSR), número de folhas (NF) e Altura de planta (AP). O desenvolvimento e produção das cultivares de alface crespa, Americana e Elba são influenciadas significativamente pelas diferentes lâminas de irrigação. Em relação às variáveis analisadas, verificou-se melhores resultados com lâminas de irrigação de 90% da ETc.

Palavras-chave: Evapotranspiração; *Lactuca sativa* L.; Lâminas de irrigação

Abstract: Research with lettuce cultivars testing has been an effective alternative to evaluate different cultivation media. The objective of the present study is to evaluate the effect of the application of different irrigation depths on the development of lettuce cultivars, for the conditions edaphoclimatic of Campina Grande-PB. An experiment was carried out in an area belonging to the Agricultural Engineering Academic Unit of the Federal University of Campina Grande, in which 10 beds were cultivated, consisting of 78 plants each, spaced 0.25 x 0.30 m. A completely randomized block design was adopted

in a factorial scheme 3 cultivars x 5 slides, with four replications, whose treatments consisted of different levels of water replacement (L1: 70%, L2: 80%, L3: 90%, L4: 100% and L5: 115% of crop evapotranspiration - ETC) with three different cultivars (Elba - C1, Americana - C2 and Crespa - C3). Irrigations were applied via a drip system with the aid of the FAO Penman-Monteith ETo calculator Version 3.2 software to estimate the reference evapotranspiration. Forty days after sowing, shoot green mass (MVPA), shoot dry mass (MSPA), root fresh mass (MFR), root dry mass (MSR), number of leaves (NF) and Plant height (AP). The development and production of curly, Americana and Elba lettuce cultivars are significantly influenced by different irrigation depths. For the other factors, better results were observed with irrigation depths of 90% of ETC.

Key Word: Evapotranspiration; *Lactuca sativa L.*; irrigation depth

INTRODUÇÃO

A alface (*Lactuca sativa L.*), é amplamente produzida no Brasil (1), seja em campo ou em ambiente protegido. A evolução das cultivares, dos sistemas de manejo, tratos culturais, irrigação, espaçamentos, técnicas de colheita e de conservação pós-colheita impulsionaram o cultivo e tornou a alface uma das hortaliças mais produzidas do país.

A demanda por alimentos mais saudáveis vem crescendo ao longo dos anos, desse modo, os consumidores estão exigentes em quantidade e qualidade, além da produção durante todo o ano. As hortaliças apresentam-se como alternativas para uma alimentação mais saudável, com destaque para a alface, que é a principal salada consumida pelos brasileiros, sendo um alimento rico em vitaminas, sais minerais, cálcio e ferro (2).

Estima-se que a área explorada com hortaliças no Brasil seja de 800 mil hectares, com produção aproximada de 16 milhões de toneladas (3). A alface é uma cultura sensível à variação da disponibilidade da água no solo, sendo o manejo adequado da irrigação importante por suprir as necessidades hídricas das plantas. Deve-se evitar o estresse hídrico, que compromete seu desenvolvimento foliar, assim como o excesso, que pode causar asfixia à planta, conseqüentemente, afetando na qualidade e produtividade da cultura (4). O sucesso na produção de alface depende da utilização de irrigação para suprir de forma total ou suplementar as necessidades hídricas da cultura. A irrigação de alface é justificada pelo fato da irregularidade no regime pluvial, tornando-se restritiva ao desenvolvimento agrícola, pois mesmo dentro de estações chuvosas, observam-se períodos de déficit hídrico devido à evapotranspiração. A evapotranspiração da cultura da alface geralmente excede a precipitação pluvial, assim, a distribuição artificial de água de maneira artificial tem sido garantia para se produzir como planejado, sem que a falta de chuvas altere os índices de produtividade e de rentabilidade previamente estabelecidos (5).

Em virtude das condições climáticas da região nordeste, a irrigação exerce papel fundamental no cultivo da alface, que geralmente é cultivada em pequenas propriedades, exercida com pouca tecnologia e sem orientação profissional, utilizando recursos hídricos menores como poços e pequenos açudes. A maior parte da produção da agricultura

familiar é comercializada nas feiras locais, constituindo assim, fonte de renda para muitas famílias e tendo papel de grande importância econômica e social para a região (6).

Existe um grande número de cultivares de alface, sendo extremamente importante a escolha do tipo de cultivar mais adaptada ao clima e solo de uma região, o que influencia diretamente na produtividade. Têm cultivares mais adaptáveis a temperaturas mais severas, enquanto outras são mais sensíveis, podendo induzir o florescimento precoce, diminuindo sua produtividade. Em geral, a alface necessita de um solo bem drenado, rico em matéria orgânica, fértil, com boa disponibilidade de nitrogênio (4).

Informações sobre o desempenho agrônômico e de uma lâmina ótima e econômica para irrigação de hortaliças cultivadas no semiárido, especialmente no município de Campina Grande - PB são necessárias para orientar os produtores destas hortaliças na seleção de variedades que apresentem características agrônômicas compatíveis com a região. Assim, pesquisas com ensaio de cultivares têm sido uma alternativa eficaz para estudar a adaptação das cultivares ao clima e solo da região, assim como, a suscetibilidade às pragas e doenças causadas por fungos, bactérias, vírus, nematoides e distúrbios fisiológicos.

Neste contexto, o presente trabalho objetivou avaliar o efeito da aplicação de diferentes lâminas de irrigação no desenvolvimento de cultivares de alface, nas condições edafoclimáticas de Campina Grande-PB.

MATERIAL E MÉTODOS

Local da pesquisa

O experimento com a cultura da alface foi realizado em área experimental a céu aberto da Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola (UAEA) da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), na cidade de Campina Grande - PB, com as seguintes coordenadas geográficas: 07°15'18"S, 35°52'28"W e altitude de 550 m. Segundo a classificação climática de Köppen, o município de Campina Grande é do tipo Csa, que representa clima mesotérmico, sub úmido, com período de estiagem quente e seco (4 a 5 meses) e período chuvoso de outono a inverno (7).

Caracterização da área e preparo do solo

As características físico-químicas do solo foram determinadas antes do cultivo e realizadas no laboratório de Irrigação e Salinidade (LIS) da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG). Utilizaram-se amostras de solo coletadas na camada superficial (0 – 20 cm) de um Neossolo Quartzarênico. As amostras foram secas ao ar e passadas em peneira com malha de 5 mm de abertura, sendo retiradas subamostras. Essas subamostras foram passadas em peneira de 2 mm de abertura e submetidas à caracterização física e química segundo os métodos adotados pela Embrapa (6), tendo apresentado os seguintes resultados: pH (H₂O) = 7,1; Ca = 1,92 cmol_c kg⁻¹; Mg = 1,44 cmol_c kg⁻¹; Na = 0,16 cmol_c kg⁻¹; K = 0,19 cmol_c kg⁻¹; H + Al = 0 cmol_c kg⁻¹; Soma de

bases e Capacidade de troca catiônica = 3,71 $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$; MO = 4,8 g kg^{-1} ; P = 14,3 mg kg^{-1} ; areia = 874,0 g kg^{-1} ; silte = 50,5 g kg^{-1} ; argila = 75,5 g kg^{-1} .

A área total do experimento tem 629 m^2 (37 m de comprimento e 17 m de largura), com 20 canteiros de alvenaria com dimensões de 0,25 m de altura, 1 m de largura e 8 m de comprimento, preenchidos com solo. Cada canteiro foi subdividido em 6 parcelas de 1,33 m^2 e, em cada parcela, foram transplantadas 13 plantas, espaçadas de 0,25 m entre linhas e 0,30 m entre plantas e três tipos de cultivares (Americana, Crespa e Elba). Na Figura 1 é apresentado o layout da área, com destaque para a distribuição dos canteiros e do sistema de irrigação.

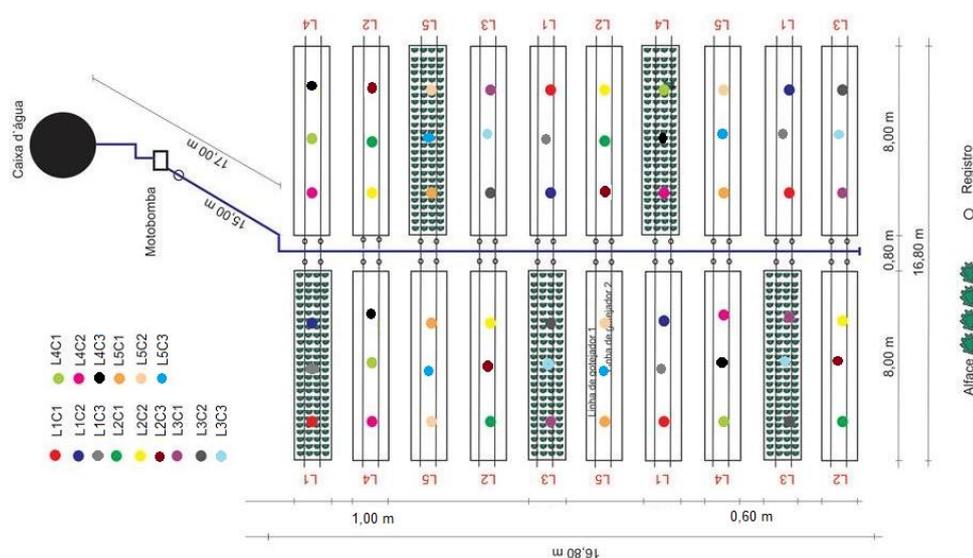


Figura 1 - Layout da área experimental.

Com base nos resultados da análise química, para adubação de fundação foram aplicados, em cada canteiro, 32 g de N, 48 g de P_2O_5 e 24 g de K_2O , utilizando como fontes, ureia, superfosfato simples e cloreto de potássio respectivamente, de acordo com a Embrapa (8).

Calculou-se a disponibilidade total de água no solo (DTA), a capacidade total de água no solo (CTA) e a capacidade real de água no solo (CRA), com os dados do solo. Os valores da profundidade do sistema radicular e os coeficientes da cultura (Kc) para a fase de desenvolvimento foram 0,25 m e 0,95, respectivamente, enquanto o fator de disponibilidade (f) utilizado para a cultura foi de 0,2, conforme estabelecido por Mantovani et al. (9).

A semeadura da alface foi realizada em condições de ambiente protegido (casa de vegetação), utilizando-se substrato comercial. O transplante das mudas para o local definitivo foi realizado quando estas estavam com quatro folhas definitivas.

Delineamento experimental

Adotou-se o delineamento estatístico em Blocos Inteiramente Casualizados (BIC) em esquema fatorial 3 cultivares x 5 lâminas, com quatro repetições, cujos tratamentos consistiram em diferentes níveis de reposição hídrica (L1: 70%, L2: 80%, L3: 90%, L4: 100% (testemunha) e L5: 115% da evapotranspiração da cultura - E_{Tc}) com três cultivares diferentes (Elba - C1, Americana - C2 e Crespa - C3).

Coleta e análise dos dados meteorológicos

As variações dos elementos meteorológicos durante o cultivo da alface são apresentadas na Figura 2. Os valores de temperatura média diária variaram de 21,5 a 27,0 °C, com umidade relativa (H) média diária oscilando entre 60 e 87,5%.

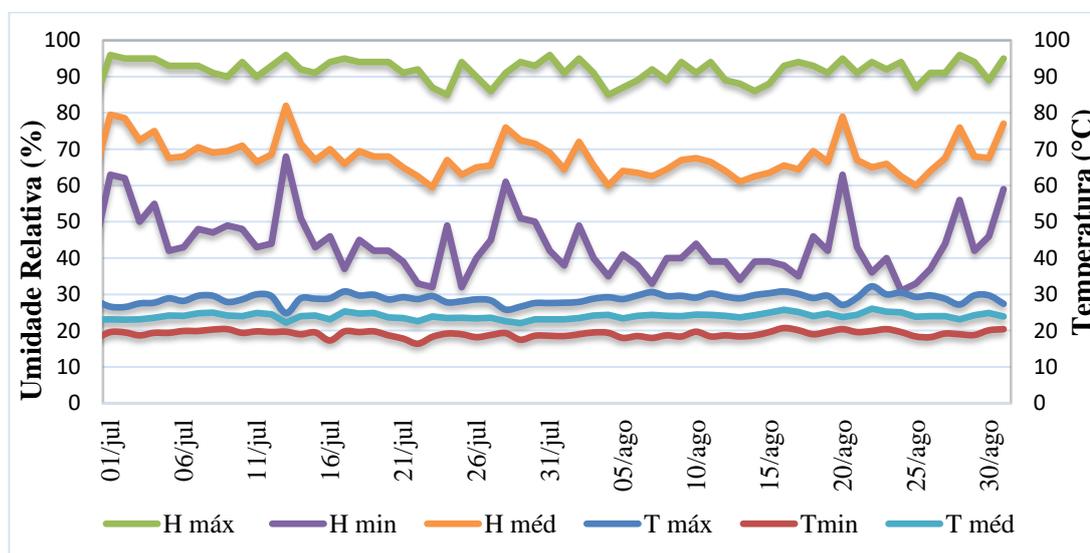


Figura 2 - Variação diária da temperatura e umidade relativa (H) para as condições climáticas da cidade de Campina Grande-PB, nos meses de julho e agosto, 2021.

A evapotranspiração de referência foi calculada por meio do software ETo calculator Versão 3.2 da FAO Penman-Monteith (10). Os dados meteorológicos diários utilizados no cálculo da ETo foram obtidos do site INMET (Instituto Nacional de Meteorologia), pela estação automática de Campina Grande, PB.

A evapotranspiração de referência foi calculada com o modelo de Penman-Monteith, expressa pela equação:

$$E_{To} = \frac{0,408 \cdot \Delta \cdot (R_n - G) \cdot \gamma \cdot \frac{900}{(T + 273)} \cdot U_2 \cdot (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma \cdot (1 + 0,34 \cdot U_2)} \quad (1)$$

em que:

E_{To} - Evapotranspiração de referência, mm dia⁻¹;
 Δ - Declinação da curva de pressão de saturação, kPa °C⁻¹;
 R_n - Saldo de radiação à superfície, MJ m⁻² dia⁻¹;
 G - Fluxo de calor no solo, MJ m⁻² dia⁻¹;
 γ - Constante psicrométrica do ar, kPa °C⁻¹;
 T - Temperatura média do ar a 2,00 m de altura, °C;
 U_2 - Velocidade do vento a 2,00 m de altura, m s⁻¹;
 e_s - Pressão de saturação de vapor, kPa; e
 e_a - Pressão de vapor atual do ar, kPa.

Determinado o valor da E_{To} , a evapotranspiração da cultura (E_{Tc}) foi calculada de acordo com a Equação (2), considerando o K_c de 0,95, conforme Marouelli et al. (11).

$$E_{Tc} = E_{To} \cdot K_c \quad (2)$$

Manejo da irrigação

A cultura da alface foi irrigada por meio de sistema de gotejamento, através de fita gotejadora (mangueira gotejadora) com vazão de aproximadamente de 3L h⁻¹ e sob pressão de serviço de 10 mca. Os emissores (gotejadores) foram espaçados de 0,30 m e as fitas espaçadas entre si de 0,40 m. O sistema de irrigação, operado mediante sistema motobomba, foi constituído de um reservatório com capacidade para 12 m³, tendo a tubulação principal de PVC com diâmetro de 32 mm, filtro de disco e manômetro de glicerina.

Variáveis analisadas

Aos 40 dias após o transplante das mudas (DAT), quando as plantas atingiram seu máximo desenvolvimento vegetativo, foram coletadas cinco plantas por parcela nas quais foram analisadas as seguintes variáveis: altura da planta (cm), número de folhas por planta, massa fresca e massa seca da parte aérea (g planta⁻¹), massa fresca e massa seca de raízes (g planta⁻¹). Para determinar a massa seca (parte aérea e raízes), o material fresco foi acondicionado em sacos de papel e colocado em estufa com circulação de ar, mantida a 65±5 °C até atingir massa constante. Posteriormente, o material foi pesado em balança analítica, de precisão de 0,0001 e foram obtidas as massas secas da parte aérea e das raízes. A massa total foi obtida a partir da soma das massas da parte aérea e raízes.

Análise estatística

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância, pelo Teste F ao nível de 0,05 e 0,01 de probabilidade e nos casos de significância, realizou-se análise de regressão polinomial linear e quadrática utilizando do software estatístico SISVAR 5.3 (12).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores de temperatura e umidade relativa diários durante os meses Julho e Agosto influenciaram a evapotranspiração de referência (ET_o), com isso, a ET_o foi menor no início do experimento e os valores médios nestes meses alternaram entre 2,3 e 6,7 mm dia⁻¹, estimados diariamente ao longo do ciclo da cultura (Figura 3).

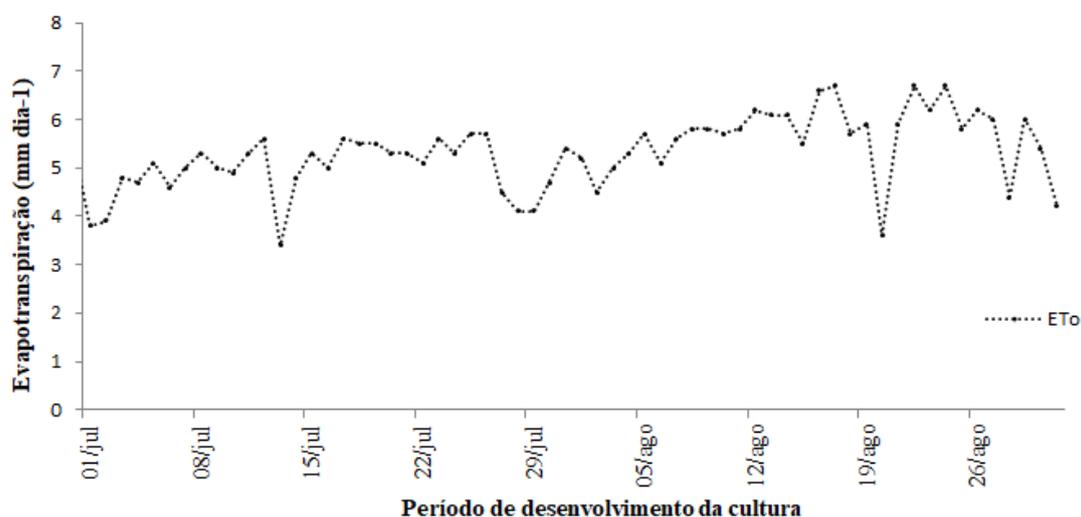


Figura 3 - Variação diária da evapotranspiração de referência (mm dia⁻¹) para as condições climáticas de Campina Grande-PB, nos meses de julho e agosto de 2021.

O valor médio da evapotranspiração da cultura (ET_c) foi de 4,78 mm.dia⁻¹, obtido pela Equação 2, a partir da média dos valores diários da ET_o, estimados ao longo do ciclo da cultura (Figura 3). O valor da ET_c foi utilizado para o cálculo da lâmina de água aplicada em cada tratamento. Desse modo, as médias máximas da reposição hídrica diária para cada tratamento, foram: L1 = 3,35 mm dia⁻¹ (70% da ET_c); L2 = 3,82 mm dia⁻¹ (80% da ET_c); L3 = 4,33 mm dia⁻¹ (90% da ET_c); L4 = 4,78 mm dia⁻¹ (100% da ET_c); e L5 = 5,50 mm dia⁻¹ (115% da ET_c). O consumo total de água foi de 871,2 mm.ciclo⁻¹.

Com base nos resultados da análise de variância (Tabela 1), observou-se que todas as variáveis analisadas foram afetadas de maneira significativa pelo fator lâmina, exceto para a variável massa fresca da parte aérea, enquanto que houve efeito significativo do

fator cultivar e da interação entre fatores (lâmina x cultivar) quanto a apenas algumas variáveis. Verificou-se, ainda, que os coeficientes de variação se situaram entre 17,05% e 44,56%, indicando boa precisão experimental (Tabela 1).

Tabela 1 - Resumo da análise de variância e quadrados médios para as variáveis: número de folhas (NF), altura da planta (AP), massa fresca da parte aérea (MFPA), massa seca da parte aérea (MSPA), massa fresca da raiz (MFR) e massa seca da raiz (MSR) para o cultivo da alface sobre diferentes lâminas de irrigação

Fonte de Variação	GL	Quadrado Médio					
		NF	AP	MFPA	MSPA	MSR	MFR
Cultivar	2	40,26**	103,48**	16890,95**	60,80**	4,50 ^{ns}	0,0034 ^{ns}
Lâmina	4	11,40*	47,63**	647,74 ^{ns}	4,90*	6,68**	0,2215**
L X C	8	22,93**	12,66**	543,78 ^{ns}	4,33*	1,26 ^{ns}	0,1250 ^{ns}
Resíduo	105	5,93	4,28	821,05	1,81	2,15	0,0881
CV%		17,05	11,04	31,09	30,03	31,57	44,56

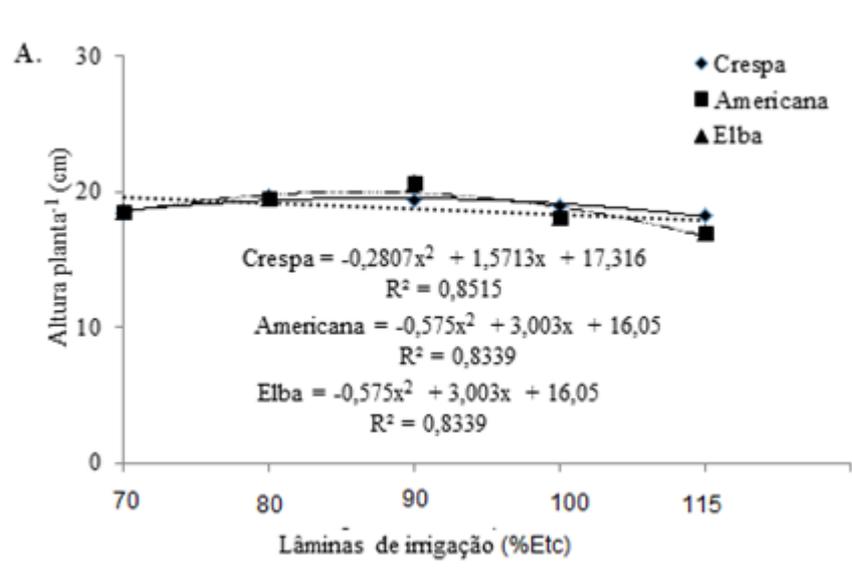
^{ns} não significativo pelo Teste F; ** significativo a 1% de probabilidade pelo Teste F; * significativo a 5% de probabilidade pelo Teste F.

De acordo com as análises das lâminas de irrigação em relação às cultivares, verificou-se que as lâminas de irrigação proporcionaram efeito polinomial na variável altura da planta (Figura 4A) em todas as cultivares. Com isso, foi estimada uma lâmina de irrigação de 173,2 mm durante todo o ciclo (90% ETc), potencializando a altura em valores médios de 18,25, 21,63 e 21,67 cm para as cultivares Americana, Crespa e Elba, respectivamente. Resultados semelhantes foram encontrados por Silveira et al. (13), que avaliaram a eficiência de diferentes níveis de irrigação no cultivo da alface americana em um ambiente totalmente protegido na cidade de Cascavel - PR.

Quanto ao efeito das lâminas de irrigação na variável número de folhas, verificou-se efeito semelhante ao ocorrido com a variável altura da planta, em que também foi observado comportamento polinomial (Figura 4B) para as três cultivares de alface. A lâmina de irrigação de 100% ETc (191,2 mm ciclo⁻¹) maximizou o número de folhas, resultando em valores médios de 15,8 folhas planta⁻¹ para a cultivar Americana, 15,5 folhas planta⁻¹ para a cultivar Elba e 14,9 folhas planta⁻¹ para a cultivar Crespa. Este efeito também foi observado por Silva e Ribeiro (14), sendo constatado que o melhor desenvolvimento ocorreu nas aplicações das lâminas intermediárias. O autor argumenta que, quando se tem uma lâmina ótima de desenvolvimento, a aplicação de um valor menor ou maior que o mesmo causa um déficit no seu desempenho.

Analisando-se a massa seca da parte aérea (MSPA) das cultivares estudadas (Figura 4C), bem como as variáveis analisadas anteriormente (Figura 4 A e B), constatou-se que as três cultivares possuem maior sensibilidade às lâminas de irrigação aplicadas em relação à variável MSPA. Possivelmente a maior disponibilidade de água no solo fez com que ocorresse aumento no arranjo adequado das raízes. Com isso, a absorção de nutrientes essenciais foi afetada levando a um aumento considerável de produção da cultura, já que a alface é uma cultura sensível a água.

A lâmina de irrigação de 115% ETc (220 mm ciclo⁻¹) aumentou em até 4,99 g a MSPA da cultivar Elba e aumentou a MSPA da cultivar Americana em 4,85 g planta⁻¹, enquanto a cultivar Crespa apresentou, com ponto máximo o valor de 5,45 g planta⁻¹ para a lâmina de irrigação de 220 mm ciclo⁻¹ (115% ETc) e ponto mínimo de 3,38 g planta⁻¹ para a reposição de água de 134 mm ciclo⁻¹ (70% ETc). Verifica-se que os tratamentos que receberam menores quantidades de água obtiveram pior desempenho, enquanto os tratamentos que receberam maiores quantidades, alcançaram um desempenho melhor. Sabe-se que as raízes, à medida que ocorre um déficit hídrico, as mesmas se desenvolvem com o intuito de explorar as camadas inferiores do solo, prejudicando o desenvolvimento da planta. Já uma disponibilidade ideal de água no solo faz com que as raízes se desenvolvam satisfatoriamente, além de promover uma melhor absorção de nutrientes do solo e, conseqüentemente, ocorre um maior ganho na produção da cultura, fato também observado por Silveira et al. (13), que avaliaram o efeito diferentes níveis de irrigação, baseados em frações da evaporação do mini-tanque evaporímetro na produção da alface americana, na cidade de Cascavel-PR.



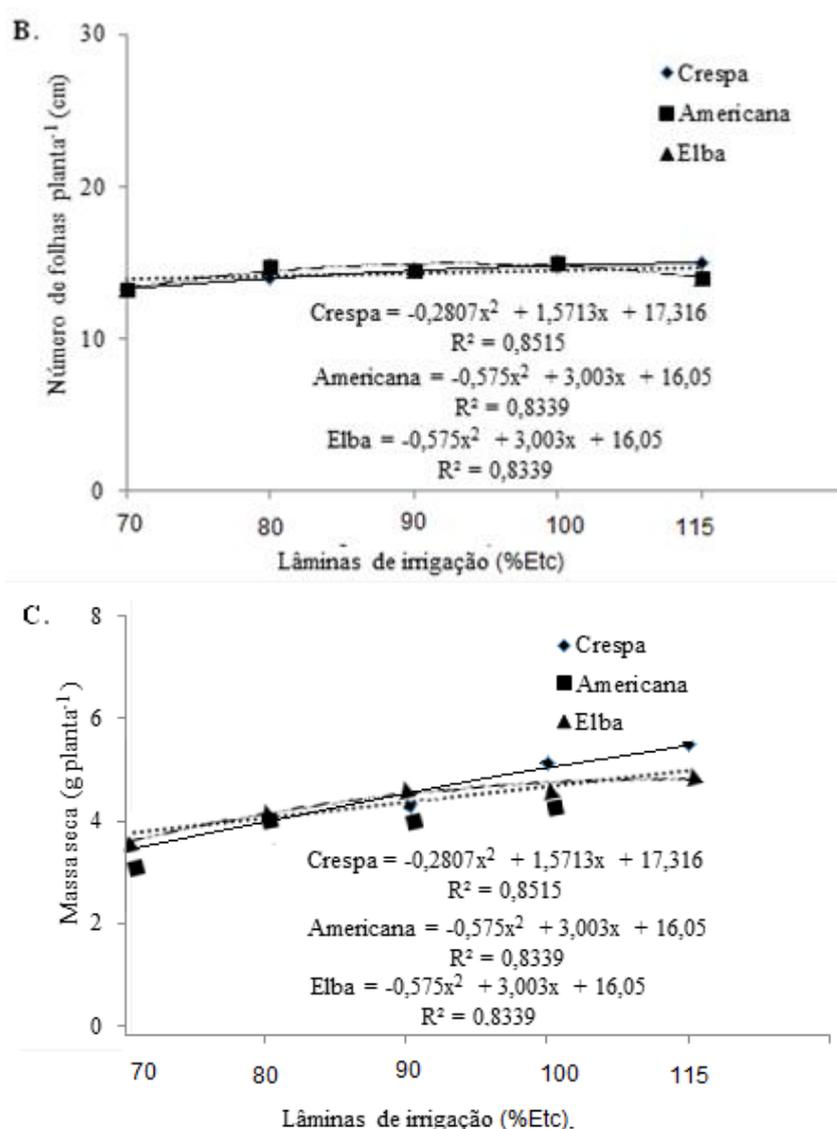


Figura 4 - Altura de planta (A), número de folhas por planta (B) e massa seca da parte aérea (C) de cultivares de alface submetida a diferentes lâminas de irrigação, nas condições climáticas de Campina Grande-PB.

No presente estudo, independente das lâminas de irrigação, o número de folhas da cultivar Americana apresentou a maior média (14,9 folhas planta⁻¹), diferindo das cultivares Crespa e Elba, que apresentaram médias menores para esta variável, conforme observado na Figura 5A. As cultivares Crespa e Elba tiveram as maiores médias para a altura da planta (Figura 5B), com médias de 21,63 e 21,67 cm, respectivamente, porém, não houve diferença significativa. A menor média foi apresentada pela cultivar Americana (18,37 cm).

Nas cultivares Americana e Elba não houve diferença significativa em relação à massa seca da parte aérea. Para a MSPA, os valores não diferem entre as cultivares

Americana e Elba (Figura 5C), com médias de 4,8 e 5,1 g planta⁻¹, respectivamente, enquanto para a cultivar Crespa houve diferença significativa, com menor média observada (4,01 g planta⁻¹). Verificou-se que a MFPA houve diferença significativa apenas para a cultivar Americana (Figura 5D), com média superior (119,2 g planta⁻¹) as cultivares Crespa (85,1 g planta⁻¹) e Elba (86 g planta⁻¹).

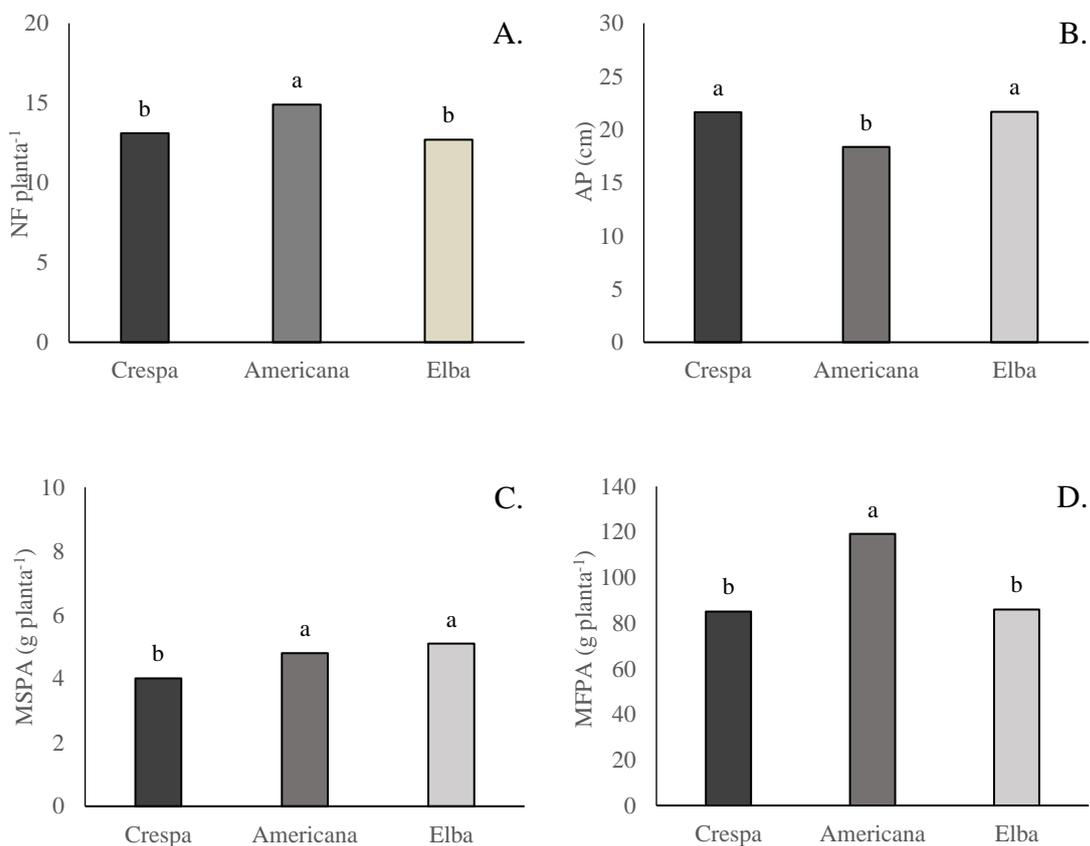


Figura 5 - Número de folhas - NF (A), Altura da planta - AP (B), Massa seca - MSPA (C) e Massa verde - MFPA (D) de cultivares de alface submetidas a diferentes lâminas de irrigação.

Desse modo, as variáveis NF, AP, MFPA e MSPA foram influenciados pelos diferentes cultivares. Para a produção das diferentes cultivares de alface, sob as condições experimentais descritas na metodologia, foi constatado que o melhor desenvolvimento das variáveis analisadas ocorreu na aplicação das lâminas intermediárias. Ou seja, a lâmina de irrigação de 90% da evapotranspiração da cultura, equivalente a 4,33 mm dia⁻¹ (173,2 mm ciclo⁻¹), proporcionou maior rendimento produtivo, valor esse que corrobora com o obtido por Silva e Ribeiro (14), em seu experimento conduzido em condições de campo, na cidade de Campo Belo - MG.

CONCLUSÕES

O desenvolvimento e produção das cultivares de alface Crespa, Americana e Elba são influenciadas significativamente pelas diferentes lâminas de irrigação. A lâmina de irrigação intermediária de 4,33 mm dia⁻¹ (90% da evapotranspiração) proporcionou maior eficiência na produção, englobando os aspectos, altura de planta, número de folhas, massa fresca e seca da parte aérea. A cultivar Americana apresentou o melhor desempenho produtivo em comparação com as cultivares Crespa e Elba.

REFERÊNCIAS

1. Adhikari ND, Simko I, Mou, B. Phenomic and Physiological Analysis of Salinity Effects on Lettuce. *Scientia Horticulturae*. 2019;19.
2. Botrel N, Freitas S, Fonseca MJO, Melo RAC, Madeira N. Valor nutricional de hortaliças folhosas não convencionais cultivadas no Bioma Cerrado. *Braz. J. Food Technol.* 2020;23.
3. Biscaro, GA, Missio C, Motomiya, AVA, Gomes EP, Takara, JG, Silveira BLR. Produtividade e análise econômica da cultura do espinafre em função de níveis de fertirrigação nitrogenada. *Irriga.* 2013;18:587-596.
4. Santana MJ, Ribeiro AA, Mancin CA. Evapotranspiração e coeficientes de cultura para a alface e rúcula cultivadas em Uberaba, MG. *Innovative Science & Technology Journal.* 2016;2:7-13.
5. Cunha FF, Godoy AR, Magalhães FF, Castro MA, Leal AJF. Irrigação de diferentes cultivares de rúcula no nordeste do Mato Grosso do Sul. *Water Resources and Irrigation Management.* 2013;2:131-141.
6. Sousa BSN, Mendes WJC, Gusmão SAL. Avaliação da produção de cultivares de alface sob diferentes ambientes de cultivo e fontes de adubação nitrogenada no município de Belém, Pará, Brasil. *Revista Observatorio de la Economía Latinoamericana.* 2020.
7. Coelho MA, Soncin NB. *Geografia do Brasil*. São Paulo: Moderna, 1982.
8. Embrapa. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. National Soil Research Center. *Manual of methods of soil analysis*. 2 ed Rio de Janeiro; 2011.
9. Mantovani EC, Bernardo S, Palaretti LF. *Irrigation: Principles and methods*. 2 ed. Viçosa, MG: UFV; 2009.
10. Fao. Food and agriculture organization of the United Nations. ETo calculator versão 3.2 [Internet]. 2012 [acesso em 2020 Agosto 25]. Disponível em: <http://www.fao.org/nr/water/ETo.html>

11. Marouelli, WA, SILVA WLC, SILVA HR. Manejo da irrigação em hortaliças. 5 ed. Brasília, DF: EMBRAPA; 1996.
12. Ferreira DF. SISVAR: A Computer Statistical Analysis System. *Ciência e Agrotecnologia*. 2011;35:1039-1042.
13. Silveira L, Rosa HA, Muller F, Santos RF. Eficiência de diferentes níveis de irrigação na cultura da alface americana (*Lactuca sativa L.*). **Revista Cultivando o Saber**. 2015:25-34.
14. Silva BA, Ribeiro KD. **Desenvolvimento da alface irrigada com diferentes lâminas de água residuária de piscicultura**. *Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento*. 2020;9:76-95.

DOI: <https://doi.org/10.53934/9786585062039-86>

CAPÍTULO 86

FONTES E DOSES DE FÓSFORO NO ESTABELECIMENTO DO CAPIM MOMBAÇA

Gustavo Barbosa Alves Silva *; Danilo Guimarães Borges ; Anne Caroline Dallabrida Avelino ; João Victor de Oliveira Barcelos ; Paulo Henrique Guimarães da Silva ; Camila Fernandes Domingues Duarte ; Carlos Eduardo Avelino Cabral 

*Autor correspondente (Corresponding author) – Email:
gustavo.barbosa@aluno.ufr.edu.br

Resumo: Este trabalho teve como objetivo identificar qual fonte e dose são mais adequadas para o estabelecimento do capim Mombaça. O experimento foi realizado em casa de vegetação na Universidade Federal de Rondonópolis, em delineamento inteiramente casualizado, com sete tratamentos e três repetições, em esquema fatorial [(2x3) +1]. Foram utilizados dois fertilizantes fosfatados (VitauroPhós® e Fosfato monoamônico), três doses de fósforo (75, 150 e 300 mg dm⁻³ P₂O₅) e o tratamento testemunha foi a ausência de fósforo, que foi admitido como a dose 0 mg dm⁻³ na análise de regressão. A análise estatística foi realizada por meio da análise de variância e após o teste Tukey, para os fertilizantes, e análise de regressão (linear e quadrático) para as doses de fósforo. Avaliou-se a densidade populacional de perfilhos, número de folhas, extração de fósforo na forragem e massa seca de forragem. A adubação fosfatada proporcionou aumento no desenvolvimento do capim Mombaça, visto que a maior dose de fósforo proporcionou incremento no número de folhas, número de perfilhos e massa seca de forragem. Quanto às fontes de fósforo, a menor massa seca de forragem foi observada para o capim Mombaça adubado com VitauroPhós®. Portanto, recomenda-se a dose de 300 mg dm⁻³ de Fosfato monoamônico para estabelecimento do capim Mombaça.

Palavras-chave: adubação fosfatada, solo, nutriente, *Panicum maximum*

Abstract: This study aimed to identify which source and dose is most suitable for the establishment of Mombasa grass. The experiment was carried out in a greenhouse at Federal University of Rondonópolis, in a completely randomized design, with seven treatments and three replications, in a factorial scheme [(2x3) +1]. Two phosphate fertilizers (VitauroPhós® and Monoammonium Phosphate), three doses of phosphorus (75, 150 and 300 mg dm⁻³) and the control treatment was the absence of phosphorus, which was admitted as the 0 mg dm⁻³ dose in the regression analysis. Statistical analysis was performed using Analysis of variance, Teste tukey for fertilizers, and regression

analysis (linear and quadratic) for phosphorus doses. Tiller population density, number of leaves, phosphorus extraction in forage and forage dry mass were evaluated. Phosphate fertilization provided an increase in the development of Mombasa grass, since the highest dose of phosphorus provided an increase in the number of leaves, number of tillers and forage dry mass. As for phosphorus sources, the lowest forage dry mass was observed for Mombasa grass fertilized with VitauroPhós®. Therefore, a dose of 300 mg dm⁻³ of monoammonium phosphate is recommended for establishment of Mombasa grass.

Key Word: phosphate fertilization, soil, nutrient, *Panicum maximum*

INTRODUÇÃO

O Brasil é um dos maiores produtores mundiais de bovinos, com cerca de 210 milhões de cabeças⁽¹⁾. A maior parte do rebanho brasileiro é criada a pasto, em uma área total de 173 milhões de hectares, sendo que cerca de 67% são de pastagens cultivadas e apenas 3% desse rebanho são terminados em sistema intensivo⁽²⁾⁽³⁾. A maior parte das pastagens cultivadas é representada por gramíneas do gênero *Brachiaria*. No entanto, as pastagens de capim *Brachiaria* têm sofrido considerável redução nos últimos anos, e o capim *Panicum maximum* Jacq cv. Mombaça (capim Mombaça) tem sido introduzido em substituição a essas forrageiras⁽⁴⁾. Com relação à acidez e à fertilidade do solo, o capim Mombaça é tão exigente quanto as outras cultivares do gênero, no entanto, apresenta maior eficiência na utilização do fósforo⁽⁵⁾.

Por isso, dentre as opções de capins, o capim Mombaça destaca-se pelo valor nutritivo e pela produção de forragem⁽⁶⁾. Assim, como é adaptado às regiões tropicais e subtropicais, este capim é muito utilizado na região do cerrado, permitindo maior lotação animal e ganho de peso vivo⁽⁷⁾. Quanto à exigência nutricional, o capim Mombaça tem apresentado boa produtividade quando submetido à adubação fosfatada, pois o fósforo é essencial para o estabelecimento dessa forrageira pertencente à família *Poaceae*⁽⁸⁾.

Este nutriente é limitante na produção do capim, pois é importante para o processo de metabolismo da planta. Considerando que grande parte dos solos brasileiros é deficiente em fósforo, essa adubação é fundamental para obter bom estabelecimento e manutenção do capim⁽⁹⁾. Portanto, é um nutriente indispensável para quem busca boa produtividade, principalmente de capins com alta demanda de nutrientes, como os cultivares de *Panicum maximum*.

Mas existem diversas fontes para suprir a deficiência de fósforo, algumas fontes solúveis e fontes parcialmente aciduladas que disponibilizam fósforo gradativamente. Outros fertilizantes são considerados mistos, pela combinação de fontes solúveis e insolúveis em água. Diante do apresentado, objetivou-se identificar qual a dose e fonte são mais adequadas para o estabelecimento do capim Mombaça.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado em casa de vegetação, na Universidade Federal de Rondonópolis (UFR), sob delineamento inteiramente casualizado, com sete tratamentos e três repetições, em esquema fatorial [(2x3) +1]. Foram utilizados dois fertilizantes

fosfatados (VitauroPhós® e Fosfato monoamônico), três doses de fósforo (75, 150 e 300 mg dm⁻³ P₂O₅) e o tratamento testemunha foi a ausência de fosforo, que foi admitido como a dose 0 mg dm⁻³ na análise de regressão. As unidades experimentais corresponderam aos vasos com capacidade de 5,6 dm³, contendo cinco plantas.

Foram utilizadas, no experimento, duas fontes de fertilizantes fosfatados: VitauroPhós® e Fosfato monoamônico. O VitauroPhós® é comercializado pela Valloura Soluções Agropecuárias® e possui composição: 1% de nitrogênio; 18% de fósforo (dos quais, 9% de P₂O₅ solúvel em CNA+Água); 12% de cálcio; 5% de enxofre; aminoácidos; bactérias solubilizadoras de fosfato; ácidos húmicos e fúlvicos. O Fosfato monoamônico utilizado possui composição: 54% fósforo (P₂O₅ solúvel em CNA+água); 12% de nitrogênio. O solo utilizado no experimento foi coletado no campo experimental da UFR, e enviado para análise química e granulométrica (Tabela 1).

Depois, o solo coletado foi transferido para as unidades experimentais (vasos).

Tabela 1 - Composição granulométrica e química do solo coletado na área experimental

pH	P	K	Ca	Mg	Al	H+AL	CTC	V	m	Areia	Silte	Argila
CaCl ₂	mg dm ⁻³			cmolc dm ⁻³				%			g kg ⁻¹	
5,2	5,7	158	1,7	1,3	0,0	2,8	6,3	55,0	0,0	520	110	370

A semeadura e a adubação fosfatada foram realizadas no dia 14 de outubro de 2021, com vinte sementes de capim-mombaça por unidade experimental (vaso). A semeadura foi realizada em sulcos à 1 cm de profundidade ao nível do solo, e a distribuição dos fertilizantes fosfatados foi realizada analogamente ao método de adubação à lanço. Sendo que, o VitauroPhós® não foi incorporado, e a outra fonte levemente incorporada. Sete dias após a semeadura foi feito o desbaste, mantendo-se cinco plantas por unidade experimental (vaso). Neste momento, realizou-se a adubação de cobertura, em que se aplicou 50 e 25 mg dm⁻³ de nitrogênio e potássio, respectivamente.

Durante o experimento, a irrigação foi realizada elevando-se a umidade do solo para determinada capacidade de retenção de água. Nos primeiros quinze dias, elevou-se para 65% da capacidade de retenção, e depois para 100% da capacidade de retenção. A testemunha recebeu todo protocolo descrito acima, exceto a adubação fosfatada.

Cinquenta e cinco dias após a implantação, as plantas atingiram altura média de 45 cm, então, contou-se o número de perfilhos e realizou-se a colheita da forragem admitindo-se altura de resíduo de 20 cm. Após o corte, contou-se o número de folhas e não se procedeu a separação morfológica das plantas em virtude de a presença exclusiva de lâminas foliares. Na sequência, a massa vegetal foi submetida a secagem em estufa de circulação forçada de ar a 55 ± 5°C, por 72 horas e, depois, pesada. As amostras de forragem foram moídas em moinho tipo faca com peneira de 2 mm e quantificou-se o teor de fósforo ⁽¹⁰⁾ para a estimativa da extração de fósforo. A análise estatística foi realizada por meio da análise de variância e após o teste Tukey, para os fertilizantes, e análise de regressão (linear e quadrático) para as doses de fósforo a 5% de probabilidade de erro, utilizando Software SISVAR 5.6.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Não houve interação entre as doses e as fontes de fósforo para todas as variáveis mensuradas, com exceção da extração de fósforo. Houve diferença estática para densidade populacional de perfilhos (DPP), número de folhas (NF) e massa seca de forragem (MSF) em relação as doses aplicadas (Tabela 2).

Tabela 2 – Síntese da análise de variância para efeito de fontes, doses e interação destes fatores sobre a densidade populacional de perfilhos (DPP), número de folhas, massa seca de forragem (MSF) e extração de fósforo na forragem.

Variáveis	Fontes	Doses	Fontes*Doses	CV (%)
DPP	0,011	<0,001	0,2854	10,97
Folhas	0,003	<0,001	0,1398	12,49
MSF	0,002	<0,001	0,4834	26,14
Extração de P	<0,001	<0,001	<0,001	33,05

O número de folhas, independente do fertilizante, aumentou em 5 vezes, aproximadamente, comparando-se a ausência de fósforo com a maior dose testada. Além disso, a maior dose testada triplicou a massa seca de forragem, comparativamente ao tratamento em que não foi aplicado fósforo (Figura 1).

Por meio destes incrementos é possível afirmar a importância do fósforo para o estabelecimento do capim, visto que o perfilhamento é fundamental para a perenidade do pasto, aumento da cobertura do solo, supressão de plantas daninhas e prevenção de erosão. Além disso, o aumento na massa de forragem proporciona maior capacidade de suporte no primeiro pastejo da área.

Houve interação entre os fertilizantes e as doses para a extração de fósforo pelo capim-mombaça. A extração de fósforo foi maior quando se adubou com Fosfato monoamônico, comparativamente ao VitauroPhós®, com exceção da ausência de adubação fosfatada, visto que as plantas não atingiram a altura de resíduo, o que não permitiu realizar a colheita e quantificar a extração de fósforo (Figura 2).

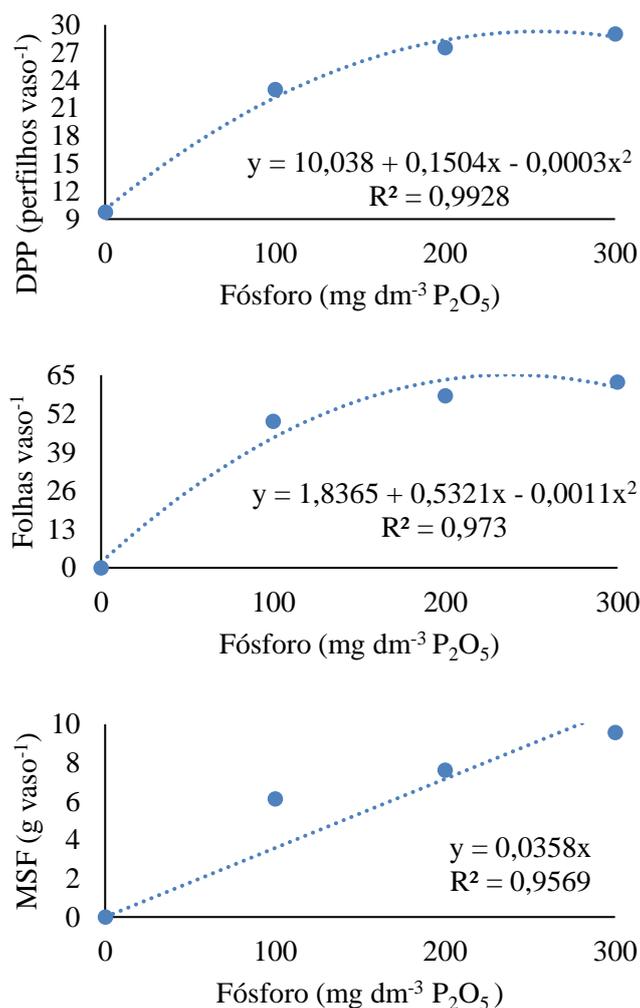


Figura 1 – Densidade populacional de perfilho (DPP), número de folhas e massa seca de forragem (MSF) função da aplicação de doses de fósforo.

A maior extração de fósforo pelo Fosfato monoamônico pode ter ocorrido devido a a maior quantidade de fósforo de rápida solubilidade. Dos 18% de P₂O₅ presentes no VitauroPhós®, 9% de P₂O₅ é de solubilidade controlada e gradual. Por isso, é provável que o VitauroPhós® promova maior efeito residual comparado ao Fosfato monoamônico, o que demanda a realização de estudos de médio a longo prazo.

A maior extração de fósforo pelo Fosfato monoamônico favoreceu o incremento na massa de forragem, número de folhas e perfilhos do capim Mombaça, comparativamente ao VitauroPhós® (Figura 3). Da mesma forma que a extração, isso está associado a solubilidade dos produtos. Resultados semelhantes foram obtidos por outros autores ⁽¹¹⁾, que avaliaram diferentes fontes na adubação do capim Piatã. As fontes de rápida solubilidade fornecem maiores quantidades de fósforo prontamente disponível para o

desenvolvimento inicial do capim e, por isso, o Fosfato monoamônico proporcionou maior desenvolvimento inicial da gramínea.

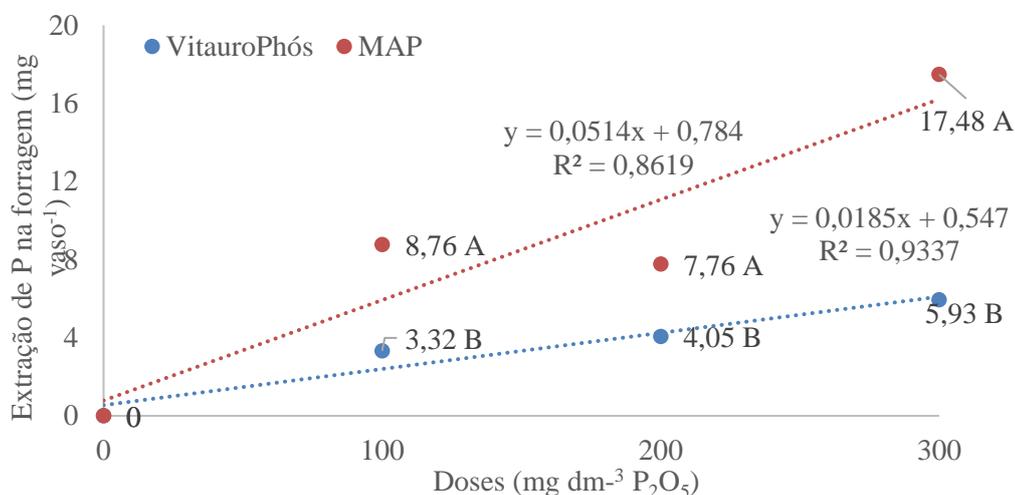


Figura 2 – Extração de P na forragem em função de diferentes fontes de fósforo. Médias seguidas de mesma letra não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro. MAP: Fosfato monoamônico.

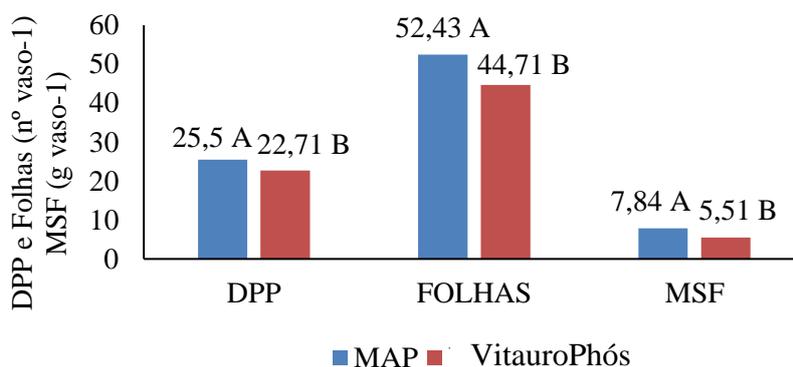


Figura 3 – Densidade populacional de perfilho (DPP), Folhas e Matéria seca de forragem (MSF) em função da aplicação de diferentes fontes de fósforo. MAP: Fosfato monoamônico.

A adubação fosfatada é imprescindível para a produtividade de perfilhos, uma vez que este nutriente desempenha função estrutural e participa de processos metabólicos da planta ⁽¹²⁾, independente da fonte utilizada. Entretanto, o nutriente mais requisitado para a produção de perfilhos é o nitrogênio ⁽¹³⁾, uma vez que participa do metabolismo e da fotossíntese da planta. Por isso, o maior desenvolvimento radicular proporcionado pelo fósforo, pode incrementar a absorção do nitrogênio presente no solo, o que resulta em sinergismo. Além disso, o não fornecimento de fósforo ao sistema ocasiona a redução na produção de perfilhos, pois, o capim usa o fósforo disponível apenas na sua manutenção ⁽¹⁰⁾.

Ademais, o efeito positivo do fósforo também foi evidenciado sobre a produção de massa forrageira e o número de perfilhos de capim Braquiária, evidenciando a importância da adubação fosfatada no estabelecimento de uma pastagem⁽¹⁴⁾. E a fonte de fósforo também foi efetiva sobre o número de folhas e matéria seca na forragem. Sendo assim, indica-se a adubação fosfatada com manejo estratégico para persistência e estabilidade das pastagens brasileiras.

CONCLUSÕES

Recomenda-se a dose de 300 mg dm⁻³ de Fosfato monoamônico para estabelecimento do capim Mombaça.

AGRADECIMENTOS

À Valloura Agropecuária LTDA e Universidade Federal de Rondonópolis.

REFERÊNCIAS

1. Companhia Nacional de Abastecimento. Perspectivas para a agropecuária - Safra 2019/2020: Produtos de Verão. Companhia Nacional de Abastecimento.
2. Rodrigues, H.V.M. Fósforo e Calagem na Produtividade e Recuperação do Capim Marandú. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal). Universidade Federal do Tocantins, UFT, Gurupi, Tocantins, 2010. 56 f
3. Associação Brasileira das Indústrias Exportadoras de Carnes. Pecuária Brasileira. Disponível em: <https://www.abiec.com.br/publicacoes/beef-report-2021/> Acesso em: 09 de setembro de 2022.
4. Dim, VP, Castro JGD, Alexandrino E, Santos AC, Silva Neto SP. Fertilidade do solo e produtividade de capim Mombaça adubado com resíduos sólidos de frigorífico. Rev Bras Saude Prod Ani. 2010; 11; 2: 303-316.
5. Vilela H. Série Gramíneas Tropicais - Gênero *Panicum* (*Panicum maximum* – Mombaça). Disponível em: http://www.agronomia.com.br/conteudo/artigos/artigos_gramineas_tropicais_panicum_mombaca.htm. Acesso em: 09 setembro de 2022.
6. Silva BF. Produção de biomassa e eficiência de conversão de nitrogênio no capim Mombaça irrigado. 2016. 24 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Agronomia), Instituto Federal do Tocantins Campus Araguatins. Araguatins, TO, 2016.
7. Fonseca, DM, Martuscello, JA. Plantas forrageiras. Viçosa, MG: ed. UFV, Cap. 5, p. 166-196, 2013.
8. Carneiro JS, Silva PSS, Santos ACM, Freitas GA, Silva RR. Resposta do capim Mombaça sob efeito de fontes e doses de fósforo na adubação de formação. Jour bio food Sci. 2017; 4: 12-25.

9. Cecato U, Skrobot VD, Fakir GR, Branco AF, Galbeiro S, Gomes JAN. Perfilamento e características estruturais do capim Mombaça adubado com fontes de fósforo em pastejo. *Acta Sci Ani Sci*. 2008; 30: 1-7.
10. Sarruge JR, Haag HP. *Análise química das plantas*. Piracicaba: ESALQ, 1974.
11. Duarte CFD, Paiva LM, Fernandes HJ, Cassaro LH, Breure MF, Prochera DL, Biserra TT. Capim-piatã adubado com diferentes fontes de fósforo. *Rev Investig*. 2016; 58-63.
12. Santos IPA, Pinto JC, Siqueira JO, Morais AR, Santos CL. Influência do fósforo, micorriza e nitrogênio no conteúdo de minerais de *Brachiaria brizantha* e *Arachis pintoii* consorciados. *Rev Bras Zootec*. 2002; 31: 605- 616.
13. Patês NMS, Pires AJV, Silva CCF, Santos LC, Carvalho GGP, Freire MAL. Características morfogênicas e estruturais do capim-tanzânia submetido a doses de fósforo e nitrogênio. *Rev Bras Zootec*. 2007; 36: 1736-1741.
14. Mesquita EE, Pinto JC, Furtini Neto AE, Santos IPA, Tavares VB. Teores críticos de fósforo em três solos para o estabelecimento de capim-Mombaça, capimMarandu e capim-Andropogon em vasos. *Rev Bras Zootec* 2004; 33:290-301.

Agron Food Academy
agronfoodacademy.com

