Volume 4

Produção Animal e Vegetal:
Inovações e Atualidades

Organizadores[35]

Jackson Andson de Medeiros
Virgínia Mirtes de Alcântara Silva
Wiaslan Figueiredo Martins
Idael Matheus Góes Lopes

Agronfy

Volume 4

Produção Animal e Vegetal:
Inovações e Atualidades

Organizadores[35]

Jackson Andson de Medeiros
Virgínia Mirtes de Alcântara Silva
Wiaslan Figueiredo Martins
Idael Matheus Góes Lopes

Agronfy

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Medeiros, Jackson Andson de [e outros três organizadores]. Produção Animal e Vegetal: Inovações e Atualidades / Jackson Andson de Medeiros, Virgínia Mirtes de Alcântara Silva, Wiaslan Figueiredo Martins, Idael Matheus Góes Lopes [organizadores]. Jardim do Seridó: Agron Food Academy, 2025.

4ª edição. Formato digital. PDF.
Inclui referências bibliográficas e índice analítico.

ISBN: 978-65-85062-26-8
DOI: 10.53934/agronfy-2025-05

1. Produção Animal 2. Produção Vegetal 3. Inovação 4. Tecnologia 5. Sustentabilidade I. Medeiros, Jackson Andson de II. Silva, Virgínia Mirtes de Alcântara III. Martins, Wiaslan Figueiredo IV. Lopes, Idael Matheus Góes V. Agron Food Academy (Brasil).

CDD 630

NOTA EDITORIAL – AGRONFY

Todos os textos que integram esta obra foram submetidos à avaliação criteriosa do Conselho Editorial da Agronfy e passaram por processo de revisão por pares, em conformidade com as normas de boas práticas editoriais exigidas pela **CAPES**, garantindo a qualidade acadêmica e científica da publicação.

Esta obra é resultado de uma construção coletiva, configurando-se como uma coletânea, na qual os direitos autorais permanecem sob responsabilidade dos respectivos autores e autoras. Alguns capítulos podem ter origem em comunicações previamente apresentadas em eventos científicos ou acadêmicos, entretanto, os autores foram devidamente orientados quanto à prevenção do autoplágio, ao respeito à originalidade e à integridade ética da produção científica.

O conteúdo de cada capítulo é de responsabilidade exclusiva dos(as) autores(as), incluindo a veracidade das informações, interpretações e referências utilizadas. As opiniões expressas não refletem, necessariamente, os posicionamentos institucionais da editora, dos organizadores ou do Conselho Editorial da Agronfy.

Jackson Andson de Medeiros
Editor-chefe

Virgínia Mirtes de Alcântara Silva
Wiaslan Figueiredo Martins
Idael Matheus Góes Lopes

Membros do conselho editorial da obra

Membros do conselho editorial da editora Agronfy

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Medeiros, Jackson Andson de [e outros três organizadores]. Produção Animal e Vegetal: Inovações e Atualidades / Jackson Andson de Medeiros, Virgínia Mirtes de Alcântara Silva, Wiaslan Figueiredo Martins, Idael Matheus Góes Lopes [organizadores]. Jardim do Seridó: Agronfy, 2025.

4ª edição. Formato digital. PDF.
Inclui referências bibliográficas e índice analítico.

ISBN: 978-65-85062-26-8
DOI: 10.53934/agronfy-2025-05

1. Produção Animal 2. Produção Vegetal 3. Inovação 4. Tecnologia 5. Sustentabilidade I. Medeiros, Jackson Andson de II. Silva, Virgínia Mirtes de Alcântara III. Martins, Wiaslan Figueiredo IV. Lopes, Idael Matheus Góes V. Agron Food Academy (Brasil).

CDD 630

NOTA EDITORIAL – AGRONFY

Todos os textos que integram esta obra foram submetidos à avaliação criteriosa do Conselho Editorial da Agronfy e passaram por processo de revisão por pares, em conformidade com as normas de boas práticas editoriais exigidas pela **CAPES**, garantindo a qualidade acadêmica e científica da publicação.

Esta obra é resultado de uma construção coletiva, configurando-se como uma coletânea, na qual os direitos autorais permanecem sob responsabilidade dos respectivos autores e autoras. Alguns capítulos podem ter origem em comunicações previamente apresentadas em eventos científicos ou acadêmicos, entretanto, os autores foram devidamente orientados quanto à prevenção do autoplágio, ao respeito à originalidade e à integridade ética da produção científica.

O conteúdo de cada capítulo é de responsabilidade exclusiva dos(as) autores(as), incluindo a veracidade das informações, interpretações e referências utilizadas. As opiniões expressas não refletem, necessariamente, os posicionamentos institucionais da editora, dos organizadores ou do Conselho Editorial da Agronfy.

Apresentação

A obra Produção Animal e Vegetal: Inovações e Atualidades surge como uma contribuição significativa para os debates e avanços no setor agropecuário, reunindo estudos que exploram as dinâmicas da produção animal e vegetal sob a ótica da ciência, da tecnologia e da sustentabilidade.

Esta coletânea foi cuidadosamente organizada para refletir a diversidade e a atualidade dos temas que atravessam a agricultura e a pecuária contemporâneas. Com capítulos que vão desde o uso de mídias sociais para análise de mercado de produtos caprinos até o desenvolvimento de tecnologias de conservação de hortaliças e aplicação de biofilmes com compostos naturais, o livro apresenta uma ampla gama de abordagens metodológicas, com destaque para a interdisciplinaridade e o olhar inovador.

A publicação se destina especialmente a estudantes, pesquisadores, profissionais do setor agroalimentar e gestores públicos interessados em soluções sustentáveis, estratégias tecnológicas e perspectivas de mercado para a produção agrícola e pecuária no Brasil e em outras regiões de características similares.

Cada capítulo foi submetido à avaliação por pares, conforme os critérios editoriais da Agronfy e as diretrizes de qualidade exigidas pela CAPES, assegurando o rigor científico e a relevância dos conteúdos apresentados. A pluralidade de autores e instituições aqui representadas evidencia o caráter colaborativo e democrático da produção científica nacional.

Esperamos que este livro contribua não apenas para a ampliação do conhecimento técnico-científico, mas também para a valorização das experiências regionais e das práticas sustentáveis na cadeia agroalimentar.

Boa leitura!
Equipe Editorial – Agronfy

SUMÁRIO

Capítulo 01 6

DOI: 10.53934/agronfy-2025-05-01 6

#LEITEDECABRA: REDES SOCIAIS COMO ESTRATÉGIA PARA AVALIAR O PERFIL DE CONSUMIDORES DE LEITE DE CABRA E DERIVADOS 6

Capítulo 02 19

DOI: 10.53934/agronfy-2025-05-02 19

INFLUÊNCIA DA APLICAÇÃO DE REVESTIMENTOS POLIMÉRICOS A BASE DE AMIDO DE MILHO COM ADIÇÃO DO ÓLEO ESSENCIAL DE LIMÃO NA QUALIDADE PÓS-COLHEITA DE TOMATE CEREJA 19

Capítulo 03 26

DOI: 10.53934/agronfy-2025-05-03 26

APLICAÇÃO DE REVESTIMENTO POLIMÉRICO COM FARINHA DE MESOCARPO DE COCO BABAÇU E ÓLEO DE LIMÃO TAITI NA CONSERVAÇÃO DE TOMATE CEREJA 26

Capítulo 04 37

DOI: 10.53934/agronfy-2025-05-04 37

HELMINTOSES EM EQUINOS: ABORDAGENS DOS CONTROLES QUÍMICO E BIOLÓGICO 37

Capítulo 05 51

DOI: 10.53934/agronfy-2025-05-05 51

PREFERÊNCIA ENTRE OVOS VERMELHOS E BRANCOS: EXISTE DIFERENÇA NO VALOR NUTRITIVO? 51

Capítulo 06 58

DOI: 10.53934/agronfy-2025-05-06 58

MOMENTO DE ADUBAÇÃO NITROGENADA DO CAPIM-MASSAI 58

Capítulo 07 68

DOI: 10.53934/agronfy-2025-05-07 68

UTILIZAÇÃO DE ADITIVOS EM DIETAS DE BOVINOS DE CORTE COMO ESTRATÉGIA PARA MITIGAÇÃO DE GASES DO EFEITO ESTUFA 68

Capítulo 08 79

DOI: 10.53934/agronfy-2025-05-08 79

DETERMINAÇÃO DAS PROPRIEDADES FÍSICAS DA FARINHA DA CASCA DE BATATA DOCE VARIEDADE ROXA 79

Capítulo 09 88
DOI: 10.53934/agronfy-2025-05-09 88
TOLERÂNCIA DE CAPIM-BUFFEL AO ESTRESSE HÍDRICO 88
Capítulo 10 99
DOI: 10.53934/agronfy-2025-05-10 99
PRAGAS EM PASTAGENS: DESAFIOS E ESTRATÉGIAS PARA O MANEJO SUSTENTÁVEL 99
Capítulo 11 108
DOI: 10.53934/agronfy-2025-05-11 108
DESENVOLVIMENTO DE ALIMENTOS PROBIÓTICOS DE ORIGEM VEGETAL: INOVAÇÃO E APLICAÇÕES 108
Capítulo 12 118
DOI: 10.53934/agronfy-2025-05-12 118
ANÁLISES DE CONTROLE DE QUALIDADE DE MATÉRIAS-PRIMAS PARA FABRICAÇÃO DE RAÇÕES PARA AVES 118
Capítulo 13 139
DOI: 10.53934/agronfy-2025-05-13 139
ESTUDO DO PERFIL DO CONSUMIDOR DE BARRAS DE CEREAIS NA CIDADE DE CURRAIS NOVOS - RN 139
Capítulo 13 151
DOI: 10.53934/agronfy-2025-05-13 151
AS EQUAÇÕES DE PREDIÇÃO DE MASSA DE FORRAGEM DO CAPIM-MARANDU APLICAM-SE AO CAPIM-MAVUNO? 151
Capítulo 14 158
DOI: 10.53934/agronfy-2025-05-14 158
EFEITO DA ADUBAÇÃO NITROGENADA SOBRE O PASTO DE CAPIM MARANDU NO PERÍODO SECO 158
Capítulo 15 166
DOI: 10.53934/agronfy-2025-05-15 166
CIANOBACTÉRIAS: DIVERSIDADE, ECOLOGIA E APLICAÇÕES BIOTECNOLÓGICAS NOS SOLOS E AMBIENTES AQUÁTICOS 166
Capítulo 16 179
DOI: 10.53934/agronfy-2025-05-16 179
BANCO DE SEMENTES EM CULTIVO DE HORTALIÇAS NO MUNICÍPIO DE SÃO LUÍS 179

Capítulo 17 191
DOI: 10.53934/agronfy-2025-05-17 191
DESENVOLVIMENTO DE HIDROMEL MATURADO COM SCOBY DE KOMBUCHA E CLARIFICADO COM COPRODUTOS DE FRUTAS TROPICAIS 191
Capítulo 18 199
DOI: 10.53934/agronfy-2025-05-18 199
USO DE PRODUTOS BIOLÓGICOS NO CONTROLE DE *Meloidogyne incognita* NA CULTURA DA SOJA 199
Capítulo 19 211
DOI: 10.53934/agronfy-2025-05-19 211
PRESENÇA DE ÁCAROS E PIOLHOS EM POEDEIRAS DA LINHAGEM LOHMANN WHITE 211
Capítulo 20 220
DOI: 10.53934/agronfy-2025-05-20 220
EXPLORAÇÃO DA PRODUÇÃO DE CERVEJA CATHARINA SOUR COM FRUTAS TROPICAIS: DESAFIOS, INOVAÇÕES E PERSPECTIVAS DE MERCADO 220
Capítulo 21 235
DOI: 10.53934/agronfy-2025-05-21 235
ACEITAÇÃO SENSORIAL E VIABILIDADE MERCADOLÓGICA DO FERMENTADO DE MANDACARU (*Cereus jamacaru*) 235
Capítulo 22 243
DOI: 10.53934/agronfy-2025-05-22 243
ESTRESSE TÉRMICO POR CALOR EM AVES DE PRODUÇÃO: INFLUÊNCIA NAS RESPOSTAS COMPORTAMENTAIS, FISIOLÓGICAS E NOS PARÂMETROS SANGUÍNEOS 243
Capítulo 23 254
DOI: 10.53934/agronfy-2025-05-23 254
COMPARAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DE ALIMENTOS DE ORIGEM VEGETAL DE CULTIVO ORGÂNICO E CONVENCIONAL 254
Capítulo 24 267
DOI: 10.53934/agronfy-2025-05-24 267
FRUTOS DA REGIÃO AMAZÔNICA NA NUTRIÇÃO ANIMAL: REVISÃO DE LITERATURA 267
Capítulo 25 278
DOI: 10.53934/agronfy-2025-05-25 278
PARTÍCULAS ANTROPOGÊNICAS E MERCÚRIO TOTAL EM ESPÉCIES DE MEXILHÕES DE INTERESSE COMERCIAL 278

Capítulo 26 289
DOI: 10.53934/agronfy-2025-05-26 289
MICÉLIO DE FUNGOS E SUAS APLICAÇÕES INDUSTRIAIS: UMA REVISÃO DE LITERATURA 289
Capítulo 27 304
DOI: 10.53934/agronfy-2025-05-27 304
ELABORAÇÃO E AVALIAÇÃO DO ÓLEO ESSENCIAL DE ORÉGANO (*Origanum vulgare L.)* EM HAMBURGUER DE CARNE *BLEND* SUÍNA E BOVINA 304
Capítulo 28 319
DOI: 10.53934/agronfy-2025-05-28 319
VIABILIDADE ECONÔMICA DO VOLUMOSO SUPLEMENTAR NA ATIVIDADE LEITEIRA 319
Capítulo 29 327
DOI: 10.53934/agronfy-2025-05-29 327
TOLERÂNCIA DO CAPIM-SABIÁ AO ESTRESSE HÍDRICO 327
Capítulo 30 336
DOI: 10.53934/agronfy-2025-05-30 336
AVALIAÇÃO MICROBIOLÓGICA E DO TEMPO DE PRATELEIRA DE BISCOITOS COOKIES ELABORADOS COM FARINHAS DE CASCAS DE ABACAXIS E MESOCARPO DE BABAÇU 336
Capítulo 31 346
DOI: 10.53934/agronfy-2025-05-31 346
PERCEPÇÃO DA POPULAÇÃO DE RONDONÓPOLIS SOBRE O MITO DA UTILIZAÇÃO DE HORMÔNIOS EM FRANGOS DE CORTE 346
Capítulo 32 353
DOI: 10.53934/agronfy-2025-05-32 353
ESTUDO DE LEVEDURAS E BOLORES EM FARINHAS ELABORADAS DE RESÍDUOS DE ABACAXI TURIAÇU E PÉROLA, CULTIVADOS NOS MUNICÍPIOS DO MARANHÃO 353
Capítulo 33 361
DOI: 10.53934/agronfy-2025-05-33 361
ESTRATÉGIAS DE SUPLEMENTAÇÃO NO PERIODO SECO 361
Capítulo 34 367
DOI: 10.53934/agronfy-2025-05-34 367
CONSUMIR CARNE VERMELHA TODOS OS DIAS FAZ MAL? 367
Capítulo 35 374
DOI: 10.53934/agronfy-2025-05-35 374

AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DE MISTURA COM USO DE MICROTRACER 374
Capítulo 36 381
DOI: 10.53934/agronfy-2025-05-36 381
ÁREA DE OCUPAÇÃO E A ALTURA DE PRÉ-PASTEJO DO CAPIM BRS TAMANI 381
Capítulo 37 388
DOI: 10.53934/agronfy-2025-05-37 388
ADUBAÇÃO FOSFATADA NA IMPLANTAÇÃO DE BRAQUIÁRIAS 388
Capítulo 38 395
DOI: 10.53934/agronfy-2025-05-38 395
NEMATOIDES GASTRINTESTINAIS EM BOVINOS: IMPACTOS NA SAÚDE ANIMAL E ESTRATÉGIAS DE CONTROLE – UMA REVISÃO INTEGRADA 395

Capítulo 01

DOI: 10.53934/agronfy-2025-05-01

#LEITEDECABRA: REDES SOCIAIS COMO ESTRATÉGIA PARA AVALIAR O PERFIL DE CONSUMIDORES DE LEITE DE CABRA E DERIVADOS

Kaís Mabelly Duarte Souza*; Maria Jodmy Alves dos Santos; Thamirys Lorranne Santos Lima*; Elisabete Piancó De Sousa Pinheiro; Emanuel Neto Alves Oliveira; Rerisson do Nascimento Alves; Mônica Correia Gonçalves

**Autor correspondente (Corresponding author) – Email:lorrannealimentos24@gmail.com*

Resumo: O Brasil é responsável pela maior parte da produção de leite de cabra mundial, porém, a desinformação da população acerca dessa matéria-prima é consideravelmente grande. Objetivou-se utilizar as redes sociais como estratégia principal para avaliar o perfil e as percepções dos consumidores acerca do consumo do leite de cabra e derivados. Conta no Instagram e Facebook foram criadas e as informações sobre o leite de cabra e derivados foram realizadas através de postagens semanais. Posteriormente, foi realizada a aplicação de um formulário on-line para conhecer o perfil do consumidor acerca do consumo de leite de cabra e seus derivados, obtendo-se um total de 184 respostas. Os resultados da pesquisa apontam a falta de informação em relação ao leite de cabra e seus derivados por parte dos entrevistados e seguidores das contas criadas nas redes sociais, que afirmam possuírem pouco conhecimento (27,2%) ou níveis intermediários de conhecimento (26,1%). Além de uma maior disposição em relação ao consumo dos derivados do leite caprino, sendo o queijo (75%) e o doce de leite (56,5%) os derivados com maior aceitação. Assim, a indústria de laticínios e pesquisadores são responsáveis por lançar no mercado diversos produtos com finalidade de atender o perfil dos consumidores, sendo que para a comercialização é necessário divulgação para alcançar grande parte da população.

Palavras–chave: conhecimento; leite caprino; produtos lácteos.

INTRODUÇÃO

As Mídias Sociais são definidas como tecnologias e práticas on-line que são usadas por pessoas ou empresas para disseminar conteúdo, provocando o compartilhamento de opiniões, ideias, experiências e perspectivas. No contexto atual, redes sociais como Instagram e Facebook, são grandes aliadas para a disseminação de informações, visto que o seu uso está presente nos aparelhos eletrônicos de grande parte da população. Esses aplicativos permitem postagem de fotos, vídeos sejam para o perfil ou stories, postagem de comentários, interações e compartilhamentos, funções essas que dão às pessoas o poder de fala e permitem que elas reflitam sobre os mais variados assuntos, tornando essas redes sociais importantes caminhos para o conhecimento e disseminação de diversos temas (1-3).

Entre esses temas que podem ser divulgados nas mídias sociais, tem-se o leite de cabra, que possui inúmeras qualidades que o colocam como um alimento mais saudável e nutritivo, quando comparado ao leite bovino. Dentre essas, se destacam

principalmente características na composição e estrutura das gorduras e proteínas. Os dois tipos de leite, no geral, possuem a mesma quantidade de proteínas; porém, quando comparados, o leite caprino apresenta mais vantagens nutricionais, além de ser mais facilmente digestível. Isso deve-se ao fato de o leite de cabra apresentar glóbulos de gordura relativamente menores e em maior escala que o leite bovino (4-5). Porém, mesmo com certas vantagens, o leite caprino carece de cuidados redobrados durante seu manuseio, que quando não realizado corretamente, pode afetar diretamente na qualidade sensorial do produto final, gerando aversão aos consumidores e, consequentemente, estabelecendo um certo preconceito acerca de seu consumo (6).

No Brasil, a produção de leite caprino se concentra majoritariamente na região Nordeste do país, tendo enfoque no estado do Rio Grande do Norte. Porém, mesmo que essa prática seja recorrente na região, é evidente que a falta de conhecimento dos consumidores acerca dessa matéria-prima configura um fator inerente para o não consumo do leite caprino e seus derivados. A desinformação se mostra presente em aspectos como a sua qualidade nutricional, desconhecida por grande parte da população, e suas propriedades sensoriais estigmatizadas pelos consumidores. Além disso, outro fator bastante presente que influencia a maioria das pessoas, é o fato de o leite caprino ser produzido por pequenos produtores, essa prática acaba gerando desconfiança nos consumidores, e uma consequente rejeição ao consumo desse leite (5).

Assim, para o crescimento e desenvolvimento de produtos constituídos à base de leite de cabra é essencial compreendermos os desejos dos consumidores, para isso são realizados estudos para descobrir o que pode ou não contribuir para tal consumo. Dessa forma, traçando um perfil que auxilia na caracterização desses consumidores, externalizando as motivações e entraves que dificultam o acesso e consumo a esses produtos. Colaborando na criação de estratégias mais efetivas que facilitem a conscientização e incentivem a aquisição de alimentos mais saudáveis, que não sejam tão presentes na alimentação cotidiana (7).

Existe uma grande dificuldade de inserção do leite de cabra e derivados na dieta das pessoas por várias razões, dentre elas, a falta de incentivo ao consumo, a falta de conhecimento sobre os potenciais benefícios e ainda a pouca disponibilidade no mercado do leite de cabra e derivados, onde os maiores consumidores desses produtos são pessoas que possuem alergia ao leite de vaca e idosos que consomem por indicação médica. Desta forma, visando suprir a falta de conhecimento e disseminação de informações sobre o leite caprino, o presente estudo objetivou fazer uso das redes sociais como estratégia principal para avaliar o perfil e as percepções dos consumidores acerca do consumo do leite de cabra e derivados além de promover o incentivo ao consumo destes produtos.

MATERIAL E MÉTODOS

Criação das contas nas redes sociais e disseminação de informações

Com o propósito principal de incentivar o consumo do leite de cabra e derivados, foram criadas duas contas nas redes sociais, sendo elas: Instagram (projeto_leitedecabra) e Facebook (Projeto_Leite de Cabra), para a elaboração de uma nuvem de palavras e para promover o incentivo ao consumo do leite de cabra e derivados. A logotipo visual criada para os perfis das redes sociais, com o auxílio da plataforma Canva, está ilustrada na Figura 1. As contas permanecerão ativas após a conclusão da presente pesquisa.



Figura 1. Logotipo visual de identificação do projeto nas redes sociais.
Fonte: Autoria própria, (2021).

Com o auxílio da plataforma Mentimeter, e com consequente divulgação nas redes sociais, uma nuvem de palavras foi construída com as principais palavras ou conceitos que, para os consumidores, caracterizam o leite de cabra e derivados. Uma enquete foi realizada nos stories da conta do Instagram e os seguidores eram solicitados a responderem em uma palavra o seguinte questionamento: "Quais características você atribui ao leite de cabra e derivados?".

Realizou-se também no Instagram e no Facebook, a disseminação de informações sobre o leite de cabra e derivados, através da divulgação de textos, pôsteres, imagens, conteúdo falado (stories) e vídeos curtos que retratavam as principais definições, importância, benefícios do leite de cabra e derivados, bem como interações com os seguidores, conforme cronograma semanal, de acordo com os critérios metodológicos estabelecidos por Silva et al. (8), com modificações. Foram determinados horários específicos para a divulgação das publicações.

Análise do perfil dos divulgadores de informações sobre o leite de cabra e derivados no aplicativo Instagram

Realizou-se uma análise sobre o perfil dos divulgadores de informações sobre o leite de cabra e derivados na conta do Instagram de forma a analisar a que classe pertence esses perfis e que tipo de informações eram divulgadas. Foram recrutados 22 perfis. Tal recrutamento ocorreu de forma a ser levado em consideração o número de seguidores e o quantitativo de publicações (vídeos, fotos, legendas, conteúdo falado e stories) relacionados ao leite de cabra e derivados, os quais, foram identificados a partir de uma pesquisa na área de busca da própria rede social utilizando como principal palavras-chave o termo: "#leitedecabra".

Foi realizada também a audiência dos perfis a partir da quantificação dos seguidores de cada perfil da amostra. Eles foram agrupados nas categorias: audiência baixa ($> 10 \leq 100$ seguidores), audiência mediana ($> 100 \leq 500$ seguidores), audiência alta ($> 500 \leq 2000$ seguidores) e audiência muito alta (> 2000 seguidores), segundo recomenda Pereira et al., (9).

Elaboração de questionário

O questionário foi elaborado a partir do Google forms com 29 questões, sendo 27 objetivas e 2 dissertativas, relativas ao perfil dos consumidores de leite de cabra e derivados, o qual continha questões relacionadas aos dados socioeconômicos (sexo, idade, escolaridade, região, cidade, zona, quantidade de pessoas da mesma residência, ocupação atual e renda mensal familiar), consumo de leite de cabra, produtos elaborados a partir do leite de cabra e relato de opinião dos entrevistados acerca da pesquisa. O

questionário foi disponibilizado on-line em setembro de 2021 através das mídias sociais dos integrantes e divulgado nas redes sociais (Instagram e Facebook), por um período de 30 dias, obtendo-se 184 respostas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Criação das contas nas redes sociais e disseminação de informações

Em relação às redes sociais que foram criadas, têm-se que o Instagram obteve 162 seguidores e a página do Facebook 115 seguidores. Importante ressaltar, que a maioria dos seguidores dessas redes sociais eram os próprios estudantes do IFRN/Pau dos Ferros e demais membros que despertaram interesse pelos conhecimentos sobre leite de cabra e derivados. Assim, nesta pesquisa, o Instagram foi a rede social onde obteve-se um maior engajamento do público participante, principalmente por ser um público mais jovem (estudante) que está mais conectado no Instagram do que em outras redes sociais.

Com o propósito de se traçar um perfil com as principais características que os seguidores da página do Instagram atribuem a definição de "leite de cabra", uma nuvem de palavras (Figura 2) foi elaborada. Importante salientar que os termos em destaque, foram os mais ditos pelos participantes.



Figura 2. Nuvem de palavras: "Quais características você atribui ao leite de cabra"?
Fonte: Autoria própria, (2021).

Assim, os termos "nutritivo" e "saudável", destacou-se entre os demais, ou seja, ao falar em leite de cabra, a maioria dos respondentes trazem a memória a ideia de um alimento nutritivo e saudável, o que de fato está de acordo com as características do leite de cabra. Além deste cenário, o leite de cabra também é muito utilizado para alimentação de crianças e adultos que são alérgicas ao leite de vaca, além de ser um produto caracterizado por possuir alta digestibilidade e potencial alergênico menor do que o leite de vaca. Fato este, justificado pelas diferenças existentes entre a estrutura dos aminoácidos das proteínas do leite das duas espécies animais (10,11).

Em relação a disseminação de informações sobre o leite de cabra e derivados nas redes sociais, os conteúdos que foram divulgados na página do Instagram (projeto_leitedecabra), e Facebook (Projeto_Leite de Cabra) na qual baseou-se aos seguintes temas: "Benefícios da ingestão do leite de cabra e derivados"; "A caprinocultura no contexto brasileiro"; "Legislação do leite de cabra"; "Composição físico-química e as características sensoriais do leite de cabra"; "Percepção dos consumidores de leite de cabra e derivados"; "Tendências de utilização do leite de cabra e derivados" e "Principais produtos elaborados à base de leite de cabra", totalizando assim um quantitativo de 15 pôsteres. Conforme o planejamento apresentado na Figura 2, artigos científicos sobre as temáticas descritas também foram indicados para leitura ao término de cada semana.

Durante o período de divulgação de informações, constatou-se uma boa interação dos seguidores com os conteúdos postados, totalizando um quantitativo de 390 curtidas e

72 comentários. Desta forma, os seguidores também interagiam com os conteúdos divulgados nos stories do Instagram, de forma a participarem das enquetes que eram postadas e alguns também respondiam os stories parabenizando pelos conteúdos.

Análise do perfil dos divulgadores de informações sobre o leite de cabra e derivados no aplicativo Instagram

Em relação a análise do perfil dos divulgadores (22 perfis), observa-se nas Figuras 5A e 5B o perfil deles, ou seja, a que classe pertencem e a quantidade de publicações sobre leite de cabra que estavam disponíveis no feed no momento da recrutação. Desta forma, pode-se perceber que dos perfis recrutados, a grande maioria (68%) dos mesmos referem-se a empreendedores (as) de leite de cabra e derivados e 23% são de perfis pertencentes a empreendedores de raças caprinas. Tais dados remetem a ideia de que o Instagram é uma rede social que está sendo bastante utilizada como uma estratégia de marketing, ou seja, fazer uso de uma rede social para promover a venda de leite de cabra e de produtos derivados além da venda de animais.

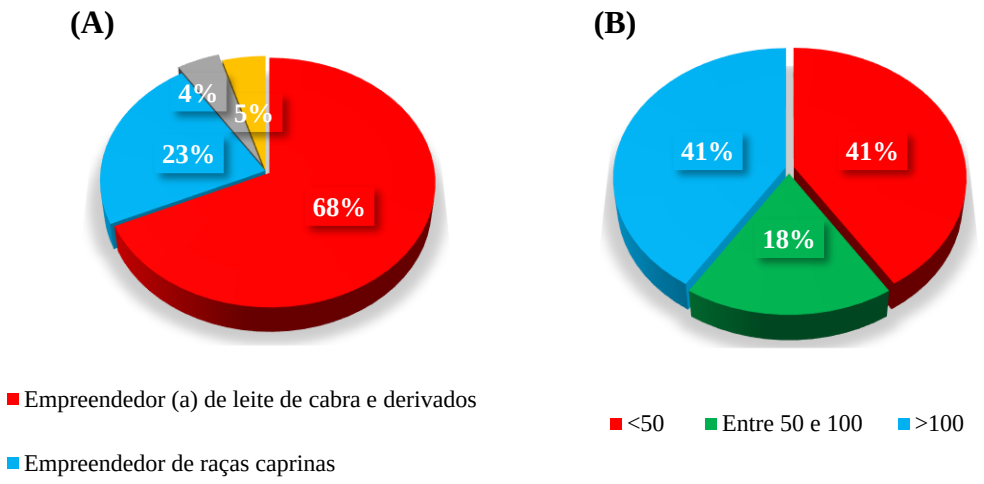


Figura 3. (A) Perfil dos divulgadores de informações que foram recrutados para análise no Instagram e (B) Quantidade de publicações no feed. **Fonte:** Autores, (2021).

Além de identificar a que classe pertencem os divulgadores de informações sobre o leite de cabra no Instagram, observa-se na Figura 3B, a quantidade de publicações sobre leite de cabra e derivados que estavam disponíveis no feed desses perfis analisados. Assim, observa-se uma semelhança de informações, onde 41% dos perfis possuíam menos de 50 publicações relacionadas a temática e outros 41% possuíam mais de 100 publicações.

Em relação ao conteúdo dessas publicações pode-se perceber que, dos 22 perfis recrutados para análise no Instagram, 16 deles (72%) divulgavam informações sobre a venda de produtos lácteos caprinos, corroborando assim com os dados obtidos na Figura 3A, onde ressalta que a maioria dos perfis analisados eram de empreendedores de leite de cabra e derivados.

Tratando-se de produtos lácteos caprinos, torna-se importante ressaltar que no Brasil, especificamente na região Nordeste, as ações que são realizadas para utilização do leite de cabra não são suficientes para absorver todo o volume de leite produzido. Em 2017 o Brasil produziu 25 milhões de litros de leite cabra (12), porém existe uma certa

dificuldade de inserção de produtos caprinos em novos mercados, por várias razões, dentre elas, a falta de consumo habitual deste tipo de leite, ou até mesmo a falta de incentivo e/ou conhecimento tecnológico dos produtores de leite de cabra, uma vez que, o maior volume de leite de cabra produzido no estado da Paraíba, por exemplo, é beneficiado apenas na forma de leite pasteurizado. Segundo Dias et al., (7), 80 a 90% do leite caprino nos países europeus são empregados na fabricação de derivados, em contrapartida, no Brasil, apenas 10% do leite é empregado em derivados e 90% é consumido in natura.

Já outros cinco dos perfis recrutados utilizavam o Instagram para promover a divulgação de informações referentes a raças caprinas e ovinas (Figura 4), onde no Brasil, a caprinocultura leiteira é uma atividade que se encontra em constante desenvolvimento e ampliação como um meio de crescimento econômico e subsistência para o setor brasileiro, por gerar renda direta e fonte de alimentação para os pequenos produtores. Porém, a produção do leite caprino, mais especificamente no sertão nordestino, é caracterizada por ser uma atividade tradicional predominante na região, no entanto, seu consumo ainda é baixo (13,14). Outros perfis divulgavam informações referentes a atividades de grupo de pesquisa em caprinocultura.

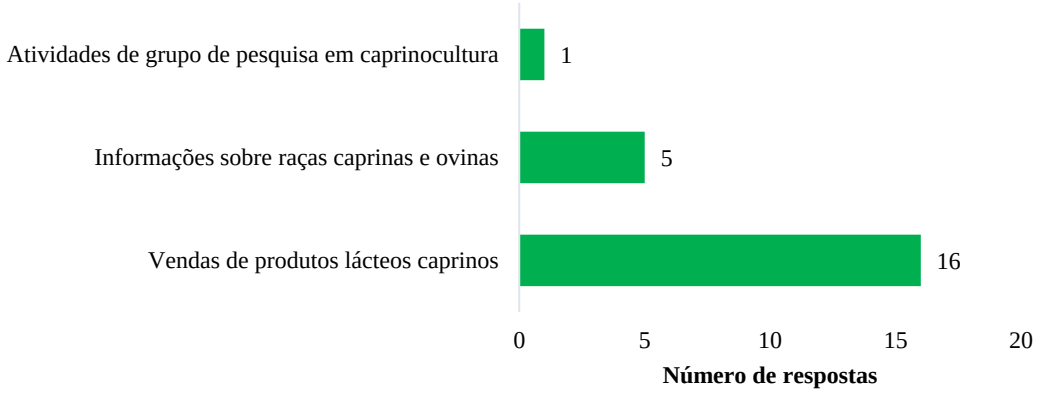


Figura 4. Demonstrativo dos conteúdos divulgados nos perfis de divulgadores de informações sobre o leite de cabra e derivados no Instagram.

Fonte: Autores, (2021).

Em contrapartida, dos 22 perfis analisados, não foi identificado nenhum que promovia informações relacionadas somente aos benefícios de ingestão do leite de cabra e do potencial de utilização deste leite em produtos derivados, remetendo a importância de estudos desta natureza, uma vez que, mesmo que o leite caprino ainda seja um produto não muito aceito, é indiscutível seus benefícios e também o fato de seus produtos serem bastante úteis, servindo como alimentos funcionais e nutritivos, já que vários produtos já foram desenvolvidos com o leite de cabra como matéria-prima principal, a exemplo de doces cremosos (15); iogurtes (16); queijos (14) e sorvetes (17), por exemplo.

Com base no número de seguidores dos perfis recrutados, realizou-se também a audiência dos mesmos, como pode-se observar na Figura 5. Assim, a maioria dos perfis apresentou “audiência baixa”, por possuírem >10≤100 seguidores. Tais dados, ao contrário do esperado, reafirmam a ideia de que ainda existe um pequeno interesse das pessoas pelos conhecimentos/consumo do leite de cabra e seus derivados, uma vez que, em estudo realizado por Dias et al., (7), 85% dos entrevistados não consomem leite de cabra e derivados por não gostar desse tipo de produto e 15% não consomem por questões de saúde. Houve também os que nunca experimentaram dos produtos lácteos caprinos por falta de oportunidade, sendo 54,43% dos entrevistados, 24,04% por não conseguirem

encontrar esses produtos no mercado e 21,53% não consumiriam por causa do preço do produto.

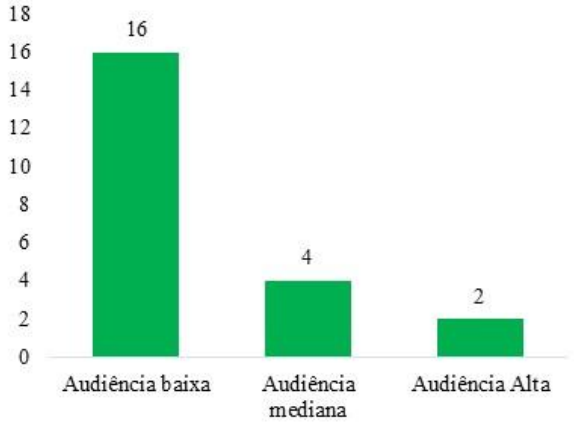


Figura 5. Audiência dos perfis recrutados no Instagram com base no número de seguidores.

Fonte: Autores, (2021).

Perfil dos consumidores de leite de cabra e derivados

Em relação aos dados socioeconômicos dos entrevistados, constata-se que 65,2% eram do sexo feminino, 56,5% possuíam idade de 20 a 30 anos e 43,5% possuíam o ensino superior ou estavam cursando. A maioria dos respondentes era da região Nordeste (82,6%), faziam parte da zona urbana (76,6%) e moravam com 4 a 5 pessoas na mesma residência (34,8%). Quando questionados acerca da ocupação atual, a maioria dos respondentes declarou ser estudantes (67,9%). Por fim, a maioria dos entrevistados possuía renda familiar entre 1 e 3 salários-mínimos (65,2%).

Vieira et al., (18) confere em seu estudo que o público do sexo feminino possui uma maior aceitação em relação a questionários on-line, quando em comparação ao sexo masculino, sendo assim mais favoráveis a este tipo de recurso. Enquanto no estudo realizado por Dias et al., (7), que busca reconhecer a percepção dos consumidores de derivados caprinos na cidade de Uberlândia, é possível contrastar que a maioria dos entrevistados quando questionados sobre a ocupação atual, afirmaram possuir contato com atividades rurais (51%), o que influencia, muitas vezes, uma maior exposição a produtos de origem caprina.

Os participantes da presente pesquisa eram consumidores de leite (91%) (Figura 6A) e possuem preferência pelo leite de vaca (88%) (Figura 6B). Tais resultados fazem menção a popularidade do leite no Brasil, tendo em vista que o país é o terceiro maior produtor de leite bovino do mundo, segundo dados de Resende et al (19).

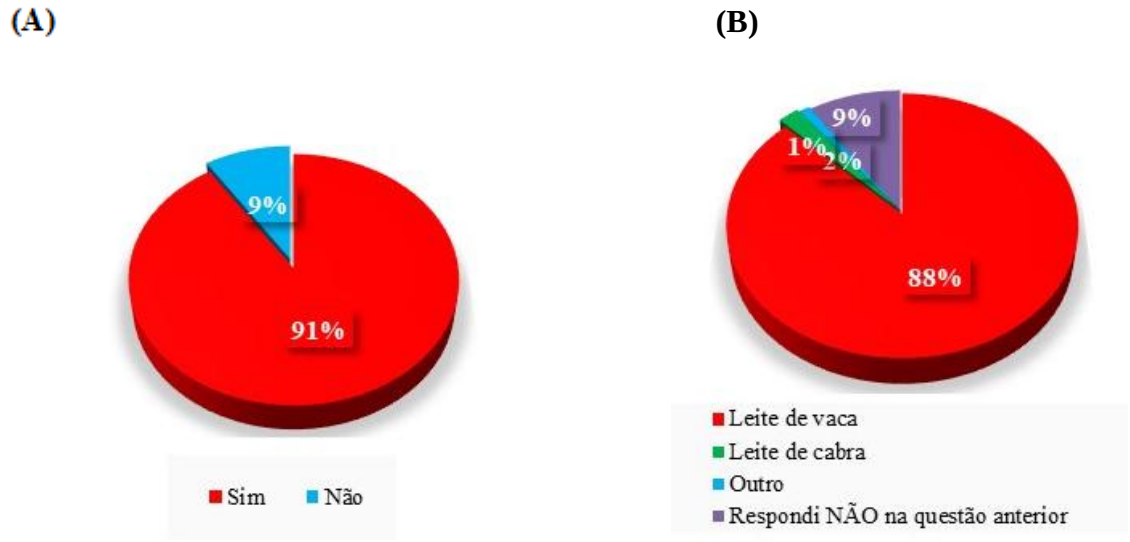


Figura 6. (A) Consumo de leite e (B) Preferência pelo tipo de leite.

Fonte: Autores, (2021).

Quando questionados se consumiam leite de cabra, 84% dos entrevistados (Figura 7) responderam que não consumiam, e 16% responderam que consumiam. Ademais, é perceptível que grande parcela dos entrevistados não consomem o leite caprino, portanto é importante que estratégias sejam aplicadas para o aumento desse consumo, como a divulgação em relação aos seus benefícios que atua chamando atenção do consumidor, para a possível ingestão. Além disso, também pode ser realizada a implementação de derivados para a venda, visto que quando questionados se consumiriam produtos lácteos caprinos, 88,6% dos entrevistados responderam que sim.

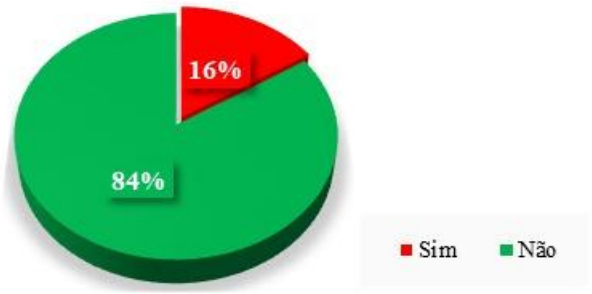


Figura 7. Consumo de leite de cabra por parte dos entrevistados.

Fonte: Autores, (2021).

Os entrevistados da presente pesquisa também foram questionados sobre os motivos que os levam a consumir ou a não consumir o leite de cabra, onde pode-se observar os resultados apresentados na Figura 8A e 8B. Assim, constata-se que para os que afirmaram consumir o leite, os principais fatores que os influenciam são os benefícios oferecidos à saúde e por gostar do leite.

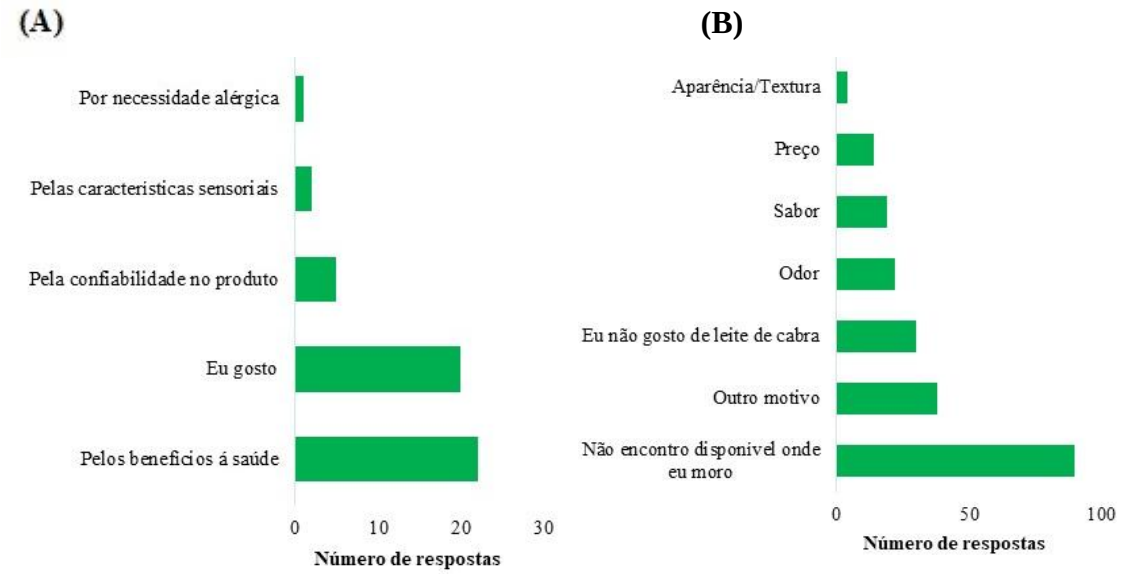


Figura 8. (A) Motivos de consumo de leite de cabra e (B) Motivos do não consumo.
Fonte: Autores, (2021)

Já a maioria dos participantes que afirmaram não consumir o leite de cabra, as principais motivações foram por não ter acesso ao produto na cidade onde reside, por não gostar, devido ao preço e por causa do sabor e odor. Magalhães et al. (20) avaliaram o perfil do consumidor de leite de cabra na cidade de Viçosa-MG e constataram que a maioria dos consumidores não consomem leite de cabra porque não gostam do produto e é necessário conscientizar a população viçosense quanto aos seus benefícios, corroborando assim com os dados obtidos na presente pesquisa.

Além disso, em uma pesquisa realizada por Lima et al. (21) intitulada "Estudo Exploratório do Mercado das Potencialidades do Consumo do Leite de Cabra e seus Derivados entre Paulistanos" foi feito um questionário em que o público expôs suas opiniões em relação aos fatores que poderiam levar ao consumo do leite caprino e seus derivados. Nele foi verificado que se houvesse mais informações sobre o produto (36,17%), um preço mais acessível (28,37%) e aumento da oferta (14,18%), dentre outros, levariam o público ao consumo. Assim, é perceptível que no questionário proposto as respostas persistem, e a solução para elas é focar na divulgação sobre os benefícios do produto e acessibilidade para a obtenção do leite caprino para os consumidores.

Quando questionados em uma escala de 1 (pouco conhecimento) a 5 (muito conhecimento), sobre os eventuais benefícios do leite de cabra, 27,2% dos entrevistados optaram pela escala 1, ressaltando que possuem poucos conhecimentos sobre os benefícios do leite de cabra e 26,1% optaram pela escala 3, que representa níveis intermediários de conhecimentos. As demais respostas foram atribuídas às escalas 2, 4 e 5. Desta forma, pode-se perceber com tais resultados que a maioria dos entrevistados têm pouco conhecimento sobre as propriedades benéficas do leite de cabra. Todavia, mesmo os respondentes sendo em maioria da região Nordeste (82,6%), e a caprinocultura ser uma atividade tão presente nessa região, contando com um mercado caracterizado pelo comércio informal de produtos e produção do leite vendido para o governo com destino para o programa de merenda escola, detendo também cerca de 74,9% de sua produção

(12), é curioso que fatores como os benefícios, sejam desconhecidos por essas pessoas, visto que elas têm um maior contato com o produto.

Quando questionados sobre qual tipo de leite os consumidores consideram mais saudável, a maioria deles optou por considerar o leite de cabra como o mais saudável (54%) e 31 % responderam que tanto o leite de vaca como o leite de cabra possuem o mesmo nível de saudabilidade (Figura 9).

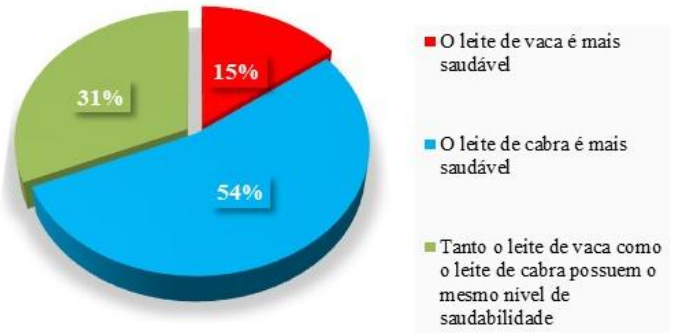


Figura 9. Saudabilidade entre o leite de vaca e o leite de cabra.
Fonte: Autores, (2021).

Todavia, quando questionados qual a preferência em relação ao consumo de leite, 87,5% responderam que preferem o leite de vaca, ou seja, mesmo sabendo que o leite caprino é mais benéfico em relação ao leite de vaca, o consumo ainda se encontra pequeno, apenas 2,2% responderam consumir o leite caprino. Haja vista, diversos fatores podem contribuir para o não consumo do leite caprino, mesmo que a saudabilidade seja reconhecida, um dos mais recorrentes é o odor, fruto de um manejo impróprio, responsável pelo preconceito e recusa pela população ao longo dos anos (6).

83,2% dos entrevistados afirmaram considerar muito importante a divulgação do leite de cabra e derivados, além de que 98,9% acham interessante a proposta de divulgação do leite de cabra e derivados nas redes sociais como Instagram e Facebook. As redes sociais, como aponta Silva (22), são canais de grande acessibilidade ao público que quando utilizados de forma correta auxiliam na disseminação das informações de forma mais dinâmica, garantindo uma maior visibilidade, pois possibilita que o conhecimento científico se expanda por diferentes esferas.

Além disso, 98,9% dos respondentes acreditam que se houvesse uma maior divulgação e incentivo de benefícios de consumo do leite de cabra e derivados, o consumo destes poderia aumentar. Corroborando com tais dados, no estudo realizado por Martins et al. (23) na cidade de Sobral, Estado do Ceará, foi questionado sobre as estratégias que poderiam aumentar o consumo de leite de cabra e seus derivados, e como resultado principal com 46,1% a divulgação do produto aparece mais uma vez como primordial para um possível aumento no consumo, ressaltando novamente a importância da disseminação de informações sobre o leite de cabra.

Quando questionados se consomem ou consumiriam produtos lácteos caprinos, 88,6% dos entrevistados responderam que sim, sendo os queijos (75%) e os doces de leite (56,5%) os produtos que os entrevistados gostariam de consumir. O fato de o queijo estar presente entre as preferências dos entrevistados, já é de se esperar, visto que os queijos caprinos são aqueles de maior interesse comercial. Segundo Katiki et al. (24), o queijo é o produto de maior interesse tecnológico e econômico produzido com leite de cabra,

sobretudo na Europa onde 80% do leite da França é transformado em queijo, 57% na Espanha e 63% na Itália.

Vale destacar que quando questionados sobre os produtos que certamente consumiriam, o queijo e o doce de leite à base de leite caprino lideraram o índice de aceitação com 39,7% e 36,4%, respectivamente. Tais dados são importantes e reforçam a ideia de que a inserção do leite de cabra como matéria-prima principal de produtos lácteos poderia ter uma boa aceitação e perspectiva de mercado, corroborando assim com os dados obtidos na presente pesquisa, onde os queijos e o doce de leite ganham destaque na preferência de consumo de derivados lácteos caprinos por parte dos entrevistados.

Em relação a pagar um preço mais elevado para consumir produtos lácteos caprinos, 62% dos participantes responderam que talvez estariam dispostos, 25,5% que estariam dispostos e 12,5% responderam que não estariam dispostos a consumir os derivados. Ademais, quando questionados sobre a renda, 65,2% possuem renda familiar entre 1 e 3 salários-mínimos, demonstrando assim que os respondentes que talvez estejam dispostos a consumir os derivados caprinos possuem uma renda favorável para a compra. Em relação às respostas obtidas, é possível observar que houve um interesse em relação ao consumo de produtos lácteos caprinos.

Como esperado, a maioria dos entrevistados (88%) responderam que não encontram com facilidade produtos lácteos caprinos no local em que residem, reforçando a ideia de que se tais produtos fossem mais comercializados, com certeza o consumo aumentaria. Nesta perspectiva, 60,9% dos entrevistados consideram muito importante os supermercados realizarem a venda de leite de cabra e derivados.

CONCLUSÕES

A pesquisa demonstrou também uma maior disposição em relação ao consumo dos derivados do leite caprino, sendo o queijo e o doce de leite os derivados com maior aceitação. É possível perceber que o leite caprino in natura, ainda é pouco consumido e aceito pelas pessoas. Em contrapartida, os entrevistados consideram o leite de cabra mais saudável que o leite de vaca, porém ainda assim não o julgam como possibilidade para o consumo. Em relação ao consumo, os participantes afirmaram não consumir o leite de cabra, principalmente por não encontrar disponível na cidade onde reside e por não gostar.

Por fim, a disseminação de informações, assim como maiores disponibilidades de produtos derivados do leite caprino poderão introduzir as pessoas ao consumo desses produtos e possivelmente do leite in natura, o qual é tão benéfico à saúde humana, sendo as redes sociais, principalmente o Instagram, grandes aliadas para a pesquisa científica, especialmente ao tratar do leite de cabra e seus derivados.

REFERÊNCIAS

1. Sousa LMM, Azevedo LE. O uso de mídias sociais nas empresas: adequação para cultura, identidade e públicos. IX Congresso de Ciências da Comunicação na Região Norte- Rio Branco. Anais. 2010; 1-14.

2. Evans C. Twitter for teaching: Can social media be used to enhance the process of learning?. Brit J Educat Technol. 2014; 45: 902-915.

3. Lima SLL, Gomes ARV, Ferreira RM, Walter SA. As mídias sociais são um problema? A percepção dos discentes sobre as estratégias de ensino em contabilidade. Perspect Contempor. 2019;14: 87-106.

4. Mendes CG, Silva JBA, Abrantes, MR. Caracterização organoléptica, físico-química, e microbiológica do leite de cabra: uma revisão. Acta Veteri Brasíl. 2009; 3: 5-12.

5. Garcia RV, Travassos AER. Aspectos gerais sobre o leite de cabra; Uma revisão. Rev Instit Latic Când Tost. 2012; 67: 81-86, 2012.

6. Correia RTP, Borges KC. Posicionamento do consumidor frente ao consumo de leite de cabra e seus derivados na cidade de Natal-RN. Rev do Inst de Latic Cân Tost. 2009; 64:36-43.

7. Dias AG, Varanis, LFM, Alves LKS, Raineri C. Percepção de consumidores sobre produtos de origem caprina na cidade de Uberlândia, Minas Gerais. Brazilian J Animal Environm Rese. 2018; 99-114.

8. Silva, LMC, Peixôto, Vedvt, Padela, NF, Martelleto GKS, Dallanora S, Hagen MEK, Macedo IC. Emprego do Facebook e Instagram na divulgação de informações sobre a temática da obesidade e comportamento alimentar: Uma exposição dos resultados. Brazil J Developm. 2021; 7: 24890-24906.

9. Pereira JPC, Sureira TM, Gomes JRC, Silva TPP, Costa RG. Perfil de publicação sobre nutrição esportiva no aplicativo Instagram. Rev Ciên Plur. 2017; 3:3-11.

10. Clark S, Sherbon JW. Alphas1-casein, milk composition and coagulation properties of goat milk. Small Rumin Resea. 2000; 3:123-34.

11. Haenlein GFW. Goat milk in human nutrition. Small Rumin Resear.2004; 51:155-63.

12. IBGE. Censo Agropecuário 2006 e 2017 [acesso em 22 dez 2021]. Disponível em: https://sidra.ibge.gov.br/home/pms/brasil

13. Vacca, GM, Stocco G, Dettori ML, Pira E, Bittante G, Pazzola M. Milk yield, quality, and coagulation properties of 6 breeds of goats: Environmental and individual variability. J Dai Scie. 2018; 101:1-12.

14. Alves RN, Lima TLS, Cavalcanti MT, Gonçalves MC. Queijo Coalho caprino condimentado com marmeleiro: estudo da vida de prateleira, perfil de mercado e aceitação sensorial. Rese Society Develop. 2020; 9: 1-17.
15. Silva CA, Gomes JP, Silva FLH, Melo ESRL, Caldas MCS. Utilização de soro de leite na elaboração de pães: estudo da qualidade sensorial. Revi Brasil Prod Agroindus. 2011; 13: 355- 362.

16. Bruzantin FP, Daniel JLP, Silva PPM, Spoto MHF. Physicochemical and sensory characteristics of fat-free goat milk yogurt with added stabilizers and skim milk powder fortification. J Dai Scien. 2016; 99: 3316-3324.

17. Oliveira APD, OliveirA Almeida TJ, Santos TMB, Dias FS. Symbiotic goat milk ice cream with umbu fortified with autochthonous goat cheese lactic acid bacteria. LWT- Food Scien Technol. 2021; 141:1-9.

18. Vieira HC, Castro AE, Schuch Júnior VF. O uso de questionários via e-mail em pesquisas acadêmicas sob a óptica dos respondentes. In: XIII Seminários de Administração. Anais. 2010; 1-13.

19. Resende JC, Leite JLB, Stock LA, Nardy VPDR. Anuário Leite 2019. Embrapa. Brasília. 2019; 47- 48.

20. Magalhães JC, Oliveira MAD, Martins JM, Sá Silva CA. Perfil do Consumidor do Leite de Cabra na Cidade de Viçosa-MG. Higie Alim. 2016; 30: 262-263.

21. Lima FT, Sturn RM, Tavolaro P, Ribeiro ARB, Sousa VAF. Estudo exploratório do mercado das potencialidades de consumo do leite de cabra e seus derivados entre paulistanos. Inform Econôm. 2015; 45: 11-13.

22. Silva CMXA. Comunicação Científica e as Mídias Sociais. [Graduação]. Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro; 2018.

23. Martins EC, Wander AE, Chapaval L, Bomfim MAD. O mercado e as potencialidades do leite de cabra na cidade de Sobral: a visão do consumidor. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SISTEMAS DE PRODUÇÃO. Agricultura familiar, políticas públicas e inclusão social: anais. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2007; 7.

24. Katiki L, Bonassi I, Roça R. Aspectos físico químicos e microbianos do queijo maturado por mofo obtido da coagulação mista com leite de cabra congelado e coalhada congelada. Ciênc Tecnol Alimen. 2006; 26: 740-743.

Capítulo 02

DOI: 10.53934/agronfy-2025-05-02

INFLUÊNCIA DA APLICAÇÃO DE REVESTIMENTOS POLIMÉRICOS A BASE DE AMIDO DE MILHO COM ADIÇÃO DO ÓLEO ESSENCIAL DE LIMÃO NA QUALIDADE PÓS-COLHEITA DE TOMATE CEREJA

Josilene Lima Serra; Stephanny Letícia Costa Carneiro; Jasamim Lemos Fonseca; Rafael Alves Gomes; Gleice Karoline dos Santos Alves; Filipe Lima Silva; Mayara Kimberly Morais de Araujo

Josilene Lima Serra – Email: josilene.serra@ifma.edu.br

Resumo: O uso de revestimento poliméricos contendo óleo essencial (OE) como substâncias bioativas é uma estratégia para o aumento da vida de prateleira de frutos, como o tomate. Este estudo utilizar o óleo essencial da casca do limão e o amido de milho na produção e aplicação como revestimento de tomates cereja. O óleo essencial foi extraído das cascas de limão taiti por hidrodestilação. O revestimento foi preparado dissolvendo o amido de milho em água, adicionando ácido acético e glicerol como plastificante, e incorporando 0,5% de óleo essencial de limão (OEL). O revestimento foi aplicado por aspersão nos tomates cereja selecionados e sanitizados. Em seguida, os tomates foram armazenados à temperatura ambiente e analisados em diferentes intervalos: 0, 2, 7, 10, 14 e 16 dias. As análises realizadas incluíram pH, acidez titulável, sólidos solúveis (ºBrix) e avaliação microbiológica. O pH do tomate cereja revestido com o filme adicionado do OEL aumentou durante o período de armazenamento de 5 para 5,8. A acidez titulável aumentou até o 7° dia de armazenamento e depois reduziu, variando de 3,0 a 2,7% ácido cítrico. O conteúdo de sólidos solúveis também reduziu, variando de 6,4 para 3,1 °Brix. Em relação a qualidade microbiológica, nas primeiras 48 horas houve inibição de coliformes totais, bactérias aeróbias mesófilas e fungos. O uso do óleo essencial de limão mostrou-se eficiente no controle microbiano e no aumento do tempo de prateleira dos tomates cereja e consequentemente, reduzir os impactos ambientais, por ser um polímero de fonte renovável.

Palavras-chave: Composto bioativo; Frutas cítricas; Revestimento; Frutos.

INTRODUÇÃO

O desperdício de frutas e hortaliças ainda é uma realidade que afeta a produção agrícola global. Segundo a Organização das Nações Unidas para a Agricultura e Alimentação (FAO) 17% do que é produzido é perdido entre a colheita e as prateleiras dos supermercados e armazéns (1).

O tomate (*Lycopersicon esculentum*), em particular, é um fruto muito produzido, que possui um alto valor econômico no mercado e muito utilizado na culinária brasileira, contudo, o curto tempo de vida de prateleira e a fragilidade desse fruto são fatores limitantes que geram perdas pós-colheita. De fato, Lana et al. (2) verificaram que o manuseio pós-colheita inadequado desse fruto, bem como, o uso de embalagens mal dimensionadas, geram cerca de 67,8% de danos a esse produto.

Outro fator limitante é alta atividade de água de frutas, que aumentam a perecibilidade desse produto e reduz a sua vida de prateleira, devido a contaminação por microrganismos deteriorantes. Frutas e hortaliças, são importantes veículos de transmissão de doenças infecciosas, se mal higienizados. Espécies de microrganismos contaminantes em frutas e hortaliças já foram identificados, entre eles destacam-se a *Escherichia coli* O 157:H7, Salmonella, Enterobacter, Pseudomonas, Byssochlamys, *Aspergillus flavus* entre outros (3).

O uso de biofilmes contendo óleos essenciais com atividade antimicrobiana é uma estratégia para o aumento da vida de prateleira de frutos, como o tomate. Rita et al. (4) demonstraram que houve um aumento da vida de prateleira de tomates com aplicação de biofilmes desenvolvidos com óleos essenciais de sálvia e manjerona, constatando uma eficiência na inibição do crescimento de bactérias mesófilas.

Com base no exposto, verifica-se que é importante desenvolver estudos que promovam melhorias na conservação pós-colheita de frutos, como o tomate, bem como, a aplicação de produtos sustentáveis e de baixo de custo. Com o desenvolvimento deste estudo pretende-se estudar a aplicação do óleo essencial extraído da casca do limão, um resíduo gerado pela indústria de alimentos para desenvolvimento de biofilmes biodegradáveis, produzidos de um polissacarídeo, como amido, e gelatina, e posterior aplicação como revestimento de tomate.

MATERIAL E MÉTODOS

Extração do óleo essencial da casca do limão

O óleo essencial foi extraído das cascas frescas do limão pelo método de hidrodestilação utilizando o extrator de Clevenger, conforme metodologia recomendada por Santos (5).

Produção dos filmes poliméricos com óleo essencial

Os filmes foram produzidos com adaptações do método descrito por Masruri et al. (6), utilizando uma solução aquosa (100 mL de água destilada), amido (5% p/v), glicerol (1,5% p/v) como plastificante, ácido cítrico (0,7% p/v) e o óleo essencial de limão com 1 e 2%. Os filmes foram avaliados quanto a aspectos visuais, espessura ($^{\delta}$), umidade (%), solubilidade em água, opacidade e cor com base no método descrito por Fakhoury et al. (7).

Atividade antifúngica do óleo essencial da casca do limão e dos filmes

A atividade antifúngica foi avaliada pelo método de difusão de discos conforme preconizado por *Clinical and Laboratory Standards Institute* (8). Foram utilizados os fungos *Aspergillus niger*. A suspensão fúngica foi preparada em solução salina. Essa solução foi inoculada em placas com Ágar Batata Dextrose e o óleo essencial foi adicionado nos discos de papel filtro estéril e posteriormente adicionado nas placas. As placas foram incubadas em estufa a 30°C por 24 horas e halos de inibição transparentes foram medidos com auxílio de uma régua milimetrada.

Aplicação dos filmes como revestimento em tomate

A solução filmogênica foi aplicada como revestimento em tomate cereja maduro (coloração vermelha), conforme metodologia adaptada de Almeida (9), utilizando 4% de

amido de milho, 2% de glicerol e 2% de óleo essencial de limão na forma de nanoemulsão. Para aplicação dos biofilmes como revestimento, inicialmente foi utilizado frutos de tomate maduros, devidamente higienizados e sanitizados.

A avaliação da eficiência dos filmes foi realizada através de 2 tratamentos, contendo 50 frutos em cada tratamento: i) tomates *in natura* sanitizado em solução de hipoclorito de sódio a 300 ppm (Tomate IN) e ii) tomates revestidos com filmes de amido de milho e óleo essencial de limão (Filmes AM +OEL).

Os tomates foram submetidos as análises de perda de peso por gravimetria, pH, acidez titulável (%), sólidos solúveis (°Brix) e relação sólidos solúveis e acidez total seguindo os métodos do Instituto Adolfo Lutz (10), nos tempos 0, 3, 7, 9 e 14 dias de armazenamento a temperatura ambiente. Todas as análises foram realizadas em triplicata e foi realizado o registro fotográfico.

A determinação de coliformes totais e *Escherichia coli* foi realizada utilizando um kit comercial seletivo (Dry Compact EC) e quantificação de fungos foi realizada através do kit comercial (Dry compact Yeast). As amostras foram diluídas em series decimais utilizando solução salina a 0,85%. Uma alíquota de 1 mL foi transferida para as placas contendo o meio seletivo e incubadas por 24 horas em estufa à 35°C por 24 horas.

A quantificação de bactérias aeróbias mesófilas foi realizada pelo método de inoculação por profundidade utilizando o meio Agar Plate Count (PCA) com incubação por 24 horas em estufa à 35°C, conforme preconizado pelo *American Public Health Association* (11). Após o período de incubação, foi realizado a contagem das colônias e os resultados expressos em UFC/g.

Análise estatística

Os dados obtidos das análises realizadas em triplicatas foram submetidos aos cálculos de média e desvio padrão utilizando o software excel (@Microsoft), e análise de variância (ANOVA), sendo posteriormente aplicado teste de Tukey ao nível de 5% de significância, na comparação das médias utilizando o programa estatístico Past 4.07b (12).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Atividade antifúngica do óleo essencial da casca de limão

O óleo essencial da casca do limão Taiti apresentou atividade fungicida frente ao fungo endofítico *Aspergillus niger* (Tabela 1). A determinação da concentração fungicida mínima foi realizada para identificarmos a melhor concentração para aplicação deste óleo na produção dos filmes, e os resultados indicaram que a menor concentração com atividade antifúngica foi de 2%.

Tabela 1 - Atividade antifúngica e concentração fungicida mínima do óleo essencial da casca do limão.

Óleo essencial de limão (%)	Concentração (mg/mL)	Halos de inibição (mm)	Atividade antifúngica
8	72	13	Fungiostática
4	36	1	Fungicida
2	18	1	CFM
1	9	INC	Resistente
0,5	4,5	INC	Resistente
0,25	2,25	INC	Resistente
0,0125	1,125	INC	Resistente

Legenda: CFM: Concentração Fungicida Mínima (Não houve crescimento do fungo ou houve a formação de menos de 3 UFC); Fungiostática (Formação de mais de 3 UFC); INC: Incontável; Resistente (Crescimento normal do fungo).

Segundo Altun e Yapici (13) a composição química do óleo essencial é um fator determinante para a atividade antimicrobiana dos óleos essenciais. Os óleos essenciais que contém aldeídos ou fenóis, como, citral, carvacrol, eugenol ou timol apresentam uma forte atividade antibacteriana, como o óleo essencial de orégano. Em contrapartida, monoterpenos são menos eficientes. O limoneno, gama-terpineno e o beta-pineno pertencem a classe dos monoterpenos, fato que pode justificar a baixa eficiência na inibição das bactérias neste estudo.

Com base nesses resultados foram produzidos filmes com 2% e 1% do óleo essencial da casca de limão Taiti, e constatou-se que os filmes apresentaram atividade fungiostática frente a *Aspergillus niger*, reduzindo o seu crescimento. O filme de contendo 2% do óleo essencial foi mais eficiente na inibição do crescimento do *Aspergillus niger*, e, portanto, essa concentração do óleo foi selecionada para aplicação nos filmes para revestimento dos tomates cereja.

Quanto aos aspectos visuais, táteis e cor verifica-se que o filme de amido de milho apresentou uma boa continuidade, uma excelente homogeneidade, transparência, flexibilidade e resistência (Tabela 2). Os resultados da diferença de cor dada por ΔE mostram que o filme de amido de milho se destaca para uma posterior embalagem de alimentos que requerem uma melhor visualização do alimento embalado.

Tabela 2 - Resultados dos parâmetros de aspectos visuais, táteis e cor dos filmes de amido.

Parâmetros	Filme de amido de milho
Continuidade	+++
Homogeneidade	++++
Transparência	+++
Flexibilidade	++++
Resistência	+++
Espessura (mm)	0,18 ± 0,08
ΔE	3,00

Aplicação dos filmes bioativos com amido de milho e óleo essencial de limão como revestimento em tomates cereja

O uso de revestimento com filme a base do amido de milho e óleo essencial da casca do limão Taiti reduziu os níveis de contaminação dos tomates revestidos com o filme AM+OEL por coliformes totais (até o 10° dia) e bactérias aeróbias mesófilas (até o 2° dia) conforme observado nos gráficos apresentados na tabela 3.

Tabela 3- Contagem de microrganismos nos tomates *in natura* (IN) e revestidos com filme bioativo de amido de milho e óleo essencial de limão (AM+OEL) durante 16 dias de armazenamento na temperatura ambiente.

Tempo (dias)	Coliformes totais (UFC/g)		Fungos (UFC/g)		BAM* (UFC/g)	
	Tomate IN	Filme AM+OEL	Tomate IN	Filme AM+OEL	Tomate IN	Filme AM+OEL
0	0	0	40	0	20	0
2	530	0	410	30	880	10
7	1300	0	1740	360	NA	NA

10	4720	0	2520	200	NA	NA
14	500	300	4000	100	17000	41000
16	640	6880	770	1310	4300	14000
p-value	0,950		0,081		0,461	

Nota: Valores com letras minúsculas iguais na linha não diferem pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$), em nível e 95% confiança.
Legenda: Tomate IN (Tomate in natura após sanitização, sem revestimento), Filme AM+OEL (Tomate revestido com filme de amido de milho e óleo essencial de limão); BAM: Bactérias aeróbias mesófilas; NA: Não analisado.

A contaminação por fungos reduziu nos tomates revestidos com os filmes AM+OEL em comparação aos tomates IN até o 14° dia de armazenamento na temperatura ambiente (média de 27,5°C). Além disso, é possível verificar que os tomates revestidos com os filmes bioativos não apresentaram visualmente crescimento de fungos filamentosos no final do período de armazenamento (16° dia).

A redução na contagem dos microrganismos nos tomates AM+OEL comprova a eficácia do óleo essencial da casca de limão no controle do crescimento microbiano e demonstra que esse óleo pode ser utilizado como um aditivo bioativo de baixo custo em filmes poliméricos.

A Tabela 4 apresenta os resultados das análises físico-químicas realizadas no tomate *in natura* e nos tomates revestidos com filme bioativo de amido de milho e óleo essencial da casca de limão Taiti. O pH manteve-se estável até o 14° dia de armazenamento nos tomates revestidos com o filme AM+OEL, sem apresentar diferenças significativas, variando de 5,0 a 5,8.

Tabela 4- Análises físico-químicas dos tomates *in natura* e revestidos com filme bioativo de amido e óleo essencial de limão.

Amostra	**Tempo (dias)**					
	0	**2**	**7**	**10**	**14**	**16**
			pH			
T IN	5,5±0,0^{a}	5,2±0,1^{a}	5,1±0,1^{a}	5,3±0,3^{a}	5,3±0,3^{a}	5,7±0,1^{a}
T+AM+OEL	5,0±0,0^{a}	5,0±0,0^{a}	4,9±0,1^{a}	5,4 ± 0,1^{a}	5,4±0,1^{a}	5,8±0,1^{b}
			Acidez (% ácido cítrico)			
T IN	1,8±0,1^{a}	3,1±0,1^{a}	2,4±0,3^{a}	2,3±0,8^{a}	2,1±0,3^{a}	2,2±0,7^{a}
T+AM+OEL	3,0±0,0^{a}	4,0±0,2^{b}	3,3±0,4^{a}	2,4 ± 0,0^{a}	2,0±0,2^{b}	2,8±0,1^{a}
			Sólidos solúveis totais (°Brix)			
T IN	5,2±0,14^{a}	6,5±0,14^{a}	4,95±0,07^{ab}	5,0±0,42^{ab}	5,75±0,35^{a}	4,50±0,57^{ab}
T+AM+OEL	6,5±0,5^{a}	5,8±0,1^{a}	3,7±0,0^{b}	4,7±0,1^{b}	4,4±0,6^{b}	3,2±0,5^{b}

Nota: Valores com letras minúsculas iguais na linha não diferem pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$), em nível e 95% confiança.
Legenda: Tomate IN (Tomate *in natura*, sem revestimento), Filme AM+OEL (Tomate revestido com filme de amido de milho e óleo essencial de limão).

A acidez inicial dos frutos indica que as frutas estavam em estágio de maturação. A partir do 2° dia de armazenamento a acidez aumentou, reduzindo após o 10° dia, apresentando diferenças significativas em relação ao tempo 0. Almeida (9) explica que o uso de revestimento na superfície de tomates pode reduzir o processo respiratório dos frutos, devido ao preenchimento parcial dos poros pelo filme e ocasionar um aumento da acidez.

Além disso, o aumento da acidez dos frutos pode ocorrer pelo processo de amadurecimento dos tomates que aumenta a formação de ácidos, pela perda de água que favorece o aumento da concentração dos ácidos.

Entre o 7° e o 16° dia de armazenamento houve uma redução dos sólidos solúveis nos tomates revestidos com o filme AM+OEL, apresentando diferenças significativas em relação ao tempo 0, variando de 6,5 a 3,2 °Brix.

Os tomates revestidos com os filmes AM+OEL apresentaram menor perda de peso durante 14 dias de armazenamento nas condições ambientes em relação aos tomates IN. A perda de massa de tomates é uma das causas de depreciação desse produto, ocorrendo perda de turgor celular e consequentemente murchamento dos tecidos, tornando o produto inadequado para a comercialização (9,14). Os tomates analisados nesse estudo mantiveram valores de perda de massa inferiores a 7%, durante 10 dias de armazenamento em condições ambientes, estando dentro dos padrões recomendados.

CONCLUSÕES

O uso do óleo essencial de limão como substância bioativa em filmes com amido de milho mostrou-se eficiente no controle microbiano e no aumento do tempo de prateleira dos tomates cereja e consequentemente, uma alternativa promissora para a indústria de alimentos na redução dos impactos ambientais, por ser um polímero de fonte renovável.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a CNPq, pela concessão da bolsa de iniciação científica, ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Maranhão Campus São Luís - pela estrutura dos laboratórios para a concretização dessa pesquisa.

REFERÊNCIAS

1. Nações Unidas. https://brasil.un.org/pt-br/201527-fao-combate-desperd%C3%ADcio-de-frutas-e-hortali%C3%A7as. 2022. p. 1–4 FAO combate desperdício de frutas e hortaliças.

2. LANA MM; M, MELO MF, NASCIMENTO EF, A. W.; SOUZA GS. Identificação das causas de perdas pós-colheita de tomate no varejo em Brasília-DF. 1st ed. Vol. 1. Brasília: Embrapa Hortaliças; 2006. 1–25 p.

3. ICMSF. INTERNATIONAL COMMISSION ON MICROBIOLOGICAL SPECIFICATION FOR FOODS. Microorganisms in foods New York: Kluwer Academic/Plenum Publishers. 2005;6(2):763.

4. Rita F, Salles LB, Barboza RA, De Oliveira MC, Prestes RA, Almeida DM. Atividade antimicrobiana de biofilme com óleos essenciais para conservação pós-colheita de tomate cv Rasteiro. Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial. 2011 Dec 6;5(1s).

5. Santos AS, De S, Alves M, José F, Figueirêdo C, Gomes O, et al. Descrição de sistema e de métodos de extração de óleos essenciais e determinação de umidade de biomassa em laboratório. 2004 Nov;1–6.

6. Masruri M, Azhar AZ, Rosyada I, Febrianto A. The effect of kaffir lime (Citrus hystrix DC) essential oil on bioplastic derived from cassava peel waste. In: Journal of Physics: Conference Series. Institute of Physics Publishing; 2019.

7. Fakhoury FM, Maria Martelli S, Canhadas Bertan L, Yamashita F, Innocentini Mei LH, Collares Queiroz FP. Edible films made from blends of manioc starch and gelatin - Influence of different types of plasticizer and different levels of macromolecules on their properties. LWT. 2012;49(1):149–54.

8. CLSI-Clinical and Laboratory Standrds Institute. M07-A10 Methods for Dilution Antimicrobial Susceptibility Tests for Bacteria That Grow Aerobically; Approved Standard-Tenth Edition [Internet]. 2015. Available from: www.clsi.org.

9. Almeida DM. Tomate revestido com filme de fécula de batata e óleos de sálvia e manjerona. Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável [Internet]. 2014 Oct;4(9):289–96. Available from: http://www.gvaa.com.br/revista/index.php/RVADS

10. Instituto Adolfo Lutz. Métodos físico-químicos para análise de alimentos [Internet]. 5th ed. Zenebon O, Pascuet NS, Tiglea P, editors. São Paulo; 2008. 1020 p. Available from: http://www.ial.sp.gov.br/.

11. APHA. Compendium of methods for the microbiological examination of foods (4rd edn). American Public Health Association, editor. Vol. 4, Trends in Food Science & Technology. American Public Health Association ; 2001. 199 p.

12. Hammer Ø, Harper DAT a. T, Ryan PD. PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. Palaeontologia Electronica [Internet]. 2001;4(1)(1):1–9. Available from: http://palaeo-electronica.org/2001_1/past/issue1_01.htm

13. ALTUN M, YAPICI BM. Determination of chemical compositions and antibacterial effects of selected essential oils against human pathogenic strains. An Acad Bras Cienc. 2022;94(1).

14. CHITARRA MIF, CHITARRA AB. Pós-colheita de frutas e hortaliças: fisiologia e manuseio. 2nd ed. Vol. 1. Lavras: UFLA; 2005. 1–785 p.

Capítulo 03

DOI: 10.53934/agronfy-2025-05-03

APLICAÇÃO DE REVESTIMENTO POLIMÉRICO COM FARINHA DE MESOCARPO DE COCO BABAÇU E ÓLEO DE LIMÃO TAITI NA CONSERVAÇÃO DE TOMATE CEREJA

Rafael Alves Gomes; Gleice Karoline dos Santos Alves; Josilene Lima Serra; Jasamim Lemos Fonseca; Jailson dos Santos Ferreira Bezerra; Sebastião Pereira Protázio

Rafael Alves Gomes – Email: rafaelalvesg@outlook.com

Resumo: O tomate (*Solanum lycopersicum*) é amplamente consumido devido ao seu alto valor nutricional e sabor, sendo rico em vitaminas B2, B1, B5, A e C, além de fibras, proteínas e minerais, com baixo teor calórico. No entanto, é um produto perecível com vida útil curta. Este estudo investigou o impacto de um revestimento polimérico em tomates cereja utilizando farinha de mesocarpo de coco babaçu e óleo essencial de limão Taiti para prolongar sua vida útil. O óleo essencial foi extraído por hidrodestilação das cascas de limão taiti, enquanto a farinha de mesocarpo foi usada para formar o revestimento. Após seleção e higienização, os tomates foram cobertos com uma mistura de amido do mesocarpo de coco babaçu, ácido cítrico, glicerol e 0,5% de óleo essencial de limão. Armazenados à temperatura ambiente, os tomates foram analisados ao longo do tempo (0, 2, 7, 10, 14 e 16 dias) quanto ao pH, acidez titulável, sólidos solúveis e microbiologia. A atividade antifúngica do óleo essencial foi testada contra o fungo *Aspergillus niger*. O rendimento do óleo essencial foi de 1,68% (p/v). Durante o armazenamento, o pH e os sólidos solúveis diminuíram, enquanto a acidez aumentou, indicando retardamento da senescência. A contaminação microbiana foi reduzida nas primeiras 48 horas. Embora o revestimento não tenha alterado significativamente os parâmetros, ele demonstrou potencial para aumentar a vida útil do tomate e controlar a microbiota.

Palavras–chave: atividade antimicrobiana; revestimento; embalagem

INTRODUÇÃO

O tomate cereja (*Solanum lycopersicum)* é a hortaliça mais popular no mundo e possui grande importância econômica. Além disso, é uma excelente fonte de nutrientes, sendo rico em vitaminas e minerais. É amplamente apreciado no mercado tanto por suas qualidades saborosas quanto pelo alto consumo, seja in natura ou em diversas preparações alimentícias. O tomate cereja é especialmente rico nas vitaminas B2 (riboflavina), B1 (tiamina), B5 (niacina), A (β-caroteno) e C, além de conter fibras, proteínas, carboidratos e minerais, apresentando baixo teor calórico (1, 2).

O mesocarpo do babaçu corresponde à parte carnosa do fruto e pode ser utilizado na produção de farinha, obtida por meio da moagem e desidratação dessa porção frutífera. A farinha do mesocarpo de babaçu é rica em componentes bioativos, proteínas, fibras dietéticas e lipídios, incluindo carotenoides e polifenóis. Estudos científicos vêm investigando os benefícios e potenciais aplicações dessa farinha, especialmente no

desenvolvimento de produtos alimentícios, na melhoria das propriedades funcionais e na promoção da saúde (3).

Os óleos essenciais são substâncias naturais compostas por compostos aromáticos voláteis, produzidos pelo metabolismo secundário das plantas. Eles desempenham funções como fornecer aroma e sabor específicos às plantas, atrair polinizadores, proteger contra insetos e cumprir diversas funções vitais para a sobrevivência vegetal. A combinação de óleos essenciais e diferentes fontes de amido para a produção de filmes têm sido amplamente estudadas como alternativa para a criação de embalagens biodegradáveis para alimentos. Entre os óleos essenciais, destaca-se o óleo essencial extraído da casca do limão, conhecido por sua segurança de alimentos reconhecida pela *Food and Drug Administration* (FDA) e por suas propriedades bioativas, como atividades antioxidante, antimicrobiana e terapêutica (4) (5) (6) (7).

A utilização de óleos essenciais, como o óleo de casca de limão, desponta como uma alternativa promissora devido à sua riqueza em compostos bioativos, incluindo terpenos, hidrocarbonetos e compostos fenólicos. Esses componentes não apenas conferem propriedades funcionais aos filmes poliméricos, mas também desempenham um papel crucial na inibição da atividade microbiana, o que é fundamental para a conservação de alimentos (8) (9) (10).

Estudo recente de Abdalla *et al.* (11) revelaram que nanoemulsões de óleo essencial de limão com quitosana e pectina foram empregadas como componentes bioativos na criação de revestimentos eco-sustentáveis, aplicados em morangos frescos. Os filmes desenvolvidos pelos pesquisadores demonstraram resultados positivos em termos de resistência, estabilidade e ajudaram a prolongar a vida útil dos frutos.

Diante desse contexto, objetivou-se, com o desenvolvimento deste trabalho avaliar a influência da aplicação de um revestimento polimérico em tomates-cereja produzidos com farinha de mesocarpo de coco babaçu e óleo essencial de limão taiti na preservação da sua vida útil pós-colheita.

MATERIAL E MÉTODOS

Extração do óleo essencial da casca do limão

O óleo essencial foi extraído das cascas frescas do limão taiti pelo método de hidrodestilação utilizando o extrator de Clevenger. Foram determinados o rendimento do óleo com base na biomassa do vegetal utilizado, com os resultados expressos em percentual, conforme Santos et al. (12).

Produção dos revestimentos com mesocarpo de coco babaçu

Os revestimentos foram produzidos conforme protocolo descrito por Chettri, Sharma e Mohite (13). Foram produzidos revestimentos com mesocarpo de coco babaçu e revestimento com mesocarpo de coco babaçu mais o óleo essencial da casca de limão taiti para aplicação nos tomates cerejas. Inicialmente, foi extraído o amido da farinha de mesocarpo de coco babaçu pelo método aquoso conforme as recomendações de Rodrigues et al. (14). Na sequência, o amido (5% p/v) foi diluído em água destilada e acrescido de ácido acético. O glicerol foi utilizado como um plastificante. O óleo essencial da casca do limão foi adicionado na concentração de 0,5% (v/v). E por fim, a mistura foi submetida a agitação a 60°C por 45 minutos até a obtenção da solução de revestimento.

Aplicação do revestimento em tomate cereja e determinação de análises físico-químicas e microbiológicas

Os tomates cereja foram adquiridos no comércio formal de São Luís e submetidos a seleção, higienização e sanitização. O revestimento foi aplicado na superfície dos tomates cereja pelo método de aspersão e armazenados a temperatura ambiente, sendo realizadas análises nos tempos 0, 2, 7, 10, 14 e 16 dias. Nos tomates foram realizadas as análises de pH, acidez titulável (%) do pH, sólidos solúveis (°Brix) e microbiológica dos tomates inaturos, tomates revestidos com mesocarpo de coco babaçu e tomates revestidos com mesocarpo de coco babaçu com o óleo essencial da casca de limão taiti, seguindo os métodos do Instituto Adolfo Lutz (15).

Atividade antifúngica do óleo essencial da casca do limão e dos fungos

A atividade antifúngica foi avaliada pelo método de difusão de discos conforme referenciado por Laborclin (16). nicialmente, alíquotas de 0,1 mL do inóculo de Aspergillus niger, cultivado em caldo *Yeast Peptone Dextrose* (YPG), foram inoculadas em placas contendo o meio de cultura Ágar Batata acidificado, utilizando um swab. Em seguida, foram adicionados a superfície do ágar, discos de papel filtro estéreis com 6 mm de diâmetro contendo 75 µL do óleo essencial de limão.

A solução de revestimento foi analisada pelo método de poços, onde foram feitos poços, com um material estéril na superfície do ágar e adicionados 75 µL da solução. Para controle positivo, foi utilizado um antifúngico comercial a base de Cetoconazol. As placas foram incubadas em câmara BOD a 25 ºC por 5 dias. Após isso, as placas que apresentarem halos de inibição transparentes foram medidas com auxílio de uma régua milimetrada.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Rendimento do óleo essencial da casca do limão

A tabela 1 mostra os resultados das extrações de óleo essencial (OE) da casca do limão taiti.

Tabela 1 - Resultados da extração do óleo essencial da casca do limão taiti.

Número de extração	Massa das cascas (g)	Volume de OE (mL)	Rendimento (%)
1	300	4,5	1,50
2	300	5,5	1,83
3	300	5,5	1,83
4	300	5,0	1,67
5	300	5,5	1,83
6	300	5,0	1,67
7	300	5,0	1,67
8	300	5,0	1,67
9	300	5,0	1,67
10	300	5,5	1,83
11	300	5,5	1,83
12	300	5,0	1,67

13	300	4,5	1,50
14	300	4,5	1,50
15	300	4,0	1,33
16	300	5,5	1,83
Total	4800	80,5	26,83
Média	300	5,03	1,68
Desvio Padrão do Rendimento		± 0,15	
Rendimento Final (%) (p/v)		1,68 ± 0,15	

Fonte: elaborada pelos autores (2025).

Foram realizadas 16 extrações de óleo essencial da casca do limão taiti, e o rendimento percentual médio do óleo essencial neste estudo foi de 1,68% (p/v) para cada 300 gramas de casca de limão. De acordo com Borges et al. (17), o rendimento do óleo essencial extraído das cascas de limão taiti foi de 1,43%, um valor inferior ao obtido neste estudo. Por outro lado, Ambriz-Pérez (18) encontrou um rendimento menor, de 0,46%.

No estudo de Simas et al. (19), o rendimento obtido foi de 1,06%, também inferior aos resultados encontrados neste estudo. As diferenças no rendimento dos óleos essenciais podem ser atribuídas, em grande parte, às variações na época de colheita, ao tipo de solo, às condições climáticas da região e à umidade relativa do ar (20).

Determinação de pH, acidez titulável e sólidos solúveis do tomate cereja

A tabela 2 demonstra os resultados das análises do pH, acidez titulável e sólidos solúveis do tomate cereja realizadas ao longo de 16 dias, avaliando o pH de tomates imaturos (IN), tomate revestidos com mesocarpo de coco babaçu (MCB) e tomates revestidos com mesocarpo de coco babaçu mais o óleo essencial da casca de limão taiti (MCB + OEL). A análise de variância indica diferenças significativas nas amostras de tomate MCB apenas no 16º dia de armazenamento, enquanto nos tomates MCB+OEL, apresentaram diferenças significativas a partir do 10º dia de armazenamento.

Tabela 2 - Resultados do pH, acidez titulável e sólidos solúveis do tomate cereja.

Parâmetro	Tempo (dias)	Tratamentos		
		IN	MCB	MCB + OEL
pH	0	5,5±0,0^{a}	5,2±0,0^{a}	5,1±0,0^{a}
	2	5,2±0,1^{a}	5,0±0,1^{a}	5,1±0,0^{a}
	7	5,1±0,1^{a}	5,0±0,1^{a}	4,9±0,1^{a}
	10	5,3±0,3^{a}	5,1±0,1^{a}	5,3 ± 0,1^{ab}
	14	5,3±0,3^{a}	5,1±0,1^{a}	5,3±0,1^{ab}
	16	5,7±0,1^{a}	5,7±0,0^{b}	5,7±0,1^{b}
Acidez titulável	0	1,8±0,1^{a}	1,8±0,1^{a}	1,7±0,0^{a}
	2	3,1±0,1^{a}	2,9±0,3^{a}	3,9±0,6^{a}
	7	2,4±0,3^{a}	2,4±0,2^{a}	2,7±1,0a
	10	2,3±0,8^{a}	2,7 ± 1,1^{a}	2,6 ± 0,7^{a}
	14	2,1±0,3^{a}	2,3±0,4^{a}	2,2±0,1^{a}
	16	2,2±0,7^{a}	2,9±0,0^{a}	2,3±0,4^{a}
	0	5,2±0,14^{a}	1,8±0,1^{a}	1,7±0,0^{a}
	2	3,1±0,1^{a}	2,9±0,3^{a}	3,9±0,6^{a}
	7	2,4±0,3^{a}	2,4±0,2^{a}	2,7±1,0^{a}

Sólidos solúveis	10	2,3±0,8a	2,7 ± 1,1[a]	2,6 ± 0,7[a]
	14	2,1±0,3a	2,3±0,4[a]	2,2±0,1[a]
	16	2,2±0,7a	2,9±0,0[a]	2,3±0,4[a]

Nota: Valores com letras minúsculas iguais na linha não diferem pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$), em nível e 95% confiança.
Fonte: elaborada pelos autores (2025).

As médias de pH para o tomate *in natura* (T IN) variaram entre 5,1 e 5,7. No tomate cereja com mesocarpo de babaçu, a variação foi de 5,0 a 5,7. Para o tomate com MCB + OEL, a variação foi de 4,9 a 5,7. Houve uma redução do pH nos tomates revestidos com o filme contendo amido da farinha de mesocarpo, e o óleo essencial reduziu o pH ao longo do período de armazenamento, a partir do 7º dia.

No estudo de Dantas et al. (21), foi observada uma variação média de pH do tomate entre 5,44 e 4,87. No trabalho de Oliveira et al. (22), o pH analisado foi de 4,32. Valores menores do que os encontrados neste estudo foram registrados, com 4,20 no trabalho de Casals et al. (23) e 4,21 em Dias et al. (24) para tomates-cereja comerciais. Com base nos valores de pH, os alimentos podem ser classificados da seguinte forma: baixa acidez (pH 7 – 5,5), média acidez (pH 5,5 – 4,5), ácidos (pH 4,5 – 3,7) e alta acidez (pH < 3,7) (25). Nesse contexto, os tomates-cereja analisados neste estudo podem ser classificados como de média acidez.

Na acidez titulável, a análise de variância mostra que não houve diferenças significativas entre as amostras durante o período de armazenamento. Os resultados da média e do desvio padrão da acidez titulável dos tomates IN, dos tomates MCB e dos tomates com MCB + OEL analisados ao longo de 16 dias. Os resultados indicaram que a acidez titulável aumentou ao longo do período de armazenamento, variando de 1,8% a 3,1% de ácido cítrico no tomate IN. Esses resultados indicam que houve uma retardação no estágio de senescência do produto. Estudos anteriores, como os de Mazur et al. (26) e Aguirre e Cabrera (27), encontraram teores de acidez menores, variando em torno de 0,64% e 1,57%, respectivamente. No estudo de Santos (28), a acidez registrada foi de 1,21%.

A acidez do tomate pode variar durante o processo de amadurecimento, tanto aumentando quanto diminuindo. O aumento está associado à formação de ácido galacturônico, resultante da degradação das pectinas, enquanto a redução da acidez pode ocorrer devido ao processo respiratório ou à conversão dos ácidos em açúcares, uma vez que esses ácidos são uma fonte importante de energia nos frutos, através de sua oxidação no ciclo de Krebs. O sabor dos frutos é influenciado pela acidez, pelo conteúdo de sólidos solúveis e por outros componentes voláteis (29) (30) (31). Conforme Melo Filho e Vasconcelos (32), o ácido cítrico é sintetizado naturalmente em produtos de origem vegetal e, na indústria alimentícia, é utilizado como inibidor do escurecimento mediado por enzimas oxidativas.

Nos sólidos solúveis do tomate para os tomates IN, tomates com MCB e tomates MCB + OEL, analisados ao longo do período de 16 dias, a análise de variância mostra que houve diferenças significativas entre as amostras a partir do 7° dia de armazenamento. Observou-se um conteúdo considerável de sólidos solúveis nas amostras T + MCB + OEL (0), com 6,45 ºBrix; T IN (2), com 6,5 ºBrix; e T + MCB (16), com 6,70 ºBrix. Os resultados indicaram uma redução no conteúdo de sólidos solúveis dos tomates revestidos com o filme contendo amido de farinha de mesocarpo e óleo essencial, a partir do 7º dia de armazenamento. Resultados superiores foram encontrados nos estudos de Aguirre e Cabrera (27) e Oliveira et al. (28), que reportaram 6,70 ºBrix e 6,83 ºBrix,

respectivamente. Em contraste, o estudo de Guilherme et al. (33) apresentou um resultado inferior ao deste estudo, com 5,06 ºBrix.

A análise de sólidos solúveis é crucial na área de alimentos, especialmente para avaliar os parâmetros de qualidade de produtos de origem vegetal, pois indica o grau de maturação dos frutos e a quantidade de substâncias, principalmente açúcares, presentes nesses alimentos. A determinação de sólidos solúveis também é um método importante para avaliar a qualidade dos frutos consumidos in natura, refletindo o ponto de maturação e a quantidade de açúcares presentes (34) (35).

Análise das bactérias aeróbias mesófilas e fungos no tomate cereja

A Tabela 3 a seguir apresenta os resultados das análises microbiológicas, com foco nas bactérias aeróbias mesófilas e fungos, nos tomates IN, nos tomates MCB e nos tomates MCB + OEL, os quais foram analisados ao longo de 16 dias. A análise de variância mostra que não houve diferenças significativas entre as amostras durante o período de armazenamento.

Tabela 3 - Resultados das análises microbiológicas para aeróbias mesófilas e fungos (log_{10} UFC/g) no tomate cereja.

Parâmetro	**Tempo (dias)**	**Tratamentos**		
		IN	**MCB**	**MCB + OEL**
Bactérias Aeróbias mesófilas	0	0,00	3,21	0,00
	2	2,72	3,50	2,46
	14	2,70	2,00	3,83
	16	2,81	3,68	0,00
p-value		0,4234		
Fungos	0	1,6	1,5	1,7
	2	2,6	2,4	0,0
	7	3,2	4,2	2,7
	10	3,4	3,4	3,3
	14	3,6	3,5	2,9
	16	2,9	2,8	2,7

Nota: *P-value* determinado pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$), em nível e 95% confiança.
Fonte: Elaborada pelos autores (2025).

Os resultados evidenciam que, nas primeiras 48 horas de armazenamento, houve uma redução da contaminação microbiana por bactérias aeróbias mesófilas, contribuindo para o aumento da vida útil do tomate para T+MCB+OEL. No entanto, para o T+MCB, os resultados não foram semelhantes durante o mesmo período, pois apresentou alta contagem para esse grupo de microrganismos. Embora os frutos tenham sido lavados e sanitizados inicialmente com o mesmo procedimento utilizado para as demais amostras, a alta contagem encontrada pode ser explicada por uma possível contaminação na farinha de mesocarpo de coco babaçu, utilizada para a aplicação de revestimento nos tomates cerejas.

A Instrução Normativa nº 161, de 1º de julho de 2022, que estabelece padrões microbiológicos nos alimentos, para frutas e hortaliças *in natura*, não define parâmetros para a contagem total de bactérias aeróbias mesófilas (36). Contudo, *a International Commission on Microbiological Specifications for Foods* (ICMSF) sugere valores

máximos de 10^6 UFC/g (6 $\log_{10}$ UFC/g) em alimentos destinados ao consumo humano (37). Assim, as amostras analisadas estão dentro do valor sugerido. Neste trabalho, os resultados obtidos foram bem abaixo desse valor. No entanto, a contagem desses microrganismos representa um importante alerta para as condições de higiene durante a manipulação do alimento, constituindo-se como um potencial risco de contaminação.

Ao contrário deste estudo, Duarte (38), em sua pesquisa sobre a aplicação de cobertura comestível e adição de óleo essencial de canela em tomate-cereja, relatou que os resultados para aeróbios mesófilos apresentaram variação de 10^3 a 10^6 UFC/g, indicando que os valores encontrados são considerados elevados pela literatura.

Na análise dos fungos de variância indica que não houve diferenças significativas entre as amostras durante o período de armazenamento. Os resultados indicam que o tomate MC apresentou a maior contagem de fungos no sétimo dia de armazenamento, quando comparado aos demais tratamentos, provavelmente a contaminação proveniente provavelmente da própria farinha que foi adquirida no comércio formal. Já no tomate MC + OEL, houve uma redução significativa na contagem de fungos nas primeiras 48 horas de armazenamento, contribuindo para o aumento da vida útil do tomate e evidenciando a eficácia do óleo essencial de limão no controle fúngico.

No trabalho de Rodrigues (39), em seu estudo sobre o uso de revestimento à base de extrato de própolis vermelha na conservação pós-colheita de tomates tipo italiano, as maiores contagens de bolores e leveduras foram observadas no 9° e 15° dia de conservação. Nos demais períodos, os valores permaneceram inferiores a 10^2 UFC/g.

CONCLUSÕES

Os resultados das análises revelaram um aumento na acidez ao longo do período de armazenamento, indicando um retardamento do estágio de senescência do produto. Além disso, verificou-se uma redução no teor de sólidos solúveis com a aplicação do filme elaborado a partir do mesocarpo de coco babaçu em combinação com óleo essencial de limão. Observou-se, ainda, uma diminuição na contaminação microbiana por bactérias aeróbias mesófilas e fungos nas primeiras 48 horas de armazenamento, o que contribuiu para a ampliação da vida útil do produto.

Dessa forma, embora o revestimento à base de farinha de babaçu e óleo essencial de limão não tenha promovido alterações expressivas nesses parâmetros, ele apresenta potencial no controle microbiológico e conservação de tomates cereja.

AGRADECIMENTOS

Dedico os agradecimentos à Fundação de Amparo à Pesquisa e ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico do Maranhão (FAPEMA) e ao Instituto Federal do Maranhão – Campus São Luís Maracanã pela concessão da bolsa para o desenvolvimento deste trabalho.

REFERÊNCIAS

1. Alvarenga, MAR.; Coelho, FS.; Souza, RAM. Tomate: produção em campo, casa de vegetação e hidroponia**.** 2. ed. Lavras: Editora Universitária de Lavras; 2013.

2. Salas, AH. Efecto del humus de lombriz y bioestimulante, en la producción orgánica de tomate (Lycopersicum esculentum Mill.) variedad río grande, en Vilcabamba-Grau-Apurímac [Tese]. Abancay: Escuela académico professional de ingeniería agroecológica

y desarrollo, Universidade nacional Micaela bastidas de apurímac facultad de ingeniería, Abancay; 2020.

3. Reis, EF. dos; Silva, R dos S, Guimarães, CRR. Utilização de subprodutos do babaçu na alimentação de suínos. Fac Busin and Techno Jour, 2023;2(47):74-2023.

4. Ribeiro, DS, Melo, DB, Guimaraes, AG, Velozo, ES. Avaliação do óleo essencial de alecrim (Rosmarinus officinalis L.) como modulador da resistência bacteriana. Semina: Ciências Agrárias. 2012; 33(2):687–696.

5. Sarto, MPM, Zanusso Junior, G. Atividade antimicrobiana de óleos essenciais. Revista Uningá Review. 2014; 20(1):98–102.

6. Chorilli M, Leonardi GR, Salgado HRN. Radicais livres e antioxidantes: conceitos fundamentais para aplicação em formulações farmacêuticas e cosméticas. Rev. Bras. Farm. 2007; 88(3):113-118.

7. Martins AGLA, et al. Atividade antibacteriana do óleo essencial do manjericão frente a sorogrupos de Escherichia coli enteropatogênica isolados de alfaces. Ciência Rural. 2010;40(8):1791-1796.

8. Viuda-Martos M, Ruiz-Navajas Y, Fernandez-Lopez J, Perez-Alvarez J. Antifungal activity of lemon (Citrus lemon L.), mandarin (Citrus reticulata L.), grapefruit (Citrus paradisi L.) and orange (Citrus sinensis L.) essential oils. Food Control. 2008a;19(12):1130–1138.

9. Viuda-Martos M, Ruiz-Navajas Y, Fernandez-Lopez J, Perez-Alvarez J. Antibacterial activity of lemon (Citrus lemon L.), mandarin (Citrus reticulata L.), grapefruit (Citrus paradisi L.) and orange (Citrus sinensis L.) essential oils. Journal of Food Safety. 2008b;28(4):567-576.

10. Goncalves D, Paludetti MF, Goncalves CB, Rodrigues CE. Extraction of oxygenated compounds from crude citrus latifolia peel oil using ethanol/water mixtures as solvents: Phase equilibrium and continuous equipment operation. Separation and Purification Technology. 2018;199:271–281.

11. Abdalla G, et al. Eco-sustainable coatings based on chitosan, pectin, and lemon essential oil nanoemulsion and their effect on strawberry preservation. International Journal of Biological Macromolecules, 2023;249:126016.

12. Santos, AS, Alves S de M, Figueiredo, FJC, Rocha Neto, OG da. Descrição de sistema e de métodos de extração de óleos essenciais e determinação de umidade de biomassa em laboratório. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental; 2004.

13. Chettri, S, Sharma N, Mohit AM. Utilization of lima bean starch as an edible coating base material for sapota fruit shelf-life enhancement. Journal of Agriculture and Food Research. 2023;12:100615.

14. Rodrigues, SCS, et al. Morphological, structural, thermal properties of a native starch obtained from babassu mesocarp for food packaging application. Journal of Materials Research and Technology. 2020;9(6):15670-15678.

15. Instituto Adolfo Lutz. Métodos físico-químicos para análise de alimentos. 5. ed. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz; 2008.

16. Laborclin. Manual de Antibiograma. Manual elaborado pela equipe técnica da Laborclin destinado à orientação para execução do teste de sensibilidade a antimicrobianos, segundo o CLSI/2019. Laborclin Produtos para Laboratórios Ltda: Rev 16–3; 2019.

17. Borges GBV, et al. Extração, caracterização e avaliação microbiológica de óleos essenciais de rejeitos de frutas cítricas comerciais. Pesquisa, Sociedade e Desenvolvimento. 2021;10(7):e1110716126-e1110716126.

18. Ambriz-Pérez DL, et al. Integral valorization from industrial Persian lime processing wastes (*Citrus latifolia Tanaka*): simultaneous recovery of oils and antioxidants. Revista Mexicana de Ingeniería Química. 2021;20(1):367-380.

19. Simas DLR et al. Caracterização dos óleos essenciais de frutas cítricas. Citrus Research & Technology 2017;36(1):15-26.

20. Millezi A.F, et al. Caracterização e atividade antibacteriana de óleos essenciais de plantas condimentares e medicinais contra Staphylococcus aureus e Escherichia coli. Revista brasileira de plantas medicinais. 2013;15:373-379.

21. Dantas, LO, et al. Physicochemical and microbiological analysis of cherry tomatoes (Solanum lycopersicum var. cesariforme) sold in emporiums in Manaus-AM. Research, Society and Development. 2021;10(15):e527101523276-e527101523276.

22. Oliveira CM, Ferreira LM do C, MGF, Coneglian, RCC. Influence of maturity stage on fruit longevity of cherry tomatoes stored at ambient and controlled temperature. Semina: Ciencias Agrarias. 2016;37(6):4027-4037.

23. Casals J, Rivera A, Sabaté, J, Romero del Castillo, R, Simó J. Cherry and fresh market tomatoes: differences in chemical, morphological, and sensory traits and their implications for consumer acceptance. Agronomy, 2018;1(9):9.

24. DIAS N da S, et al. Yield and quality of cherry tomato fruits in hydroponic cultivation. Biosci. j.(Online). 2019;35(5):1470–1477.

25. PHE - Public Health England. Determination of pH in food and water samples. [Internet]. 2020. [Acesso em 2025 Fev 25]. Disponível em: https://www.gov.uk/search/all?keywords=Determination+of+pH+in+food+and+water+samples+&order=relevance.

26. Mazur KZ, Gajewski M, Metera AM, Wtulich JA, Marcinkowska MM. Effect of Growing Medium and Harvest Term on Yield and Several Quality Traits of Two Cultivars

of "Cherry" Tomatoes. Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca. 2012;40(2);197–202.

27. Aguirre NC, Cabrera FAV. Evaluating the fruit production and quality of cherry tomato (Solanum lycopersicum var. cerasiforme). Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín. 2012;65(2):6593-6604.

28. Santos M dos. Atributos físico-químicos de frutos de tomate cereja produzidos no alto sertão sergipano. [Trabalho de Conclusão de Curso da Graduação em Engenharia Agronômica]. Nossa Senhora da Glória: Universidade Federal de Sergipe; 2023

29. Bron, IU. Amadurecimento do mamão 'Golden': ponto de colheita, bloqueio da ação do etileno e armazenamento refrigerado. [Tese de Doutorado] São Paulo: USP – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz; 2006.

30. Mathieu S, et al. Flavour compounds in tomato fruits: identification of loci and potential pathways affecting volatile composition. Journal of Experimental Botany. 2009;60(1):325–337.

31. Sobreira FM, et al. Qualidade de sabor de tomates dos tipos salada e cereja e sua relação com caracteres morfoagronômicos dos frutos. Ciência e agrotecnologia. 2010;34(4):1015-1023.

32. Melo Filho ABD, Vasconcelos, MADS. Química dos alimentos. Recife: UFRPE; 2016.

33. Guilherme, D de O, et al. Análise sensorial e físico-química de frutos tomate-cereja orgânicos. Revista Caatinga. 2014;27(1):181-186.

34. Cavalcanti, AL, et al. Determinação dos sólidos solúveis totais (OBRIX) e pH em bebidas lácteas e sucos de frutas industrializados. Pesquisa Brasileira em Odontopediatria e Clínica Integrada. 2006;6(1):57-64.

35. Carneiro AP de G, Figueiredo RW de, Sousa PHM de. Rotulagem e estabilidade de suco de caju integral comercializado em supermercados de Fortaleza-CE. Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais. 2013;15(1):59-67.

36. Ministério da Saúde (BR). Agência Nacional de Vigilância Sanitária - ANVISA. Instrução Normativa nº 161, de 1º de Julho de 2022 que Estabelece os padrões microbiológicos dos alimentos. Diário Oficial da União. 06 jul. 2022; Seção 1.

37. ICMSF (International Commission on Microbiological Specifications For Foods). Sampling for microbiological analysis: principles and specific applications. 2.ed. London: Blackwell Scientifi c Publications; 1986.

38. DUARTE SF. Cobertura comestível com óleo essencial de canela (Cinnamomum cassia) em tomates cereja (Solanum lycopersicum var. cerasiforme). [Trabalho de conclusão de curso]. Dourados: Faculdade de Ciências Biológicas e Ambientais da Universidade Federal da Grande Dourados; 2016

39. Rodrigues M do SA, et al. Biofilme a base de extrato de própolis vermelha e seu efeito na conservação pós-colheita de tomate tipo italiano. [Dissertação]. Campina Grande: Programa de Pós-graduação em Sistemas Agroindustriais da Universidade Federal de Campina Grande; 2015.

Capítulo 04

DOI: 10.53934/agronfy-2025-05-04

HELMINTOSES EM EQUINOS: ABORDAGENS DOS CONTROLES QUÍMICO E BIOLÓGICO

Tábata Alves do Carmo[1]; Fernanda Calazans Pagnozzi[1]*; Ariadne Ramos Gomes[1]; Dayane Sarmento Romão[1]; Luma Oliveira Escaliante[1]; Maria Flávia Dias de Alencar[1]; Camila Bazan Gonçalves Lima[1]; Ricardo Velludo Gomes de Soutello[1];

RESUMO

A equideocultura no Brasil desempenha um papel fundamental na economia e cultura do país, sendo a saúde dos equinos essencial para o setor. Dentre as enfermidades que afetam esses animais, as helmintoses gastrintestinais são altamente prevalentes, impactando o desempenho e o bem-estar dos equinos. Os principais helmintos incluem os pequenos estrôngilos (*Cyathostomum spp., Cylicostephanus spp., Triodontophorus spp.*), os grandes estrôngilos (*Strongylus vulgaris, S. equinus, S. edentatus*), além de *Parascaris equorum, Oxyuris equi, Strongyloides westeri* e *Trichostrongylus axei*. Tradicionalmente, o controle desses parasitas é realizado com anti-helmínticos químicos, mas o uso indiscriminado levou ao desenvolvimento de resistência parasitária, tornando os tratamentos convencionais menos eficazes. A resistência anti-helmíntica é um problema crescente que exige estratégias alternativas para o manejo sustentável. O controle biológico, utilizando fungos nematófagos, surge como uma abordagem promissora, reduzindo a carga parasitária na pastagem e minimizando impactos ambientais negativos. Estudos demonstram a eficácia desses fungos na captura e destruição de larvas infectantes, reduzindo a necessidade de anti-helmínticos químicos. A combinação de diferentes estratégias, incluindo monitoramento parasitológico, controle biológico e uso racional dos anti-helmínticos, pode ser uma solução eficiente para a profilaxia das helmintoses em equinos. Dessa forma, compreender a atual situação da resistência anti-helmíntica e avaliar métodos alternativos são passos essenciais para aprimorar o manejo sanitário e garantir a sustentabilidade da equideocultura.

Palavras-chave: anti-helmínticos; equideocultura; nematoides gastrintestinais; resistencia parasitária; strongilídeos

ABSTRACT

The horse industry in Brazil plays a fundamental role in the country's economy and culture, and the health of horses is essential to the sector. Among the diseases that affect these animals, gastrointestinal helminths are highly prevalent, impacting the performance and welfare of horses. The main helminths include small strongyles (Cyathostomum spp., Cylicostephanus spp., Triodontophorus spp.), large strongyles (Strongylus vulgaris, S. equinus, S. edentatus), as well as Parascaris equorum, Oxyuris equi, Strongyloides westeri and Trichostrongylus axei. Traditionally, control of these parasites has been carried out with chemical anthelmintics, but indiscriminate use has led to the development

of parasite resistance, making conventional treatments less effective. Anthelmintic resistance is a growing problem that requires alternative strategies for sustainable management. Biological control using nematophagous fungi appears to be a promising approach, reducing the parasite load in pasture and minimizing negative environmental impacts. Studies demonstrate the effectiveness of these fungi in capturing and destroying infective larvae, reducing the need for chemical anthelmintics. The combination of different strategies, including parasitological monitoring, biological control and rational use of anthelmintics, can be an efficient solution for the prophylaxis of helminthiasis in horses. Therefore, understanding the current situation of anthelmintic resistance and evaluating alternative methods are essential steps to improve health management and ensure the sustainability of horse farming.

Keywords: anthelmintics; horse farming; gastrointestinal nematodes; parasite resistance; strongyles

INTRODUÇÃO

A equideocultura no Brasil é uma atividade de significativa importância econômica e cultural, abrangendo a criação e manejo de equinos, asininos e muares. O país possui aproximadamente 6,8 milhões de equídeos, sendo 5,8 milhões de equinos e 990 mil asininos e muares. Em termos econômicos, o mercado de exportação de equídeos movimentou US$ 22 milhões em 2023 e, até julho de 2024, US$ 9 milhões [1,2].

Devido à elevada valorização econômica dos equinos e à sua importância na economia, torna-se essencial a atenção à saúde desses animais. Dentre as diversas enfermidades que podem acometê-los, as helmintoses destacam-se como afecções de maior prevalência [3].

No Brasil, grande parte da criação dos equinos é realizada sob regime extensivo, onde os animais são mantidos em pastagens naturalmente infestadas com larvas infectantes de nematoides, além das características climáticas, sendo que as épocas de maiores índices de temperatura, umidade e precipitação, favorecem constantemente as helmintoses [4,5].

O parasitismo por helmintos gastrintestinais se destaca, devido aos prejuízos consequentes da infecção parasitária, como perda de desempenho e no bem-estar dos animais independente do sistema de criação ser a pasto ou estabulados [6,7,8].

A principal forma de controle das helmintoses na maioria dos sistemas de criação utiliza-se exclusivamente anti-helmínticos químicos[9]. O impasse na utilização dos anti-helmínticos comerciais vem sendo o seu uso de maneira indevida, indiscriminada e sem a associação de estratégias auxiliares de controle [10].

A disseminação das populações de nematoides resistentes aos parasiticidas tornou-se uma séria ameaça para a saúde e produção animal em vários países [11,12,13,14,15,16].

Medidas estratégicas que possam auxiliar no controle das parasitoses dos animais têm sido consideradas cada vez mais importantes. Nesse sentido, a combinação de bases farmacológicas distintas tem o potencial de aprimorar a eficácia terapêutica de certos medicamentos, proporcionando, assim, uma alternativa promissora para o desenvolvimento e a utilização de formulações compostas [17,18].

O controle biológico com fungos nematófagos tem se destacado como uma alternativa efetiva no controle de nematoides gastrintestinais em equinos[19,20,21]. Diferente dos anti-helmintícos, estes agentes atuam sobre os estágios larvais de vida livre, diminuindo a fonte de infecção para os hospedeiros finais, além disso, não causam efeitos

negativos no ambiente como os anti-helmínticos químicos [21,22].

O objetivo desta revisão é apresentar atual situação da eficácia dos anti-helmínticos mais utilizados, além de explorar possíveis alternativas no controle das helmintoses em equinos, informações essenciais para a formulação de estratégias eficazes no manejo dessas infecções.

REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Principais Helmintos Gastrintestinais de Equinos

Os equinos são apontados como sendo um dos animais mais susceptíveis a uma gama de parasitos e podem abrigar várias espécies em um mesmo momento [3]. Isso acontece pelo fato do trato gastrintestinal e o ambiente fornecerem condições favoráveis para a sobrevivência e desenvolvimento de diversos parasitos [23].

Os helmintos gastrintestinais 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 [24]. Sendo as helmintoses um fator de grande destaque na equinocultura, pois é responsável por ocasionar cólicas gástricas e intestinais, diarréia ou constipações, desconforto abdominal acompanhado ou não de fraqueza, pelagem áspera, anemia, hiporexia e até episódios fulminantes de cólicas prosseguidas de morte [25]. Consequentemente ocasionando queda no desempenho, retardo no crescimento, além de gastos com medidas profiláticas.

A fauna parasitária que afeta os equinos é composta por diversas famílias e gêneros, dentre eles, os nematoides estrongilídeos são os que mais acometem os animais [26]. Os estrongilídeos mais comuns em equinos são os pequenos estrôngilos ou também chamados de ciatostomíneos: *Cyathostomum* spp., *Triodontophorus* spp., *Cylicostephanus* spp.; seguido dos grandes estrôngilos: *Strongylus vulgaris*, *Strongylus equinus*, *Strongylus* edentatus e ainda, *Parascaris equorum*, *Oxyuris equi*, *Strongyloides westeri*, *Trichostrongylus axei* [3,10].

Em uma população de helmintos, os estrongilídeos constituem 67 a 100% do total de nematóides que podem ser encontrados no intestino de qualquer espécie de equídeo, formando uma comunidade parasitária estável dominada por interações positivas e poucas negativas, sugerindo uma ausência de competição entre si [27].

Os pequenos estrôngilos, conhecidos como ciatostomíneos, são considerados os helmintos de maior importância, devido a sua prevalência, potencial patogênico e capacidade de desenvolver resistência anti-helmíntica [28]. Estes podem parasitar equinos de todas as idades, porém, apresentam maior patogenicidade nos animais jovens [29,30]. Podendo compreender 95-100% da carga parasitária total dos equinos [31]. São comumente encontrados no intestino grosso de equinos, influenciando negativamente à saúde e bem-estar de seus hospedeiros.

Durante décadas, os grandes estrôngilos, em especial *Strongylus vulgaris*, foram considerados como uma grande ameaça aos equinos, sendo um dos principais motivos dos programas de controle parasitário. Alguns meios de controle conseguiram reduzir satisfatoriamente a população de *S. Vulgaris* [32]. Entretanto, resultou em um aumento da prevalência dos ciatostomíneos, principalmente pelo fato de se adaptarem facilmente às novas moléculas de anti-helmínticos e tipos de tratamentos [29].

Estes parasitos possuem ciclo biológico direto, ou seja, não necessitam de hospedeiro intermediário para completar seu ciclo. As fases de desenvolvimento desses nematoides consistem em ovo, larvas de primeiro a quinto estádios (L1 a L5) e parasitos

adultos. Quando as condições ambientais se tornam favoráveis (temperatura e umidade) o ovo embrionado passa a se desenvolver dando origem a L1, passa para L2 e posteriormente para o estágio L3. A L3 migra para a pastagem que circunda a massa fecal num raio máximo de cerca de 30 cm e a um máximo de 10 cm de altura, em função da umidade e da temperatura [33,34].

Dados sobre a prevalência de helmintos em equinos são de grande importância pelo fato destes refletirem a intensidade da infecção e auxiliar no delineamento de um programa de controle adequado à cada realidade [35,36].

1.2 Tratamento Anti-helmíntico

No início do século XX apareceram os primeiros testes e relatos do uso de anti-helmínticos. O óleo de chenopodium já era recomendado por Thum em 1915 e Woolridge em 1916 para o tratamento de verminoses em equinos [37]. Sendo o controle parasitário dos estrogilídeos, até hoje em dia, realizado basicamente pela administração de compostos anti-helmínticos, os quais diminuem a população parasitária nos equinos, a eliminação de ovos nas fezes e a contaminação do ambiente [38].

Grande parte dos anti-helmínticos existentes no mercado foram desenvolvidos a partir de 1960. Após a descoberta do tiobendazole, primeiro anti-helmíntico benzimidazólico oral, surgiram várias outras drogas similares pertencentes ao mesmo grupo e de boa eficácia contra parasitos internos. A principal característica desse grupo de anti-helmínticos é sua tríplice ação, considerando que agem sobre vermes adultos, formas larvais e ovos de vermes [39].

Já no início da década de 80, com o surgimento das lactonas macrocíclicas, principalmente da ivermectina, ocorreu uma revolução no mercado de produtos veterinários para o controle de parasitos [40]. São divididas em dois grandes grupos, chamados avermectinas e milbemicinas, ambas apresentam mecanismo de ação e propriedades farmacológicas semelhantes, sendo eficazes nos mesmos grupos de nematóideos e ácaros [41].. As Lactonas Macrocíclicas são altamente efetivas no tratamento e controle dos pequenos e grandes estrongilídeos de equinos, bem como de outras espécies de parasitas gastrintestinais[42]. Possuem alta persistência no plasma, pois são armazenadas no fígado e gordura, prolongando seu tempo de ação [43]. A característica lipofílica das Lactonas Macrocíclicas 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 [44].

Táticas tradicionais de controle baseiam-se principalmente na aplicação de anti-helmínticos, atualmente representado por três principais classes de medicamentos: as lactonas macrocíclicas (ex: ivermectina, abamectina e moxidectina), as pirimidinas e imidazotiazóis (ex: pamoato de pirantel e levamisol) e o grupo dos benzimidazóis (ex: albendazol, oxibendazol e fenbendazol) [45]. As diferenças entre os grupos químicos, quando comparados, estão principalmente no seu mecanismo de ação [46]. As lactonas macrocíclicas fazem parte da classe de antihelmínticos mais eficientes para o controle de parasitas gastrintestinais, pois sua atividade é de amplo espectro, com alta eficiência e elevada margem de segurança [47].

Atualmente a indústria farmacêutica disponibiliza no mercado diversas formulações para o uso destes anti-helmínticos, sendo as mais comuns na forma de gel/pasta [48].

Os esquemas de controle da helmintose equina preconizados no Brasil e em outros

países são normalmente supressivos, com até seis tratamentos por ano[49]. A possibilidade de se realizar um tratamento estratégico envolve a everminação dos animais baseada na previsão das épocas de maior eliminação de ovos e maior contaminação da pastagem, de acordo com as curvas sazonais para a região ou tipo de clima [34,50].

Este esquema comporta até três administrações anuais, dependendo da sazonalidade dos helmintos na região abordada. A utilização de antihelmínticos para este plano terapêutico pode ser limitada a medida em que haja baixa eficácia de um fármaco. Assim, atualmente, apenas as Lactonas Macrocíclicas são as mais eficientes para se utilizar na maioria dos casos, podendo haver populações de helmintos sensíveis também à outras drogas, nesses casos devem ser utilizadas para reduzir a pressão seletiva nas lactonas macrocíclicas, incluindo mais de um princípio ativo na rotação de produtos [51].

Porém, as frequentes aplicações vêm favorecendo o desenvolvimento da resistência anti-helmíntica, principalmente dos ciatostomíneos [52]. Sendo a intensa frequência de tratamento uma das principais causas que favorecem o surgimento da resistência parasitária, seguido da subdosagem, alta densidade de animais em um local, e a falta de critérios para utilização dos produtos [10,53,54].

Outro fator preocupante, é a maneira em que as lactonas macrocíclicas eliminam seus metabólitos e substâncias através da urina e das fezes dos animais diretamente na pastagem, intensificando o volume de substâncias químicas compartilhadas no meio ambiente intervindo negativamente a biodiversidade e a sustentabilidade dos ecossistemas [55,56].

1.3 Resistência Anti-helmíntica

Acontece devido a uma sequência de fatores que consequentemente uma droga reduz sua eficácia contra os parasitos, após um determinado tempo de utilização. A seleção de helmintos resistentes é inevitável, uma vez que já se faz presente, e esta característica é transferida para as próximas gerações [10,13]. Logo, a resistência aos anti-helmínticos é hereditária e a administração repetida selecionará, portanto, uma proporção cada vez maior de indivíduos resistentes. Isso acontece porque o parasito adquire a capacidade de mudar a metabolização do fármaco e/ou mudar o local de ligação do fármaco [57]. Outro motivo importante para a seleção de nematoides resistentes é o tratamento dos animais quando há uma pequena proporção da população total de parasitos em "refugia", o que provavelmente contribui para uma maior pressão de seleção de parasitos 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 [58].

De acordo com [59], 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 [60].

A situação mundial atual é de resistência à muitas das classes de antiparasitários comerciais disponíveis no mercado [24]. A eficácia das drogas reduz por consequência de seu caráter seletivo, colaborando com a permanência de organismos resistentes e a eliminação de indivíduos susceptíveis. Logo, a sustentabilidade dos programas de controle da helmintose equina está comprometida pela seleção de populações de parasitos resistentes, cujo número de relatos é crescente mundialmente [52]. Desta forma, a disseminação das populações de nematoides resistentes aos parasiticidas tornou-se uma séria ameaça para a saúde e produção animal em vários países [61].

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 nematoides, ela permanecerá, e mesmo com a suspensão da utilização do respectivo medicamento por muitos anos não ocorrerá a eliminação da resistência [62,63].

Sendo assim, é de grande importância ter o real conhecimento sobre a eficácia dos anti-helmínticos em seus diferentes princípios ativos, para que se possa aplicar medidas profiláticas da maneira correta e eficaz, evitando o aparecimento de resistência. Tendo como possibilidade a atribuição de formas integradas de controle parasitário, promovendo a redução do número de larvas infectantes nas pastagens, ocasionando assim a diminuição da reinfecção dos animais e consequentemente menor uso de anti-helmínticos [4,64].

1.4 Controle Biológico por Fungos Nematófagos

Medidas alternativas que possam auxiliar no controle das parasitoses dos animais têm sido consideradas cada vez mais importantes. Dentre elas, o controle biológico por fungos nematófagos tem se destacado como uma estratégia efetiva, no controle de nematoides parasitos gastrintestinais em animais de produção [65,66].

O controle biológico é um termo utilizado quando antagonistas naturais, presentes no ambiente, controlam ou diminuem padrão aceitável de uma população de organismos considerados prejudiciais, tanto na pecuária quanto na agricultura [22,67]. Os organismos que realizam o controle biológico dos nematoides destacam-se: bactérias, vírus, ácaros, besouros, fungos nematófagos, nematoides predadores dentre outros [68].

Na prática, o controle biológico não atua sobre estágios internos de parasitos; contudo, concentra suas ações sobre os hospedeiros intermediários, paratênicos, vetores e estágios larvais de vida livre, diminuindo a fonte de infecção para os hospedeiros finais, além disso, causam menos efeitos negativos no ambiente que os métodos químicos [22]. A identificação de agentes biológicos com ação antagonista sobre as fases de vida livre pode permitir o seu uso, integrado a outras medidas, para redução da contaminação das pastagens e consequentemente da população de nematoides parasitos dos animais criados extensivamente e, consequentemente, reduzir a dependência de produtos químicos utilizados como anti-helmínticos [69,70].

Mais de 150 espécies de fungos nematófagos foram catalogadas. Esses fungos também são conhecidos como destruidores de helmintos [71]. Pesquisas utilizando fungos no controle de nematoides vêm aumentando
gradativamente [65]. Entre os fungos estudados, são relatados no controle biológico os

gêneros Arthrobotrys, Dactylaria, Dactylella, Duddingtonia, Lactydina, Monacrosporium e Trichothecium [72]. Os fungos Duddingtonia flagrans e Arthrobotrys oligospora têm ganhado destaque nas pesquisas [73]. devido aos seus resultados promissores. Isso se deve, a sua rápida taxa de crescimento, além de sua capacidade para capturar e digerir nematoides [70].

Segundo autores [20], afirmam que a utilização dos fungos controladores biológicos de nematoides, não se espera redução do OPG nos primeiros meses de tratamento, já que o resultado, é consequência da redução da infestação de larvas infectantes na pastagem, que se tornará menor ao longo do período de tratamento. Após três meses de tratamento em condições a campo, foi possível observar a redução do OPG [21]. Os fungos nematófagos são microrganismos benéficos que oferecem muitas vantagens no controle de nematoides parasitas de animais e plantas em comparação com anti-helmínticos pesticidas químicos. Esses microrganismos não causam resistência e além deste fato, também não contaminam o solo e a água após sua eliminação [74,75].

A utilização de fungos nematófagos para o controle de nematoides parasitos gastrintestinais tem sido realizada principalmente pela administração de péletes por via oral. Esta formulação tem se mostrado eficaz, tanto no aspecto econômico tanto como no biológico, por promover uma proteção e permitir que estes organismos sejam dispersos no meio ambiente [67].

Devido aos resultados promissores em estudos que demonstraram a efetividade em dispor o uso dos fungos *D. flagrans* e *P. chlamydosporia* para o controle biológico de nematoides gastrintestinais em ruminantes, e poucos estudos realizados com equinos, é de grande importância um estudo que avalie a ação destes agentes em equinos sob condições de pastagens naturalmente infectados, sendo considerada uma alternativa na profilaxia das helmintoses gastrintestinais.

CONCLUSÕES

O estudo destacou a alta prevalência de helmintoses gastrintestinais em equinos, sendo os pequenos e grandes estrôngilos os principais parasitas. A resistência anti-helmíntica, resultante do uso indiscriminado de fármacos, compromete a eficácia dos tratamentos convencionais, exigindo alternativas sustentáveis.

O controle biológico, com fungos nematófagos como *Duddingtonia flagrans*, mostrou-se promissor na redução da carga parasitária em pastagens, minimizando a necessidade de anti-helmínticos químicos.

Assim, a adoção de estratégias integradas, incluindo monitoramento parasitológico e controle biológico, é essencial para um manejo eficaz. Futuros estudos devem explorar a aplicação a longo prazo desses fungos e novas formulações para otimizar seu uso na equideocultura.

AGRADECIMENTOS

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior—Brasil (CAPES)—Código de Financiamento 001. Os autores agradecem a CAPES e FAPEMIG, por todo o apoio financeiro ao longo da pesquisa do grupo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - disponivel em: https://sidra.ibge.gov.br/tabela/3939#resultado. Acesso em 20 de jan. De 2025.

2. INSTITUTO BRASILEIRO DE EQUIDEOCULTURA. O Brasil é dos cavalos. 2021. Disponível em: https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/camaras-setoriais-tematicas/documentos/camaras-setoriais/equideocultura/reuniao-ordinaria-da-cs-equideocultura/37a-ro/ibequi_perfil_fev21.pdf. Acesso em: 10 jan. 2025.

3. REHBEIN, S.; MARTIN, V.; RENATE, W. Prevalece, intensity and seasonality of gastrointestinal parasites in abattoir horses in Germany. Parasitology Research, Berlin, [S.l.], v. 112, n. 1, p. 407-413, 2013.

4. BRAGA, F. R.; ARAÚJO, J. V.; SILVA, A. R.; ARAUJO, J. M.; CARVALHO, R. O.; TAVELA, A. O.; CARVALHO, G. R.; CAMPOS, A. K. Biological control of horse cyathostomin (Nematoda: Cyathostominae) using the nematophagous fungus Duddingtonia flagrans in tropical southeastern Brazil. Veterinary Parasitology, [S.l.], v. 163, p. 335-340, 2009.

5. SOUTELLO, R. V. G. DE, ROMÃO, D. S., DO CARMO, T. A., DE FAVARE, G. M., PAGNOZZI, F. C., & DE ALMEIDA CIPRIANO, I. Seasonal dynamics of gastrointestinal helminths in naturally infected horses in Brazil. *Veterinary Parasitology*, *110*, 110358. 2025.

6. BOWMAN, D.; D. GEORGIS' Parasitology for Veterinarians, Ed. Saunders-Elsevier, Philadelphia, 2009.

7. 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.

8. 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.

9. NIELSEN, M. K.; REINEMEYER, C. R. Handbook of Equine Parasite Control. John Wiley & Sons, 2018.

10. MOLENTO, M. B. Resistência parasitária em helmintos de equídeos e propostas de manejo, Ciência Rural, [S.l.], v. 35, n. 6, p. 1469-1477, 2005.

11. PEREGRINE, A., MOLENTO, KAPLAN, R., NIELSEN, M. Anthelmintic resistance in important parasites of horses: does it really matter? Vet. Parasitol. 201(1-2), 1-8, 2014.

12. 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, 2021.

13. VERA, J. H. S.; FACHIOLLI, D. F.; RAMIRES, L. M.; SAES, I. L.; YAMADA, P. H.; GONCALVES, J. A.; OLIVEIRA, K.; AMARANTE, A. F. T.; SOUTELLO, R. V. G. Eficacy of ivermectin, moxidectin and febendazole in equine in Brazil. Veterinary Parasitology, [S.l.], v. 20, p. 100374, 2020.

14. NIELSEN, M.K., SAMSON-HIMMELSTJERNA, G., KUZMINA, T.A., DOORN, D.C.K.V., MEANA, A., REHBEIN, S., ELLIOT, T., REINEMEYER, C.R., 2022. World association for the advancement of veterinary parasitology (WAAVP): third edition of guideline for evaluating the efficacy of equine anthelmintics. Veterinary Parasitoly. 303 https://doi.org/ 10.1016/j.vetpar.2022.109676.

15. SAES, I. L., GONÇALVES, J. A., DO CARMO, T. A., MENA, M. O., CIPRIANO, I. D. A., DE FAVARE, G. M., BELLO, H. J. S., GUELPA, G. J., & SOUTELLO, R. V. G. Seasonality and dynamics of gastrointestinal helminths in grazing horses. *Acta Veterinaria-Beograd, 72*(1), 131-144, 2022.

16. FAVARE, G. M. de; CIPRIANO, I. A.; CARMO, T. A. do; MENA, M. O.; GUELPA, G. J.; AMARANTE, A. F. T. do; SOUTELLO, R. V. G. de. Anthelmintic resistance of horse strongyle nematodes to ivermectin in São Paulo state, Brazil. *Veterinary Parasitology: Regional Studies and Reports*, v. 41, p. 100864, jun. 2023

17. LIFSCHITZ A, SUAREZ VH, SALLOVITZ J, CRISTEL SL, IMPERIALE F, AHOUSSOU S, SCHIAVI C, LANUSSE C. Nematóides bovinos resistentes a lactonas macrocíclicas: efeitos comparativos da modulação da glicoproteína P na eficácia e cinética de disposição da ivermectina e moxidectina. Exp Parasitol. Junho de 2010; 125(2):172-8, 2010.

18. LESPINE, A., MÉNEZ, C., BOURGUINAT, C., PRICHARD, R.K. P-glycoprotein on other multidrug resistance transporters in the pharmacology of anthelmintics: 36 prospects for reversing transport-dependent anthelmintic resistance. International Journal for Parasitology. 2, 58–75, 2012.

19. BRAGA, F.R., ARAÚJO, J.V., SILVA, A.R., CARVALHO, R.O., ARAUJO, J.M., FERREIRA, S.R., BENJAMIN, L.A. Predatory activity of the nematophagous fungus Duddingtonia flagrans on horse cyathostomin infective larvae. Tropical Animal Health and Production. 42, 1161–1165, 2010.

20. FAUSTO, G. C., FAUSTO, M. C., VIEIRA, Í. S., FREITAS, S. G., CARVALHO, L. M., OLIVEIRA, I. C., SILVA, E. N., CAMPOS, A. K., & ARAÚJO, J. V. Formulation of the nematophagous fungus *Duddingtonia flagrans* in the control of equine gastrointestinal parasitic nematodes. *Veterinary Parasitology, 296*, 109458–109464, 2021.

21. CARMO, T. A., MENA, M. O., CIPRIANO, I. A., FAVARE, G. M., GUELPA, G. J., PINTO, S. C., AMARANTE, A. F. T., ARAÚJO, J. V., & SOUTELLO, R. V. G. Biological control of gastrointestinal nematodes in horses fed with grass in association with nematophagous fungi *Duddingtonia flagrans* and *Pochonia*

chlamydosporia. *Biological Control, 182*, 105219, 2023.

22. GRONVOLD, J.; WOLSTRUP, J.; LARSEN, M.; HENRIKSEN, S. A.; NANSEN, P. Aspects of biological control with special reference to arthropods, protozoans and helminthes of domesticated animals. Veterinary Parasitology, Amsterdam, v. 64, p. 47-64, 1996.

23. EGAN CE, SNELLING TJ, MC EWAN NR. The onset of ciliated populations in Newborn Foals. Acta Protozool. 49: 145 – 147, 2010.

24. NIELSEN, M. K.; REINEMEYER, C. R.; DONECKER, J. M.; LEATHWICK, D. M.;Anthelmintic resistance in equine parasites—Current evidence and knowledge gaps. Veterinary Parasitology, v.204, p.55-63, 2014.

25. LAGAGGIO, V. R. A.; JORGE L. L.; OLIVEIRA V.; FLORES M. L.; SILVA J. H. Achados de formas parasitárias em camas de equinos. Santa Maria: [s.n.], 2007. Disponível em: <http://www.hipismobrasil.com.br /teses/ formas _ parasitarias.asp>. Acesso em: 03 jan. 2025.

26. LICHTENFELS, J. R.; KHARCHENKO, V. A.; DVOJNOS, G. M. Illustrated identification keys to strongylid parasites (Strongylidae: Nematoda) of horses, zebras and asses (Equidae). Veterinary parasitology, [S.l.], v.156, n.1, p.4- 161, 2008.

27. MADEIRA DE CARVALHO LM. In Memoriam Prof Ignacio López-Navarrete Cózar, Estrongilidose dos Equídeos - Biologia, Patologia, Epidemiologia e Controlo. In: ESTOJO DR, ANDRADA JJT, MADEIRA DE CARVALHO LM. 1. Ed. Cáceres: Tempo, 2006. Cap.6, p. 277-326. [Disponível em: http://www.researchgate.net/publication/247777715_ESTRONGILIDOSE_DOS_EQUDEOS_BIOLOGIA_PATOLOGIA_EPIDEMIOLOGIA_E_CONTROLO]. Acesso em: 12 set. 2024.

28. LESTER, H. E.; SPANTON, J.; STRATFORD, C. H.; BARTLEY, D. J.; MORGAN, E. R.; HODGKINSON, J. E.; COUMBE, K.; MAIR, T.; SWAN, B.; LEMON, G.; COOKSON, R.; MATTHEWS, J. B. Anthelmintic efficacy against cyathostomins in horses in Southern England. Veterinary Parasitology, [S.l.], v. 197, n. 1–2, p. 189-196, 2014.

29. KAPLAN, R. M.; NIELSEN, M. K. An evidence-based approach to equine parasite control: itain't the 60s anymore. Equine Veterinary Education, Newmarket, v. 22, n. 6, p. 306-316, June 2010.

30. LUKSOVSKY, J.; CRAIG, T. M.; BINGAM, G. M.; CIR, T.; FORRETS, D. Determining treatment to control two multidrug-resistant parasites on a texas horse farm. Journal of Equine Veterinary Science, Wildomar, v. 33, n. 2, p. 115-119, 2013.

31. 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.

32. 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, 1990.

33. ENGLISH, A. W. The epidemiology of equine strongylosis in southern Queensland: 1. The Bionomics of the free-living stages in faeces and on pasture. Australian Veterinary Journal, [S.l.], v. 55, p. 299-305, 1979.

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

35. PAPAZAHARIADOU, M. Gastrointestinal parasites of stabled and grazing horses in Central and Northern Greece. Journal of Equine Veterinary Science, Wildomar, v. 29, n. 4, p. 233-236, 2009.

36. SHARMA, S. Prevalence of gastrointestinal helminths in horses in Malwa region of Madhya Pradesh. Veterinary Practitioner, Rajasthan, v. 12, n. 1, p. 68-69, 2011.

37. HALL, M.C.; FOSTER, W.D. Efficacy of some anthelmintics. J. Agric. Res. 12, 397–447, 1918.

38. LYONS, E.T.; DRUDGE, J.H.; TOLLIVER, S.C. Larval Cyathostomiasis. Veterinary Clinics of North America - Equine Practice, v. 16, p. 501-513, 2000.

39. JUNIOR K. J. Guia de controle de parasitas internos de animais domesticos. São Paulo. Editora Parma, 1998.

40. GEARY T.G; GAUGLER; BILGRAMI. Ivermectin 20 years on: Maturation of a wonder drug. Trends Parasitol. 21(11): 530-532, 2005.

41. PÉREZ, R. et al Disposición plasmática y fecal de moxidectina administrada por vía oral en caballos. Archivos de Medicina Veterinária, v. 33, n. 1, p. 77-88, 2001.

42. KLEI, T. R.; CHAPMAN, M. R. Immunity in equine cyathostome infections. Veterinary Parasitology, v. 85, n. 2, p. 123-136, 1999.

43. STEEL, J. W. Pharmacokinetics and metabolism of avermectins in livestock. Veterinary Parasitology, V. 48, N. 1-4, P. 45-57, 1993.

44. LANUSSE, C. et al. 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.

45. SAMSON-HIMMELSTJERN, G. V. Anthelmintic resistance in equine parasites – detection, potential clinical relevance and implications for control. Veterinary Parasitology, v. 185, n. 1, p. 2-8, 2012.

46. MARTIN, R. J. Modes of action of anthelmintic drugs. Veterinary Journal, [S.l.], v.154, p.11-34, 1997.

47. MULROY, A. When the Cure Is the Problem: Antibiotic Contamination of Surface Water and Groundwater May Be Promoting the Development of Drug-Resistant Pathogen. Água & Tecnologias Ambientais, 13, 32-36, 2001.

48. LAFFONT CM, BOUSQUET-MÉLOU A, BRALET D, ALVINERIE M, FINK-GREMMELS J, TOUTAIN PL. A pharmacokinetic model to document the actual disposition of topical ivermectin in cattle. Vet Res. Jul-Aug;34(4):445-60, 2003.

49. HONER, M. R.; BIANCHIN, I. Verminose equina: sugestões para um melhor controle em animais de fazenda. Campo Grande: EMBRAPA – CNPGC,1995. 4 p. (Comunicado Técnico, n. 28). Disponível em: http://www.cnpgc.embrapa.br/publicacoes/cot/CoT28.html. Acesso em: 28 jan. 2025.

50. PROUDMAN, C.; MATTHEWS, j.; Control of intestinal parasites in horses. In Practice. V. 22, n. 90-60 p. 2000.

51. REIS, P. M. C. Epidemiologia e controlo do parasitismo gastrintestinal em éguas e seus poldros numa exploração do Ribatejo. 117. Dissertação. Universidade técnica de Lisboa, Faculdade de Medicina Veterinária. 2011.

52. KAPLAN, R.M. Drug resistance in nematodes of veterinary importance: a status report. Trends in Parasitology, v. 20, n.1), p. 477-481, 2004.

53. FRITZEN, B. ROHN, K.; SCHNEIDER, T. Endoparasite control management on horse farms-lessons from worm prevalence and questionnaire data. Equine Veterinary Journal, London, v. 42, n. 1, p. 79-83, jan. 2010.

54. KAPLAN, R. M. Anthelmintic resistance in nematodes of horses. Veterinary Research, Les Ulis, v. 33, n. 5, p. 491-507, Sept./Oct. 2002.

55. SOMMER, C.; BIBBY, B. M. The influence of veterinary medicines on the decomposition of dung organic matter in soil. European Journal of Soil Biology, [S.l.], v. 38, p. 155−159, 2002.

56. KOLAR, L.; FLAJS, V. C.; KUZNER, J.; MARC, I.; POGACNIK, M.; BIDOVEC, A.; VANGESTEL, C. A. M.; ERZEN, N. K. Time profile of abamectin and doramectin excretion and degradation in sheep faeces. Environmental Pollution, [S.l.], v.144, p.197-202, 2006.

57. TAYLOR, M. A.; COOP, R. L.; WALL, R. L. Parasitologia Veterinária. Rio de Janeiro: Rio de Janeiro, 742 p., 2010.

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

59. PRICHARD, R. K,. The problem of antehlintic resistance in nematodes. Australian Veterinary Journal, v. 56, p.239-251, 1980.

60. KÖHLER, P. The biochemical basis of anthelmintic action and resistance.International Journal for Parasitology, v. 31. p. 336-345, 2001.

61. HODGKINSON J. E.; CLARK H. J.; KAPLAN R. M.; LAKE S. L.; MATTHEWS J. B. The role of polymorphisms at beta tubulin isotype 1 codons 167 and 200 in benzimidazole resistance in cyathostomins. International Journal for Parasitology, [S.l.], v. 38, p. 1149-1160, 2008.

62. 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.

63. SLOCOMBE, J. O.; COTÉ, J. F.; GANNES, R. V. The persistence of benzimidazoleresistant cyathostomes on horse farms in Ontario over 10 years and the effectiveness of ivermectin and moxidectin against these resistant strains. CanadianVeterinary Journal, v.49, p. 56-60, 2008.

64. ARAÚJO, J. V.; MOTA, M. A.; CAMPOS, A.K. Controle biológico de helmintos parasitos de animais por fungos nematófagos. Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária, [S.l.], v. 13, suplemento 1, p. 165-170, 2004.

65. GIROTTO, M.J.; AQUINO, L.F.B.; PEREZ, R.B.; NEVES, M.F.; SACCO, S.R. O uso de fungos nematófagos no controle biológico de nematódeos parasitas: Revisão de literatura. Revista Científica Eletrônica de Medicina Veterinária, v.6, n. 10, p. 1-7, 2008.

66. BRAGA, F.R.; ARAÚJO, J.V.; Nematophagous fungi for biological control of gastrointestinal nematodes in domestic animals. Applied Microbiology and Biotechnology, [S.l.], v. 98, p. 71–82, 2014.

67. LAZAROVITS, G.; GOETTEL, S. M.; VINCENT, C. Adventures in Biocontrol. En: Biological control. A Global Perspective. Case Studies from Around the World. CAB International. Wallinford, Oxforshire, [S.l.], p 1 -6, 2007.

68. GAUGLER; BILGRAMI. GEARY T.G. Ivermectin 20 years on: Maturation of a wonder drug. Trends Parasitol. 21(11): 530-532, 2005.

69. PADILHA, T. Controle da verminose gastrintestinal em pequenos ruminantes nas regiões áridas e semi-áridas do nordeste do Brasil. In: CONTROLE dos nematódeos gastrintestinais dos ruminantes. Terezinha Padilha (Ed.). Coronel Pacheco: EMBRAPA-CNPGL, p.169-178, 1996.

70. WALLER, P.J. Prospects for biological control of nematodes of parasites of ruminants. New. Z. Vet. Jour., [S.l.], v.40, p.1-3, 1992.

71. MOTA, M. A.; CAMPOS, A. K.; ARAÚJO, J. V.; Controle biológico de helmintos parasitos de animais: estágio atual e perspectivas futuras. Pesq. Vet. Brás. v.23, n.3, p.93-100, jul./set. 2003.

72. GRAMINHA, E. B. N.; MAIA, A. S.; SANTOS, J. M.; CÂNDIDO, R. C.; SILVA, G. F.; COSTA, A. J.; Avaliação in vitro da patogenicidade de fungos predadores de nematóides parasitos de animais domésticos. Semina: Ci. Agrárias, Londrina, v.22, n.1, p.11-16, jan./jun. 2001.

73. LARSEN, M. Prospects for controlling animal parasitic nematodes by predacious

microfungi. Parasitology, Cambridge, v. 120, p.121-131, 2000.

74. MENDOZA-DE GIVES, P.; BRAGA, F. R.; ARAÚJO, J. V. Nematophagous fungi, an extraordinary tool for controlling ruminant parasitic nematodes and other biotechnological applications. Biocontrol Science and Technology, [S.l.], v. 32, p. 1-17, 2022.

75. CARMO, T. A., FONSECA, J. D. S., BRAGA, F. R., PAZ-SILVA, A., DE SOUTELLO, R. V. G., & DE ARAÚJO, J. V. (2025). Explorando o uso de fungos helmintófagos no controle de helmintófagos em cavalos: uma revisão. *Animais*, *15*(6), 864. https://doi.org/10.3390/ani15060864

Capítulo 05

DOI: 10.53934/agronfy-2025-05-05

PREFERÊNCIA ENTRE OVOS VERMELHOS E BRANCOS: EXISTE DIFERENÇA NO VALOR NUTRITIVO?

Anna Cláudia Cardoso Paimel; Ana Luiza Hellrig Oliveira; Gustavo Barbosa Alves Silva; Giovanna Pimentel Lima Peloi; Camila Fernandes Domingues Duarte; Carla Heloisa Avelino Cabral; Carlos Eduardo Avelino Cabral*

**Autor correspondente (Corresponding author) – Email: carlos.cabral@ufr.edu.br*

Resumo: A produção de ovos é uma atividade de grande relevância econômica no Brasil, sendo os ovos uma fonte acessível e de alta qualidade de proteínas. Esta pesquisa teve como objetivo identificar a preferência da população de Rondonópolis por ovos brancos ou vermelhos e compreender os fatores que influenciam essa escolha ou a ausência dela. Para isso, foi aplicado um questionário qualitativo aos moradores de diferentes bairros da cidade. Os resultados mostraram que 52% dos entrevistados não apresentam preferência pela cor dos ovos e que 72% manteriam sua escolha caso o preço fosse o mesmo. Além disso, 51% não percebem diferenças nutricionais entre ovos brancos e vermelhos, e somente 36% relataram notar diferenças no sabor. Quanto ao custo, 55% dos participantes desconhecem os motivos que tornam os ovos vermelhos mais caros, sendo essa diferença atribuída ao maior peso e ao maior consumo de ração pelas galinhas poedeiras que produzem esses ovos. Conclui-se que a cor da casca não é um fator decisivo para a maioria dos consumidores na escolha dos ovos, sendo o preço e a percepção de qualidade os fatores mais importantes. Este estudo contribui para o entendimento do comportamento do consumidor local e evidencia aspectos relevantes para estratégias de mercado voltadas ao setor avícola.

Palavras-chave: avicultura de postura, cor de ovos, qualidade de ovos

INTRODUÇÃO

O Brasil é amplamente reconhecido como líder mundial na produção de grãos, como soja e milho, que desempenham papel crucial na alimentação de animais não ruminantes, em especial na avicultura de corte e postura. A produção de ovos destaca-se nesse contexto como uma atividade essencial para a economia brasileira, contribuindo tanto para o abastecimento alimentar quanto para o fortalecimento do setor agropecuário. Os ovos são uma fonte acessível e de alta qualidade de proteínas, amplamente consumida por diferentes segmentos da população e com múltiplas aplicações, que vão do consumo in natura ao uso em diversas indústrias alimentícias, como panificação, confeitaria e massas.

No ano de 2024, a produção de ovos no Brasil alcançou resultados expressivos, consolidando ainda mais sua importância para a economia nacional. Segundo dados do

IBGE, apenas no segundo trimestre foram produzidas cerca de 1,15 bilhão de dúzias de ovos, representando um crescimento de 9,1% em relação ao mesmo período do ano anterior e um aumento de 5,0% em comparação ao primeiro trimestre de 2024. Esses números ressaltam a relevância econômica e social do setor, sendo um componente vital do Produto Interno Bruto (PIB) agropecuário e uma importante fonte de emprego e renda (1).

Além do impacto econômico, a avicultura de postura no Brasil caracteriza-se por sua diversificação, adaptando-se continuamente às demandas específicas do mercado. Essa diversificação envolve a classificação dos ovos com base em critérios como tamanho e coloração da casca, o que é possibilitado pelo desenvolvimento de linhagens genéticas especializadas e práticas de manejo avançadas (2, 3 e 4). Essa flexibilidade permite que a produção avícola atenda tanto às necessidades de consumidores quanto às exigências da indústria alimentícia, consolidando os ovos como um alimento indispensável na dieta e no cotidiano do brasileiro.

Apesar desses avanços, ainda persistem percepções e crenças equivocadas entre os consumidores quanto à qualidade e às diferenças entre ovos de casca branca e vermelha. Essas percepções, muitas vezes baseadas em suposições ou na falta de informações claras, influenciam as escolhas de compra e refletem a necessidade de maior divulgação sobre a realidade científica a respeito do tema. Na prática, sabe-se que a coloração da casca está relacionada à raça da galinha e que isso não interfere diretamente na qualidade nutricional ou no sabor do produto (5 e 6).

Diante desse cenário, este estudo tem como objetivo identificar as preferências da população de Rondonópolis em relação a ovos brancos e vermelhos, bem como compreender os fatores que influenciam essas escolhas ou a ausência delas. A pesquisa busca, ainda, contribuir para uma melhor compreensão do comportamento do consumidor e auxiliar na formulação de estratégias que promovam uma comunicação mais eficaz sobre o tema.

MATERIAL E MÉTODOS

A metodologia deste estudo baseou-se na elaboração e aplicação de um questionário qualitativo com o objetivo de investigar a opinião da população de Rondonópolis sobre a preferência entre ovos brancos e vermelhos. As perguntas do questionário foram desenvolvidas pelos bolsistas do Programa Institucional de Bolsa de Iniciação Científica no Ensino Médio (PIBIC-EM), sob a supervisão e orientação de estudantes do curso de Zootecnia, assegurando a relevância e a clareza dos questionamentos.

A aplicação do questionário ocorreu em diversos bairros de Rondonópolis, abrangendo uma amostra representativa da comunidade local. Especificamente, incluiu moradores do bairro da escola vinculada ao projeto PIBIC-EM, além de membros da comunidade universitária da Universidade Federal de Rondonópolis (UFR). A inclusão de diferentes grupos sociais permitiu a obtenção de dados variados e uma análise comparativa mais abrangente.

O número total de participantes foi calculado com base nas diretrizes de amostragem de Arkin & Colton (1971), resultando em uma amostra de 162 entrevistados. Esse tamanho amostral foi considerado adequado para garantir a representatividade e a robustez estatística dos dados coletados.

Após a coleta, os dados foram submetidos a uma análise estatística descritiva, permitindo a interpretação dos resultados de forma quantitativa e qualitativa. Esse processo proporcionou uma visão detalhada sobre as preferências alimentares da população de Rondonópolis em relação à cor dos ovos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Quando questionados sobre o consumo semanal de dúzias de ovos, apenas 3% dos entrevistados relataram não consumir ovos regularmente, destacando que o consumo de ovos está presente na rotina alimentar da maioria da população de Rondonópolis. A maior parte dos entrevistados (43%) afirmou que sua família consome cerca de uma dúzia de ovos por semana, enquanto 14% indicaram o consumo de até duas dúzias semanalmente. Um grupo menor, de 2%, relatou consumir quatro ou mais dúzias de ovos por semana, evidenciando que os ovos são amplamente valorizados pela acessibilidade e versatilidade culinária (Figura 1).

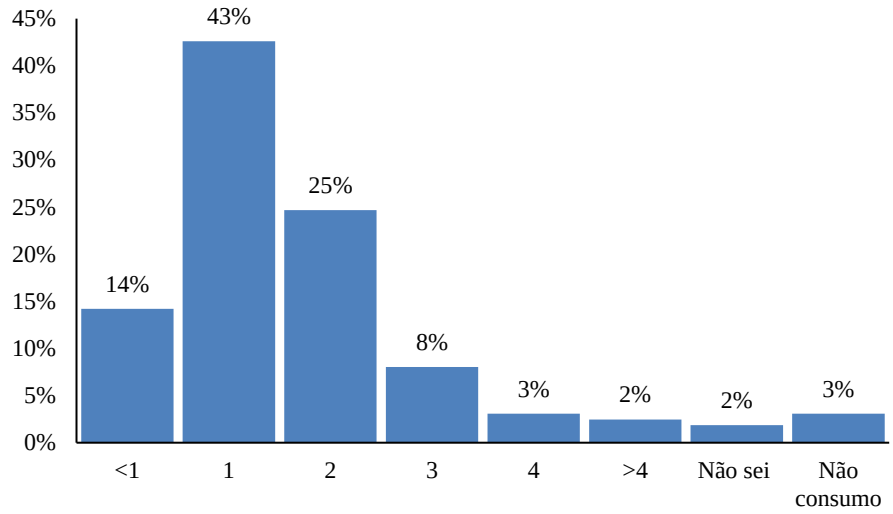


Figura 1 - Porcentagem de consumo semanal de dúzia de ovos por família.

Sobre a preferência entre ovos brancos e vermelhos, 52% dos entrevistados declararam não possuir preferência, enquanto 20% preferem ovos vermelhos e 28% optam pelos brancos. Esses dados sugerem que a maioria da população não considera a cor da casca um fator determinante na escolha. Essa neutralidade pode ser explicada pela percepção geral de que ambos os tipos atendem igualmente às necessidades nutricionais e sensoriais dos consumidores, o que é corroborado por estudos que indicam que a coloração da casca não afeta diretamente as características nutricionais ou organolépticas dos ovos (5, 6) (Figura 2).

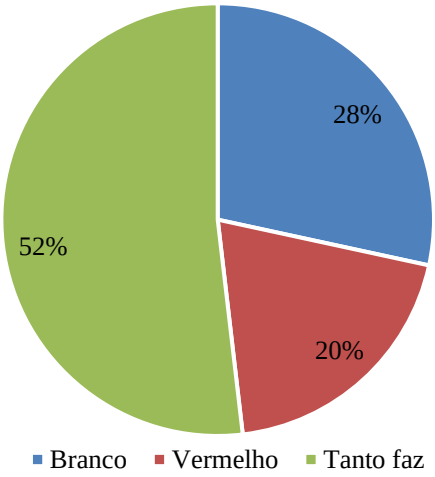


Figura 2 - Preferência entre ovos branco e vermelhos pelos habitantes de Rondonópolis-MT.

O questionamento sobre as diferenças nutricionais entre ovos brancos e vermelhos revelou que 56% dos entrevistados não percebem qualquer diferença. Apenas uma minoria mencionou uma distinção de sabor, evidenciando a necessidade de maior disseminação de informações sobre os aspectos sensoriais e nutricionais dos ovos. Estudos mostram que a cor da casca está relacionada exclusivamente à raça da galinha e não interfere no valor nutritivo ou no sabor do ovo (Figura 3).

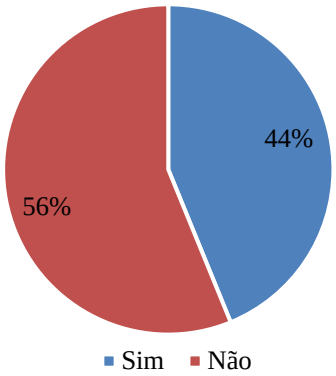


Figura 3 - Porcentagem de pessoas que acham e existe diferença no valor nutritivo entre os ovos brancos e vermelhos

Quando questionados sobre o motivo de os ovos vermelhos serem mais caros que os brancos, aproximadamente 55% dos entrevistados disseram não saber a causa. Cerca de 22% acreditam que o custo mais alto se deve ao fato de as galinhas comerem mais. Além disso, aproximadamente 18% da população ainda acredita que o ovo vermelho

possui maior valor nutritivo, enquanto 5% afirmam que a galinha que produz ovos vermelhos é menos eficiente.

Esses resultados mostram que, embora a maioria da população não tenha uma preferência clara entre os tipos de ovo, ainda há uma grande falta de conhecimento sobre as razões que justificam a diferença de preço entre ovos brancos e vermelhos.

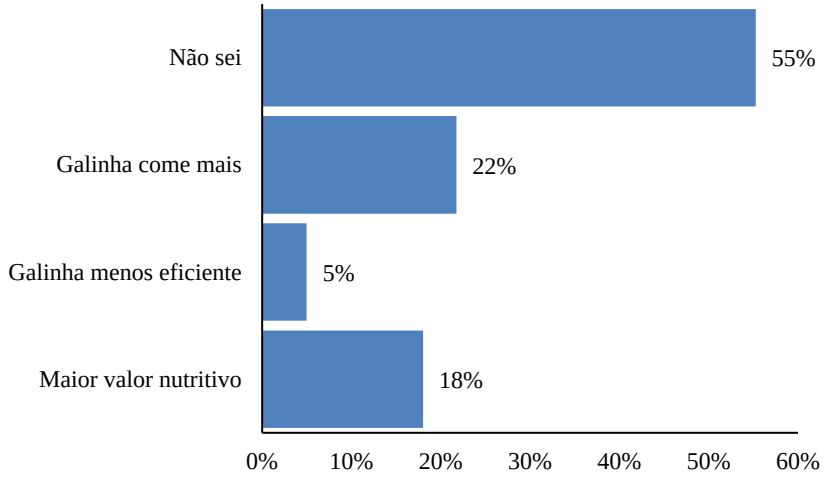


Figura 4 – Porcentagem de entrevistados que acreditam haver diferença sobre o porquê o ovo vermelho é mais caro que o branco.

A análise da qualidade dos ovos é fundamental para compreender as percepções dos consumidores. Estudos indicam que características como a qualidade da casca e a qualidade interna são influenciadas por fatores genéticos, manejo e pela idade das poedeiras. À medida que as aves envelhecem, o peso do ovo tende a aumentar, assim como a proporção de gema em relação à clara, impactando diretamente as propriedades nutricionais e a percepção de qualidade dos ovos. Essas alterações enfatizam a necessidade de se controlar a idade das aves em estudos comparativos, assegurando que as diferenças observadas não sejam atribuídas à variação etária, mas sim a outros fatores intrínsecos ou externos (5, 6).

A qualidade externa, representada pela espessura da casca e pelo peso específico, é determinante na aceitação do produto pelo mercado. A linhagem Hy-line Brown, por exemplo, apresenta cascas mais espessas em comparação à Hy-line W36, o que reflete a influência de fatores genéticos e reforça a importância do manejo para otimizar a durabilidade do produto durante o transporte e armazenamento (7). O método do peso específico, amplamente utilizado, também se destaca como uma ferramenta prática e acessível para avaliar a integridade da casca (8).

No que diz respeito à qualidade interna, fatores como a consistência do albúmen e as características da gema (cor, diâmetro e altura) foram analisados. A Unidade Haugh (UH), métrica padrão utilizada para avaliação da qualidade interna, mostrou que ovos de ambas as linhagens mantêm índices superiores a 72 UH, demonstrando alta qualidade mesmo diante de variações genéticas ou de manejo (9). Além disso, estudos não identificaram diferenças significativas nas características sensoriais ou no teor de vitamina A entre ovos brancos e vermelhos, corroborando a ideia de que a cor da casca não interfere nessas propriedades (10, 11).

Os resultados deste estudo são reforçados por pesquisas que destacam a relevância da idade das aves na qualidade percebida. Com o avanço da idade, a espessura da casca diminui proporcionalmente ao aumento do peso dos ovos, o que pode impactar sua resistência e manipulação (9). Apesar disso, as características nutricionais e sensoriais permanecem consistentes quando o manejo é adequado.

De forma geral, o presente trabalho evidenciou que, embora a maioria da população de Rondonópolis não apresente preferência pela cor da casca, há uma lacuna de conhecimento sobre os fatores que influenciam o preço e a qualidade dos ovos. Campanhas educativas e maior transparência nas informações sobre o produto podem contribuir para escolhas de consumo mais conscientes e alinhadas às reais características dos ovos.

CONCLUSÕES

A maioria da população reconhece que não há diferenças nutricionais entre ovos de casca branca e vermelha. No entanto, uma parcela ainda acredita que os ovos vermelhos possuem maior valor nutritivo, associando essa percepção ao seu preço mais elevado. Esses resultados evidenciam a coexistência de informações corretas e concepções equivocadas entre os consumidores, destacando a necessidade de maior disseminação de conhecimento sobre a avicultura e os fatores que influenciam o custo dos ovos no mercado.

REFERÊNCIAS

1. IBGE (Brasil). Indicadores IBGE: Estatística da Produção Pecuária. IBGE, disponível em: <https://ftp.ibge.gov.br/Producao_Pecuaria/Fasciculo_Indicadores_IBGE/abate-leite-couro-ovos_202401caderno.pdf>, p. 33-35, 6 jun. 2024.

2. Carvalho DC de O, Silva AWS, Gois GC, Moraes EA, Antunes KV, Queiroz MAÁ, et al. Quality of free-range and commercial eggs subjected to different storage periods and temperatures. Ciênc Anim Bras [Internet]. 2022;23:e70295. Available from: https://doi.org/10.1590/1809-6891v22e-70295

3. Scatolini-Silva AM. Características físicas e químicas, sensoriais e microbiológicas de ovos armazenados em diferentes condições de embalagens sob temperatura ambiente. [Tese de doutorado]. Jaboticabal: Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias; 2010. xvii, 96 f.
4. Mizumoto EM, Canniatti-Brazaca SG, Machado FMVF. Avaliação química e sensorial de ovos obtidos por diferentes tratamentos. Food Sci Technol. 2008;28(1):60-5. Available from: https://doi.org/10.1590/S0101-20612008000100010

5. Silversides FG, Scott TA. Efeito do armazenamento e da idade da camada na qualidade de ovos de duas linhagens de galinhas. Poult Sci. 2001;80:1240-5.

6. Santos A.L. Desempenho, crescimento, qualidade do ovo, composição corporal e características reprodutivas e ósseas de poedeiras submetidas a diferentes programas nutricionais. 2008. 165 f. Tese (Doutorado) – Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, Pirassununga.

7. Feddern V, Prá MCD, Mores R, Nicoloso R da S, Coldebella A, Abreu PG de. Egg quality assessment at different storage conditions, seasons and laying hen strains. Ciênc Agrotec [Internet]. 2017 May;41(3):322-33. Available from: https://doi.org/10.1590/1413-70542017413002317

8. Spada FP, Brazaca SGC, Coelho AD, Savino VJM, França LC, Correr E, et al.. Adição de carotenóides naturais e artificiais na alimentação de galinhas poedeiras: efeitos na qualidade de ovos frescos e armazenados. Cienc Rural [Internet]. 2012Feb;42(2):346–53. Available from: https://doi.org/10.1590/S0103-84782012000200025

9. Hamilton RMG. Methods and factors that affect the measurement of egg shell quality. Anim Res Cent Res Branch Agric Can, Ottawa, Ontario K1A 0C6. 1982 Jan 11.

10. Silva RST da, Silva REN da, Enne LG, Caetano ACF. Perfil dos consumidores de ovos e percepção destes sobre os sistemas alternativos de produção considerando o bem-estar animal. Rev JOPIC. 2021;7(11).

11. Demattê Filho LC, Moruzzi Marques PE. Dinâmica tecnológica da cadeia industrial da avicultura alternativa: multifuncionalidade, desenvolvimento territorial e sustentabilidade. Segurança Alimentar e Nutricional. 2011: p.1-11.

12. Emygdio de Faria D, Araujo Silva FH, Rizzo MF, Sakamoto MI, Araujo LF, Junqueira OM. Sólidos totais e rendimento dos componentes dos ovos de poedeiras brancas e marrons. Acta Scientiarum Anim Sci. 2007;29(2):173-7.

Capítulo 06

DOI: 10.53934/agronfy-2025-05-06

MOMENTO DE ADUBAÇÃO NITROGENADA DO CAPIM-MASSAI

Gustavo Barbosa Alves Silva; Yara Stefani da Silva; Anna Cláudia Cardoso Paimel; Jaredlamec Pereira dos Santos; Camila Fernandes Domingues Duarte; Carla Heloisa Avelino Cabral; Carlos Eduardo Avelino Cabral*

**Autor correspondente (Corresponding author) – Email: carlos.cabral@ufr.edu.br*

Resumo: O manejo adequado da adubação nitrogenada é essencial para garantir a produtividade e a sustentabilidade das pastagens, sendo necessário definir o momento ideal de aplicação do nitrogênio. Este estudo teve como objetivo identificar o momento adequado para realizar a adubação nitrogenada no capim-massai (*Panicum maximum* × *Panicum infestum*) e avaliar seus efeitos na produção de forragem e características fisiológicas da planta. O experimento foi conduzido em casa de vegetação, em delineamento inteiramente casualizado, (intervalos de 0, 3, 6 e 9 dias entre a desfolha e a adubação) e cinco repetições. As plantas foram cultivadas em vasos com 5 dm³ de solo, e a adubação foi realizada com 200 mg dm³ de nitrogênio. O capim foi cortado sempre que atingiu 50±5 cm de altura, totalizando cinco avaliações. Foram analisadas as variáveis massa seca de forragem (MSF), massa seca de raízes (MSRAIZ), número de perfilhos (NPERF), índice de clorofila, teor de nitrogênio radicular, carboidratos solúveis (CHOs) e amido. Os resultados demonstraram que o aumento no intervalo entre a desfolha e a adubação reduziu a produção de massa seca de forragem em até 27% no tratamento com adubação tardia (9 dias), quando comparado à adubação imediata. Não houve efeito significativo sobre o número de perfilhos (média de 151 perfilhos/vaso) nem sobre a massa seca das raízes (média de 12,7 g/vaso). No entanto, houve redução nos teores de carboidratos solúveis na raiz (de 5,28 mg g^{-1} no dia 0 para 3,41 mg g^{-1} no dia 9) e alteração no teor de amido, com aumento de 22% no quinto dia após a desfolha. Além disso, observou-se uma queda no índice de clorofila (de 39 para 34 unidades) nos tratamentos com adubação tardia, indicando menor eficiência fotossintética. Conclui-se que a adubação nitrogenada do capim-massai deve ser realizada imediatamente após a desfolha, pois o atraso na fertilização compromete a produção de biomassa e altera os processos fisiológicos da planta, impactando a eficiência no aproveitamento do nitrogênio.

Palavras–chave: desfolha; nitrogênio; pastagens; , *Panicum maximum; fertilização nitrogenada*

INTRODUÇÃO

A espécie *Panicum maximum* é composta de cultivares de gramíneas com produtividade e valor nutricional maiores que as braquiárias. Porém, a não adoção de estratégias de manejo como correção da acidez do solo e adubação de manutenção corroboram para o processo de degradação das pastagens. A utilização de fertilizantes

como estratégia de manejo para recuperação de pastagens ainda não é tão valorizada, uma vez que são onerosos (1). Entretanto, os benefícios obtidos a partir da correção do solo via adubação química ou orgânica são inúmeros e primordiais para garantir a produtividade das pastagens elevando os indicadores zootécnicos voltados à produção animal (2).

Dentre os nutrientes mais requeridos para a produção de forragem tropical destaca-se o nitrogênio, tendo em vista que é o macronutriente mais extraído pelas plantas (3; 4). No entanto, é necessário realizar a reposição deste nutriente no momento adequado sobretudo na quantidade adequada, pois o excesso deste macronutriente dependendo da fonte pode gerar contaminação, rápida acidificação do solo e lixiviação de bases (5). Por outro lado, a escassez pode resultar em lento desenvolvimento e aceleração do processo de degradação (6).

Sendo o *Panicum maximum* uma das espécies com elevado potencial de matéria seca em ambientes tropicais (4), é compreensível que seja uma gramínea bastante exigente em nutrientes. Desta forma quando submetida à adubação nitrogenada, apresenta bons resultados em termos produtivos (7). O capim massai é um híbrido espontâneo entre *Panicum maximum* e *Panicum infestum*, é uma gramínea que apresenta altas taxas de produção de forragem, relação folha/colmo, grande velocidade de rebrota, emissão de folhas, entre outros (8). Em relação a outros cultivares de *Panicum*, é uma planta que apresenta diferenças morfológicas acentuadas, como maior tolerância a acidez, solos com fertilidade reduzida e outros estresses ambientais, porém seu valor nutritivo é inferior (9; 10), o que ressalta a necessidade de manejar a adubação deste capim adequadamente.

Para uma adubação adequada, é importante considerar as doses e o momento adequado de aplicação, para evitar perdas e proporcionar melhor aproveitamento do nutriente, levando em conta que o nitrogênio é um dos insumos que mais oneram o produtor. Existem diversos estudos que investigaram o momento ideal para se realizar adubação nitrogenada após a desfolha.

Diferentes resultados foram obtidos em estudos realizados com cultivares de *Panicum maximum*, (11; 12; 13; 14). Porém, na literatura pouco se sabe a respeito do momento de adubação do capim-massai (*Panicum maximum* x *Panicum infestum*), principalmente se a adubação tardia pode acarretar prejuízo para este capim. Diante disso, com o presente trabalho teve-se o objetivo de identificar o momento adequado para se realizar adubação nitrogenada do capim-massai.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa de vegetação na Universidade Federal de Rondonópolis, 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 zero (0) a adubação foi realizada ~~logo~~ imediatamente após a desfolha.

Cada parcela experimental foi composta por um vaso com capacidade de 5,0 dm^3 contendo cinco plantas. O solo foi coletado na camada de 0 a 20 cm de um Latossolo argiloso, posteriormente peneirado e colocado nas unidades experimentais. Foi realizada a amostragem de solo para a caracterização da composição química e física do solo de acordo com (15) e, com base nos resultados foi realizada a adubação e correção conforme (16). A umidade do solo foi monitorada diariamente para manutenção da máxima capacidade de retenção de água do solo (17). Conforme a interpretação dos dados da análise de solo, não foi necessário realizar calagem.

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}		
6,0	3,4	119	2,3	2,0	0,0	1,7	6,3	73,0	0,0	425	150	425

Na adubação de formação foram aplicados 300 mg dm^3 de fósforo. Na semeadura foram feitos 20 furos na superfície do solo de cada vaso na profundidade de 2 cm, e adicionadas 2 sementes por furo, totalizando 40 sementes por vaso. Após a emergência ocorreu um desbaste, reduzindo a população para 5 plântulas por vaso. O critério adotado era o vigor e uniformidade destas plântulas.

Quando a planta atingiu 10 cm foi realizada adubação com nitrogênio e potássio nas doses de 100 e 70 mg dm- 3, respectivamente. Os fertilizantes utilizados foram ureia e cloreto de potássio. A uniformização ocorreu quando as plantas atingiram altura adequada de desfolha (50+5 cm) (18). A adubação nitrogenada e potássica foi realizada a partir dos intervalos de adubação de 0, 3, 6 e 9 dias após a desfolha. As doses em cada corte consistiram em 200 e 100 mg dm- 3 de nitrogênio e potássio. No mesmo dia da adubação foi realizada a leitura do índice de clorofila (IC) em quatro folhas por parcela experimental (vaso), utilizando o clorofilômetro Falker ClorofiLOG® 1030. Por meio desta leitura, objetivou-se verificar a ocorrência de clorose nas folhas em virtude do atraso na adubação.

Foram realizados cinco cortes de avaliação, em média a cada 22 dias quando os capins atingiram a altura de 50+5 cm. Ao atingir a altura mencionada, foi realizado a contagem do número de perfilhos (NPERF) e, em seguida, a colheita de forragem. Após o corte, realizou-se a contagem do número de folhas (NFOLHAS) e não foi necessário fazer separação morfológica, pois identificou-se somente a presença de lâminas foliares. As amostras coletadas durante os cortes de avaliação foram acomodadas em estufa de ventilação forçada a 55±5ºC por 72 horas e, posteriormente foram pesadas. Na última avaliação, além da forragem, foi coletada a massa de resíduo e raiz. O resíduo foi coletado rente ao solo, e as raízes foram lavadas com lavadora de alta pressão, passando por três peneiras de 4 mm para garantir a remoção completa do solo e evitar perdas de material. Em seguida, o resíduo e as raízes foram submetidos a secagem em estufa de ventilação forçada e pesados da mesma forma que a forragem. Após a secagem, as raízes foram moídas em moinho de facas, utilizando peneira de 1 mm, para posterior análise dos teores de carboidratos e nitrogênio.

As variáveis avaliadas foram: massa seca de forragem (MSF), massa seca de resíduo (MSRES), massa seca de raízes (MSRAIZ), massa de cada folha (MFOLHA), massa de cada perfilho (MPERF), número de folhas (NFOLHAS), número de perfilhos (NPERF), número de folhas por número de perfilhos (NF:NP), filocrono (FIL) e índice de clorofila.

A massa de cada folha foi determinada pela razão entre a massa total das folhas (MFOLHA) e o número total de folhas (NFOLHAS). O número médio de folhas por perfilho foi estimado por meio da relação entre NFOLHAS e o número de perfilhos (NPERF). O filocrono (FIL), que representa o intervalo de dias entre a emissão de folhas sucessivas, foi calculado com base nas observações do desenvolvimento da planta. Os teores de carboidratos solúveis (CHO's) e amido foram quantificados em amostras moídas do sistema radicular das forrageiras, utilizando o método de Antrona, conforme

descrito por (19; 20). O teor de nitrogênio total da massa seca de raiz foi determinado seguindo (21).

Para análise estatística, os cortes foram admitidos como efeito aleatório. Realizou-se análise de regressão linear e quadrática, a 5% de probabilidade de erro.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O momento de adubação influenciou (P<0,05) a massa seca de forragem (MSF) e a massa de cada perfilho (MPERF) (Tabela 1). Quanto maior o intervalo entre a desfolha e a adubação nitrogenada menor a MSF, visto que houve redução em 27% na massa de forragem, comparando-se a adubação imediatamente a desfolha (dia 0) com a adubação no nono dia (Figura 1). Como não houve alteração no número de folhas e perfilhos, pode-se inferir que a redução na massa de forragem ocorreu pela redução na massa de cada perfilho, que também reduziu em 27% (Figura 1).

Tabela 1 – Características produtivas, estruturais, morfogênicas de *Panicum maximum cv*. Massai adubado em diferentes intervalos após a desfolha.

Variáveis	**Dias após desfolha**				**P-valor**		**CV**
	0	**3**	**6**	**9**	**L**	**Q**	**(%)**
MSF (g vaso^{-1})	12,72	12,04	11,82	9,23	<0,001	0,080	23,60
MSRES (g vaso^{-1})	69,01	65,86	67,40	64,38	0,362	0,982	9,79
MSRAIZ (g vaso^{-1})	12,80	12,92	12,43	12,81	0,932	0,911	20,31
MFOLHA (g folha^{-1})	0,058	0,060	0,062	0,047	0,092	0,025	34,49
MPERF (g perfilho^{-1})	0,083	0,085	0,075	0,061	<0,001	0,080	29,90
NPERF (perfilhos vaso^{-1})	153	143	159	148	0,983	0,939	13,71
NFOLHAS (folhas vaso^{-1})	217	208	204	200	0,279	0,817	27,20
NF:NP (folhas perfilho^{-1})	1,43	1,50	1,33	1,38	0,409	0,850	28,60
FIL² (dias folha^{-1})	14,6	15,5	18,2	16,3	0,126	0,229	35,29
Índice de clorofila	39	36	35	34	0,015	0,457	12,13

MSRES: massa seca de resíduo; MSRAIZ: massa seca de raízes; MSF: massa seca de forragem; NF:NP: número de folha por número de perfilhos; MPERF: massa de cada perfilho; MFOLHA: massa de cada folha; NPERF: número de perfilhos; NFOLHAS: número de folhas; FIL: Filocrono; CV: coeficiente de variação

Resultados semelhantes foram obtidos por (14), ao avaliar o capim BRS Piatã, evidenciando que quanto maior o intervalo entre a desfolha e a adubação, menor a massa de forragem, sendo que neste trabalho houve a redução no número de folhas e perfilhos. Diferente dos dados obtidos por (22) que ao realizar adubação mais tardia no capim BRS Quênia, não verificou alterações nas características da planta, alterações podem ser adaptações nas características morfofisiológicas das gramíneas.

Quando a forrageira é manejada da maneira adequada tem-se como resultado uma elevada massa de forragem com potencial de ser colhida pelos animais, o que reflete na capacidade de suporte das pastagens, definida como o máximo de animais que podem ser mantidos em uma unidade de área, sem causar a degradação (23).

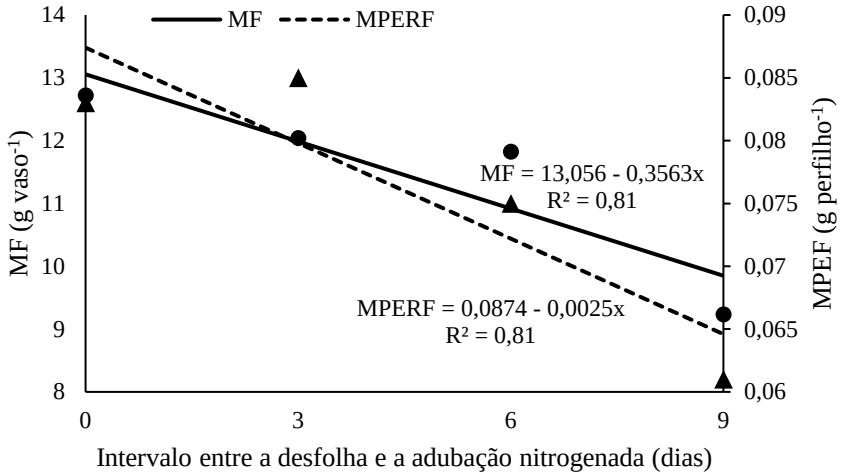


Figura 1. Massa de forragem (MF) e massa de cada perfilho (MPERF) do capim-massai adubado em diferentes momentos após a desfolha.

Não houve efeito do momento de adubação sobre o número de perfilhos (Tabela 1). Enquanto a massa de forragem tem influência na capacidade de suporte, o perfilhamento exerce papel importante para a manutenção do solo coberto, o que pode reduzir e postergar o processo de degradação, que é o principal problema das pastagens brasileiras (24).

O momento de adubação não alterou a massa de raízes (Tabela 1), mas houve redução no teor de carboidratos solúveis (CHOs) nas raízes (Tabela 2). Os CHOs são compostos que estão presentes na base do caule e nas raízes das plantas, sendo os primeiros a serem utilizados em condições de estresse. Estes carboidratos são utilizados na ausência de nitrogênio, ou seja, quando a planta encontra-se em estresse, como por exemplo, após a desfolhação. A redução no teor de CHOs pode ser explicada pela redução de transporte de carboidratos da parte aérea para as raízes, bem como pela utilização de carboidratos para a respiração radicular (25).

Tabela 2 – Teores de nitrogênio, proteína bruta e carboidratos nas raízes do capim Massai 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})	0,44	0,43	0,41	0,39	0,146	0,955	12,52
CHOs (mg g^{-1})	5,28	3,71	3,78	3,41	0,013	0,181	23,40
AMIDO (mg g^{-1})	6,47	7,98	7,53	7,09	0,468	0,038	12,84

CHOs: carboidratos solúveis; NRAIZ: nitrogênio na raiz; L: efeito linear; Q: efeito quadrático; CV: coeficiente de variação

O atraso na adubação nitrogenada proporcionou modificação no teor de amido, pois o maior teor de amido ocorreu 5 dias após a desfolha (Figura 2), com incremento de 22% de amido em relação a adubação imediatamente após a desfolha (dia 0). Os carboidratos produzidos pela fotossíntese podem ser redirecionados para utilização nos tecidos mediante a sua necessidade, sendo na forma solúvel e transportada pelo floema (sacarose) ou no armazenamento de reservas na forma insolúvel (amido) (26).

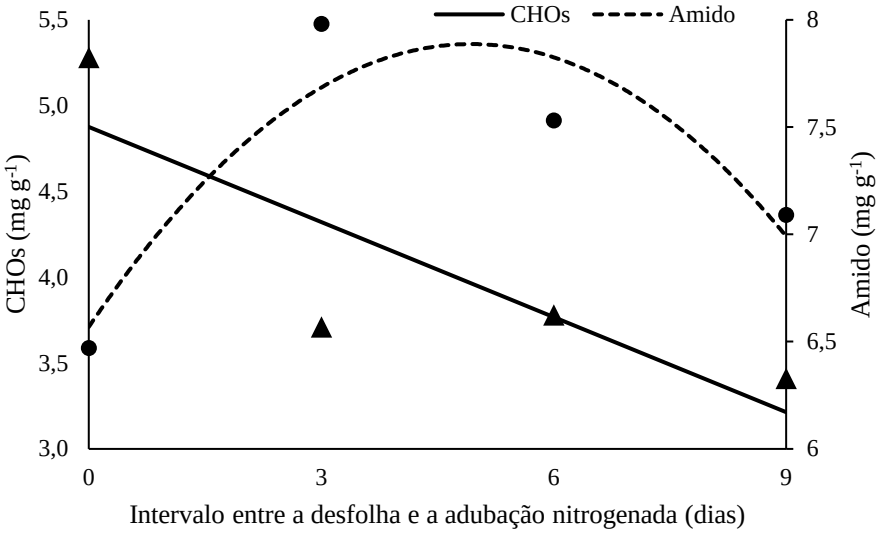


Figura 2. Teor de carboidratos solúveis (CHOs) e amido nas raízes do capim-massai adubado em diferentes momentos após a desfolha.

(27) obteve resultados semelhantes com o capim Piatã, observando que a concentração de amido aumentou, principalmente nos intervalos de 6 e 8 dias após a desfolha. (28), avaliando respostas morfofisiológicas de Brachiaria ao alagamento, observou acúmulo de amido nas gramíneas que passaram pelo fator estresse devido ao alagamento, corroborando com a hipótese de que alguns cultivares podem se adaptar mobilizando rapidamente o amido para ser utilizado nesses períodos.

Embora não tenha sido observado alteração no teor de nitrogênio radicular (Tabela 1), observou-se redução no índice de clorofila, o que demonstra que houve clorose nas folhas do resíduo (Figura 3). O teor de clorofila na folha é utilizado para indicar o nível nutricional de nitrogênio (N) em plantas, pelo fato de a quantidade desse pigmento correlacionar-se positivamente com teor de N na planta (29; 30). Essa relação atribui-se principalmente, ao fato de que 50 a 70 % do N total das folhas são integrantes de enzimas (31) que estão associadas aos cloroplastos (32).

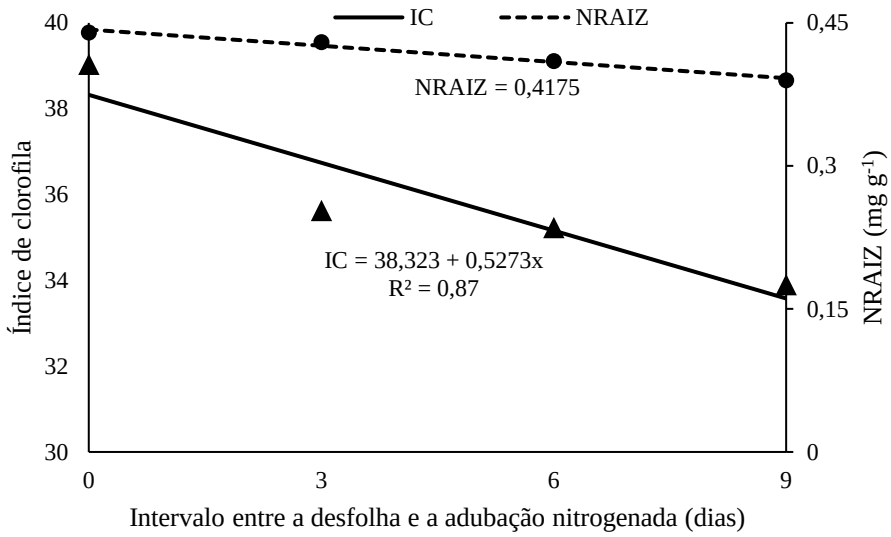


Figura 3. Índice de clorofila (IC) e teor de nitrogênio nas raízes (NRAIZ) do capim-

massai adubado em diferentes momentos após a desfolha.

A ocorrência de clorose nas folhas dos resíduo indica que o capim-massai translocou nitrogênio destas folhas para as novas ~~folhas~~ em desenvolvimento, evidenciando um mecanismo de redistribuição de nutrientes para sustentar o crescimento da planta. Isso sugere que a gramínea não precisou recorrer ao nitrogênio radicular de maneira significativa ou, caso tenha utilizado, foi capaz de restabelecer os níveis adequados a cada ciclo de desfolha. Dessa forma, observa-se que quanto maior o atraso na adubação nitrogenada, maior a redução da massa de forragem, demonstrando a importância de realizar a fertilização o mais próximo possível da desfolha para maximizar a eficiência do aproveitamento do nitrogênio e garantir maior produtividade.

CONCLUSÕES

O atraso na adubação nitrogenada compromete o desenvolvimento e a produtividade do capim-massai, reduzindo significativamente a produção de massa seca de forragem. Os resultados indicam que a fertilização nitrogenada deve ser realizada imediatamente após a desfolha, garantindo melhor aproveitamento do nutriente, manutenção do vigor da planta e maior eficiência produtiva. Essa prática contribui para o manejo sustentável das pastagens, otimizando a utilização do nitrogênio e minimizando possíveis impactos negativos no crescimento da forrageira.

REFERÊNCIAS

1. Pankievicz VCS, Amaral FP, Santos KFDN, et al. Robust biological nitrogen fixation in a model grass–bacterial association. The Plant Journal. 2015; 81:907-919. DOI: 10.1111/tpj.12777.
2. Parreira LHM, Silva LM, Almeida LFM, et al. Efeito da bactéria *Azospirillum brasilense* na adubação química e orgânica em pastagens. Enciclopédia Biosfera. 2015; 11(21):838-850.

3. Lima NRWL, Oliveira AAP, Almeida RSM. Plasticidade fenotípica. Revista Ciência Elementar. 2017; 5:17. DOI: 10.24927/rce2017.017.

4. Galindo FS, Oliveira Júnior AJ, Souza AC, et al. Acúmulo de matéria seca e nutrientes no capim-mombaça em função do manejo da adubação nitrogenada. Revista de Agricultura Neotropical. 2018; 5:1-9.

5. Rosado TL, Gontijo I, Almeida MS de, Andrade FV. Fontes e doses de nitrogênio e alterações nos atributos químicos de um latossolo cultivado com capim-mombaça. Rev Bras Ciênc Solo [Internet]. 2014May;38(3):840–9. Available from: https://doi.org/10.1590/S0100-06832014000300015

6. Homem BGC, Borges LPC, de Lima IBG, Guimarães BC, Spasiani PP, Ferreira IM, Meo-Filho P, Berndt A, Alves BJR, Urquiaga S, et al. Forage Peanut Legume as a Strategy for Improving Beef Production without Increasing Livestock Greenhouse Gas Emissions. Animal. 2024;18:101158. CrossRef

7. Galindo FS, Buzetti S, Filho MCMT, Dupas E, Ludkiewicz MGZ. Application of different nitrogen doses to increase nitrogen efficiency in Mombasa guineagrass (*Panicum maximum* cv. Mombasa) at dry and rainy seasons. Aust J Crop Sci. 2017;11(12):1657-64.

8. Dinâmica de perfilhamento em capim-massai fertilizado com nitrogênio e pastejado por ovinos. Bioscience Journal [Internet]. 2016;32(2):446–54. [Accessed 2025 Mar 19]. Available from: https://doi.org/10.14393/BJ-v32n2a2016-26106

9. Valentim JF, Lima MTS, Tavares R, et al. Capim massai (*Panicum maximum* Jacq.): Nova forrageira para diversificação das pastagens do Acre. Rio Branco: Embrapa Acre, 2001; 16 p. (Embrapa Acre. Circular técnica, 41).

10. Brâncio PA, Euclides VPB, Nascimento Júnior D do, Fonseca DM da, Almeida RG de, Macedo MCM, et al.. Avaliação de três cultivares de Panicum maximum Jacq. sob pastejo: disponibilidade de forragem, altura do resíduo pós-pastejo e participação de folhas, colmos e material morto. R Bras Zootec [Internet]. 2003Jan;32(1):55–63. Available from: https://doi.org/10.1590/S1516-35982003000100007

11. Costa KAP de P, Oliveira IP de, Faquin V. Adubação nitrogenada para pastagens do gênero Brachiaria em solos do Cerrado. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão; 2006. 60 p. (Documentos / Embrapa Arroz e Feijão, ISSN 1678-9644; 192).

12. Fagundes JL, Fonseca DM, Mistura C, Morais RV, Vitor CMT, Gomide JA, et al. Características morfogênicas e estruturais do capim-braquiária em pastagem adubada com nitrogênio avaliadas nas quatro estações do ano. R Bras Zootec. 2006;35(1):21-9.

13. Santos HP dos, Fontaneli RS, Spera ST, Fontaneli RS, Tomm GO. Atributos químicos e físicos de solo sob pastagens perenes de verão. Bragantia [Internet]. 2009;68(4):1037–46. Available from: https://doi.org/10.1590/S0006-87052009000400025

14. Pereira OG, Rovetta R, Ribeiro KG, Santos MER, Fonseca DM da, Cecon PR. Crescimento do capim-tifton 85 sob doses de nitrogênio e alturas de corte. R Bras Zootec [Internet]. 2012Jan;41(1):30–5. Available from: https://doi.org/10.1590/S1516-35982012000100005

15. Sanches AC. Produtividade e valor nutritivo do Capim Tifton 85 e sobressemeado com aveia. [Dissertação de Mestrado]. Dourados-MS: Universidade Federal da Grande Dourados; 2014. 34 f.

16. Silva SC da, Nascimento Júnior D do. Avanços na pesquisa com plantas forrageiras tropicais em pastagens: características morfofisiológicas e manejo do pastejo. R Bras Zootec. 2007;36(supl esp):121-38.

17. Benites VM, Carvalho MCS, Resende AV, Polidoro JC, Bernardi ACC, Oliveira FA de. O potássio, o cálcio e o magnésio na agricultura brasileira. In: Prochnow LI, Casarin V, Stipp SR, editors. *Boas práticas para uso eficiente de fertilizantes.* IPNI; 2010. p. 137-19.

18. Viana MCM, Freire FM, Ferreira JJ, Macêdo GAR, Cantarutti RB, Mascarenhas MHT. Adubação nitrogenada na produção e composição química do capimbraquiária sob pastejo rotacionado. R Bras Zootec [Internet]. 2011Jul;40(7):1497–503. Available from: https://doi.org/10.1590/S1516-35982011000700014

19. Mello JCA, Villas Bôas RL, Lima EV, Crusciol CAC, Büll LT. Alterações nos atributos químicos de um Latossolo Distroférrico decorrentes da granulometria e doses de calcário em sistemas plantio direto e convencional. R Bras Ci Solo. 2003;27:553-61.

20. Gomes FT, Borges AC, Neves JCL, Fontes PCR. Influência de doses de calcário com diferentes relações cálcio: magnésio na produção de matéria seca e na composição mineral da alfafa. Pesq agropec bras [Internet]. 2002Dec;37(12):1779–86. Available from: https://doi.org/10.1590/S0100-204X2002001200015

21. Ramos N, Herrera RS, Curbelo F. Edad de rebrote y niveles de nitrógeno en pasto estrella (Cynodon nlenfuensis). 1. Componentes del rendimiento y eficiencia de utilización del nitrógeno. Rev Cubana Cienc Agric. 1982;16(3):305-12.

22. Souza EM de, Isepon OJ, Alves JB, Bastos JFP, Lima RC. Efeitos da irrigação e adubação nitrogenada sobre a massa de forragem de cultivares de *Panicum maximum* Jacq. R Bras Zootec. 2005;34(4):1146-55.

23. Oliveira MA, Pereira OG, Huaman CAM, et al. Características morfogênicas e estruturais do capim-bermuda 'Tifton 85' *(*Cynodon spp.) em diferentes idades de rebrota. ** R Bras Zootec. 2000;29(6 Supl 1):1939-48.

24. Ugalde ED, Balardin RS, Magalhães JR, Reis EM. Efeito de fontes e doses de nitrogênio na reação da cultivar de trigo BR 14 à Septoria nodorum. Cienc Rural [Internet]. 1993 Jan;23(1):11-4. Available from: https://doi.org/10.1590/S0103-84781993000100003

25. Lopes R dos S, Fonseca DM da, Oliveira RA de, Andrade AC, Nascimento Júnior D do, Mascarenhas AG. Efeito da irrigação e adubação na disponibilidade e composição bromatológica da massa seca de lâminas foliares de capim-elefante. R Bras Zootec [Internet]. 2005Jan;34(1):20–9. Available from: https://doi.org/10.1590/S1516-35982005000100003

26. Guimarães Júnior MPA, Santos AC dos, Araújo A dos S, Oliveira LBT de, Rodrigues MOD, Martins AD. Relação Ca: Mg do corretivo da acidez do solo e as características agronômicas de plantas forrageiras. Rev bras saúde prod anim [Internet]. 2013Jul;14(3):460–71. Available from: https://www.scielo.br/j/rbspa/a/GM8RdcSVRBqpzNPTvSD3hVt/

27. Braga GJ, Luz PHC, Herling VR, Lima CG de. Resposta do capim-Mombaça a doses de nitrogênio e a intervalos de corte. Acta Sci Anim Sci. 2008;26(1):123-8. Available from: https://doi.org/10.4025/actascianimsci.v26i1.1970

28. Rodrigues da Silva P. O efeito da adubação nitrogenada na recuperação das pastagens de capim Marandu degradadas. [Trabalho de Conclusão de Curso]. Rondonópolis (MT): Universidade Federal de Mato Grosso, Instituto de Ciências Agrárias e Tecnológicas; 2020. 28 f.

29. Costa AV, Parreira LA, Profeti LPR, Campos OS, eds. Tópicos especiais em agroquímica I. Vitória, ES: UFES; 2021. [eBook]. ISBN 978-65-88171-02-8.

30. Sousa KT de, Deniz M, Hötzel MJ, Dittrich JR. Sistema silvipastoril: alternativa sustentável para melhorar a qualidade ambiental das fazendas leiteiras. Curitiba, PR: Ed. dos Autores; 2022. [eBook]. ISBN 978-65-00-53736-9.

31. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. Manual de calagem e adubação para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina. [s.l.]: Comissão de Química e Fertilidade do Solo - RS/SC; 2016. 376 p. ISBN: 978-85-66301-80-9.

32. Dias-Filho MB, Lopes MJS. Fertilidade do solo em pastagem: como construir e monitorar. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental; 2021. 24 p. (Documentos / Embrapa Amazônia Oriental, ISSN 1983-0513; 460).

Capítulo 07

DOI: 10.53934/agronfy-2025-05-07

UTILIZAÇÃO DE ADITIVOS EM DIETAS DE BOVINOS DE CORTE COMO ESTRATÉGIA PARA MITIGAÇÃO DE GASES DO EFEITO ESTUFA

Danilo Pereira da Silva [1*]**; Mikaeli Alyssa Santos da Silva** [2]

**Autor correspondente (Corresponding author) – Email:dp.silva@unesp.br*

[1] Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia – FMVZ – UNESP Botucatu
[2]Departamento de Produção Animal, Faculdade de Ciências Agrárias e Tecnológicas (FCAT), Universidade Estadual Paulista (Unesp), Câmpus de Dracena

Resumo: A questão ambiental atualmente está sendo amplamente discutida, e um dos principais problemas, que é constantemente pontuado, é a emissão de gases de efeito estufa, pois a crescente demanda por alimento nos próximos anos força o agronegócio a traçar estratégias dentro das cadeias produtivas para suprir a demanda de alimento para a humanidade, sem prejudicar o meio ambiente. Atualmente a bovinocultura de corte contribui para o efeito estufa com a emissão de três gases, o metano (CH4), o óxido nitroso (NO2) e o dióxido de carbono (CO2). Pensando nisso a produção animal em um todo vem buscando alternativas para lidar com esse problema, por meios de técnicas de conservação do solo, adubações de precisão, manejo correto de dejetos, integrações com a agricultura e floresta, reformas de pastagens e utilização de aditivos alimentares, tudo em função da mitigação desses gases. Diante deste contexto está revisão tem como objetivo apresentar os principais aditivos alimentares utilizados na bovinocultura de corte como forma de diminuir a produção de gases do efeito estufa.

Palavras–chave: Bovinocultura de Corte; Efeito Estufa; Gases

INTRODUÇÃO

O Brasil possui o maior rebanho comercial de bovinos do mundo, com aproximadamente 214 milhões de animais, distribuídos em 162 milhões de hectares, uma vez que 44,23 milhões de cabeças em 2018 foram destinadas ao abate, elucidando o grande potencial da bovinocultura no Brasil. Todavia, a pecuária é a atividade que mais usa os recursos naturais do planeta, aliando ao fato de que a taxa de desfrute não é tão alta quando comparada a outros países como Estados Unidos e Austrália (1). A participação brasileira no comércio internacional vem crescendo, com destaque para a produção de carne bovina. Atualmente é o segundo maior produtor, ficando atrás somente dos EUA, sendo líder na exportação de carne bovina (2).

Com o segundo maior rebanho bovino efetivo mundial, perdendo apenas para o país Indiano (3), o rebanho bovino brasileiro é composto por 80% de animais das raças

Zebuínas (*Bos Indicus*), dentre esses 90% são da raça Nelore. Esses animais têm como característica a alta rusticidade e boa adaptação ao clima brasileiro, ocupando todo o território nacional (1).

A produção animal brasileira sempre teve como alicerce a produção de carne bovina, em diferentes sistemas de produção e exatamente por tal importância, a bovinocultura de corte brasileira é extremamente dinâmica (4). Diante deste contexto, existem basicamente três tipos de sistemas de produção de carne bovina: extensivo, semi-intensivo e o intensivo.

De acordo com dados oficiais da Organização das Nações Unidas, a população mundial, hoje estimada em 7,4 bilhões, chegará à metade do século atingindo cerca de 9,8 bilhões de pessoas (5). Para atender a esse crescimento a FAO (Food and Agriculture Organization) calcula que a produção de alimentos deverá crescer 70%, aumentando a demanda por carne de 200 milhões para 470 milhões de toneladas ao ano.

Este fato confere a pecuária mundial um grande desafio em termos de produtividade já que a dificuldade de incorporação de novas áreas pela agropecuária e as crescentes preocupações relacionadas ao meio ambiente, principalmente ao aquecimento global, geram a necessidade de produzir mais consumindo menos recursos ambientais e consequentemente poluindo menos também (6).

Dentre os vários gases do efeito estufa, a agropecuária contribui de forma significativa com a emissão de três deles: metano (CH4), dióxido de carbono (CO2) e óxido nitroso (NO2). O gás metano apresenta potencial de aquecimento global 25 vezes maior que o CO2 e tempo de vida na atmosfera de 9 a 15 anos, sendo sua taxa de crescimento anual de 7,0% (IPCC, 2006). A produção de metano resulta da fermentação anaeróbica da matéria orgânica em ambientes alagados, campos de arroz cultivados por irrigação de inundação, fermentação entérica, tratamento anaeróbico de resíduos animais e queima de biomassa. (7).

Uma estratégia de mitigação de metano entérico é a utilização de aditivos. A manipulação do ecossistema ruminal está sendo bastante utilizada por nutricionistas, visando aumentar a conversão alimentar e o desempenho dos animais. No passado, as pesquisas focaram o uso de antimicrobianos como, por exemplo, a monensina. Entretanto, a crescente pressão da sociedade contra a utilização desse tipo de aditivo na alimentação animal tem incentivado a busca por métodos alternativos (7).

O Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), por meio da Instrução Normativa 15/2009, define aditivos como substâncias intencionalmente adicionadas ao alimento com a finalidade de conservar, intensificar ou modificar as suas propriedades químicas, desde que não prejudique o valor nutritivo (8). De maneira concisa, o uso de aditivos tem como princípio melhorar a eficiência dos alimentos, estimular o crescimento ou beneficiar a saúde e o metabolismo dos animais (9). Esta revisão teve como objetivo descrever as principais formas de utilização de aditivos em dietas de bovinos de corte como estratégia para mitigar a emissão de gases de efeito estufa.

REVISÃO DE LITERATURA

Bovinocultura de Corte

A pecuária nacional, nas últimas décadas, vem apresentando constantes taxas de crescimento, em termos de produção, exportação e consumo. O Brasil possui um mercado

interno potencial para o consumo de alimentos, principalmente, para a carne bovina. Sua demanda está ligada a vários fatores, como preços, qualidade, aspectos nutricionais, preferência, gosto e, principalmente, a restrição orçamentária, ou seja, a renda (10).

Segundo Zucchi e Caixeta-Filho (2010),(11) entre os diferenciais competitivos que o Brasil possui frente aos seus principais países concorrentes, destacam-se: a grande extensão de terras, que permite ganho em escala e expansão da atividade pecuária, a genética bovina melhorada e adaptada ao meio ambiente, a tecnologia necessária para aumentar os índices de produtividade e, principalmente, as condições climáticas favoráveis à produção pecuária de baixo custo e ambientalmente correta.

É necessário destacar que apesar da importância desta atividade para a economia nacional, a pecuária bovina de corte gera impactos ambientais negativos quando praticada de maneira extensiva ou muito intensiva e estes necessitam ser evitados (12).

Aditivos

É considerado aditivo alimentar toda substância química ou biológica, capaz de causar interferências benéficas nos padrões de fermentação do rúmen-retículo em ruminantes, melhorando a eficiência de utilização das dietas. Além da manutenção da saúde intestinal, ajudando na absorção dos nutrientes ingeridos e/ou produzidos do rúmen. Sendo utilizados a fim de melhorar os índices de desempenho de sistemas produtivos de caráter intensivo em pastagem uma vez que aumentam a digestibilidade da forragem ingerida, tornando este efeito mais expressivo quando a qualidade da mesma estiver comprometida, ou seja, período da seca, bem como seu uso em sistema de confinamento (13).

O uso de aditivos tem sido associado à suplementação da dieta de bovinos em pastagem ou confinados, com a intenção de melhorar o desempenho produtivo. Em busca de novas descobertas e novas moléculas que apresentem respostas a maximização da produção a indústria de alimentação animal tem investido muito em pesquisas. No Brasil, o MAPA autoriza na composição de pré-misturas e rações o uso simultâneo de apenas um aditivo antimicrobiano e um aditivo anticoccidiano, não podendo ser utilizado dois promotores de crescimento ao mesmo tempo (14).

Tais substâncias podem ser classificados em: tecnológicos (conservantes, antioxidantes, emulsificantes, estabilizantes, espessantes, gelificantes, anti-aglomerantes, reguladores de acidez), sensoriais (corantes, aromatizantes, palatabilizantes), nutricionais (vitaminas, aminoácidos, elementos traços, fontes energéticas purificadas), zootécnicos (enzimas, ácidos orgânicos, modificadores da flora intestinal, oligossacarídeos, promotores de crescimento, ervas, extratos vegetais e óleos funcionais) anticoccidianos e os beta-agonistas (15).

Ionóforos

São vários os ionóforos que podem ser usados em dieta de ruminantes. No Brasil, apenas três são registrados no Ministério da Agricultura e Abastecimento (MAPA), são eles: Lasalocida, Monensina Sódica e a Salinomicina Sódica. O modo de ação dos ionóforos baseia-se na alteração do movimento de íons através da membrana celular. As bactérias gram-negativas apresentam via extra de produção de energia na própria membrana celular, o que as diferem das gram-positivas, as quais conseguem apenas produzir energia pela entrada e saída de íon H+ da célula (16).

As bactérias gram-positivas são as afetadas pela presença do ionóforos, visto que são menos eficientes na geração de energia, desse modo acabam reduzindo sua população. As bactérias gram-negativas passam a predominar no rúmen com o uso de ionóforos. As bactérias gram-positivas são as produtoras de acetato, butirato, H2 e formato, enquanto as gram-negativas produzem succinato e propionato. As bactérias metanogênicas, indiretamente são afetadas pelo ionóforos, uma vez que passa a haver maior uso de H2 pelas gram-negativas para produção de propionato (16).

Os efeitos provocados pelo uso de ionóforos são:

- Aumento da produção de propionato;
- Redução da produção de acetato;
- Aumento da relação propionato/acetato;
- Redução da produção de metano;
- Redução da degradação proteica no rúmen;
- Melhor aproveitamento da proteína no intestino;
- Redução do "*turnover*" ruminal;
- Redução da produção de lactato;
- pH ruminal mais elevado;
- Em dietas de alto grão, redução de consumo;
- Em dietas de baixo grão, aumento de consumo ou não alteração;
- Diminuição da concentração ruminal de amônia;

Tabela 1. Efeitos observados sobre a produção de CH4 por diversos autores de acordo com as quantidades de monensina fornecidas.

Quantidade adicionada	Efeito sobre a produção de CH4	Referências
5 g/dia	0%	Rivera (2006)
33 mg/kg MS	- 30%	Guan et al. (2006)
15 mg/kg MS	0%	Beauchemin et al. (2008)
20 mg/kg MS	- 26%	Garcia (2013)
300 mg/dia	-10,7%	Perna Jr. (2013)
600 mg/dia	-16%	Benetel (2014)
300 mg/dia	-24,3%	Vásquez (2015)

Fonte: Adaptado Gonçalvez, (2016)

Probióticos e Leveduras

Os probióticos utilizados para ruminantes são alternativas de substituição por aditivos químicos, pois são considerados suplementos alimentares compostos de culturas puras ou composta de microrganismos vivos com a capacidade de se instalar e proliferar no trato ruminal e intestinal do hospedeiro, beneficiando a saúde do mesmo (16). Segundo Arcuri et al. (2006)(17), os prováveis mecanismos de ação dos probióticos no ambiente ruminal são: alteração no número de bactérias ruminais, nas condições de anaerobiose do rúmen, no pH ruminal e na digestibilidade da fibra.

As leveduras são fungos unicelulares, especialmente do gênero *Saccharomyces*, e têm sido utilizadas como probióticos em dietas de ruminantes. As alterações associadas

à utilização das leveduras incluem aumento da concentração de ácidos graxos voláteis (AGVs) e proporção molar de propionato, decréscimo da concentração de ácido lático no líquido ruminal, e menor variação pós-refeições no pH e amônia ruminal (18).

A utilização de leveduras como estratégia de mitigação da emissão de metano entérico não tem sido extensivamente pesquisada. Os poucos trabalhos disponíveis na literatura focam outros efeitos não relacionados à metanogênese e os resultados descritos são contraditórios, com aumento, redução ou ausência de alterações sobre a emissão de metano (19). As leveduras apresentam grande diversidade funcional e metabólica e algumas cepas são capazes de reduzir a produção de metano *in vitro* (20).

Ácidos Orgânicos

Os ácidos orgânicos (malato e fumarato) representam alternativa ao uso de antimicrobianos como aditivos na alimentação de ruminantes. Essas substâncias podem estimular a captação de lactato pelas bactérias *Selenomonas ruminatium* (21) e atuar como tampões, prevenindo quadros de acidose ruminal em dietas ricas em concentrados energéticos. Além disso, o suprimento de ácidos orgânicos, precursores diretos de propionato, tem demonstrado efeito positivo na redução da metanogênese, sendo o efeito dose-dependente (22).

A metanogênese pode ser reduzida pelo aumento da utilização do H2 e formato por outros microrganismos que não os metanogênicos. O efeito dos ácidos orgânicos como inibidores da emissão de metano deve-se à redução da disponibilidade de H2 no rúmen por atuarem como seus receptores para formação de succinato. *Fibrobacter succinogenes*, *S. ruminantium* (*ruminantium*), *S. ruminantium* (*lactilytica*), *Veillonella parvula* e *Wolinella succinogenes* são microrganismos utilizadores de fumarato, competindo com os metanogênicos pelo uso do H2 (23).

Extratos de Plantas

Há crescente interesse na utilização de compostos secundários de plantas como estratégia de mitigação do metano, por representar alternativa natural à utilização de aditivos químicos. Várias plantas contêm compostos secundários que as protegem do ataque de fungos, bactérias, insetos e herbívoros. O efeito dessas moléculas sobre a metanogênese ruminal é altamente variável. A maioria dos trabalhos aborda o uso de taninos, saponinas e óleos essenciais. Quando elevados níveis dessas substâncias são ingeridos podem ocorrer efeitos adversos sobre o desempenho e saúde do animal, mas, em baixas concentrações, são capazes de melhorar o processo fermentativo no rúmen (18; 24).

Taninos

Os taninos são substâncias polifenólicas com variados pesos moleculares e complexidade, sendo classificados em hidrolisáveis e condensados. A atividade anti-metanogênica dos taninos presentes nas plantas tem sido atribuída, principalmente, ao grupo de taninos condensados. Taninos hidrolisáveis, embora também afetem a metanogênese, são considerados mais tóxicos para os animais (25).

Os taninos formam complexos, principalmente, com proteínas e, em menor grau, com íons metálicos, aminoácidos e polissacarídeos, reduzindo a digestibilidade destes.

Entretanto, a presença de baixas concentrações de taninos na dieta podem ser utilizada como potencial modulador da fermentação ruminal (18). A ação dos taninos condensados na metanogênese pode ser atribuída a um efeito indireto, pela redução na produção de H2, como consequência da redução na digestibilidade da fibra, e por efeito inibitório direto na população metanogênica (26).

Saponinas

Saponinas são glicosídeos encontrados em muitas plantas, como *Brachiaria decumbens* e *Medicago sativa* (alfafa) e apresentam efeito direto sobre os microrganismos ruminais. As saponinas reduzem a degradação de proteínas e, ao mesmo tempo, favorecem a síntese de proteína e biomassa microbiana, dois processos que resultam em menor disponibilidade de H2 para a metanogênese (27). Mas o principal mecanismo de ação anti-metanogênica das saponinas está relacionado ao efeito toxico sobre protozoários ciliados. As saponinas emulsificam os lipídeos da membrana celular dos protozoários, causando mudanças na sua permeabilidade, e morte da célula (28)

Óleos Essenciais

Os óleos essenciais são de uma maneira geral, uma mistura muito complexa de hidrocarbonetos, alcoóis e aromáticos, encontrados em todos tecido vivo de plantas em geral concentrados na casca, nas flores, nas folhas, nos rizomas e nas sementes (29) As pesquisas conduzidas até o momento indicam a possibilidade da utilização de óleos essenciais para manipulação da fermentação ruminal. Muitas moléculas biologicamente ativas presentes nos óleos essenciais apresentam propriedades antimicrobianas, atuando sobre bactérias Gram-positivas e Gram-negativas.

Hristov et al (2009)(30), ao avaliarem o efeito da inclusão de ácido láurico e óleo de coco avaliaram o efeito dos tratamentos sobre a produção de metano (grama/hora) e verificaram que o óleo de coco foi efetivo em deprimir a produção deste gás, não havendo diferença entre o grupo controle e o suplementado com ácido láurico, que produziram quantidades bastante superiores de metano. Segundo os autores, o ácido mirístico parece potencializar o efeito mitigador da produção de metano do ácido láurico.

Patra, Kamra e Agarwal (2010)(31) também avaliaram *in vitro* o efeito de alguns extratos naturais sobre a metanogênese usando as seguintes plantas: cravo-da-índia, erva-doce, cebola, alho e gengibre. Os autores verificaram que os extratos obtidos a partir de erva-doce, cravo e alho, na dose de 0,5 mL, inibiram a produção de metano.

Busquet et al. (2005)(32) avaliaram os efeitos do óleo essencial obtido do alho e de quatro de seus componentes (diallyl sulfeto, diallyl disulfeto, allyl mercaptan e allicin) sobre a fermentação ruminal *in vitro*. A produção de metano após 17 h de fermentação foi significativamente reduzida pelo óleo essencial de alho, allyl mercaptan e diallyl disulfeto.

Por outro lado, McAllister et al (2008)(33), utilizando allicin disponível no mercado. Nos níveis de inclusão de 0; 2 e 20 μg/mL, o allicin na proporção de 0,2 μg/mL não obteve efeito na mitigação do metano, entretanto, em concentração de 20 μg/mL, a produção de metano foi significativamente reduzida.

Tabela 2. Efeitos observados sobre a produção de CH4 por diversos autores com relação à quantidade de óleos essenciais fornecido.

Quantidade Adicionada	Efeito sobre a Produção de CH4	Referências
1 g/dia(*blend*)	0%	Beau Chemin & McGinn (2006)
0,3 – 0,6 mL/L (alho)	-66,2%; -77,5%	Souza (2014)
0,3 - 0,6 mL/L (canela)	-55%; -80,9%	Souza (2014)
0,3 – 0,6 mL/L (orégano)	-81,3%; -94,8%	Souza (2014)
300 – 600 mg/L (resveratrol)	-37,7%; -79,57%	Souza (2014)
300 – 600 mg/L (timol)	-76,66%; -92,25%	Souza (2014)
300 – 500 mg/kg (*blend*)	0%	Chagas (2015)

Fonte: Adaptado Gonçalvez, (2016)

Sais de Nitrato ou Sulfato

O uso do nitrato como alternativa de utilização do H2 tem sido mal visto devido aos possíveis efeitos tóxicos do nitrito, composto intermediário formado na redução do nitrato á amônia. A redução de nitrato a nitrito (ΔGT = -130 kJ/mol de H2) e subsequente redução do nitrito. A redução de nitrato a nitrito (ΔGT = -130 kJ/mol de H2) e subsequente redução do nitrito a amônia (ΔGT = - 124 kJ/mol de H2) libera mais energia do que a redução do CO2 a CH4 (ΔGT = - 16,9 kJ/mol de H2) (34). Esse processo poderia ser a principal rota de eliminação do H2 se suficiente quantidade de nitrato estivesse disponível no ecossistema ruminal ativo. A redução de nitrato á amônia consome oito elétrons á cada mol de nitrato reduzido, podendo então diminuir a produção de metano em 1 mol. A amônia produzida estaria disponível para processos anabólicos e seria importante fonte de N fermentável em dietas deficientes em proteína bruta (35).

Em animais não adaptados o uso de nitrato na dieta, reduz a capacidade dos microrganismos ruminais converter nitrato a nitrito. Esse composto é então absorvido pelo epitélio ruminal e converte a hemoglobina sanguínea da forma ferrosa (Fe2+) para a férrica (Fe3+), tornando a molécula incapaz de transportar O2 para os tecidos (metahemoglobinemia). A condição resultante é um estado geral de anoxia, que pode reduzir o desempenho animal e, nos casos mais severos, ser fatal (36).

Vacinação Contra Bactérias Metanogênicas

A vacinação contra metanogênicas ruminais tem o potencial de reduzir emissões de metano por meio do decréscimo do número ou da atividade desses microrganismos no rúmen. A eficácia da vacinação depende da ligação de anticorpos salivares à superfície das metanogênicas, o que resulta em inativação ou remoção das mesmas do rúmen. Portanto, o alvo primário da vacina é provavelmente proteínas de superfície ou aquelas associadas à membrana, presentes universalmente nas metanogênicas (37).

Cook et al. (2008)(38), utilizaram a técnica de imunização passiva, utilizando gema de ovo de galinha como fonte rápida, econômica e não invasiva de produção de anticorpos (IgY), a partir de preparados de células íntegras de três cepas de metanogênicas

ruminais. Os autores observaram que a adição de elevados níveis de anticorpos aviários (IgY) reduziu a produção de metano em culturas de líquido ruminal *in vitro*.

Grande parte das metanogênicas ruminais não podem ser cultivadas em laboratório (39) e, portanto, é possível que essas cepas não-cultiváveis cresçam para substituir as metanogênicas, contra as quais os anticorpos têm sido gerados (33). Desta forma Wright et al (2004)(39), afirma que será um desafio desenvolver vacinas de amplo espectro contra metanogênicas, que sejam efetivas em diferentes condições de produção animal e em regiões geograficamente distintas.

CONCLUSÕES

A utilização de aditivos para a mitigação de gases produtores do efeito estufa dentro da bovinocultura de corte será com certeza a chave para alavancar muito mais a produção e exportação de carne bovina, em uma visão geral frente ao mundo será uma forma de produzir dentro dos princípios da sustentabilidade, economicamente viável, ecologicamente correto e socialmente justo. Simplesmente por meio da utilização de produtos que de maneira alguma altera as qualidades nutricionais da carne, trazendo somente benefícios ao bom desenvolvimento do animal e do meio ambiente.

REFERÊNCIAS

1. ABIEC - Associação Brasileira das Indústrias Exportadoras de Carne. Estatística. **Balanço da pecuária.** 2018.

2. WEDEKIN, I. **Economia da pecuária de corte**: fundamentos e ciclo de preços. Ivan Wedekin, São Paulo: Wedekin Consultores, 2017. 180p

3. BRASIL. Portal Brasil (2017). **Economia e Emprego**. Disponível em: . Acesso em: 19 Ago. 2019.

4. USDA. **Sunflowerseed**. Disponível em: https://www.ers.usda.gov/topics/animal-products/cattle-beef/ /. Acesso em: 19 Ago, 2019

5. GLOBO, O. População Mundial vai crescer 53% e chegar a 11, 2 bilhões em 2100, diz relatório da ONU. 2017. Disponível em:< https://oglobo.globo.com/sociedade/sustentabilidade/populacao-mundial-vai-crescer-53-chegar-112-bilhoes-em-2100-diz-relatorio-da-onu-17003177> Acesso em: 21 Ago. 2019

6. CHIZZOTI, M.L.; LADEIRA, M.M. & NETO, O.R.M. Mitigação dos gases de efeito estufa na pecuária de corte. URL 2012. Acesso em: 13 Ago. 2019

7. MACHADO, C. R. **Biodigestão anaeróbia de dejetos de bovinos leiteiros submetidos a diferentes tempos de exposição ao ar.** 2011.

8. LANNA, D. P. D.; MEDEIROS, S. R. Uso de aditivos na bovinocultura de corte. **SANTOS, FAP; MOURA, JC; FARIA, VP Requisitos de qualidade na bovinocultura de corte. Piracicaba: Fealq,** p. 297-324, 2007. MARTIN, S. A.;

PARK, C.M. Effect of extracellular hydrogen on organic acid utilization by the ruminal bacterium Selenomonas ruminantium. Current microbiology, v. 32, n. 6, p. 327-331, 1996.

9. REIS, R. A. et al. Semiconfinamento para produção intensiva de bovinos de corte. **SIMPÓSIO MATOGROSSENSE DE BOVINOCULTURA DE CORTE, Anais... Cuiabá**, p. 195-224, 2011.

10. ZEN, S.; MENEZES, S. M; CARVALHO, T. B. **Perspectivas de consumo de carne bovina no Brasil.** 2008.

11. ZUCCHI, J. D.; CAIXETA-FILHO, J. V. Panorama dos principais elos da cadeia agroindustrial da carne bovina brasileira. **Informações Econômicas**, v. 40, n. 1, p. 18-33, 2010.

12. AMARAL, G. F. et al. Panorama da pecuária sustentável. **BNDES Setorial, n. 36, set. 2012, p. 249-288**, 2012.

13. PRADO, T. A. O uso de aditivos, de uréia e outras fontes de NNP para Ruminantes. Curso de Pós-graduação lato sensu em Nutrição e Alimentação de Ruminantes, Módulo 9. Uberaba: FAZU, 2009. 59p.

14. MDIC - MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO, INDÚSTRIA E COMÉRCIO EXTERIOR. **Estudo de Viabilidade Técnica e Econômica destinado à Implantação do Parque Produtivo Nacional de Aditivos da Indústria de Alimentação de Animais de Produção.** 2012. p. 226

15. SINDIRAÇÕES. **Compêndio Brasileiro de Alimentação Animal**: Guia de aditivos. 2009. p. 66.

16. GRAMINHA, C. V. et al. Aditivos na Produção de Bovinos Confinados, v. 20, p. 2015, 2014.

17. ARCURI, P. B. et al. Utilização de probióticos e prebióticos em rações de bovinos. **Minerais e aditivos para bovinos, Anais do**, v. 8, p. 293-320, 2006.

18. MORAIS, J. et al. **Nutrição de ruminantes**. Jaboticabal: FUNEP, 2006. p. 111-140.

19. CHAUCHEYRAS-DURAND, F.; WALKER, N. D.; BACH, A. Effects of active dry yeasts on the rumen microbial ecosystem: Past, present and future. **Animal Feed Science and Technology,** v. 145, n. 1-4, p. 5-26, 2008. Disponível em: Acesso em: 20 Ago. 2019.

20. NEWBOLD, C. J.; RODE, L. M. Dietary additives to control methanogenesis in the rumen. In: **International congress series.** Elsevier, 2006. p. 138-147.

21. MARTIN, S. A.; PARK, C.M. Effect of extracellular hydrogen on organic acid utilization by the ruminal bacterium Selenomonas ruminantium. **Current microbiology**, v. 32, n. 6, p. 327-331, 1996.

22. ASANUMA, N.; IWAMOTO, M.; HINO, T. Effect of the addition of fumarate on methane production by ruminal microorganisms in vitro. **Journal of Dairy Science**, v. 82, n. 4, p. 780-787, 1999.

23. CASTILLO, C. et al. Organic acids as a substitute for monensin in diets for beef cattle. **Animal Feed Science and Technology**, v. 115, n. 1-2, p. 101-116, 2004.

24. BEAUCHEMIN, K. A. et al. Nutritional management for enteric methane abatement: a review. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, v. 48, n. 2, p. 21-27, 2008.

25. FIELD, J. A.; KORTEKAAS, S.; LETTINGA, G. The tannin theory of methanogenic toxicity. **Biological Wastes,** v. 29, n. 4, p. 241-262, 1989.

26. WOODWARD, S. L. et al. Early indications that feeding Lotus will reduce methane emissions from ruminants. In: **Proceedings-New Zealand Society of Animal Production.** New Zealand Society of Animal Production; 1999, 2001. p. 23-26.

27. MARTIN, C.; MORGAVI, D. P.; DOREAU, Michel. Methane mitigation in ruminants: from microbe to the farm scale. **Animal,** v. 4, n. 3, p. 351-365, 2010.

28. WALLACE, R. J.; CZERKAWSKI, J. W.; BRECKENRIDGE, Grace. Effect of monensin on the fermentation of basal rations in the rumen simulation technique (Rusitec). **British Journal of Nutrition**, v. 46, n. 1, p. 131-148, 1981.

29. ARAÚJO, J. M. A. Química de Alimentos–Teoria e Prática–Óleos Essenciais. **Ed. Viçosa, MG: Impr. Univ. UFV,** 1995.

30. HRISTOV, A. N. et al. Effect of lauric acid and coconut oil on ruminal fermentation, digestion, ammonia losses from manure, and milk fatty acid composition in lactating cows. **Journal of Dairy Science,** v. 92, n. 11, p. 5561- 5582, 2009.

31. PATRA, A. K; KAMRA, D. N; AGARWAL, N. Effects of extracts of spices on rumen methanogenesis, enzyme activities and fermentation of feeds in vitro.

32. **Journal of the Science of Food and Agriculture,** v. 90, n. 3, p. 511-520, 2010.

33. BUSQUET, M. et al. Effects of cinnamaldehyde and garlic oil on rumen microbial fermentation in a dual flow continuous culture. Journal of Dairy Science, v. 88, n. 7, p. 2508-2516,2005.

34. MCALLISTER, T. A.; NEWBOLD, C. J. Redirecting rumen fermentation to reduce methanogenesis. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, v. 48, n. 2, p. 7-13, 2008.

35. UNGERFELD, E. M.; KOHN, R. A. The role of thermodynamics in the control of ruminal fermentation. **Ruminant physiology: digestion, metabolism and impact of nutrition on gene expression, immunology and stress**, p. 55-85, 2006.

36. VAN ZIJDERVELD, S. M. et al. Nitrate and sulfate: Effective alternative hydrogen sinks for mitigation of ruminal methane production in sheep. **Journal of Dairy Science**, v. 93, n. 12, p. 5856-5866, 2010.

37. OZMEN, Ozlem et al. Pathological and toxicological investigations of chronic nitrate poisoning in cattle. **Toxicological & Environmental Chemistry**, v. 87, n. 1, p. 99-106, 2005.

38. BUDDLE, Bryce M. et al. Strategies to reduce methane emissions from farmed ruminants grazing on pasture. **The Veterinary Journal,** v. 188, n. 1, p. 11-17, 2011.

39. COOK, S. R. et al. Avian (IgY) anti-methanogen antibodies for reducing ruminal methane production: in vitro assessment of their effects. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, v. 48, n. 2, p. 260-264, 2008.

40. WRIGHT, A. D. G. et al. Reducing methane emissions in sheep by immunization against rumen methanogens. **Vaccine**, v. 22, n. 29-30, p. 3976-3985, 2004.

Capítulo 08

DOI: 10.53934/agronfy-2025-05-08

DETERMINAÇÃO DAS PROPRIEDADES FÍSICAS DA FARINHA DA CASCA DE BATATA DOCE VARIEDADE ROXA

Patrícia Maria de Araújo Gomes*

**Docente do Departamento de Ciências Agrárias e Ambientais/CCAA/Campus II/UEPB*
**Autor correspondente - Email: patriciagomes@servidor.uepb.edu.br*

RESUMO: A batata doce (*Ipomea batatas L.*) é uma hortaliça tuberosa muito popular e cultivada em todo o território brasileiro, porém a população não possui o hábito de consumir outras partes da batata doce além da polpa, descartando-as e não aproveitando grandes quantidades de nutrientes que podem ser utilizadas para vários produtos alimentícios. Contudo, além de desenvolver alternativas para o reaproveitamento de resíduos vegetais na produção de novas farinhas, é fundamental realizar estudos sobre suas propriedades tecnológicas, que não estão diretamente ligadas aos aspectos nutricionais. O estudo das propriedades físicas da farinha da casca da batata doce variedade roxa é de relevante importância, visto que, as propriedades físicas de produtos farináceos afetam seu comportamento durante a estocagem, a manipulação e o processamento. Assim sendo, a determinação de tais parâmetros é de grande importância para agroindústrias que utilizam farinhas como matéria-prima ou mesmo como produto final. Este estudo teve como objetivo caracterizar as propriedades físicas da farinha da casca da batata-doce variedade roxa, analisando parâmetros como umidade, atividade de água, densidade aparente e compactada, ângulo de repouso, tempo de escoamento, taxa de molhabilidade, índice de Carr e fator de Hausner. Os resultados indicaram que a farinha da casca da batata-doce apresentou teor de umidade de 5,86%, abaixo do limite máximo permitido pela legislação brasileira para farinhas (15%), favorecendo sua estabilidade durante o armazenamento. A atividade de água foi de 0,280, o que reduz a suscetibilidade ao crescimento microbiano. A farinha apresentou densidade aparente de 0,260 g/cm³ e densidade compactada de 0,300 g/cm³, com índice de Carr de 13,33% e fator de Hausner de 1,15, classificando-a como um material de bom fluxo e fácil escoamento. O ângulo de repouso foi de 28,51°, indicando baixa coesividade, enquanto o tempo de escoamento foi de 248,78 s, maior que o de outras farinhas estudadas, sugerindo um fluxo relativamente mais demorado. A taxa de molhabilidade foi de 0,141 g/s, demonstrando menor capacidade de absorção de água em comparação a outras farinhas vegetais.

Palavras-chave: *Ipomea batatas* L; Resíduo agroindustrial; Aproveitamento; Farinha; Parâmetros Físicos.

INTRODUÇÃO

Com a crescente preocupação do desperdício de alimentos, é importante encontrar novas formas de aproveitamento de resíduos agroindustriais, constituídos principalmente de

cascas, entrecascas e subprodutos de tubérculos, raízes e frutos. Segundo (1) estes resíduos na maioria das vezes são ricos em nutrientes importantes para a alimentação humana, como fibras, vitaminas, proteínas, carboidratos, entre outros.

Neste sentido, estudos sobre a utilização de farinhas de subprodutos vegetais tem crescido nos últimos anos, pois o emprego destas na elaboração de novos alimentos pode proporcionar o enriquecimento nutricional, podendo ainda, reduzir os impactos ambientais oriundos do descarte irregular dos subprodutos agroindustriais (2).

A utilização de farinhas vegetais como ingredientes, nos traz uma alternativa importante na indústria de alimentos, devido ao seu baixo custo de produção comparado com os concentrados proteicos, podem ser utilizadas como alternativa para substituição da farinha de trigo e compor farinhas mistas na elaboração de produtos de panificação como biscoitos e pães, massas alimentícias, sorvetes, mousses, sopas, maionese, entre outros (3).

A batata doce (*Ipomea batatas L.*) é uma hortaliça tuberosa muito popular e cultivada em todo o território brasileiro. A planta é rústica, de ampla adaptação, alta tolerância a seca e de fácil cultivo (4). No Brasil, a população não possui o hábito de consumir outras partes da batata doce além da polpa, descartando-as e não aproveitando grandes quantidades de nutrientes.

A utilização de subprodutos da batata doce vem ganhando espaço no desenvolvimento de novos produtos por agregar valor econômico e nutricional além de contribuir para a redução de impacto ambiental gerados pelo descartes destes resíduos, várias pesquisas elaboraram produtos incorporando a farinha da casca de batata doce a exemplo de (5) que desenvolveu um macarrão com substituição parcial da farinha de trigo (FT) pela farinha da casca da batata doce (FCBD) e (6) que utilizou a farinha da casca da batata doce na produção de barras de cereais, onde os resultados demonstraram uma boa alternativa para o aproveitamento deste resíduo agroindustrial, podendo resultar em um produto mais barato e agregando valor a este subproduto, evitando assim o descarte deste resíduo no ambiente.

Contudo, não basta apenas alternativas de reaproveitar resíduos de vegetais na elaboração de novas farinhas, é necessário realizar estudos sobre as propriedades tecnológicas não diretamente relacionadas aos seus fatores nutricionais, mas são propriedades que influenciam na aparência física, no comportamento das farinhas não convencionais, garantindo seu uso na preparação de produtos alimentícios, uma vez que essas propriedades interferem na aparência física do alimento, influenciando o consumo.

O estudo das propriedades físicas da farinha da casca da batata doce variedade roxa é de relevante importância, visto que as propriedades físicas de produtos farináceos afetam seu comportamento durante a estocagem, a manipulação e o processamento. Assim sendo, a determinação de tais parâmetros é de grande importância para agroindústrias que utilizam farinhas como matéria-prima ou mesmo como produto final.

Diante disso, o presente estudo teve como objetivo a caracterização física da farinha da casca da batata-doce variedade roxa, avaliando os seguintes parâmetros: teor de umidade, atividade de água, densidade aparente, densidade compactada, ângulo de repouso, tempo de escoamento, taxa de molhabilidade, índice de Carr e fator de Hausner. Essas análises são essenciais para determinar a viabilidade da aplicação dessa farinha na indústria de alimentos e promover seu aproveitamento como ingrediente alternativo, sustentável e de baixo custo.

MATERIAL E MÉTODOS

Local do experimento

O experimento foi executado no Laboratório de Análises Químicas de Alimentos – LAQA localizado no complexo agroindustrial da Escola Agrícola Assis Chateaubriand - Campus II da UEPB, Lagoa Seca – Paraíba.

Aquisição da matéria prima

As raízes de batata-doce (*Ipomoea batatas* L.) variedade roxa foram adquiridas no comércio local na cidade de Lagoa Seca -PB.

Processamento das cascas da batata doce

As raízes de batata-doce foram selecionadas com base na uniformidade, ausência de manchas e sinais de deterioração. Em seguida, foram lavadas em água corrente para remoção de sujidades e sanitizadas com solução de cloro por 15 minutos. Após esse processo, foram enxaguadas com água potável. As raízes foram então descascadas utilizando utensílios de aço inoxidável. As cascas obtidas foram mantidas sob refrigeração até o momento do processamento.

Processamento da farinha da casca de batata doce

A secagem das cascas foi realizada em estufa com circulação de ar forçado a 60°C, monitorando-se a perda de massa por meio da pesagem periódica do conjunto (amostra + cesta) em balança digital com precisão de ±0,01 g, até a obtenção de peso constante. Após a secagem, as cascas foram trituradas em um moinho de facas para obtenção da farinha. A farinha obtida foi acondicionada em sacos de polietileno e armazenada em recipientes de vidro herméticos contendo sílica gel, revestidos com papel alumínio para minimizar a exposição à luz e envolvidos com filme de PVC para reduzir a absorção de umidade.

Caracterização das Propriedades físicas da farinha da casca de batata doce variedade roxa

A caracterização física da farinha foi feita com base nos seguintes parâmetros: teor de umidade, atividade de água, densidade aparente, densidade compactada, ângulo de repouso, tempo de escoamento, taxa de molhabilidade, índice de Carr e Fator de Hausner. As determinações foram conduzidas seguindo metodologias específicas para cada parâmetro.

Umidade

A umidade foi determinada segundo a metodologia descrita pelo (7) e os resultados expressos em percentagem.

Atividade de água

Para determinação da atividade de água foi utilizado o equipamento medidor de atividade de água da marca Aqualab digital.

Densidade aparente (ρ_a)

A densidade aparente foi determinada a partir do método descrito por (8), em que uma proveta de 10mL foi previamente pesada e preenchida com a amostra (± 5 g); a densidade aparente foi calculada com os dados de volume e massa (Equação 1).

$$\rho_{ap} = \frac{Mpc - Mpv}{Vp} \quad (1)$$

Onde:

ρ_{ap} - Densidade aparente (g/cm^3);

Mpc - Massa da proveta cheia (g);

Mpv - Massa da proveta vazia (g);
Vp - Volume da proveta (cm^3).

Densidade compactada (ρ_c)

A densidade compactada foi determinada a partir do método descrito por (9), em que ± 5 g da amostra foram transferidos para uma proveta de 10 ml e compactado através do batimento da proveta (50 vezes) sobre a bancada de uma altura de aproximadamente 5cm. A densidade compactada foi calculada como a relação entre a massa e o volume das amostras compactadas, conforme a Equação 2:

$$\rho_C = \frac{m}{v} \qquad (2)$$

Onde:
ρ_c - Densidade compactada (g/cm^3);
m - Massa (g); e,
v - volume (cm^3).

Tempo de escoamento e ângulo de repouso

Nessas determinações foi utilizado um funil, cuja abertura de saída será vedada e enchida com aproximadamente 100g da amostra. O sistema de escoamento foi fixado em um tripé de ferro para garantir a estabilidade do funil. Após o enchimento, a vedação da saída do funil foi removida e a contagem do tempo foi iniciada com um cronômetro, registrando-se o tempo necessário para que todo o material escoasse. Para a determinação do ângulo de repouso (Θ), a pilha de pó formada na placa de recolhimento teve seu diâmetro (D) e altura (h) medidos. O ângulo foi calculado conforme a Equação 3:

$$\Theta = \frac{\text{arctg } 2h}{D} \qquad (3)$$

Taxa de Molhabilidade

A taxa de molhabilidade foi determinada pelo método de Schubert. Para isso, aproximadamente 1 g da amostra foi vertido em um béquer de 250 mL contendo 100 mL de água à temperatura ambiente. O tempo necessário para o completo desaparecimento do pó na superfície do líquido em repouso foi cronometrado. O cálculo da taxa de molhabilidade foi realizado por meio da Equação 4:

$$\text{Taxa de molhabilidade} = \frac{N}{t} \qquad (4)$$

Sendo:
N - Número de gramas da amostra; e,
t - tempo, min.

Índice de Carr (Índice de compressibilidade)

O Índice de Carr (IC) é um método simples para avaliar indiretamente as propriedades de fluxo de pós, comparando a densidade aparente (ρa) e a densidade compactada (ρc). Esse índice é utilizado para estimar a capacidade de escoamento dos pós, sendo calculado conforme a Equação 5:

$$IC = \rho c - \rho a / \rho c \qquad (5)$$

Valores de IC menores indicam melhor fluidez do pó, enquanto valores mais altos sugerem coesividade e dificuldades no escoamento.

Fator de Hausner

O Fator de Hausner (FH) é outro parâmetro utilizado para avaliar indiretamente as propriedades de fluxo de pós. Ele é determinado a partir da razão entre a densidade compactada (ρc) e a densidade aparente (ρa), conforme a Equação 6:

$$FH = \frac{\rho c}{\rho a} \qquad (6)$$

Valores de FH inferiores a 1,25 indicam pós com bom escoamento, enquanto valores superiores a 1,4 sugerem pós coesivos, que apresentam maior dificuldade de fluidez.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 1, apresenta os valores médios das propriedades físicas determinadas para a farinha da casca da batata-doce variedade roxa.

Tabela 1. Caracterização física da farinha da casca da batata doce variedade roxa

Determinação	Farinha da Casca de Batata Doce Variedade Roxa
Umidade (%)	5,86
Atividade de água (25°C)	0,280
Densidade aparente (g/cm^3)	0,260
Densidade compactada (g/cm^3)	0,300
Índice de Carr (%)	13,33
Fator de Hausner	1,15
Ângulo de repouso (q)	28,518
Tempo de escoamento (s)	248,780
Molhabilidade (g/s)	0,141

Analisando a Tabela 1 observa-se que a farinha da casca de batata-doce variedade roxa apresentou um teor de umidade de 5,86%, valor dentro do limite estabelecido pela legislação brasileira para farinhas, amidos de cereais e farelos, que permite um máximo de 15% (g/100 g) (10). Esse valor é inferior ao relatado por (11), que encontrou um teor de umidade de 8,24% ao analisar cascas de batata-doce, e ao encontrado por (12), que obteve 8,20% para a farinha da casca de batata-doce em estudo semelhante. O baixo teor de umidade pode favorecer a estabilidade do produto durante o armazenamento, reduzindo a atividade de microrganismos deteriorantes.

A atividade de água (Aw) da farinha foi 0,280, um valor próximo ao observado por (13), que obteve 0,207 na caracterização de farinha de casca residual de batatas. Esse resultado indica que a farinha apresenta baixa atividade de água, o que reduz o risco de proliferação microbiana, contribuindo para maior estabilidade e vida útil do produto. Dessa forma, a baixa Aw pode favorecer a incorporação da farinha em formulações alimentícias sem comprometer sua conservação.

De acordo com a Tabela 1. a densidade aparente da farinha da casca da batata-doce variedade roxa foi de 0,260 g/cm³, um valor inferior ao reportado por (14) para farinhas do pedúnculo do caju (Anacardium occidentale) e da casca de maracujá, que apresentaram

0,630 g/cm³ e 0,345 g/cm³, respectivamente. Além disso, (15), em um estudo que utilizou o mesmo método de secagem e temperatura deste trabalho, obteve uma densidade compactada de 0,46 g/cm³ para a farinha da casca de banana.

A densidade compactada da farinha da casca da batata-doce variedade roxa foi de 0,869 g/cm³, confirmando a tendência esperada de que a densidade compactada seja superior à densidade aparente, devido à redução dos espaços vazios entre as partículas. No entanto, o valor encontrado foi inferior ao reportado por (16) em um estudo que utilizou um secador convectivo a 60°C, no qual a densidade compactada das farinhas mistas de cascas de frutas variou entre 0,44 e 0,45 g/cm³.

O Índice de Carr (IC), também conhecido como Índice de Compressibilidade, foi de 13,33%, indicando que a farinha da casca da batata-doce variedade roxa apresenta bom fluxo e boa fluidez. Esse valor foi superior ao encontrado por (17) para a farinha do resíduo de semente de carolina, que apresentou um IC de 10%. De acordo com a literatura, a classificação do Índice de Carr é a seguinte: valores de IC < 10% indicam excelente fluxo; IC de 11 a 15% fluxo bom; IC de 16 a 20% fluxo fraco; IC de 21 a 31% fluxo pobre IC de 16 a 31% pobre (pós coesivos); IC > 32% fluxo muito pobre, pode-se afirmar que o índice de compressibilidade está relacionado à capacidade de empacotamento da farinha.

Em relação ao fator de Hausner a farinha apresentou 1,15 de escoamento sendo classificado como de fácil escoamento. Os fatores de Hausner superiores a 1,4 são classificados como coesivos, enquanto que os que apresentam valores inferiores a 1,25 são enquadrados como de fácil escoamento. O valor encontrado neste estudo foi inferior ao determinado por (18) ao estudarem as propriedades de pós de mistura de frutas (manga, seriguela e umbu) encontraram valores médios de FH entre 1,46 e 1,58.

A medida do ângulo de repouso foi utilizada para caracterizar o comportamento da farinha durante o escoamento. O valor encontrado neste estudo foi inferior a 35º, indicando que a farinha apresenta bom escoamento. De acordo com a literatura, pós ou farinhas com ângulos de repouso menores que 45º geralmente possuem escoamento livre, enquanto valores acima de 50º indicam coesividade ou dificuldades de fluxo. Assim, o resultado obtido confirma que a farinha da casca da batata-doce variedade roxa possui boas propriedades de fluidez. Esse resultado foi semelhante ao encontrado por (19) para a farinha do resíduo de umbu-cajá, obtida a 60°C, que também apresentou bom escoamento.

O tempo de escoamento da farinha da casca da batata-doce variedade roxa foi de aproximadamente 248,78 s, um valor superior ao reportado por (20) para a farinha de facheiro (44 s) e por (21) para a farinha do tegumento da manga variedade Espada (60,363 s). O tempo de escoamento é uma medida direta do fluxo de pós, sendo que, segundo (22), valores ≤ 10 s são classificados como ótimos para fluxo. Com base nesse critério, verifica-se que a farinha da casca da batata-doce apresentou um tempo de escoamento elevado, o que pode indicar maior resistência ao fluxo. O valor médio da taxa de molhabilidade foi de 0,141 g/s, resultado inferior ao encontrado por (23), que variou de 7 a 26 s para farinhas de casca de manga das variedades Palmer e Tommy Atkins, obtidas sob diferentes condições de secagem. Esses valores sugerem que a farinha da casca da batata-doce apresenta menor capacidade de absorção de água, o que pode impactar sua aplicação em determinadas formulações alimentícias.

CONCLUSÃO

Os resultados obtidos indicaram que a farinha da casca da batata-doce variedade roxa apresenta baixo teor de umidade (5,86%) e baixa atividade de água (0,280), características que favorecem sua estabilidade durante o armazenamento e reduzem o risco de deterioração microbiana. Além disso, os parâmetros físicos analisados demonstraram que a farinha possui

bom fluxo, fácil escoamento e baixo ângulo de repouso (28,518°), sugerindo adequada fluidez para aplicação industrial. O índice de Carr (13,33%) e o fator de Hausner (1,15) reforçam sua viabilidade tecnológica, indicando que a farinha não apresenta tendência à coesividade, o que pode facilitar seu manuseio e incorporação em diversas formulações alimentícias. No entanto, o tempo de escoamento elevado (248,78 s) sugere que sua fluidez pode ser inferior à de outras farinhas vegetais, o que deve ser considerado em processos industriais. Dado seu baixo custo e potencial de aplicação, a farinha da casca da batata-doce variedade roxa representa uma alternativa promissora para a indústria de alimentos, contribuindo para a redução do desperdício agroindustrial e a valorização de subprodutos na produção de novos alimentos. Estudos adicionais são recomendados para explorar seu desempenho em diferentes formulações e possíveis melhorias no processamento.

REFERÊNCIAS

01- AUGUSTINHO, A. K.S; NETO, J. F. S.; LIMA, G, S. de.; ANDRADE, R. O. de.; NUNES, P. G. A. Caracterização físico-química de farinha da entrecasca de melancia (Citrullus lanatus). **Caderno Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v.4, n.1, 2014.

02 - FERREIRA, C.M. **Adição de farinha de subprodutos vegetais em pães**. 2020, 63f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Ceará, FORTALEZA, 2020.

03 - BARABACH, A. SILVA. E.C.K. VIANTE, L.C.. **Influência da granulometria nas propriedades funcionais e físicoquímicas de farinhas de frutas e hortaliças**. 2017, 39f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Tecnologia em Alimentos) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2017.

04 - PAGANI, A. A. C.; SANTOS DOS, J. Estudo da estabilidade físico-química de duas variedades de batata-doce (*ipomea batatas l.*) Após o processo de secagem e durante o armazenamento. **8th internation symposium on technological innovation**. 2017.Vol. 8/n.1/ p.380-390. Aracaju/SE.

05 - LEITE, J.F. **Desenvolvimento de macarrão misto de farinha de casca da batata doce (*ipomoea batatas l.*) e farinha de trigo (*triticum durum)***. Dissertação. 55f. 2019. Programa de Pós Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal do Tocantins, Palmas – TO.

06 - GOMES, P.M.A.; PRIMO, D.M.B.; BARBOSA, A.A.; Elaboração da farinha da casca de batata doce e utilização na produção de barras de cereais. **Revista Brasileira de Agrotecnologia.** Abr/jun 2021, v.11, n.2, p. 931-935.

07 - IAL - Instituto Adolfo Lutz. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. IV

- Edição. Brasília: Ministério da Saúde, 2005.

08 - POLITI, F. A. S. **Estudos farmacognósticos e avaliação de atividades biológicas de extratos obtidos das cascas pulverizadas de Endopleura uchi (HUBER) Cuatrec. (Humiriaceae)**. 143f. 2009. Dissertação (Mestrado em Ciências Farmacêuticas) – Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Araraquara.

09 - TONON, R. V.; BARONE, A. F.; BRABET, C.; GIBERT, O.; PALLET, D.; HUBINGE, M.D. Water sorption and glass transition temperature of spray dried açai (Euterpe oleracea Mart.) juice. J**ournal of Food Engineering,** v.94, n.3-4, p.215-221, 2009.

10 - BRASIL. Ministério da Saúde. Agência de Vigilância Sanitária. Resolução n° 263 de 22 de setembro de 2005. Regulamento Técnico para produtos de cereais, amidos, farinhas e farelos. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 23 de setembro de 2005.

11 - FARAMARZI, M.; LASHKARBOLOKI, M.;KIAALVANDI, S.; IRANSHAHI, F. Influences of different levels of sweet potato peels on growth and feeding parameters and biochemical responses of Cyprinus carpio (Cyprinidae). **American-Eurasian Journal of Agricultural &Environmental Sciences**, Dubai, v.12, n.4, p.449-455, 2012.

12 - NOMA, CAROLINA; SANTOS, SARA EMILLY BENITEZ DOS; FÉLIX, LAURIDE APARECIDA DA SILVA; SILVA, CAMILA VITÓRIA SANTOS DA; SILVA, VIVIAN CRISTINA DA; BRUM, FABRICIO BARROS; LOSS, RAQUEL APARECIDA; OENNING, ROSIMEIRE. Obtenção e caracterização da farinha de cascas de batata-doce e beterraba para elaboração de meio de cultura para microrganismos. **Cuadernos de Educación y Desarrollo**, Portugal, v. 15, n. 11, p. 12855-12873, 2023.

13 - BASTOS, G.M. **Resíduos da industrialização de batata: aplicação na produção de farinhas, snacks, farinhas pré-gelatinizadas e massa alimentícia fresca sem glúten**. Goiânia, 2012, p. 209; Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal de Goiás.

14 - ALCÂNTARA, S. R.; SOUSA, C. A. B. de.; ALMEIDA, F. A. C. de.; GOMES, J. P. Caracterização físico-química das farinhas do pedúnculo do caju e da casca do maracujá. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v.14, n. Especial, p.473-478, 2012.

15 - SILVA, S.N.; SILVA, R.M.; SILVA, L.P.F.R. ; SILVA, P.B. ; GOMES, J.P. Atributos físicos de farinha obtida de cascas de banana. **Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia** – CONTECC'2018. 21 a 24 de agosto de 2018 – Maceió-AL, Brasil.

16 - CARNEIRO. E. F.S. SILVA, R.M. SILVA, S.N. LIMA, T.L.B. QUEIROZ, A.J.M. **Propriedades físicas de farinha mista de frutas** . **Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia** – CONTECC'2018. 21 a 24 de agosto de 2018 – Maceió-AL, Brasil.

17 - SILVA, R. M. DA, ARAÚJO, K. T. A., MELO, A. J. DE, FIGUEIRÊDO, R. M. F. de. Processamento e caracterização físico-química da farinha do resíduo de sementes de carolina. **Revista Brasileira De Agrotecnologia**, *7*(2), 22–26. 2017.

18 - DANTAS, T. N. P.; SOUZA, J. S.; SOUZA JÚNIOR, F. E.; MEDEIROS, M. F. D. Propriedades físicas e físicoquímicas de pós de misturas de frutas com diferentes fontes lipídicas. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Química em Iniciação Cientifica, 8., 2009, Uberlândia. **Anais**... Uberlândia, 2009. CDROM.

19 - SILVA, R.H.F. **Elaboração e caracterização de farinha do resíduo de umbu-cajá (spondias spp.).** Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Bacharelado em Engenharia de Alimentos, Garanhuns, 2019. 57 f. : il.

20 - LIMA, E. E. **Produção e armazenamento da farinha de facheiro**. 2006, 132f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola. Centro de Tecnologia e Recursos Naturais. UniversidadeFederal de Campina Grande. Campina Grande-PB.

21 - GOMES, P. M. A.; PRIMO, D. M. B. ; GOMES, J. P. ; QUEIROZ, A. J. M. . CARACTERIZAÇÃO FÍSICA DAS FARINHAS DOS TEGUMENTOS E DAS AMÊNDOAS DE MANGA "ESPADA" E TOMMY "ATKINS". In: Marcia Ramos Luiz; Luciano Gomes Barbosa Júnior; Neyliane Costa de Souza. (Org.). **III ENECT - Encontro de Educação, Ciência e Tecnologia.** 2ed. Campina Grande: EDUEPB, 2021, v. 2, p. 318-322.

22 - VILLANOVA, J. C. O.; LIMA, T. H.; PATRÍCIO, P. S.; PEREIRA, F. V.; AYRES, E. Síntese e caracterização de beads acrílicos preparados por polimerização em suspensão visando aplicação como excipiente farmacêutico para compressão direta. **Química Nova**, v. 35, n. 1, p. 124-131, 2012.

23 - SALEK, P. F.; SILVA, M. G. DA.; MORGANO, M. A.; GERMER, S. P. M.; FERRARI, C. C. Aproveitamento dos resíduos industriais do processamento de manga: estudo do processo de secagem e avaliação dos compostos bioativos. In: 10º Congresso Interinstitucional de Iniciação Científica – CIIC, Campinas, **Anais**... São Paulo, 2016.

Capítulo 09

DOI: 10.53934/agronfy-2025-05-09

TOLERÂNCIA DE CAPIM-BUFFEL AO ESTRESSE HÍDRICO

Gustavo Barbosa Alves Silva; Gyovanna Rodrigues Guimarães; Eildson Souza de Oliveira Silva; Anne Caroline Dallabrida Avelino; Camila Fernandes Domingues Duarte; Carla Heloisa Avelino Cabral; Carlos Eduardo Avelino Cabral*

**Autor correspondente (Corresponding author) – Email: carlos.cabral@ufr.edu.br*

Resumo: A escassez de forragem no semiárido brasileiro é um dos principais desafios para a pecuária. O capim-buffel (*Cenchrus ciliaris* L.) destaca-se pela resistência ao déficit hídrico, mas sua tolerância ao alagamento temporário ainda é pouco explorada. Dessa forma, além da busca por forrageiras produtivas e adaptadas ao déficit hídrico para aprimorar os sistemas produtivos, é fundamental avaliar a tolerância ao alagamento temporário, uma vez que solos jovens frequentemente apresentam baixa permeabilidade, resultando em drenagem deficiente após chuvas atípicas. A capacidade de resistir ao estresse hídrico é essencial para o crescimento e a produtividade das gramíneas. Este estudo teve como objetivo avaliar a tolerância do capim-buffel ao déficit hídrico moderado (30% da capacidade de retenção de água), déficit severo (ausência de irrigação) e alagamento, além de analisar sua recuperação pós-estresse. O experimento foi conduzido em casa de vegetação na Universidade Federal de Rondonópolis, em delineamento inteiramente casualizado, com quatro tratamentos e cinco repetições. Os resultados mostraram que o déficit severo comprometeu totalmente a rebrota, enquanto o alagamento não prejudicou o crescimento radicular e apresentou biomassa similar ao tratamento sem estresse. A massa seca de forragem foi significativamente menor sob déficit severo (0 g/vaso) e moderado (0,52 g/vaso) em comparação com os tratamentos sem estresse (1,89 g/vaso) e alagado (2,42 g/vaso). Após a reidratação do solo, as plantas submetidas ao alagamento recuperaram-se de forma semelhante ao grupo controle, enquanto aquelas sob déficit severo não demonstraram capacidade de recuperação. O capim-buffel demonstrou resiliência ao déficit moderado e ao alagamento temporário, mas não ao déficit severo.

Palavras–chave: alagamento; *Cenchrus ciliaris L.*; déficit hídrico

INTRODUÇÃO

A escassez de forragem na região semiárida do Brasil representa um dos principais desafios para a pecuária, comprometendo o desempenho animal e a sustentabilidade da atividade.A pesquisa por forrageiras produtivas e adaptadas às condições de déficit hídrico tem sido o foco há muitos anos, com o objetivo de aprimorar os sistemas

produtivos (1). Entre as diversas forrageiras com potencial de uso isolado ou consorciado no bioma caatinga, o capim-buffel (*Cenchrus ciliaris L.*) se destaca por sua predisposição em produzir massa forrageira em ambientes com grandes adversidades climáticas e, desta forma, está presente no território nordestino (2).

A região nordeste do Brasil é caracterizada por uma variabilidade climática significativa, onde longos períodos de estiagem podem ser intercalados com chuvas intensas (3). O estresse hídrico, frequentemente associado a seca, é um fenômeno recorrente no Nordeste caracterizado por uma variabilidade climática marcante, e representa um grande desafio para as espécies de capins que sustentam a pecuária na região (4). Além disso, os solos pouco desenvolvidos, rasos e de baixa permeabilidade no semiárido são mais propensos a alagamentos durante chuvas intensas (3).

Pouco se sabe sobre a tolerância do capim-buffel ao alagamento. Essa oscilação climática, típica do semiárido nordestino, impõe desafios significativos à agricultura e pecuária locais, requer adaptações específicas das plantas, tanto em termos de fisiologia quanto de morfologia, a fim de sobreviver e prosperar (5). Para capins amplamente utilizados na região, como o capim-buffel (*Cenchrus ciliaris*), a capacidade de tolerar essas condições climáticas extremas é essencial para garantir a sua sobrevivência e produtividade.

Uma das características mais marcantes do capim-buffel é o seu sistema radicular fibroso e profundo (com mais de 2 metros de profundidade), que confere grande capacidade de buscar água em horizontes subsuperficiais e tolerância a seca (6). Uma das características de destaque do capim-buffel para as regiões secas refere-se ao seu rápido crescimento já nas primeiras chuvas (acima de 50 milímetros), considerado um capim de rápida rebrota. Em contrapartida, não se identificou estudos de tolerância deste capim ao alagamento. Diante da relevância do capim-buffel, o objetivo com este estudo é avaliar a tolerância ao estresse hídrico. No entanto, estudos sobre sua tolerância ao alagamento ainda são escassos. Diante disso, este estudo tem como objetivo avaliar a tolerância do capim-buffel ao estresse hídrico, incluindo tanto o déficit hídrico quanto o alagamento temporário.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi em casa de vegetação na Universidade Federal de Rondonópolis. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado com quatro tratamentos e cinco repetições. O estudo avaliou a resposta do Cenchrus ciliaris L. a diferentes disponibilidades hídricas no solo, sendo elas: 100% da capacidade máxima de retenção de água (sem déficit hídrico), 30% da capacidade máxima de retenção de água (déficit hídrico moderado), ausência de irrigação (déficit hídrico severo) e alagamento. O alagamento foi caracterizado pela manutenção da umidade do solo acima da capacidade máxima de retenção de água, com uma lâmina de água de três centímetros sobre a superfície do solo. A determinação da capacidade máxima de retenção de água foi realizada conforme descrito por (7), utilizando-se o método gravimétrico para a irrigação (Figura 1).



Figura 1 - Pesagem dos vasos para realizar a irrigação (método gravimétrico)

Cada unidade experimental foi constituída por um vaso com capacidade de 6 dm^3, englobando cinco plantas por vaso. A camada de solo utilizada foi a de 0-20 cm de Latossolo Vermelho, peneirada e transferida para cada unidade experimental. Entre a incorporação do calcário e a semeadura, houve um intervalo de 30 dias. No dia da semeadura, foi realizada a adubação de implantação com fósforo (P_2O_5), na dose de 100 mg dm^3, utilizando superfosfato simples (Figura 2). Em seguida, foram semeados os cultivares (Figura 3) e trinta dias após a semeadura, foi realizado o desbaste (Figura 4), mantendo-se cinco plantas por vaso.



Figura 2 - Adubação de implantação com fósforo



Figura 3 – Semeadura de capim-buffel na parcela experimental



Figura 4 – Desbaste de plantas de capim-buffel

O corte de uniformização foi realizado quando as forrageiras atingiram a altura média de 50 cm (6), ~~e~~ considerando-se uma altura de resíduo em 25 cm. Neste momento, foi realizada a adubação com nitrogênio, na dose de 50 mg dm^{-3}, utilizado-se ureia como fonte (Figura 5). Os vasos foram pesados diariamente para garantir a manutenção adequada da umidade pelo método gravimétrico (7).



Figura 5 – Adubação nitrogenada de cobertura do capim-buffel

Trinta dias após o corte de uniformização (Figura 6), foi realizado o corte da massa vegetal acima da altura de resíduo. Após o corte, foi contado o número de folhas verdes e senescentes para a avaliação de quantidade e qualidade de massa produzida, a massa vegetal foi submetida à secagem em estufa de circulação forçada de ar a 55 ± 5ºC por 72 horas (Figura 7) e, em seguida, pesada para a determinação da massa vegetal seca. No mesmo dia do corte, foi reaplicada a adubação nitrogenada , utilizando-se a mesma fonte e com o dobro da dose inicial de 50 mg dm^3.



Figura 6 - Unidades Experimentais após o corte de uniformização



Figura 7 – Secagem em estufa de circulação forçada de ar

A partir da segunda rebrota, em todas as unidades experimentais, a umidade do solo foi elevada para a máxima capacidade de retenção de água no solo, com o propósito de verificar o potencial de recuperação pós-estresse. Trinta dias após o início da recuperação, mantendo-se o período médio de dias de crescimento, foi realizado o segundo corte, seguindo os mesmos procedimentos descritoss anteriormente. Nesta última análise, além das variáveis geralmente analisadas, foi realizada a coleta total das raízes (Figura 8), as quais foram submetidas à lavegem em peneiras de malha de 2 mm, utilizando-se com o uso de lavadora de alta pressão.



Figura 8 – Raízes do capim-buffel após a lavagem

Após a lavagem as raízes foram secas em estufa de circulação forçada de ar a 55 ± 5ºC por 72 horas e, em seguida, pesadas. Para a estimativa da massa de forragem relativa do capim cultivado em estresse (déficit, déficit severo e alagamento), admitiu-se como referência o capim cultivado na capacidade máxima de retenção de água no solo (sem

estresse). Os resultados foram submetidos à análise de variância e ao teste Tukey, considerando-se 5% de probabilidade de erro.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

1. Estresse hídrico

O estresse hídrico afetou o desenvolvimento do capim-buffel, sendo o déficit severo o que mais reduziu seu crescimento, pois não houve emissão de folhas durante a rebrota (Tabela 1). O déficit hídrico reduziu a altura das plantas, enquanto o alagamento não influenciou essa variável (Tabela 1). O déficit hídrico reduziu a altura, enquanto o alagamento não afetou esta característica (Tabela 1).

Quanto ao número de folhas verdes, todos os tratamentos de estresse afetaram o capim-buffel, porém, o alagamento resultou em um maior número de folhas senescentes (Tabela 1). Por outro lado, o déficit apresentou o mesmo número de folhas senescentes que a condição sem estresse. Esses resultados sugerem que o capim-buffel pode ter uma resposta diferenciada ao alagamento em comparação ao déficit hídrico, porém, o alagamento resultou em um maior número de folhas senescentes (Tabela 1). Por outro lado, o déficit apresentou o mesmo número de folhas senescentes que a condição sem estresse. o capim-buffel parece apresentar estratégias mais eficientes de adaptação, o que pode explicar a manutenção do número de folhas senescentes semelhante ao controle (sem estresse). A capacidade de sobrevivência das gramíneas em condições de déficit hídrico é amplamente documentada, pois essas plantas apresentam mecanismos como a redução da área foliar e a suspensão temporária do crescimento para minimizar a perda de água (10).

Tabela 1. Altura, número de folhas verdes, número de folhas senescentes do capim-buffel submetido ao estresse hídrico

	Altura (cm)	Folhas Verdes (nº/vaso)	Folhas Senescentes (nº/vaso)
Déficit Severo	25,60 C	0,00 C	0,00 C
Déficit	30,50 B	26,50 B	23,75 B
Alagado	33,25 A	28,50 B	85,50 A
Sem Estresse	35,40 A	83,40 A	38,80 B
EPM	1,176	7,781	5,673

Médias seguidas de mesma letra, minúscula na linha e maiúscula na coluna, não diferem pelo teste Tukey ($p<0,05$). EPM: erro padrão da média.

Para a condição de déficit e déficit severo, o capim-buffel apresentou menor massa seca de forragem em comparação à condição sem estresse hídrico (controle). Entretanto, não houve diferença significativa entre as condições de alagamento e sem estresse, resultando na maior produção de massa forrageira nessas condições (Tabela 2). Esse resultado, ainda pouco evidenciado na literatura, sugere que o capim-buffel apresenta tolerância ao alagamento (10). Além disso, a maior massa seca por folha foi observada nas plantas submetidas ao alagamento (Tabela 2).

Tabela 2. Massa seca de forragem e massa de cada folha do capim-buffel submetido ao estresse hídrico.

	Massa Seca de Forragem	Massa de cada Folha

	(g/vaso)	(g/folha)
Deficit Severo	0,000 B	0,000 C
Déficit	0,520 B	0,010 B
Alagado	2,425 A	0,021 A
Sem Estresse	1,894 A	0,014 B
EPM	0,308	0,002

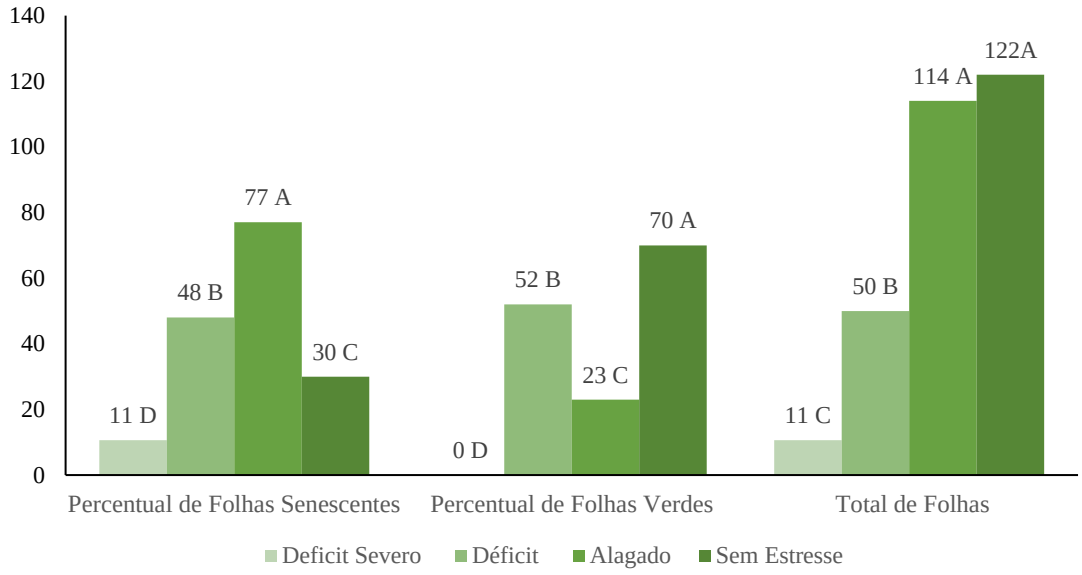
Médias seguidas de mesma letra, minúscula na linha e maiúscula na coluna, não diferem pelo teste Tukey ($p<0,05$). EPM: erro padrão da média.

Em relação à emissão total de folhas, o tratamento alagado, mais uma vez equiparou-se ao tratamento sem estresse, tanto para o número de folhas verdes quanto para o de folhas senescentes (Figura 9). As parcelas experimentais submetidas ao déficit severo e ao déficit, apresentaram produção semelhante de folhas senescentes. Para o número de folhas verdes, houve uma diferença significativa: na condição de déficit severo, não houve emissão de folhas verdes ao final do corte de avaliação experimental, enquanto na condição de déficit, houve emissão, porém em quantidade reduzida (9).

Figura 9. Porcentagem de folhas verdes, porcentagem de folhas senescentes e número total de folhas do capim-buffel submetido ao estresse hídrico.

2. Recuperação após o estresse hídrico

Na recuperação pós estresse (Tabela 3) do crescimento não houve diferença



significativa ao capim submetido aos tratamentos déficit, alagado e o tratamento controle (sem estresse), não houve recuperação significativa ao tratamento de déficit severo. Quanto a produção de folhas verdes novamente o alagado equiparou-se ao tratamento controle e a produção de folhas senescentes o tratamento alagado equiparou-se ao tratamento controle e ao tratamento de déficit, o que demonstra que o capim buffel se mostrou resiliente e recupera a sua produção tanto após o período alagado quanto ao período seco. Entretanto, para todas as variáveis analisadas o tratamento déficit severo obteve índices mais baixos e foi mais prejudicado, não conseguindo manter sua resiliência

e recuperação desejada (10).

Tabela 3. Altura, Número de Folhas Verdes, Número de Folhas Senescentes do capim-buffel L. do corte de recuperação.

	Altura (cm)	Folhas Verdes (nº/vaso)	Folhas Senescentes (nº/vaso)
Déficit Severo	25,20 B	0,00 C	10,60 B
Déficit	41,00 A	85,40 A	24,40 B
Alagado	45,50 A	61,00 B	12,25 A
Sem Estresse	43,20 A	114,20 A	42,00 A
EPM	2,543	9,165	5,489

Médias seguidas de mesma letra, minúscula na linha e maiúscula na coluna, não diferem pelo teste Tukey ($p<0,05$). EPM: erro padrão da média.

De modo geral, quando submetido aos dois tratamentos (déficit e alagado) o capim buffel equiparou-se ao tratamento controle mantendo sua produção de folhas verdes acima dos 70%. Para a variável folhas ambos os três tratamentos (déficit severo, déficit e alagado) mantiveram a produção na faixa dos 20% (Figura 10). A produção de folhas totais o tratamento alagado destacou-se novamente por equiparar-se ao tratamento controle, mantendo-se acima dos 100%, sendo assim produzindo mais folhas por vaso em relação aos outros tratamentos (Figura 10) (11).

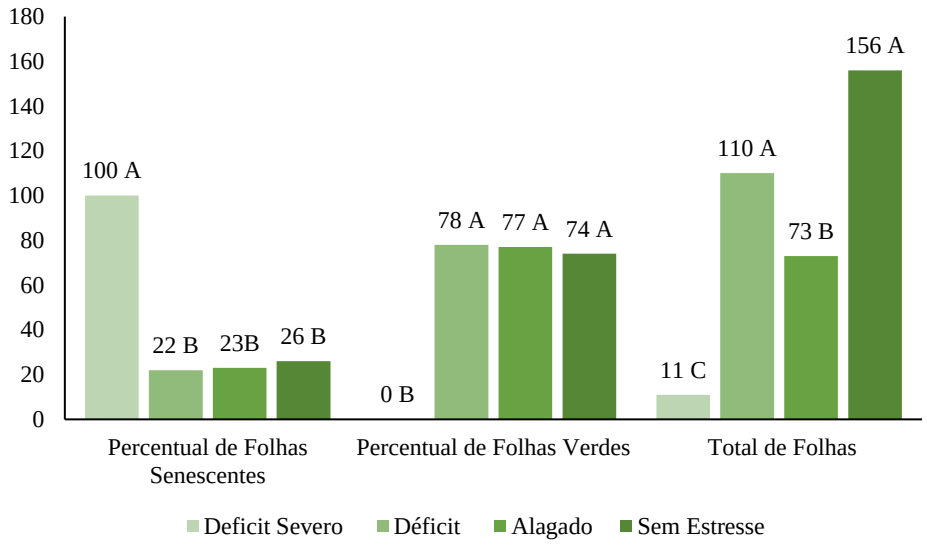
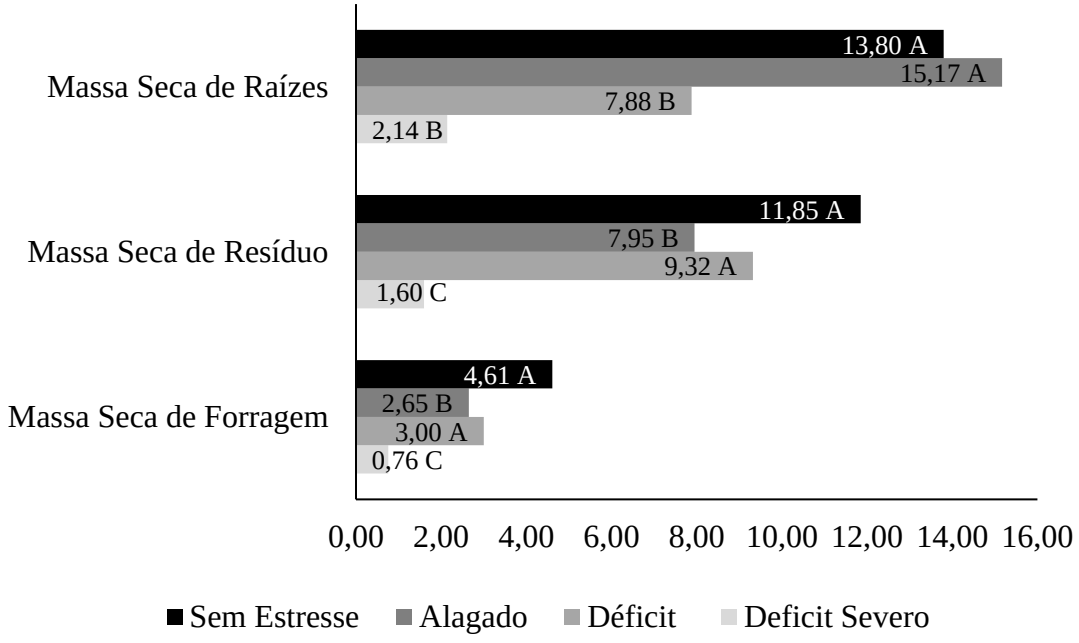


Figura 10 - Porcentagem de folhas verdes, porcentagem de folhas senescentes e número total de folhas do capim-buffel após a recuperação.

A massa seca de raízes foi igual para o tratamento sem estresse e o alagado (Figura 11), quando submetido ao déficit e o déficit severo houve uma redução, pois, quando submetido ao estresse, a planta mobiliza suas reservas (raízes e base do colmo) para suprimento da parte aérea (11). Quanto a massa seca de resíduo produzida foi maior para o tratamento controle, equipararam-se os tratamentos alagado e déficit, e se saindo em menor recuperação novamente o déficit severo. A variável massa seca de forragem se sobressaiu o tratamento controle e os tratamentos déficit e déficit severo obtiveram menor reação de recuperação na sua produção.

Figura 11 - Massa seca de raízes, massa seca de resíduo, massa seca do capim-buffel submetido



do corte de recuperação.

CONCLUSÕES

O capim Buffel demostrou capacidade de recuperação tanto ápos o défict hídrico quanto após o alagamento temporário, evidenciando tolerência a essas condições. No entanto, não apresentou tolerância ao déficit severo, possivelmente devido às limitações impostas pela experimentação em casa de vegetação, onde o crescimento radicular foi restringido pelo pequeno volume de solo disponível.

REFERÊNCIAS

1. Cândido, F.; Araújo, G.; Cavalcante, M.A.B. Pastagens no ecossistema semiárido brasileiro: atualização e perspectivas futuras. *Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia.*

2. Oliveira AR de, Antônio RP, Moraes SA de. Cultivo de capim-buffel: aspectos gerais e fitotécnicos**.** Petrolina: Embrapa Semiárido; 2023. 42 p. (Embrapa Semiárido. Documentos, 313). ISSN 1808-9992.

3. Sotta E, Sampaio FG, Marzall K, Silva WG. Estratégias de adaptação às mudanças do clima dos sistemas agropecuários brasileiros. Brasília: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento; 2021. 187 p. ISBN 978-65-86803-39-6.

4. Primavesi O, Arzabe C, Pedreira MS. Mudanças climáticas: visão tropical integrada das causas, dos impactos e de possíveis soluções para ambientes rurais ou urbanos. São Carlos: Embrapa Pecuária Sudeste; 2007. (Embrapa Pecuária Sudeste. Documentos, 70). Disponível em: <http://www.cppse.embrapa.br/servicos/publicacao gratuita/documentos/Documentos70pdf/view>.

5. Haddade IR, Obeid JA, Fonseca DM, Pereira OG, Silva MAP. Crescimento de espécies forrageiras tropicais submetidas a diferentes períodos de alagamento. R. Bras. Zootec. 2002;31(5):1924-1930.

6. Rufino LDA, Monção FP, Braz TGS, Oliveira PM. Capim-buffel. Informe Agropecuário. Alternativas forrageiras para o Semiárido Mineiro, Belo Horizonte. 2022;43(317):18-25. ISSN 0100-3364.

7. Bonfim-Silva EM, Silva TJA, Cabral CEA, Kroth BE, Rezende D. Desenvolvimento inicial de gramíneas submetidas ao estresse hídrico. Rev Caatinga. 2011;24(2):180-6.

8. Santos MF, et al. Características morfogênicas, estruturais e produtivas de capim-buffel sob diferentes turnos de rega. Pesq Agropec Trop. 2015;45(2):216-24.

9. Cavalcanti JS, et al. Respostas morfológicas e fisiológicas de forrageiras sob estresse hídrico. Rev Bras Zootec. 2019;48:457-65.

10. Cavalcanti Filho LFM, Santos MVF, Ferreira MA, Lira MA, Modesto EC, Dubeux Jr JCB, Ferreira RLC, Silva MJ. Características de produção do capim-buffel submetido a diferentes disponibilidades hídricas. Rev Caatinga. 2008;21(3):13-15.

11. Dias-Filho MB. Tolerance to flooding in five Brachiaria brizantha accessions. Pesq Agropec Bras. 2002;37(4):439-47.

Capítulo 10

DOI: 10.53934/agronfy-2025-05-10

PRAGAS EM PASTAGENS: DESAFIOS E ESTRATÉGIAS PARA O MANEJO SUSTENTÁVEL

Marcos Paulo Carneiro Santos; Gustavo Costa Ferreira; Gustavo Barbosa Alves Silva; Dhovane Oliveira Araújo; Anne Caroline Dallabrida Avelino; Carla Heloisa Avelino Cabral; Carlos Eduardo Avelino Cabral

**Autor correspondente (Corresponding author) – Email: carlos.cabral@ufr.edu.br*

Resumo: As pragas em pastagens podem reduzir a capacidade de suporte e comprometer a rentabilidade das atividades agropecuárias. Este estudo aborda o controle de três pragas principais: cigarrinha-das-pastagens, percevejo castanho e lagartas desfolhadoras. Para alcançar a sustentabilidade, é fundamental adotar o Manejo Integrado de Pragas (MIP), que envolve técnicas culturais, biológicas e químicas. A monitoração constante da população de pragas é essencial, mas apresenta desafios nas pastagens, devido à falta de metodologias definidas, como em grandes culturas. As lagartas causam danos esporádicos, enquanto as cigarrinhas se destacam por estarem presentes ao longo do período chuvoso, tornando-se a principal praga em pastagens. O percevejo castanho, localizado na raiz das plantas, tem gerado relatos de danos significativos, dificultando o controle. O manejo inadequado do pastejo, como a manutenção do dossel forrageiro abaixo da altura ideal, agrava a situação, pois reduz a massa radicular e torna a planta mais vulnerável, especialmente em solos arenosos. A tecnologia de inseticidas sistêmicos com ambimobilidade tem se mostrado uma inovação para o controle de insetos com aparelho bucal sugador labial. Essa tecnologia permite a distribuição do inseticida por toda a planta, incluindo a base, onde as ninfas de cigarrinha se encontram, e as raízes, onde o percevejo castanho comumente encontrado.

Palavras–chave: Cigarrinha-das-pastagens; lagartas desfolhadoras; percevejo castanho.

INTRODUÇÃO

As pastagens constituem a base da pecuária no Brasil, desempenhando papel fundamental para a alimentação dos rebanhos e, por consequência, para a produtividade do setor agropecuário. O termo pastagens refere-se às plantas forrageiras, nativas ou cultivadas, abrangendo gramíneas e eventualmente, algumas leguminosas. Entre as principais gramíneas utilizadas como pastagem, destacam-se aquelas dos gêneros *Brachiaria* (Syn. *Urochloa*), *Panicum, Cynodon, Pennisetum, Paspalum* e *Andropogon*. Estima-se que grande parte das áreas de pastagem esteja em processo de degradação ou já degradadas, decorrente principalmente do mau manejo do pastejo, da falta de reposição de nutrientes nos solos e da presença de insetos pragas e doenças (1).

As gramíneas forrageiras são atacadas por diferentes espécies de insetos, alguns dos quais causam danos potencialmente prejudiciais à sua produção. Dentre os insetos considerados pragas das pastagens, as cigarrinhas-das-pastagens são as principais, devido à sua ampla distribuição, à ocorrência de diversas espécies e danos significativos. Outra praga que ganhou destaque nos últimos anos é o percevejo-castanho, praga subterrânea, extremamente agressiva e que, dependendo do local e da infestação, pode até ser mais

prejudicial que as cigarrinhas-das-pastagens. São de ocorrência comum também em pastagens algumas lagartas, cochonilhas e o percevejo-das-gramíneas, considerados como pragas ocasionais, mas que, quando ocorrem em altos níveis populacionais podem causar grandes danos, demandando medidas de controle urgentes (1).

O controle dessas pragas é fundamental para garantir não apenas a produtividade, mas também a sustentabilidade da pecuária. O manejo integrado de pragas (MIP), que combina métodos culturais, biológicos e químicos, constitui a alternativa mais eficaz para evitar infestações severas sem causar impactos ambientais significativos (2). O manejo é uma estratégia essencial para minimizar os danos causados por esses insetos e ácaros, e com o manejo adequado dessas pragas preserva o valor nutritivo da forragem, evita prejuízos econômicos e minimiza a necessidade de insumos corretivos. O monitoramento constante das áreas de pastagem, a escolha de espécies forrageiras mais resistentes e a adoção de práticas de manejo adequadas são fundamentais para mitigar os prejuízos econômicos e ecológicos associados à infestação por pragas (3,4).

Assim, o objetivo desta revisão bibliográfica é abordar a importância das principais pragas em pastagens, o que envolve percevejo-castanho, as cigarrinhas e as lagartas, bem como os prejuízos causados, os métodos de controle possíveis e as perspectivas para a sustentabilidade da produção pecuária nesse cenário trazido por uma eventual infestação dessas pragas.

CIGARRINHA-DAS-PASTAGENS

Dentre as várias pragas que afetam as forrageiras, pode-se dar notoriedade para à cigarrinha-das-pastagens, haja vista que esse inseto é considerado praga limitante na produção de gramíneas forrageiras. A redução na capacidade de suporte das pastagens, causada pela ação da cigarrinha, acarreta impacto relevante no sistema de produção de bovinos (5). Contudo, o dano ocasionado por essa praga pode ser controlado por meio do manejo integrado de pragas, que envolve processos químicos e/ou biológicos (6).

As cigarrinha-das-pastagens são insetos sugadores de seiva, que atacam plantas gramíneas em diferentes condições ecológicas. No estágio adulto, sugam seiva das folhas e injetam toxinas ou causam obstrução dos vasos condutores, o que resulta em morte de células e em sintomas como estrias amareladas, secamento e, em casos graves, o "amarelecimento geral" das pastagens. No estágio de ninfa, alimentam-se das raízes ou na base das plantas e produzem uma espuma branca que as protege de predadores e raios solares. Esse comportamento provoca desequilíbrio hídrico e esgotamento de carboidratos, afetando o crescimento vegetal (7). A ação e aumento da população de cigarrinhas está diretamente ligado às condições climáticas, como a elevada umidade relativa do ar, temperatura e elevada precipitação.

Por isso, para reduzir os danos destas pragas é necessário diversificar as forrageiras com capins resistentes ou que toleram à cigarrinha (8). As principais espécies de capins suscetíveis a cigarrinha-das-pastagens utilizadas para pastejo são: *Cynodon* spp., *Brachiaria decumbens* e *Brachiaria ruziziensis*. Embora *a Brachiaria brizantha* cv. Paiaguás seja considerada tolerante, tem-se evidenciado graves danos. Ademais, embora vários capins sejam resistentes a cigarrinha-das-pastagens, o que envolve principalmente as espécies *Deois flavopicta*, *Deois incompleta* e *Notozulia entreriana*, tem-se identificado suscetibilidade a *Mahanarva fimbriolata*, que é chamada comumente de cigarrinha da cana-de-açúcar (9).

Os inimigos naturais auxiliam no controle das cigarrinhas, devendo-se adotar medidas que visem aumentar as suas populações (formação e manutenção de mata nativa, e a restrição do uso do fogo), e existem vários agentes biológicos sendo estudados a fim

de controlar cigarrinhas. O fungo *Metarhizium anisopliae* tem se mostrado uma boa alternativa, apesar dos resultados serem instáveis (eficiência entre 10% e 60%), pois realiza-se somente uma aplicação em subdoses de conídeos. Em áreas onde as condições são favoráveis ao desenvolvimento do fungo, o controle tem se mostrado mais eficaz do que o impacto dos inseticidas químicos (10, 11, 12).

Deve-se usar controle químico apenas em último caso, pulverizando apenas as reboleiras ou locais mais atacados, utilizando produtos sistêmicos, de boa procedência e seguindo as recomendações e orientações do fabricante quanto à dose e carência (13). Inseticidas com princípios ativos sistêmicos com ambimobilidade podem trazer maior eficiência para o controle de cigarrinha-das-pastagens. Esta tecnologia permite a translocação do inseticida tanto para cima quanto para baixo, em um movimento contínuo.

PERCEVEJO CASTANHO

O manejo do percevejo castanho é complexo, em função do seu hábito subterrâneo e da inexistência de um método eficiente para o seu controle. A habilidade dos percevejos castanhos de se alimentar de diferentes fontes e sua tendência a se esconder no solo tornam esse inseto uma praga difícil de controlar. A busca por informações sobre o controle do percevejo castanho tem sido crescente, pois mesmo quando utilizando técnicas de controle químico, mecânico, cultural e biológico estes têm se mostrado ineficientes (14).

Os danos ocasionados por percevejos castanhos são decorrentes da sucção de seiva das raízes pelas ninfas e adultos, sendo observados em reboleiras. Os sintomas se iniciam com murchamento, seguido de amarelecimento e secamento das folhas, o que ocasiona à morte da planta (14, 15). Em densidades populacionais reduzidas, o ataque de percevejos pode atrasar o crescimento da planta. No entanto, quando as populações são elevadas, isso pode levar a morte das touceiras da pastagem (16). Além disso, os percevejos castanhos liberam um odor característico, semelhante ao dos percevejos conhecidos como ‘maria fedida’, o que frequentemente facilita a identificação de sua presença em áreas infestadas (17).

O controle químico é pouco eficaz devido ao seu comportamento subterrâneo. (14). Os inseticidas sistêmicos são geralmente utilizados, seja por meio de tratamento de sementes ou pulverização, mas eles se concentram na parte aérea da planta, deixando as raízes, onde os percevejos se alimentam, desprotegidas (18). Assim, da mesma forma que as cigarrinhas-das-pastagens, o uso de inseticida com ambimobilidade pode trazer resultados promissores no controle desta praga.

O manejo do solo, incluindo correção e adubação, pode influenciar a presença de percevejos castanhos, embora mais pesquisas sejam necessárias para compreender completamente esse efeito. Além disso, o adequado controle do manejo do pastejo é importante para a manutenção adequada das raízes, o que torna a planta mais resistente ao ataque da praga. Capins com excesso de animais, em condição de “superpastejo”, têm redução da massa radicular, o que torna a planta mais suscetível aos danos causados por esta praga.

Em pastagens, o controle de percevejos castanhos envolve o uso preventivo de inseticidas e a recuperação ou renovação das áreas atacadas, o que eleva os custos para os produtores. Outra estratégia seria a adoção de sistemas integrados de Lavoura-Pecuária ou Lavoura-Pecuária-Floresta para a recuperação das pastagens. Nesses sistemas, com a correção e adubação do solo, devido ao cultivo de plantas anuais, as pastagens tendem a

ter vegetação mais vigorosa, tornando-se menos suscetíveis aos ataques dos percevejos castanhos (16).

A diversificação de pastagens utilizando gramíneas resistentes tem se mostrado uma alternativa prática e de baixo custo para o manejo de pragas, como as cigarrinhas-das-pastagens, conforme Valério (19). Embora essa estratégia possa ser uma aliada no controle do percevejo castanho, ainda não existem dados concretos sobre a resistência de plantas forrageiras a essa praga. Um estudo preliminar em laboratório apontou que ninfas e adultos de percevejo castanho demonstraram maior preferência pela *Brachiaria brizantha* cv. Marandu em comparação com outras gramíneas testadas (20). Além disso, produtores rurais relatam que áreas cultivadas com gramíneas como *Andropogon gayanus* e *Panicum maximum* x *Panicum infestum* cv. Massai, ou com leguminosas do gênero *Stylosanthes*, parecem ser menos afetadas ou apresentam menor impacto causado pelos percevejos castanhos. Caso essas observações sejam confirmadas, isso poderia abrir novas possibilidades para o manejo da praga e a convivência com ela em áreas de pastagem (17).

LAGARTAS DESFOLHADORAS

Diversas espécies de lagartas são encontradas em pastagens. A *Spodoptera frugiperda*, conhecida como lagarta-do-cartucho, é uma das principais pragas, pois pode migrar de lavouras para pastagens, causando desfolha severa. Essa migração é especialmente preocupante em períodos de entressafra, quando a competição por recursos alimentares se intensifica. Em milho, esta lagarta tem sido combatida com tecnologias como o milho Bt, que reduz as perdas de produtividade, mas requer práticas como o refúgio estruturado para evitar a evolução da resistência a proteínas inseticidas (21).

Outra espécie importante é a *Mocis latipes*, conhecida como curuquerê-dos-capinzais ou lagarta-das-pastagens, que é específica de pastagens e que causa sérios danos em cultivares de *Panicum maximum*, mas também ataca braquiárias. Essa espécie é amplamente adaptada às condições tropicais e subtropicais, o que aumenta seu impacto em regiões produtoras de pecuária intensiva. O estudo de seu feromônio sexual tem demonstrado eficiência no monitoramento populacional, sendo uma importante ferramenta no manejo integrado de pragas (22).

Já as espécies do gênero *Helicoverpa*, embora mais conhecidas por atacar culturas agrícolas como soja e algodão, também podem se alimentar de gramíneas em áreas de pastagem. A *Helicoverpa armigera* foi identificada no Brasil pela primeira vez em 2013, com registros nos estados da Bahia, Goiás e Mato Grosso, onde ataques intensos às culturas de soja, milho e algodão foram observados. Essa praga expandiu rapidamente sua área de ocorrência devido à sua elevada capacidade de dispersão, adaptabilidade e semelhanças morfológicas com outras espécies do gênero *Helicoverpa* (23). Essa versatilidade alimentar é um dos fatores que torna essas lagartas especialmente problemáticas em sistemas agrícolas diversificados.

Os prejuízos causados por lagartas em pastagens são diversos e podem impactar significativamente a viabilidade econômica da pecuária. Um dos principais impactos é a redução na oferta de forragem. O ataque intenso resulta em desfolha, o que compromete a disponibilidade de alimento para os animais. Essa situação pode levar a uma dependência maior de suplementos alimentares, o que por sua vez, eleva os custos de produção e reduz a competitividade dos sistemas pecuários. O nível de dano econômico é um fator crucial para determinar a necessidade de controle químico de pragas, mas há carência destas informações em pastagens (24).

Outro impacto significativo é o comprometimento da recuperação das plantas. O estresse causado pela desfolha reduz a capacidade de rebrota das gramíneas, essencial para a manutenção da cobertura vegetal. Este impacto pode reduzir a massa de raízes, uma vez que existem nesta estrutura carboidratos de reserva que são utilizados em momentos de estresse.

Há também o aumento nos custos de produção relacionados à necessidade de intervenções de manejo, como reposição de pastagens, aquisição de insumos químicos e contratação de mão de obra especializada. Além disso, o uso indiscriminado de produtos químicos pode gerar desequilíbrios ecológicos. Inimigos naturais das lagartas, como predadores e parasitóides, são frequentemente eliminados junto com as pragas-alvo, favorecendo novos surtos e o desenvolvimento de resistência aos inseticidas.

O manejo de lagartas em pastagens deve ser baseado em princípios do Manejo Integrado de Pragas (MIP), que combinam estratégias culturais, biológicas, químicas e integradas, promovendo o equilíbrio entre eficiência de controle e sustentabilidade ambiental.

No controle cultural, destacam-se práticas como adubação equilibrada, controle de compactação do solo e manejo da altura adequada das gramíneas são essenciais para reduzir a suscetibilidade ao ataque de pragas. O monitoramento frequente das áreas também é um componente essencial do controle cultural. As técnicas de amostragem, como inspeção visual e uso de armadilhas luminosas, podem ser utilizadas para identificar precocemente as infestações. Essa abordagem preventiva permite a adoção de medidas de controle antes que os danos se tornem severos (25).

O controle biológico, por sua vez, é uma ferramenta valiosa para a regulação populacional de lagartas. Os inimigos naturais desempenham papel essencial no controle biológico de pragas agrícolas, como a lagarta-do-cartucho (*Spodoptera frugiperda*). Entre os predadores mais abundantes, destaca-se *Doru luteipes*, que contribui significativamente para a redução das populações dessa praga em cultivos como o milho (26). A introdução de parasitóides, como vespas do gênero *Trichogramma*, e predadores, como percevejos predadores, pode reduzir significativamente as populações de pragas. O uso de bioinseticidas, como os formulados à base de *Bacillus thuringiensis* (Bt), é altamente eficaz contra diferentes estágios larvais e apresenta baixo impacto ambiental. A lagarta-do-cartucho (*Spodoptera frugiperda*) apresenta elevada suscetibilidade a proteínas como Vip3Aa42 e Vip3Aa43, que demonstraram toxicidade significativa e potencial para manejo integrado de pragas agrícolas (27).

No controle químico, a cautela é fundamental. Inseticidas seletivos devem ser aplicados apenas em casos de infestações severas, respeitando as doses recomendadas e os períodos de carência. O controle químico de *Mocis latipes* em pastagens frequentemente utiliza inseticidas do grupo dos piretroides, como o Decis 25EC (deltametrina), que têm mostrado eficácia contra essa praga. No entanto, é essencial realizar aplicações adequadas para minimizar os impactos ambientais e evitar resistência da praga (28). Por outro lado, (29) concluíram que inseticidas químicos, como flubendiamida e clorantraniliprole, são altamente eficazes no controle de lagartas de *Helicoverpa armigera*, alcançando 100% de mortalidade no segundo instar.

Em comparação, os bioinseticidas, como baculovírus e *Bacillus thuringiensis*, apesar de eficientes na fase de pupa, requerem maior tempo de atuação para resultados satisfatórios. Essas abordagens minimizam os riscos de desenvolvimento de resistência e preservam os inimigos naturais das lagartas. Além disso, a escolha de produtos com menor toxicidade para polinizadores e outros organismos benéficos é uma prática recomendada. Os piretróides sintéticos, como lambda-cialotrina, deltametrina e beta-ciflutrina, são amplamente utilizados no Brasil para o controle de *Spodoptera frugiperda*

em culturas agrícolas. No entanto, o uso intensivo desses compostos tem levado ao desenvolvimento de resistência por parte das lagartas, evidenciando a necessidade de estratégias complementares, como o uso de sinérgicos, para aumentar sua eficácia e reduzir impactos ambientais (30).

CONCLUSÕES

Conclui-se que o manejo eficiente de pragas nas pastagens é essencial para garantir a produtividade e a rentabilidade das atividades agropecuárias, promovendo a sustentabilidade no uso dos recursos naturais. Estratégias como o Manejo Integrado de Pragas (MIP), que integra técnicas culturais, biológicas e químicas, mostram-se fundamentais, especialmente para lidar com pragas como a cigarrinha-das-pastagens, o percevejo castanho e as lagartas desfolhadoras.

A tecnologia de inseticidas sistêmicos com ambimobilidade destaca-se como uma inovação promissora para o controle eficaz dessas pragas, permitindo uma distribuição ampla e direcionada do produto. Além disso, práticas de manejo adequadas, como manter o dossel forrageiro na altura ideal, contribuem significativamente para a saúde das plantas e a resiliência do sistema.

REFERÊNCIAS

1. Torres FZV. Pragas das pastagens: características, danos e manejo [Internet]. Campo Grande, MS: Embrapa Gado de Corte; 2022 [acesso em 17 fev. 2025]. Disponível em: https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1147427.

2. Pelicano SF, Capdeville G, editores técnicos. Tecnologias poupa-terra 2021. Brasília, DF: Embrapa; 2021. 162 p. ISBN: 978-65-86056-09-9.

3. Ribeiro LP, Castlhos RV. Manejo integrado de pragas em pastagens: ênfase em pragas-chave das gramíneas perenes de verão. Florianópolis: Epagri, 2018. 52 p.

4. Lara FM. Princípios de resistência de plantas a insetos. São Paulo: Ícone; 1991. 336 p.

5. Valério JR. Cigarrinha-das-pastagens. Campo Grande, MS: Embrapa Gado de Corte, 2009.

6. Pereira MFA, Benedetti RAL, Almeida JEM. Eficiência de Metarhizium anisopliae (Metsch.) Sorokin no controle de Deois flavopicta (Stal., 1854), em pastagem de capim-braquiária (Brachiaria decumbens). Arq. Inst. Biol. 2008; 75(4): 465-469.

7. Townsend CR, Teixeira CAD, Da Silva Netto FG, Pereira RGA, Costa NL. Cigarrinhas-das-pastagens em Rondônia: diagnóstico e medidas de controle [Internet]. Porto Velho, RO: Embrapa; 2001 [acesso em 17 fev. 2025]. Disponível em:

https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/703813/1/cpfro-6640-doc53.pdf.

8. Valério JR, Oliveira MCM. Parasitismo de ovos de cigarrinhas-das-pastagens (Homoptera: Cercopidae) pelo microhimenóptero *Anagrus urichi* Pickles (Hymenoptera: Mymaridae) na região de Campo Grande, MS. Neotrop Entomol. 2005;34(1):137–8.

9. Cabral CEA, Duarte CFD, Avelino AC, Forragicultura Fácil. 1. ed. Rondonópolis, MT: UFR, 2024.

10. Alves SB. Controle biologico de pragas de pastagens. In: Pastagens: Fundamentos da Exploracao Racional. Piracicaba: Fealq; 1986. [citado 2025 mar. 19]

11. Melo IS, Azevedo JL, editores técnicos. Controle biológico, volume 1. Jaguariúna, SP: EMBRAPA; 1998. 632.96. ISBN 85-85771-02-X.

12. Costa NL, Townsend CR, Magalhães JA, Pereira RGA. Controle das cigarrinhas-das-pastagens. Recomendações Técnicas 14. Dezembro 2005. ISSN 1415-0867.

13. Costa NL, Towsend CR. Alternativas tecnológicas para redução de queimadas em pastagens da Amazônia Ocidental. Porto Velho: Embrapa Rondônia; 2003.

14. Oliveira LJ, Malaguido AB, Nunes Júnior J, Corso IC, De Angelis S, Farias LC, Hoffmann-Campo CB, Lantmann A. Percevejo-castanho-da-raiz em sistema de produção de soja [Internet]. Londrina, PR: Embrapa Soja; 2000 [acesso em 17 fev. 2025]. Disponível em: https://www.embrapa.br/en/busca-de-publicacoes/-/publicacao/446042/percevejo-castanho-da-raiz-em-sistema-de-producao-de-soja.

15. Embrapa. Ocorrência do percevejo castanho em pastagens [Internet]. Campo Grande, MS: Embrapa; 1996 [acesso em 17 fev. 2025]. Disponível em: https://www.embrapa.br/en/busca-de-publicacoes/-/publicacao/317919/ocorrencia-do-percevejo-castanho-em-pastagens**.**

16. Valério JR. Considerações sobre a morte de pastagens de Brachiaria brizantha cultivar Marandu em alguns Estados do Centro e Norte do Brasil – Enfoque entomológico. In: Barbosa RA, ed. Morte de pastos de braquiárias. Cap. 8. Embrapa Gado de Corte; 2006. p. 135–150.

17. Torres FZV, Amaral BB, Angelo TM, Montagner DB, de Araújo AR, Barbosa RA, Sujii E, Lira EC, Weiss G. Ocorrência, flutuação populacional e danos de percevejo castanho em cultivares de pastagens [Internet]. Campo Grande, MS: Embrapa Gado de Corte; 2020 [acesso em 17 fev. 2025]. Disponível em: https://www.embrapa.br/en/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1120983/ocorrencia-flutuacao-populacional-e-danos-de-percevejo-castanho-em-cultivares-de-pastagens.

18. *Angelis S de. Controle do percevejo castanho (*Scaptocoris castanea Perty, 1830 (Hemiptera: Cydnidae)) na cultura da soja (*Glycine max* (L.) Merrill) [Dissertação de mestrado]. Botucatu: Faculdade de Ciências Agronômicas, UNESP – Campus de Botucatu; 2002. 91 p.

19. Bernardo ER de A, Rocha V de F, Puga O, Silva RA da. Espécies de cigarrinhas-das-pastagens (Hemiptera: Cercopidae) no meio-norte do Mato Grosso. Cienc Rural [Internet]. 2003Apr;33(2):369–71. Available from: https://doi.org/10.1590/S0103-84782003000200030

20. Medeiros MO, Costa C, Amaral JL, Meirelles PRL. Avaliação da migração de ninfas de Scaptocoris carvalhoi Becker, 1967 (Hemiptera, Cydnidae) em plantas de importância econômica e invasora em teste com oportunidade de escolha. Biodiversidade. 2015;14(1):13–21.

21. Waquil MS, et al. Índice de adaptação e tempo letal da lagarta-do-cartucho em milho Bt. Pesq Agropecu Bras. 2016;51:563–570.

22. Lima ER, Vilela EF, Sanchez GR. Avaliação do comportamento reprodutivo e do feromônio sexual sintético de Mocis latipes (Guenée) (Lepidoptera: Noctuidae). An Soc Entomol Bras. 1998;27:9–20.

23. Specht A, et al. Identificação morfológica e molecular de Helicoverpa armigera (Lepidoptera: Noctuidae) e ampliação de seu registro de ocorrência no Brasil. Pesq Agropecu Bras. 2013;48:689–692.

24. Farias PRS, Barbosa JC, Busoli AC. Amostragem sequencial (presença-ausência) para Spodoptera frugiperda (J.E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) na cultura do milho. Neotrop Entomol. 2001;30:691–695.
25. Trogello E, et al. Desenvolvimento inicial e produtividade da cultura do milho no sistema de integração lavoura-pecuária. Rev Ceres. 2012; 59:286–291.

26. Picanço MC, et al. Intensidades de perdas, ataque de insetos-praga e incidência de inimigos naturais em cultivares de milho em cultivo de safrinha. Cienc Agrotecnol. 2003;27:339–347.

27. Marucci SC, et al. Relação entre toxicidade de proteínas Vip3Aa e sua capacidade de ligação a receptores intestinais de lepidópteros-praga. Pesq Agropecu Bras. 2015;50:637–648.

28. Santos MER, et al. Características morfogênicas e estruturais de perfilhos de capim-braquiária em locais do pasto com alturas variáveis. Rev Bras Zootec. 2011;40:535–542.

29. Kuss CC, Roggia RCRK, Basso CJ, De Oliveira MCN, Pias OHC, Roggia S. Controle de Helicoverpa armigera (Lepidoptera: Noctuidae) em soja com inseticidas químicos e biológicos. Pesq. Agropec. Bras. 2016;51(5):527-536.

30. Carvalho IF, Erdmann LL, Machado LL, Rosa A, Zotti MJ, Neitzke CG. Resistência metabólica no outonolagarta-do-cartucho: uma visão geral. J Agric Sci. 2018;10:426. Disponível em: https://10.5539/JAS.V10N.

Capítulo 11

DOI: 10.53934/agronfy-2025-05-11

DESENVOLVIMENTO DE ALIMENTOS PROBIÓTICOS DE ORIGEM VEGETAL: INOVAÇÃO E APLICAÇÕES

Glaubenia Temoteo Bento *[1] https://orcid.org/0009-0003-9111-2584**;**
Thatyane Vidal Fonteles[1] https://orcid.org/0000-0001-6857-675X

[1]Universidade Federal do Ceará/Departamento de Engenharia de Alimentos/Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Fortaleza (CE) Brasil.

Glaubenia Temoteo Bento – glaubeniatemoteo@alu.ufc.br

RESUMO

A crescente demanda por alternativas alimentares saudáveis tem impulsionado o desenvolvimento de produtos probióticos de origem vegetal. Esses produtos oferecem benefícios à saúde sem os desafios associados aos probióticos de base láctea, como alergias e intolerância à lactose. Os vegetais são uma fonte adequada de compostos bioativos promotores de benefícios no organismo humano, com propriedades anti-hipertensivas, antioxidantes e imunomoduladoras. Este estudo realizou uma revisão sistemática da literatura, analisando os avanços recentes na produção de alimentos probióticos de origem vegetal. Foram consultadas bases científicas como PubMed, Scopus e ScienceDirect, utilizando descritores específicos para selecionar artigos publicados nos últimos dez anos. Diversos estudos demonstram que vegetais, frutas, cereais e bebidas vegetais são matrizes adequadas para a incorporação de microrganismos probióticos, promovendo melhorias na microbiota intestinal e na saúde geral dos consumidores. Os resultados da revisão indicam que diferentes microrganismos, como *Lactobacillus, Bifidobacterium e Bacillus coagulans*, apresentam alta viabilidade em matrizes vegetais, mantendo contagens superiores a 8 log UFC/mL após fermentação. Além disso, técnicas como microencapsulação e fermentação controlada têm sido utilizadas para aumentar a estabilidade e funcionalidade dos probióticos. O presente capítulo revisa os avanços recentes na produção de alimentos probióticos de origem vegetal, destacando desafios tecnológicos, benefícios à saúde e tendências futuras do setor. Os dados demonstram que os probióticos vegetais são uma alternativa promissora na indústria de alimentos funcionais, proporcionando benefícios nutricionais e ambientais.

Palavras-chave: Alimentos funcionais; Probióticos; Fermentação vegetal; Saúde intestinal

1. Introdução

A incorporação de microrganismos probióticos em produtos de origem vegetal tem ganhado destaque devido ao aumento da procura por alimentos funcionais e não lácteos. Tradicionalmente, os probióticos eram amplamente utilizados em produtos lácteos, como iogurtes e queijos. No entanto, fatores como ~~a~~ intolerância à lactose, alergias a proteínas do leite e o crescimento do veganismo levaram a um aumento do interesse em alternativas baseadas em vegetais (1,2).

As fontes vegetais, incluindo frutas, extratos de cereais e leguminosas, possuem nutrientes essenciais que favorecem a viabilidade dos probióticos e proporcionam benefícios adicionais à saúde. Além disso, a produção desses alimentos está alinhada com as tendências de sustentabilidade, uma vez que a indústria de laticínios é frequentemente associada a altos impactos ambientais. A utilização desses produtos tem se expandido, pois eles oferecem vantagens como menor impacto ambiental, ausência de colesterol e maior aceitação por consumidores com restrições alimentares (3) (4).

Entre os diversos tipos de probióticos utilizados no desenvolvimento de alimentos funcionais, os probióticos esporulados vêm ganhando destaque devido à sua resistência a condições ambientais adversas (5). Microrganismos esporulados como *Bacillus coagulans* são capazes de formar esporos, conferindo maior estabilidade térmica e resistência ao pH gástrico, tornando-os ideais para aplicação em produtos vegetais submetidos a processos térmicos e de armazenamento prolongado (6). Essa característica permite que alimentos probióticos de origem vegetal mantenham uma carga microbiana viável por períodos mais longos, garantindo benefícios à saúde dos consumidores (7).

Além disso, os probióticos esporulados apresentam vantagens significativas em relação aos microrganismos não esporulados, especialmente no que diz respeito à viabilidade durante o processamento em condições adversas e a distribuição dos produtos. Diferentes estudos demonstram que esses microrganismos podem ser incorporados a bebidas fermentadas, *snacks* e até mesmo produtos panificados, ampliando as opções disponíveis no mercado de alimentos funcionais (8). A utilização de probióticos esporulados pode contribuir para o aumento da acessibilidade dos consumidores a alimentos probióticos de origem vegetal, fortalecendo o setor e promovendo hábitos alimentares mais saudáveis (9).

Este estudo realizou uma revisão sistemática da literatura, analisando os avanços recentes na produção de alimentos probióticos de origem vegetal.

2. Desenvolvimento de Produtos Probióticos de Origem Vegetal

2.1. Matérias-Primas e Microrganismos Utilizados

Diferentes matrizes vegetais, como extratos vegetais de cereais e leguminosas e sucos de frutas, são amplamente estudadas para a incorporação de microrganismos probióticos. Entre os microrganismos mais utilizados estão as espécies *Lactobacillus, Bifidobacterium* e *Bacillus*, devido à sua capacidade de resistir ao trato gastrointestinal e colonizar a microbiota intestinal (10).

Os substitutos vegetais do leite, como as bebidas à base de extratos hidrossolúveis de soja, aveia e amêndoas, são veículos eficazes para probióticos, pois apresentam propriedades que favorecem a manutenção da viabilidade celular durante a vida útil dos produtos (11). Além disso, sucos de frutas, como suco de tomate e laranja, demonstraram ser bons portadores de probióticos, especialmente quando fermentados (12).

A seleção de matrizes vegetais adequadas para a incorporação de probióticos é um aspecto crucial no desenvolvimento de alimentos funcionais. Bebidas vegetais, cereais, frutas e leguminosas têm sido amplamente exploradas devido à sua composição nutricional rica em fibras, antioxidantes e compostos bioativos, que favorecem a viabilidade e o metabolismo dos microrganismos probióticos além de possuírem um perfil sensorial bem aceito pelos consumidores (13–15).

O suco de tomate, por exemplo, demonstrou ser um excelente veículo probiótico, garantindo um número de células viáveis superior a 8 log UFC/mL após 48 horas de fermentação (2).

As leguminosas, como grão-de-bico e lentilha, têm sido investigadas como matrizes probióticas devido ao seu alto teor proteico e presença de oligossacarídeos fermentáveis que favorecem o crescimento de bactérias benéficas. A fermentação de misturas contendo cevada, aveia e soja manteve a viabilidade de *Lactobacillus reuteri* DSM 17938 entre 9,01 e 7,32 log UFC/mL, sendo a combinação soja+aveia a mais eficiente (16).

Produtos como barrinhas de cereais enriquecidas com microrganismos vivos e pães funcionais têm sido desenvolvidos como opções viáveis para o consumo diário. A fermentação desses alimentos também pode aumentar a biodisponibilidade de seus nutrientes, proporcionando benefícios adicionais para a saúde dos consumidores (8,14).

No que se refere aos microrganismos utilizados, as espécies do gênero *Lactobacillus* e *Bifidobacterium* ainda dominam o setor de alimentos probióticos devido à sua capacidade de colonizar o trato intestinal e conferir benefícios à saúde. No entanto, *Bacillus coagulans* tem ganhado destaque devido à sua resistência térmica e viabilidade em condições adversas. Sua capacidade de formar esporos permite que ele suporte processos térmicos, como forneamento e pasteurização, ampliando suas aplicações em produtos probióticos de origem vegetal (17).

Pediococcus acidilactici foi incorporado a lanches vegetais a base de inhame demonstrando alta estabilidade durante a digestão simulada *in vitro*, variando entre 4 e 6 log UFC/g, garantindo sua funcionalidade ao longo do processo digestivo. Outra abordagem promissora é a utilização de probióticos combinados com prebióticos, formando alimentos simbióticos que potencializam os efeitos benéficos à saúde (15).

O avanço das técnicas de microencapsulação tem possibilitado a aplicação de probióticos em um maior número de matrizes vegetais, garantindo a proteção das células viáveis durante o armazenamento e a passagem pelo trato gastrointestinal. O uso dessas estratégias amplia as possibilidades de desenvolvimento de produtos inovadores e funcionais, atendendo às demandas do mercado consumidor por alternativas alimentares saudáveis e sustentáveis (11).

2.2. Benefícios à Saúde

Probióticos são definidos como microrganismos vivos que quando consumidos em quantidades adequadas, conferem benefícios à saúde do hospedeiro (9). Os alimentos probióticos de origem vegetal apresentam inúmeros benefícios, incluindo melhora da microbiota intestinal e digestão, redução do risco de doenças metabólicas, como obesidade e diabetes, propriedades anti-inflamatórias e imunomoduladoras além de ser uma alternativa saudável para indivíduos com alergia à proteína do leite e intolerância à lactose (4),(11,13) e (18).

Evidências científicas têm demonstrado o potencial efeito benéfico da administração de probióticos para o tratamento de transtornos psicológicos como espectro

do autismo, TDAH, depressão, ansiedade, e em distúrbios cardiometabólicos, doença renal crônica e inflamações na pele (19).

Os probióticos produzem uma diversidade de compostos bioativos, incluindo vitaminas, ácidos graxos de cadeia curta (AGCCs), aminoácidos, peptídeos, enzimas e exopolissacarídeos (EPSs), que possuem efeitos benéficos para a saúde do hospedeiro. Assim como, as bactérias probióticas também são capazes de produzir vitaminas do grupo B (B6, B12, folato e tiamina) e do grupo K (K1 e K2), contribuindo de forma efetiva nas deficiências de vitaminas e auxiliando no tratamento de doenças inflamatórias (20).

Os efeitos probióticos de *B. coagulans* estão associados à melhora da saúde intestinal e do bem-estar geral. Sua capacidade de sobreviver às condições gástricas garante sua viabilidade no trato gastrointestinal, onde exerce influência positiva na microbiota. Estudos demonstram seu papel na mitigação da síndrome do intestino irritável (SII), diarreia associada ao uso de antibióticos e doenças inflamatórias intestinais. Além disso, *B. coagulans* apresenta propriedades imunomoduladoras, auxiliando na redução de processos inflamatórios e no fortalecimento da barreira intestinal (21).

A ingestão de *B. coagulans* pode melhorar a absorção e a utilização de proteínas. Ao otimizar as condições intestinais e favorecer a digestão, essa bactéria contribui para um melhor aproveitamento dos nutrientes, sendo particularmente benéfica para atletas e indivíduos que buscam maior eficiência na metabolização de proteínas (22).

2.3. Desafios Tecnológicos

Apesar do potencial dos probióticos em produtos vegetais, a manutenção da sua viabilidade pode ser um desafio, especialmente devido a fatores como pH ácido, presença de compostos antimicrobianos naturais e variações na composição dos alimentos vegetais (14). Estratégias como encapsulação e fermentação controlada são empregadas para garantir a estabilidade e a funcionalidade dos microrganismos probióticos (23). A aceitação sensorial dos consumidores é um fator crítico para o sucesso dos produtos probióticos vegetais. A fermentação pode alterar sabor e textura, tornando necessário o desenvolvimento de formulações que equilibrem benefícios funcionais e características organolépticas agradáveis (1).

O uso de cepas esporuladas é uma estratégia eficaz no desenvolvimento de alimentos probióticos de origem vegetal, especialmente em produtos forneáveis, garantindo maior estabilidade térmica e viabilidade microbiana durante o processamento (24).

Bacillus coagulans é uma bactéria Gram-positiva, em formato de bastonete, formadora de esporos e aeróbia facultativa. Sua capacidade de produzir ácido lático contribui para suas propriedades probióticas. A eficácia dessa bactéria como probiótico está associada à produção de ácido lático e outras enzimas benéficas. *B. coagulans* possui reconhecimento de segurança, sendo classificada como "Generally Recognized As Safe" (GRAS) por órgãos reguladores, o que impulsiona seu uso em produtos comerciais (25).

Diferentes cepas de *B. coagulans* são utilizadas em alimentos funcionais e suplementos nutricionais. Estudos genômicos apontam que essa bactéria não possui genes produtores de toxinas ou fatores de virulência. Ensaios de toxicidade oral aguda e testes hemolíticos corroboram sua segurança. Sua resistência a condições adversas, como temperaturas elevadas, sais biliares e estresses ácido e alcalino, destaca *B. coagulans* como um probiótico estável para aplicações em alimentos e bebidas (26).

Além de sua estabilidade, *B. coagulans* produz substâncias antimicrobianas, como a coagulina, uma bacteriocina com atividade significativa contra bactérias Gram-positivas, incluindo Enterococcus, Leuconostoc e Listeria. Estudos demonstram que a

coagulina mantém sua atividade antimicrobiana mesmo após exposição a 60°C por 15 minutos e em faixas de pH de 4 a 8. Outra substância relevante é a lactosporina, um composto antibacteriano produzido pelo *B. coagulans* ATCC 7050, eficaz contra *Micrococcus luteus* (27).

Probióticos do gênero Bacillus estão associados à produção de metabólitos bioativos com benefícios à saúde. O ácido aminobutírico (GABA), por exemplo, produzido por algumas cepas, possui efeitos ansiolíticos, melhora a qualidade do sono, reduz a pressão arterial e auxilia no tratamento do diabetes, além de fortalecer o sistema imunológico (5). A resistência dos esporos de *B. coagulans* garante sua viabilidade em diversos processos industriais, como forneamento e congelamento, tornando-o ideal para a formulação de produtos probióticos de origem vegetal (9).

A incorporação de cepas probióticas termicamente estáveis em produtos forneáveis, como pães funcionais se destaca como uma alternativa atrativa para consumidores exigentes, incluindo aqueles que evitam laticínios (17).

A adição de *B. coagulans* GBI-30 em massas resultou em uma contagem de células viáveis de 9 log UFC/100g após o processo de cozimento (5–7 min), garantindo benefícios à saúde (17,28).

Além dos produtos de panificação e embutidos, diversas matrizes alimentares vegetais têm sido exploradas para a incorporação de probióticos. Pastas de tâmara seca podem atuar como veículos eficazes para esporos de *B. coagulans* BC4, preservando sua viabilidade por 45 dias em condições aeróbicas e anaeróbicas, bem como após digestão simulada *in vitro* (28).

A aplicação de probióticos esporulados foi investigada em frutas desidratadas, como morangos enriquecidos com *B. coagulans* BC4, que passaram por métodos de impregnação, revestimento e secagem. Apesar do impacto desses processos em algumas propriedades do produto, o morango liofilizado manteve suas características químicas e físicas, além de apresentar maior viabilidade probiótica e aceitação sensorial (29).

A estabilidade de *B. coagulans* em bebidas quentes também foi explorada. Em estudos sobre chá e café, *B. coagulans* MTCC 5856 demonstrou uma taxa de sobrevivência de 94,94% e 99,76%, respectivamente, após processos de fermentação, além de manter sua viabilidade no trato gastrointestinal (30).

Na área de bebidas probióticas, a fermentação de uma bebida proteica de soja com *B. coagulans* VHProbi C08 revelou uma alta taxa de esporulação (90,03%) e resistência térmica, com contagem superior a 6,86 log UFC/mL após tratamento térmico a 95°C por 15 minutos. Além da estabilidade durante 28 dias de armazenamento, a bebida demonstrou propriedades antibacterianas e antioxidantes (17).

Outros avanços incluem o desenvolvimento de cupcakes sem glúten enriquecidos com *B. coagulans*, formulados para atender às necessidades de consumidores celíacos e sensíveis ao glúten (31). Os resultados indicaram que as bactérias permaneceram viáveis por até quatro dias, garantindo a funcionalidade do produto. Além disso, chocolates enriquecidos com *B. coagulans* apresentaram níveis elevados de polifenóis, reforçando seu potencial como alimento funcional (32).

Já em barras de cereais, coberturas de chocolate enriquecidas com *B. bifidum* Bb12 mantiveram viabilidade acima de 4,5 log UFC/g após 30 dias de armazenamento a 4°C, evidenciando sua eficácia como matriz probiótica (14).

No segmento de sucos, a fermentação do suco de tomate com cepas de *L. acidophilus, L. casei, L. delbrueckii* e *L. plantarum* resultou em um número de células viáveis acima de 8 log UFC/mL após 48 horas de fermentação a 30°C, com pH estabilizado entre 3,5 e 4,1. *L. sanfranciscensis* adicionado ao suco de tomate manteve viabilidade superior a 7,5 log UFC/mL após quatro semanas de armazenamento a 4°C,

demonstrando que esse suco é um excelente veículo de probióticos (2). Esse e outros produtos estão citados na Tabela 1.

Tabela 1: Produtos alimentícios probióticos termoestáveis à base vegetais.

Produto	Linhagem	Substrato
Bebida de soja	*B. coagulans VHProbi* C08	Concentrado de proteína de soja
Chá	*B. coagulans Ganeden* BC3	Chá de ervas
Lanche de maçã seca	*B. coagulans* BC410 esporos MLD	Cubos de maçã
Metades de morango seco	*B. coagulans* BC450 esporos MLD	Morango
Suco de laranja	*B. coagulans* GBI-30 6086	Suco de laranja
Lanche de frutas com chocolate probiótico	*B. coagulans* GBI-30	Lanche de chocolate amargo com conteúdo de frutas de framboesa
Pó de suco de passas	*B. coagulans*	Pó de suco de passas
Biofilme probiótico	*B. coagulans*	Goma de caju
Doces de gelatina	*B. coagulans* GBI-30 6086	Maracujá
Chá	*B. coagulans* MTCC 5856	Chá
Café	*B. coagulans* MTCC 5856	Café
Pasta de tâmara seca	*B. coagulans* BC4	Tâmara

Fonte: Poshadri., et al 2022.

Esses avanços reforçam a importância dos probióticos na formulação de alimentos vegetais, ampliando as opções disponíveis para consumidores que buscam produtos saudáveis e funcionais.

2.4. Tendências Futuras

O setor de alimentos probióticos de origem vegetal está em constante evolução, impulsionado pela crescente preocupação dos consumidores com saúde, bem-estar e sustentabilidade. À medida que a ciência avança, novas estratégias estão sendo exploradas para aprimorar a estabilidade, a funcionalidade e a aceitação sensorial desses produtos. Algumas das principais tendências que moldarão o futuro desse mercado incluem:

1) Expansão do uso de probióticos esporulados: Microrganismos como *Bacillus coagulans* e *Bacillus subtilis* estão ganhando destaque devido à sua resistência térmica e estabilidade durante o armazenamento. Esses probióticos são altamente viáveis em produtos processados, como pães, cereais e lanches saudáveis, oferecendo alternativas robustas às tradicionais cepas de *Lactobacillus* e *Bifidobacterium* (13).
2) Formulações simbióticas: A combinação de probióticos com prebióticos naturais, como fibras solúveis e oligossacarídeos, fortalece os efeitos benéficos sobre a microbiota intestinal. Produtos simbióticos promovem maior sobrevida dos microrganismos probióticos e otimizam seus benefícios à saúde (11).

3) Uso de novas matrizes vegetais: O mercado tem se expandido para além das tradicionais bebidas fermentadas à base de soja e amêndoas. Pesquisadores estão explorando novas fontes vegetais, como batata-doce, quinoa, grão-de-bico e algas, que oferecem perfis nutricionais diferenciados e potencializam os benefícios probióticos (4).
4) Aplicação de tecnologias de microencapsulação: Métodos avançados de microencapsulação estão sendo desenvolvidos para aumentar a estabilidade e a viabilidade dos probióticos ao longo da vida útil dos produtos. Técnicas como *spray-drying* e gelificação iônica permitem que os probióticos resistam melhor a processos industriais e ao trato gastrointestinal (23).
5) Desenvolvimento de alimentos fermentados inovadores: Kombuchas, kefir vegetais e produtos fermentados à base de cereais estão em ascensão. Esses alimentos não apenas contêm microrganismos benéficos, mas também oferecem compostos bioativos resultantes do processo de fermentação, aumentando seus efeitos funcionais (12).
6) Ampliação do mercado de snacks probióticos: Há um crescente interesse por snacks funcionais que contenham probióticos estáveis. Barras de cereais, chips de vegetais e biscoitos enriquecidos com probióticos são uma alternativa prática para o consumo diário e podem atender diferentes faixas etárias (18).
7) Personalização de alimentos probióticos: Com o avanço da nutrigenômica, espera-se que os alimentos probióticos sejam cada vez mais personalizados para atender às necessidades específicas de diferentes perfis de consumidores. Dietas individualizadas baseadas no microbioma podem levar ao desenvolvimento de produtos direcionados para saúde digestiva, regulação do metabolismo e fortalecimento imunológico (33).
8) Alternativas sustentáveis na produção de probióticos: O uso de resíduos agroindustriais, como cascas de frutas e subprodutos da indústria de cereais, para a fermentação probiótica está sendo investigado como forma de reduzir desperdícios e tornar a produção de alimentos mais sustentável (4).

Essas tendências demonstram o potencial dos alimentos probióticos de origem vegetal como uma categoria em expansão, impulsionada pela inovação tecnológica e pela crescente busca por produtos saudáveis e sustentáveis. A pesquisa e o desenvolvimento contínuos serão fundamentais para aprimorar a estabilidade, os benefícios à saúde e a aceitação desses produtos pelo mercado consumidor.

3. Conclusão

O desenvolvimento de alimentos probióticos de origem vegetal representa um avanço significativo no setor de alimentos funcionais, atendendo à crescente demanda por produtos mais saudáveis e sustentáveis. A ampla diversidade de matrizes vegetais, aliada à maior aceitação dos consumidores, destaca a importância de pesquisas e inovações para otimizar a viabilidade e funcionalidade dos probióticos nesses alimentos. Embora ainda existam desafios tecnológicos, como a estabilidade dos microrganismos probióticos durante o processamento e armazenamento, avanços em microencapsulação, fermentação controlada e formulações simbióticas têm demonstrado grande potencial para aprimorar a aplicação desses microrganismos em produtos vegetais. O mercado de probióticos vegetais continua em expansão, impulsionado pelo interesse crescente dos consumidores

em alimentos funcionais, dietas *plant-based* e alternativas livres de alérgenos. Nesse contexto, o desenvolvimento de novas tecnologias e estratégias inovadoras será essencial para garantir a eficácia, estabilidade e aceitação sensorial desses produtos, consolidando os probióticos vegetais como uma alternativa promissora e acessível para diferentes perfis de consumidores.

4. Agradecimento

Os autores agradecem o apoio financeiro da *Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior* – Finance code 001 Brasil (CAPES).

5. Referências

1. Martins EMF, Ramos AM, Vanzela ESL, Stringheta PC, de Oliveira Pinto CL, Martins JM. Products of vegetable origin: A new alternative for the consumption of probiotic bacteria. Vol. 51, Food Research International. 2013. p. 764–70.
2. Küçükgöz K, Trząskowska M. Nondairy Probiotic Products: Functional Foods That Require More Attention. Vol. 14, Nutrients. MDPI; 2022.
3. Cena H, Calder PC. Defining a healthy diet: Evidence for the role of contemporary dietary patterns in health and disease. Vol. 12, Nutrients. MDPI AG; 2020.
4. D'Almeida AP, Neta AAI, de Andrade-Lima M, de Albuquerque TL. Plant-based probiotic foods: current state and future trends. Food Science and Biotechnology. The Korean Society of Food Science and Technology; 2024.
5. Szlufman C, Shemesh M. Role of Probiotic Bacilli in Developing Synbiotic Food: Challenges and Opportunities. Vol. 12, Frontiers in Microbiology. Frontiers Media S.A.; 2021.
6. Marzorati M, Van den Abbeele P, Bubeck S, Bayne T, Krishnan K, Young A. Treatment with a spore-based probiotic containing five strains of Bacillus induced changes in the metabolic activity and community composition of the gut microbiota in a SHIME® model of the human gastrointestinal system. Food Research International. 2021 Nov 1;149.
7. Liu Z, Jiang Z, Zhang Z, Liu T, Fan Y, Liu T, et al. Bacillus coagulans in Combination with Chitooligosaccharides Regulates Gut Microbiota and Ameliorates the DSS-Induced Colitis in Mice. Microbiol Spectr. 2022 Aug 31;10(4).
8. Neder-Suárez D, Vázquez-Rodríguez JA, González-Martínez BE, Meléndez-Pizarro CO, Hernández-Ochoa LR, Murowaniecki-Otero D, et al. Effect of using alternative flours on the development and characteristics of a third-generation snacks. Food Chemistry Advances. 2024 Jun 1;4.
9. Konuray G, Erginkaya Z. Potential use of Bacillus coagulans in the food industry. Vol. 7, Foods. MDPI Multidisciplinary Digital Publishing Institute; 2018.
10. Ranadheera CS, Vidanarachchi JK, Rocha RS, Cruz AG, Ajlouni S. Probiotic delivery through fermentation: Dairy vs. non-dairy beverages. Fermentation. 2017 Dec 1;3(4).
11. Rasika DMD, Vidanarachchi JK, Luiz SF, Azeredo DRP, Cruz AG, Ranadheera CS. Probiotic delivery through non-dairy plant-based food matrices. Vol. 11, Agriculture (Switzerland). MDPI AG; 2021.

12. Mojikon FD, Kasimin ME, Molujin AM, Gansau JA, Jawan R. Probiotication of Nutritious Fruit and Vegetable Juices: An Alternative to Dairy-Based Probiotic Functional Products. Vol. 14, Nutrients. MDPI; 2022.
13. Payne J, Bellmer D, Jadeja R, Muriana P. The Potential of Bacillus Species as Probiotics in the Food Industry: A Review. Vol. 13, Foods. Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI); 2024.
14. Mani-López E, Ramírez-Corona N, López-Malo A. Advances in probiotic incorporation into cereal-based baked foods: Strategies, viability, and effects–A review. Vol. 3, Applied Food Research. Elsevier B.V.; 2023.
15. Durán-Castañeda AC, Bueno-Durán AY, Girón-Pérez MI, Ragazzo-Sánchez JA, Sánchez-Burgos JA, Sáyago-Ayerdi SG, et al. In Vitro Digestion of Vacuum-Impregnated Yam Bean Snacks: Pediococcus acidilactici Viability and Mango Seed Polyphenol Bioaccessibility. Microorganisms [Internet]. 2024 Sep 30;12(10):1993. Available from: https://www.mdpi.com/2076-2607/12/10/1993
16. Barboza Y, Novillo N, Zambrano D. Effect of different formulations prepared with cereals and legumes on the growth of Lactobacillus reuteri DSM 17938. Revista Cientifica de la Facultad de Veterinaria. 2024;34(1).
17. Poshadri A, Deshpande HW, Khodke UM, Katke SD. Bacillus Coagulans and its Spore as Potential Probiotics in the Production of Novel Shelf-Stable Foods. Vol. 10, Current Research in Nutrition and Food Science. Enviro Research Publishers; 2022. p. 858–70.
18. Udayakumar S, Rasika DMD, Priyashantha H, Vidanarachchi JK, Ranadheera CS. Probiotics and Beneficial Microorganisms in Biopreservation of Plant-Based Foods and Beverages. Vol. 12, Applied Sciences (Switzerland). MDPI; 2022.
19. Palanivelu J, Thanigaivel S, Vickram S, Dey N, Mihaylova D, Desseva I. Probiotics in Functional Foods: Survival Assessment and Approaches for Improved Viability. Vol. 12, Applied Sciences (Switzerland). MDPI; 2022.
20. Liu M, Chen J, Dharmasiddhi IPW, Chen S, Liu Y, Liu H. Review of the Potential of Probiotics in Disease Treatment: Mechanisms, Engineering, and Applications. Vol. 12, Processes. Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI); 2024.
21. Cao J, Yu Z, Liu W, Zhao J, Zhang H, Zhai Q, et al. Probiotic characteristics of Bacillus coagulans and associated implications for human health and diseases. Vol. 64, Journal of Functional Foods. Elsevier Ltd; 2020.
22. Jäger R, Purpura M, Farmer S, Cash HA, Keller D. Probiotic Bacillus coagulans GBI-30, 6086 improves protein absorption and utilization. Probiotics Antimicrob Proteins. 2018 Jan 1;10(4):611–5.
23. De Bellis P, Sisto A, Lavermicocca P. Probiotic bacteria and plant-based matrices: An association with improved health-promoting features. Vol. 87, Journal of Functional Foods. Elsevier Ltd; 2021.
24. Aleman RS, Yadav A. Systematic Review of Probiotics and Their Potential for Developing Functional Nondairy Foods. Vol. 4, Applied Microbiology. Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI); 2024. p. 47–69.
25. Marzorati M, Van den Abbeele P, Bubeck SS, Bayne T, Krishnan K, Young A, et al. Bacillus subtilis HU58 and bacillus coagulans SC208 probiotics reduced the effects of antibiotic-induced gut microbiome dysbiosis in an M-SHIME® model. Microorganisms. 2020 Jul 1;8(7):1–15.
26. Wu Y ping, Liu D mei, Zhao S, Huang Y yan, Yu J jia, Zhou Q yu. Assessing the safety and probiotic characteristics of Bacillus coagulans 13002 based on complete genome and phenotype analysis. LWT. 2022 Feb 1;155.

27. Zhang J, Gu S, Zhang T, Wu Y, Ma J, Zhao L, et al. Characterization and antibacterial modes of action of bacteriocins from Bacillus coagulans CGMCC 9951 against Listeria monocytogenes. LWT. 2022 Apr 15;160.
28. Marcial-Coba MS, Pjaca AS, Andersen CJ, Knøchel S, Nielsen DS. Dried date paste as carrier of the proposed probiotic Bacillus coagulans BC4 and viability assessment during storage and simulated gastric passage. LWT. 2019 Jan 1; 99:197–201.
29. Oliveira AS, Niro CM, Bresolin JD, Soares VF, Ferreira MD, Sivieri K, et al. Dehydrated strawberries for probiotic delivery: Influence of dehydration and probiotic incorporation methods. LWT. 2021 Jun 1;144.
30. Majeed M, Majeed S, Nagabhushanam K, Arumugam S, Beede K, Ali F. Evaluation of probiotic Bacillus coagulans MTCC 5856 viability after tea and coffee brewing and its growth in GIT hostile environment. Food Research International. 2019 Jul 1; 121:497–505.
31. Amini K, Sharifan A, Ghiassi Tarzi B, Azizinezhad R. Preparation of a Low-Calorie, Gluten-Free All-in-One Cake Mix, Containing Bacillus Coagulans Using Quinoa and Inulin Functionality. J Food Qual. 2022;2022.
32. Kobus-Cisowska J, Szymanowska D, Maciejewska P, Szczepaniak O, Kmiecik D, Gramza-Michałowska A, et al. Enriching novel dark chocolate with Bacillus coagulans as a way to provide beneficial nutrients. Food Funct. 2019 Feb 1;10(2):997–1006.
33. De C, Da C, Departamento S, Nutrição DE, De B, Pessoa J. UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA UTILIZAÇÃO DE PROBIÓTICOS EM ALIMENTOS DE ORIGEM VEGETAL COMO ALTERNATIVA PARA LANCHES FUNCIONAIS: UMA REVISÃO DE LITERATURA. 2022.

Capítulo 12

DOI: 10.53934/agronfy-2025-05-12

ANÁLISES DE CONTROLE DE QUALIDADE DE MATÉRIAS-PRIMAS PARA FABRICAÇÃO DE RAÇÕES PARA AVES

Gabrielli Barros Silva; Luana Teodoro de Alcântara; Juliana Scanavacca; Mirian Cristina Feiten*

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

RESUMO: O Brasil se encontra na 3ª posição mundial na produção de rações para aves no ano de 2024. Assim, cuidados higiênicos e sanitários são essenciais durante a fabricação das rações, já que estas são direcionadas aos aviários e, posteriormente, as aves para os frigoríficos ou abatedouros, onde serão processadas para alimentação humana. Dessa forma, a Garantia da Qualidade desempenha um papel fundamental para o setor, cuidando de toda a cadeia, desde a recepção da matéria-prima até a expedição do produto realizando, dentre outras atividades, análises físicas e físico-químicas e a verificação documental que, ao final do processo, poderão garantir a inocuidade do produto. Dessa forma, neste capítulo é realizada uma revisão bibliográfica acerca das matérias-primas utilizadas na fabricação de ração para aves, bem como a descrição dos fluxogramas de processamento, os procedimentos de amostragem e protocolos para a realização das análises das matérias-primas e dos produtos, além do controle documental de uma fábrica de ração.

Palavras-chave: Ração; Fábrica de ração; Aves; Análises físico-químicas; Análises físicas.

INTRODUÇÃO

De acordo com o Relatório Anual da Associação Brasileira de Proteína Animal (1), a produção brasileira de carne de frango foi de 14,524 milhões de toneladas em 2023, mantendo-se na posição de 2º colocado no ranking mundial, atrás apenas dos Estados Unidos da América (EUA) com 20,992 milhões de toneladas. Da produção brasileira de carne de frango, 65,35% foi destinada para o mercado interno e 34,65% à exportação, salientando-se ainda que, no mercado mundial, o Brasil foi o maior exportador com 5,139 milhões de toneladas no ano de 2023. Vale ressaltar também que a China em 2023 ocupou o primeiro lugar de importadores da carne de frango brasileira com 682,665 toneladas (1), demonstrando assim a importância da alimentação das aves no Brasil.

A produção mundial de rações no segmento de aves foi de 45,6 milhões de toneladas no ano de 2024, sendo que, dessas, 42,3% representam a ração destinada aos frangos de corte (2). O Brasil encontra-se em 3º lugar na produção geral de rações, e registrando crescimento anual, atrás apenas da China e EUA (3).

Só é possível formular a ração pela combinação de diferentes matérias-primas. Consequentemente, a mesma deve prover nutricionalmente todas as necessidades das aves em todas as fases de desenvolvimento (4). Maia (5) afirma que, para se obter uma ração de qualidade deve-se ter como fundamento a qualidade nutricional e fisiológica, de modo a abranger todas as necessidades nutricionais dos animais. Sendo assim, a busca por alta produtividade com qualidade passa a ser diferencial de quem a padronizar e executar com zelo (6). Por isso, o controle de qualidade passou a ser um setor responsável por garantir

que, ao sair da fábrica, o produto terá características condizentes com a ração a ser comercializada (7,8).

Já foram publicados diversos trabalhos que estudam o padrão de qualidade em fábricas de ração e a composição de nutrientes (8-17), demonstrando assim, a importância de estabelecer um alto nível de qualidade nutricional em concordância com a regulamentação vigente.

Segundo Coradi (6), "uma vez que as rações têm relação direta com a segurança alimentar, esta deve ser mantida e provada em caso de questões judiciais". Assim, observa-se a importância de realizar o controle de qualidade em uma fábrica de ração, com o intuito de se obter um produto seguro e de qualidade, adequado às legislações vigentes, estando de acordo com os órgãos fiscalizadores. Nesse sentido, com base no manual de Boas Práticas de Fabricação (BPF) e dos Procedimentos Operacionais Padrão (POP), são apresentados de forma descritiva as matérias-primas utilizadas na fabricação de rações para aves e os fluxogramas de processamento, além dos procedimentos de amostragem e protocolos para a realização das análises físicas e físico-químicas e controle documental das matérias-primas e dos produtos.

MATÉRIAS-PRIMAS PARA FABRICAÇÃO DE RAÇÃO PARA AVES

RESÍDUOS DE ABATEDOUROS AVÍCOLAS

Vísceras

Há três tipos de caracterização e processamento para as farinhas de vísceras de aves (15,18):

- Farinha de vísceras standard (FVS/High Ash): Matéria-prima resultante do processamento de vísceras de aves, podendo conter cabeças e pés, com a exclusão de penas, resíduos de incubatório e outros ingredientes de sua constituição. Além disso, em nenhuma hipótese poderá conter contaminação com a casca de ovo.
- Farinhas de vísceras Low Ash: Refere-se à composição por papo, traquéia, esôfago, intestinos, cloaca, órgãos reprodutores, bile, pulmão e pele, excluindo ossos.
- Farinha de vísceras com ossos (FVO): elaborada com a farinha de vísceras e com a incorporação de ossos e cartilagens obtidos durante a produção de carne mecanicamente separada (CMS).

Para o processamento da farinha de vísceras, cujo fluxograma é apresentado na Figura 1, ocorre primeiro a separação das vísceras, que são posteriormente encaminhadas para a autoclave. A água residual também é separada e direcionada para o sistema de esgoto. A extração do óleo de vísceras é realizada pela autoclave/tanque percolador ou prensa *expeller*, seguindo para o tanque para que suceda a decantação para a extração da borra e excesso de umidade; assim, o óleo torna-se adequado para utilização em rações ou processo de refino (15,18). Simultaneamente, as vísceras são encaminhadas, com as penas e o sangue, aos digestores para a fabricação da farinha. Depois do cozimento ocorre a desidratação da farinha, que é logo moída e embalada para a comercialização.

Óleo de vísceras

A obtenção do óleo de vísceras é através do cozimento, realizado em autoclave em altas temperaturas e pressões, de intestinos, pulmões e outros tecidos moles apanhados durante o abate de aves. Logo em seguida, é realizada a extração através do tanque percolador e prensa *expeller*. Posteriormente, segue para um tanque de decantação onde ocorre a segregação da borra e do sobejo de umidade; sendo assim, o mesmo está adequado

para ser empregado nas rações (15,17). A Figura 2 apresenta o fluxograma com a descrição das etapas de processamento de óleo de vísceras.

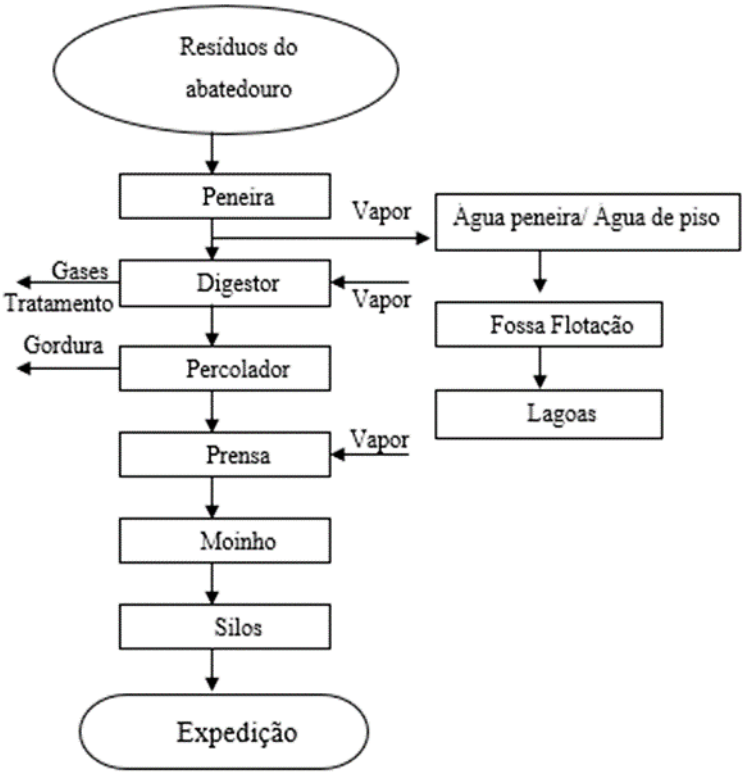


Figura 1. Fluxograma de processamento de farinhas de vísceras. Fonte: Adaptado de (18).

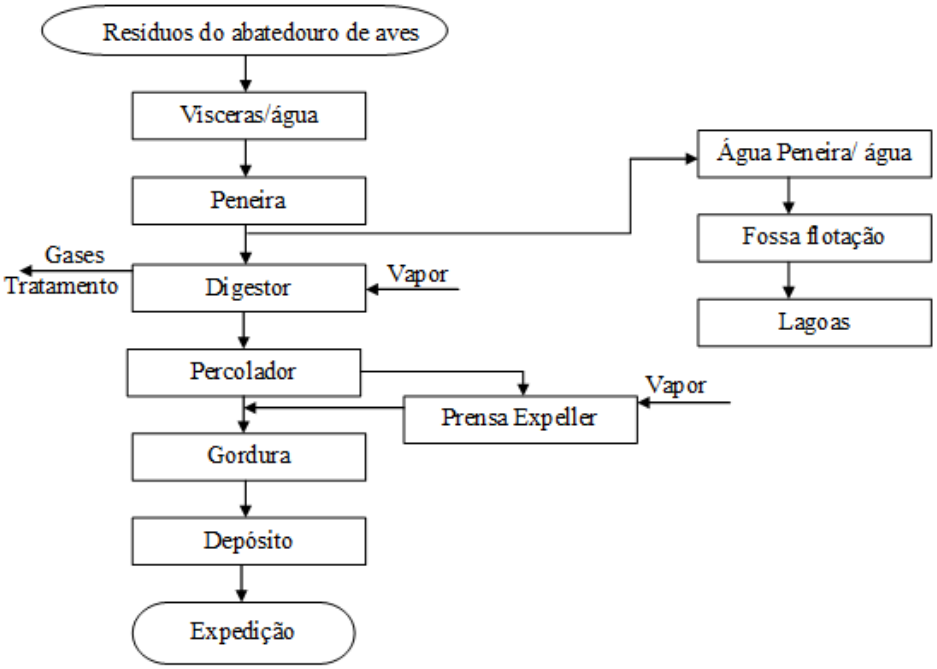


Figura 2. Fluxograma de processamento de óleo de vísceras. Fonte: Adaptado de (18).

O óleo de vísceras de aves é uma grande fonte de energia; entretanto, na sua composição é encontrada uma alta concentração de ácidos graxos insaturados. Por ser uma

matéria-prima de fácil oxidação (19), sua constituição fica comprometida, além da palatabilidade e o aproveitamento dos nutrientes pelos animais tender a ser ineficientes (18).

Penas e Sangue

Machado et al. (4) definem que "farinha de penas hidrolisadas (FPH) é o produto resultante da cocção, sob pressão, de penas limpas e não decompostas, obtidas no abate de aves, sendo permitida a participação desde que a sua inclusão não altere significativamente a composição da FPH".

Já a farinha de sangue é obtida a partir do processo de cozimento e secagem do sangue, sendo denominada farinha convencional aquela que é produzida na sequência do processo por ter ainda sangue fresco, não apresentando cerdas, urina ou conteúdo digestivo, com exceção das quantidades permitidas pela legislação (4).

A Figura 3 apresenta os fluxogramas de produção de farinhas de penas e de sangue.

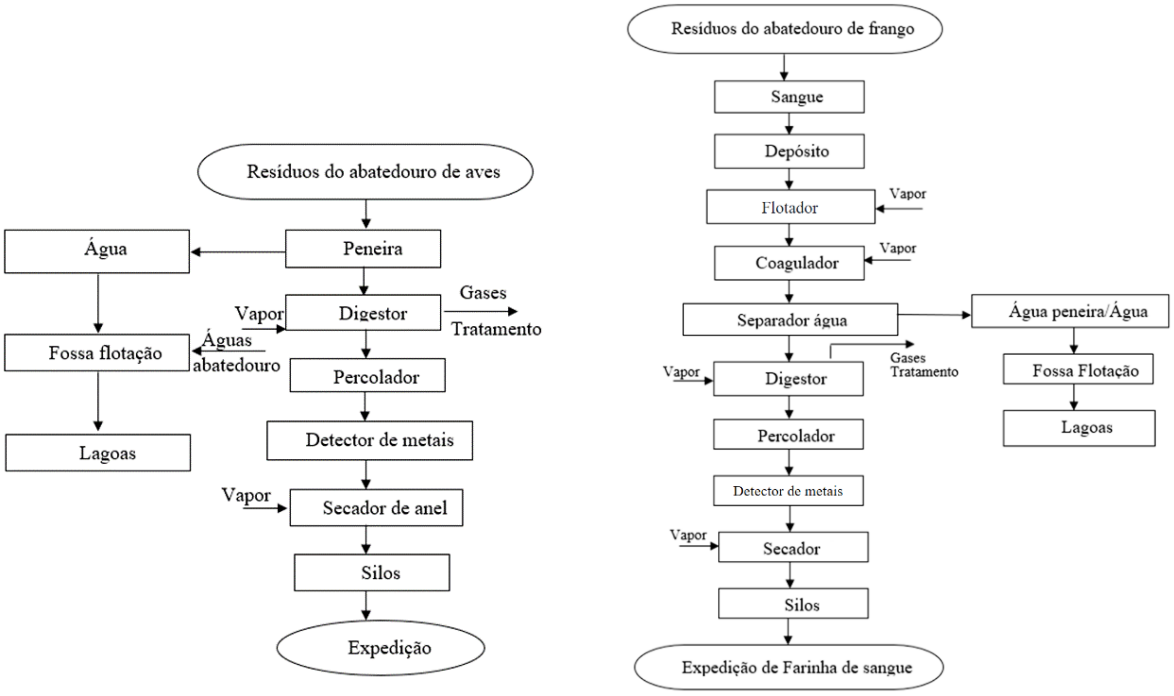


Figura 3. Fluxogramas de processamento de farinha de penas (esquerda) e de farinha de sangue (direita). Fonte: Adaptado de (7).

FARINHAS DE CARNE E OSSOS BOVINOS

A Figura 4 ilustra o fluxograma de processamento dos resíduos gerados por açougues, mercados, abatedouros e frigoríficos para produção de farinha de carne e ossos destinadas à alimentação de frangos de corte.

Machado et al. (4) descrevem que a farinha obtida através de carne e ossos bovinos pode ser fabricada por graxarias que, por sua vez, recolhem os resíduos de frigoríficos "a partir de ossos e tecidos, após a desossa completa da carcaça de bovinos, moídos, cozidos, prensados para a extração de gordura e novamente moídos, e não deve conter sangue, cascos, chifres, pelos, conteúdo estomacal". Ainda, não pode apresentar matérias estranhas, tendo uma composição mínima de 4% de fósforo (P) e o cálcio (Ca) com um teor máximo de 2,2%, além da proteína apresentar uma solubilidade de 86% em pepsina (4).

SOJA

Soja em grãos e Farelo de soja

A soja (*Glycine max* L.) é uma leguminosa oleaginosa e pertence à família Fabaceae. Com a crescente evolução da produção de soja ao longo dos anos, houve um incentivo nas unidades industriais para que ocorresse o processamento das sementes, sendo este indispensável para o sistema agroindustrial (21). O processo de esmagamento e refino de soja gera farelo de soja, óleo de soja bruto e óleo de soja refinado (22).

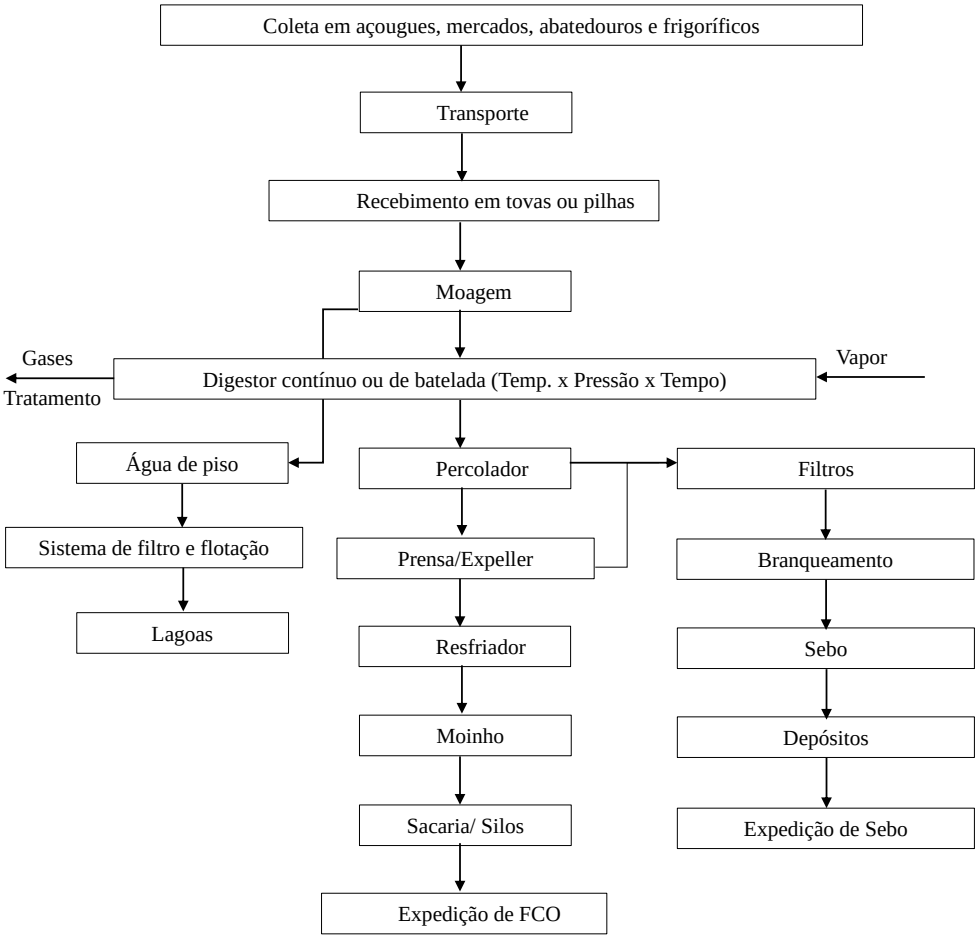


Figura 4. Fluxograma geral do processamento de resíduos de abatedouros ou de resíduos coletados para a fabricação de farinhas de carne, ossos e sebo. Fonte: Adaptado de (7,20).

Logo após o processamento da soja, a sua principal destinação é para as fábricas de ração em três formas diferentes: cascas, farelo ou óleo bruto, e à alimentação humana (óleo refinado) (21,22).

Após a extração do óleo da semente de soja obtém-se o farelo de soja que, devido ao alto valor proteico, é indispensável na formulação das rações para as aves (21,22).

Óleo de soja degomado

Fontes (22) descreve que a obtenção do óleo de soja degomado é feita por meio do processo de extração e posterior degomagem do óleo de soja cru; no entanto, enfatiza que poucos estudos foram publicados no que diz respeito à composição e valor nutricional do óleo de soja degomado, que é empregado na ração para reduzir os custos com o frango de corte, além de melhorar a conversão alimentar.

Óleo ácido de soja

O óleo ácido de soja é obtido pela acidificação da borra residual do processo de neutralização e refino do óleo de soja, podendo facilmente substituir o óleo de soja degomado nas formulações de ração (22).

MILHO

O milho (*Zea mays*) foi a segunda commodity mais plantada no mundo em 2023, atrás apenas da cana-de-açúcar (23). Embora seja muito utilizado na indústria culinária e de alimentos industrializados, o maior consumo vem das fábricas de ração animal, estimado em 53% da demanda total (24). Os maiores produtores de milho no Brasil em 2024 foram os estados do Mato Grosso, Paraná, Goiás e Mato Grosso do Sul (25).

RECEPÇÃO DAS MATÉRIAS-PRIMAS

É importante detectar alguns aspectos de baixa qualidade nos ingredientes da ração, uma vez que o seu destino é o silo de armazenamento, o que impossibilita a separação posterior de lotes ou fornecedores diversos (7,20,21).

Após o recebimento das matérias-primas, o laboratório de controle de qualidade do setor da Garantia da Qualidade (GQ) realiza as análises físicas e físico-químicas, que devem atender alguns padrões pré-estabelecidos pela empresa, em conformidade com as regulamentações vigentes. A seguir estão listadas algumas das principais regulamentações para as análises da matéria-prima para a indústria de ração para aves no Brasil: Resoluções de Diretoria Colegiada (RDC) da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) e Instruções Normativas (IN) e Portarias do Sistema de Defesa Agropecuária (SDA) do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA):

- IN SDA Nº 4, de 23 de fevereiro de 2007: Aprova o Regulamento Técnico sobre as condições higiênico-sanitárias e de boas práticas de fabricação para estabelecimentos fabricantes de produtos destinados à alimentação animal e o Roteiro de Inspeção (26);
- IN nº 65, de 21 de novembro de 2006. Aprova o Regulamento Técnico sobre os procedimentos para a fabricação e o emprego de rações, suplementos, premixes, núcleos ou concentrados com medicamento para os animais de produção (27);
- IN nº 29, de 14 de setembro de 2010. Estabelece os procedimentos para a importação de produtos destinados à alimentação animal e a uso veterinário, visando garantir a segurança e a rastreabilidade na sua comercialização no Brasil, bem como os modelos de formulários de requerimentos (28);
- Decreto nº 12.031, de 28 de maio de 2024. Regulamenta a Lei nº 6.198, de 26 de dezembro de 1974, e a Lei nº 14.515, de 29 de dezembro de 2022, para dispor sobre a inspeção e a fiscalização obrigatórias dos produtos destinados à alimentação animal (29);
- Portaria MAPA nº 798, de 10 de maio de 2023. Estabelece os critérios mínimos e os procedimentos para fabricação e emprego de produtos destinados à alimentação animal com medicamentos de uso veterinário. Revoga a Instrução Normativa nº 65, de 21 de novembro de 2006, a Instrução Normativa nº 14, de 15 de julho de 2016 e a Portaria nº 605, de 23 de junho de 2022 (30);
- IN nº 03, de 15 de janeiro de 2021. Estabelece os ingredientes e aditivos autorizados para uso na alimentação animal, incluindo-se aqueles utilizados na alimentação

humana e susceptíveis de emprego na alimentação animal e os requisitos necessários para a inclusão e a alteração das matérias-primas aprovadas como ingredientes e aditivos (31);

- IN nº 4, de 23 de fevereiro de 2007. Aprova o Regulamento Técnico sobre as Condições Higiênico-Sanitárias e de Boas Práticas de Fabricação para produtos destinados à alimentação animal e o Roteiro de inspeção (32);
- IN nº 22, de 2 de junho de 2009. Regulamenta a embalagem, rotulagem e propaganda dos produtos destinados à alimentação animal (33).

Em consonância com Maia (5), "as cargas chegam à fábrica em caminhões e podem vir a granel ou ensacadas. Os veículos ficam fora das dependências da unidade de produção e vão adentrando à fábrica por ordem de chegada e/ou necessidade do produto no estoque". Ao chegar à balança, o laboratório é informado a respeito da chegada dos ingredientes a serem utilizados para a formulação da ração e a forma que veio armazenada, para que o responsável por fazer a amostragem possa se preparar e fazer uso do equipamento adequado para realizar a coleta (5). A coleta de amostra deve ser representativa do lote dentro da carga, sendo realizadas através de um calador, colhendo uma quantidade mínima de 1 kg.

O colaborador responsável pela coleta deve estar previamente capacitado para realizar uma amostragem correta, além de saber identificar as particularidades de cada produto e seguir estritamente o que foi ensinado. Ele preenche uma ficha de caracterização de origem da amostra bem como a data de chegada, placa do veículo, fornecedor, e qual foi a ordem de entrada da carga, em conjunto com o executor das análises físicas, físico-químicas e sensoriais (odor, textura, cor e aparência).

Para cada tipo de carga, realiza-se um tipo de coleta; por exemplo, para as cargas a granel, faz-se uso do calador tipo sonda, onde o colaborador caminha por cima da carga em zigue-zague ou em "X" inserindo o calador o mais fundo possível em duas direções, na vertical e na transversal. Nesses casos, deve-se coletar de 10 a 20 amostras, para obter uma amostragem de aproximadamente 1 kg, que logo é direcionado ao laboratório em conjunto com a ficha descrita no parágrafo anterior (9).

Já para os caminhões com cargas ensacadas, manipula-se o calador simples de mão e perfuram-se aleatoriamente os sacos, devendo ser feita uma coleta de no mínimo 10% do total da carga. Em seguida, é realizada a homogeneização da amostra, que é conduzida ao laboratório.

As análises irão se referir ao tipo de matéria-prima e, constatada a conformidade com os padrões pré-estabelecidos, serão encaminhadas para o descarregamento; já as inadequadas serão recusadas e subsequentemente devolvidas. É comum as cargas de grãos e farelos serem descarregadas em moegas e armazenadas em silos. Diante de produtos ensacados, tais como farelos, farinhas, calcários e sal, a carga é direcionada a galpões de descarregamento, onde ocorre com auxílio de empilhadeiras.

Vale salientar que jamais se deve descarregar as matérias-primas sem a verificação (8,9,10,11). Além disso, Coradi (6) afirma que o setor de recebimento tem o espaço adequado para isolar matérias-primas de qualidade das que são inferiores ao que é demandado. A pessoa encarregada de liberar essa carga deve ter conhecimentos prévios a respeito da qualidade dessa matéria-prima, além de ter autonomia para rejeitar qualquer carga inadequada. O padrão de qualidade é conferido através de testes físicos, físico-químicos qualitativos e de diligência.

ARMAZENAMENTO DAS MATÉRIAS-PRIMAS

Durante o período de armazenamento, espera-se que a matéria-prima não perca suas características nutricionais e se conserve de acordo com o prazo de validade. Mais além, o controle desse armazenamento em quantidade permite um prognóstico para a realização de

compras dos ingredientes macro e micro, evitando a escassez dos mesmos durante a produção (5).

O ataque de fungos, insetos e a presença da umidade são substanciais para o comprometimento da qualidade dos grãos, uma vez que o armazenamento de grãos com um alto teor de umidade leva à degradação de proteínas, carboidratos, fosfolipídios, entre outros, gerando assim compostos lipossolúveis (5,19).

A principal perda das características tecnológicas dos grãos é o seu armazenamento com uma umidade excedente (5). Dessa maneira, o controle de umidade durante a recepção e o armazenamento se torna indispensável. Além da ameaça das micotoxinas, ainda é de se considerar a maior propensão dos grãos úmidos à degradação por oxidação (19).

Em relação aos produtos ensacados, após o descarregamento da empilhadeira, o setor de GQ vai até o galpão de armazenamento colocar placas sinalizadas nas cores verde, quando estão liberados para uso, ou vermelha, quando não estão liberados, sendo também possível observar a data de recebimento, peso, quantidade de sacos e/ou bags, identificação dos fornecedores, número da nota fiscal, lote do fornecedor, lote interno e data de validade. Essas informações são significativas, uma vez que o sistema utilizado pela fábrica é o FIFO "*first in, first out*", ou "primeiro a entrar, primeiro a sair" (5).

FLUXOGRAMA DE FABRICAÇÃO DE RAÇÃO PARA AVES

A Figura 5 apresenta o fluxograma de atividades do controle de qualidade durante todo o processo de fabricação da ração. A matéria-prima chega à recepção em caminhões, a granel ou ensacadas a depender da mercadoria e fornecedor. A chegada das cargas é realizada de acordo com o planejamento executado pelo auxiliar de produção, a fim de controlar a quantidade de matéria-prima em estoque, a necessidade da empresa e, principalmente, evitar que a mesma passe mais de um dia no pátio, visto que isso poderá originar outros custos para a empresa. Esses veículos passam pela balança e aguardam no pátio para que o operador de produção possa chamá-lo para levar o mesmo até a descarga no estoque. O descarregamento pode ocorrer de acordo com a necessidade de reposição de matéria-prima, por ordem de chegada ou agendamentos.

Uma vez que ingredientes macro (milho, soja) passam pelo laboratório e são realizadas as análises correspondentes à matéria-prima, a mesma pode ser aprovada ou reprovada de acordo com o resultado obtido das análises. Se rejeitada, é realizada a cópia da nota fiscal, o preenchimento do *checklist* informando as apurações e, posteriormente, recebe o carimbo de 'reprovado' e a assinatura do auxiliar de qualidade que realizou as análises, retornando ao fornecedor. Caso seja aprovada, é feita a cópia da nota fiscal, e o *checklist* devidamente preenchido recebe o carimbo de 'aprovado', com assinatura do colaborador.

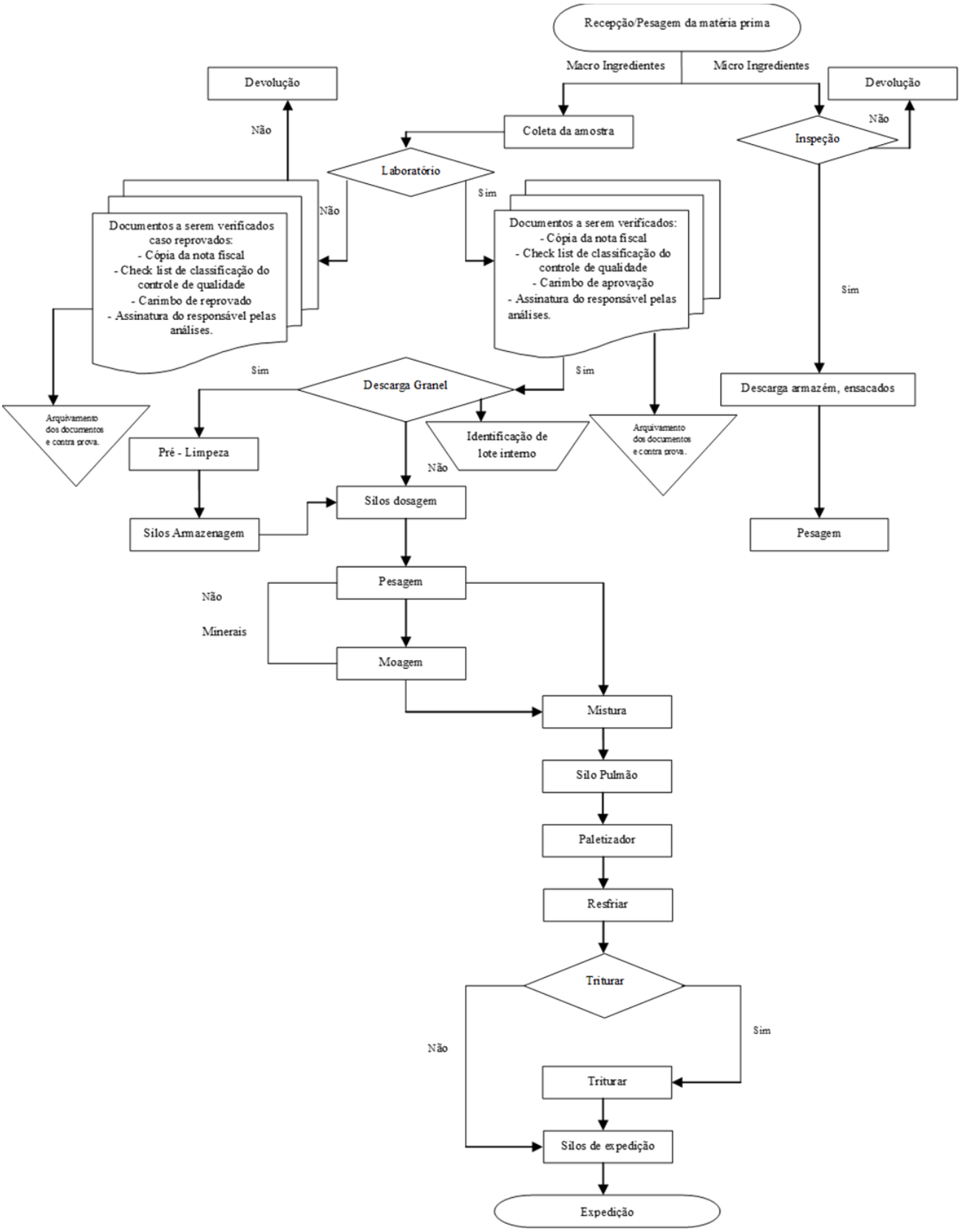


Figura 5. Processamento da ração e responsabilidades do controle de qualidade durante o processo. Fonte: Autoras, 2025.

Já os ingredientes micro (sal, bicarbonato de sódio, calcário e sulfato de lisina, por exemplo) chegam na fábrica e passam pela inspeção visual do auxiliar de produção, observando se a carga está adequada, se há presença de pragas ou roedores ou outra

anormalidade. A carga validada segue para a descarga no armazém; se rejeitada, a mesma é devolvida ao fornecedor, seguindo os protocolos de documentação igualmente realizadas com os ingredientes macro.

Após a descarga da matéria-prima, o auxiliar de qualidade vai até os armazéns para fazer a identificação dessas mercadorias com placas informando se ela está bloqueada ou liberada para o uso na fabricação da ração, além das informações relevantes, tais como o número de lote (interno e externo), data de chegada da mercadoria e quantidade recebida. A identificação do lote se torna relevante para o controle FIFO. Posteriormente, a mercadoria estando em conformidade com os padrões estabelecidos, segue para o sistema produtivo.

Após o processamento da ração, realiza-se uma coleta de amostras na linha que estiver em funcionamento (linhas 1 ou 2 do misturador, condicionador ou resfriador), dependendo de onde e do tipo de ração que está sendo preparada no momento da coleta. A ração coletada segue para o laboratório para, posteriormente, para ser submetida posteriormente às análises correspondentes.

ANÁLISES FÍSICAS E FÍSICO-QUÍMICAS

Na Tabela 1 constam as análises físico-químicas realizadas em uma fábrica de ração para que possa ocorrer a liberação das matérias-primas: farinha de carne, farinha de vísceras, farinha de penas, milho, óleo de vísceras e derivados da soja (farelo de soja, óleo de soja degomado e óleo ácido de soja). Já na Tabela 2 estão listadas as análises realizadas para que possa ocorrer a liberação das rações para os aviários.

Índice de acidez de óleos

Em uma balança analítica, o peso do Erlenmeyer é tarado e, posteriormente, usando uma pipeta de Pasteur, cerca de ± 2,0 g do óleo são pesados. O valor pesado deve ser anotado no *checklist* correspondente. No Erlenmeyer, adiciona-se uma solução de 25 mL de álcool etílico absoluto e éter etílico (1:1, v/v), com auxílio de uma proveta de 100 mL. Posteriormente, essa solução é agitada para que ocorra a dissociação. Usando outra pipeta de Pasteur, deve-se adicionar um volume de 0,5 mL de solução de fenolftaleína 1% ao Erlenmeyer. Em seguida, ocorrerá a titulação com hidróxido de sódio 0,1 N, com o auxílio de uma bureta de 50 mL, até que atinja a coloração rósea, que deve persistir por um tempo superior de 30 segundos. No *checklist* é anotado o valor gasto de titulação. Logo, para saber a porcentagem de acidez em ácido oleico, realiza-se cálculo de acordo com a Equação 1:

$$Acidez\ em\ ácido\ oléico\ \% = \frac{V \times N \times f}{P} \times 100 \qquad \text{Equação 1}$$

Onde: V=Volume gasto da solução de NaOH 0,1N na titulação; N=Normalidade da solução de NaOH 0,1N; f=Fator de correção de NaOH 0,1N; P=Peso da amostra em gramas.

Tabela 1. Controle de análises de liberação de entrada das matérias-primas para fabricação de ração.

Análises	Farinha de Carne	Farinha de Vísceras	Farinha de Penas	Farelo de Soja	Óleo de Soja Degomado	Óleo Ácido Soja	Óleo de Vísceras	Milho
Índice de Acidez	x	x	x		x	x	x	
Índice de Peróxido	x	x	x		x	x	x	
Umidade	x	x	x	x	x	x	x	x
Impurezas		x	x					x
Classificação								x
Densidade								x
Granulometria	x	x	x					
NIR (Espectroscopia de Infravermelho Próximo)	x	x	x	x				x

Fonte: Adaptado de uma Fábrica de Ração, 2025.

Tabela 2. Controle de análises de liberação das rações para os aviários.

Análise	Fase				
	Pré-inicial	**Inicial**	**Crescimento 1**	**Crescimento 2**	**Abate**
Umidade	x	x	x	x	x
Granulometria	x	x	x	x	x
Densidade e Finos	x	x	x	x	x
PDI (Índice de Durabilidade dos *Pellets*)	x	x	x	x	x
Triturados	x	x			
NIR	x	x	x	x	x
Nicarbazina					x

Fonte: Adaptado de uma Fábrica de Ração, 2025.

Índice de acidez de farinhas de origem animal e rações

De início, é colocado o Erlenmeyer sobre a balança analítica e tarado para que, com uma colher, sejam pesados ± 5,0 g de farinha ou ração. O valor que aparecer no visor deve ser escrito no *checklist*. Logo depois é feito o uso de uma proveta de 100 mL, para medir 150 mL de álcool etílico absoluto neutralizado, que é prontamente depositado em um Erlenmeyer, que deve ser tampado e levado até a mesa agitadora a 175 rotações por minuto (rpm) durante 15 minutos. Sem demora, o Erlenmeyer é retirado da mesa agitadora e então deixado em repouso, para que possa ocorrer a decantação, ou seja, a separação das fases heterogêneas formadas por sólidos e líquidos.

Enquanto isso, o papel filtro é dobrado no formato de leque e colocado sobre um funil de plástico sobre outro Erlenmeyer, que será utilizado mais tarde, após a decantação, para que possa ser despejado o líquido sobrenadante e ocorra a filtração. Neste mesmo Erlenmeyer, é adicionado 0,5 mL de fenolftaleína, seguido de titulação com a solução de hidróxido de sódio 0,1 N, utilizado uma bureta de 50 mL, até que esteja com uma coloração rósea, que persiste a um tempo superior de 30 segundos. Prontamente, o valor gasto na titulação deve ser anotado no *checklist*. Para se determinar a acidez em ácido oleico é realizado o cálculo como demonstrado na Equação 2:

$$Acidez\ em\ ácido\ oléico\ \% = \frac{V \times N \times f \times 0{,}282}{P} \times 100 \qquad \text{Equação 2}$$

Onde: V=Volume gasto da solução de NaOH 0,1N na titulação; N=Normalidade da solução de NaOH 0,1N; f=Fator de correção de NaOH 0,1N; P=Peso da amostra em gramas.

Índice de peróxido de óleos

Sobre a balança analítica deve-se colocar o Erlenmeyer e tarar seu peso; em seguida, com uma pipeta de Pasteur, deve-se adicionar ± 2,0 mg do óleo, e anotar a massa no *checklist*. Então, adiciona-se ao mesmo 30 mL de solução de ácido acético+clorofórmio (1:1, v/v), agitando-se em seguida até a sua completa dissolução. Posteriormente, adiciona-se 1,0 mL de solução saturada de iodeto de potássio com o auxílio de uma pipeta de Pasteur.

Novamente, é preciso agitar e deixar em repouso por 1 minuto na ausência de luz. Logo, com uma proveta deve-se adicionar 30 mL de água destilada e agitar. Após, acrescenta-se também 1 mL de solução de amido de milho 1%; se a solução apresentar uma coloração amarelada ou esbranquiçada, então o resultado é negativo e se encerra a análise, sendo descrito no *checklist*. Caso ocorra a presença de peróxido, o mesmo aparecerá com uma coloração escura e arroxeada e, consequentemente, terá que ser feita a titulação com tiossulfato de sódio 0,1 N até a coloração amarelar, novamente o valor gasto na titulação é anotado no *checklist*. Portanto, para verificar se o resultado está dentro dos padrões pré-estabelecidos, é feito o cálculo como demonstrado na Equação 3:

$$Índice\ de\ peróxido\ em\ mEq/kg = \frac{V \times N \times f}{P} \times 100 \qquad \text{Equação 3}$$

Onde: V=Volume de tiossulfato de sódio gasto na titulação; N=Normalidade do tiossulfato de sódio; f=Fator de correção da normalidade do tiossulfato de sódio; P=Peso da amostra em gramas.

Índice de peróxido de farinhas de origem animal e rações

Um Erlenmeyer deve ser colocado sobre uma balança analítica e tarado. Em seguida, com o auxílio de uma colher, deve-se colocar 20 g de farinha ou ração, e o valor pesado deve ser anotado no *checklist*. Devem ser adicionados ao Erlenmeyer 75 mL de álcool metílico e, em seguida, 40 mL de clorofórmio, seguidos de 30 mL de água destilada, utilizando para cada solvente uma proveta de 100 mL.O Erlenmeyer deve ser então tampado e levado até a mesa agitadora a uma velocidade de 175 rpm por 30 minutos.

Após a agitação, o mesmo deve ser retirado da mesa e então são adicionados 40 mL de clorofórmio e 40 mL de solução de sulfato de sódio anidro 1,5%, respectivamente, com

provetas de 100 mL. Em seguida, o Erlenmeyer é agitado por mais 2 minutos e deixado em repouso para a separação da mistura heterogênea de sólidos e líquidos.

Deve ser preparado o papel filtro contendo ± 2,0 g de sulfato de sódio anidro 1,5%, a fim de remover qualquer traço de água presente. Da camada inferior, recolhe-se 50 mL de clorofórmio com a fração lipídica, com auxílio de uma pipeta graduada de 20 mL, que são depositados sobre o papel filtro. Imediatamente, o líquido filtrado é transferido para outro Erlenmeyer, manuseado com uma pipeta de 10 mL. Neste Erlenmeyer, devem ser adicionados 10 mL de ácido acético, utilizando uma proveta de 100 mL. Logo depois, deve ser mensurado com uma pipeta de Pasteur 0,5 mL de solução de iodeto de potássio, imediatamente adicionado e agitado até que ocorra a dissolução. A mistura é então deixada em repouso e na ausência de luz por 1 minuto, a fim de ocorrer a decantação.

Ainda, com uma proveta de 100 mL, 15 mL de água destilada são adicionados ao Erlenmeyer e, posteriormente, 1 mL de solução de amido de milho 1%. Se a solução apresentar uma coloração amarela ou esbranquiçada a análise é encerrada; se uma coloração escura ou arroxeada, isso significa que há presença de peróxido.

Na presença de peróxido, deve ser titulada com a solução de tiossulfato de sódio 0,1 N, até a viragem amarela novamente. O valor gasto durante o processo de titulação deverá então ser registrado na planilha e, após isso, realizar o cálculo de acordo com a Equação 4:

$$Índice\ de\ peróxido\ em\ mEq/kg = \frac{(Va-Vb)\times f\times 10}{P\times 2} \times 100 \qquad \text{Equação 4}$$

Onde: V=Volume de tiossulfato de sódio gasto na titulação; Vb=Volume de tiossulfato de sódio gasto na titulação da prova do branco; f=Fator de correção da normalidade do tiossulfato de sódio; P=Peso da amostra em gramas.

Umidade de óleos, farinhas de origem animal e rações

A análise de umidade é realizada pelo equipamento analisador de umidade por infravermelho (modelo IV 2500, GEHAKA®). Para realizar o procedimento com óleos, o equipamento deve estar ligado e programado como “azeite”. No prato deve ser colocado o papel filtro e, após tarar, com uma pipeta de Pasteur, medir 3 mL de óleo e esvaziar a mesma de maneira uniforme sobre o papel filtro. Essa análise deve ser realizada a uma temperatura de 140 ºC e automaticamente o resultado sairá impresso. Após, é feita uma programação de acordo com o produto depositado na mesma para realizar a análise. Sendo assim, com o auxílio da colher, devem ser colocados no prato de maneira uniforme 5,0 g de farinha ou ração previamente moída. O equipamento deve estar a uma temperatura de 130 ºC e, ao final, indicará o resultado no visor. O padrão estabelecido pelo controle de qualidade de uma fábrica de ração para as análises de umidade em farinha de origem animal e rações está na Tabela 3.

Tabela 3. Controle de umidade para farinha de origem animal e rações.

Padrões de umidade		
Misturador	Linha 1/Linha 2	9,0 a 12,0
Condicionador	Linha 1/Linha 2	13,0 a 16,0
Resfriador	Linha 1/Linha 2	≥ ao misturador, tendo como ideal 12% de referência.

Fonte: Adaptado de uma Fábrica de Ração, 2025.

Umidade de milho

A análise de umidade é feita via medidor de umidade de grãos de bancada (modelo G1000, GEHAKA®). Sendo assim, deve-se despejar com cuidado o milho retido na peneira de 5 mm de diâmetro até atingir um volume de 100% sinalizado pelo equipamento, e então

aguardar o resultado. Em conformidade com os padrões pré-estabelecidos (Tabela 4), esse resultado é transcrito no *checklist* de classificação de milho.

Tabela 4. Parâmetros de qualidade para a umidade.

Parâmetro (%)	Mínimo	Máximo
Umidade	-	14

Fonte: (34).

Impurezas do milho

Durante a etapa de peneiramento da amostra de milho, é observada a retirada das impurezas retidas nas peneiras de 5 e 3 mm de diâmetro e do fundo, que são então pesadas todas juntas e feito o cálculo para determinar a percentagem total de impurezas de acordo com a Equação 5:

$$\frac{peso\ das\ impurezas}{peso\ bruto} \times 100 = \% \qquad \text{Equação 5}$$

Classificação do milho

Após a chegada do milho, o colaborador recolhe a amostra com um calador manual ou pneumático, em 9 a 11 pontos diferentes dentro da caçamba. Em seguida, usando o quarteador, as amostras devem ser homogeneizadas e levadas até o laboratório com um peso mínimo de 320,0 g. No laboratório, o auxiliar de controle de qualidade irá coletar a nota fiscal e preencher uma ficha de avaliação da classificação do milho, bem como a data de classificação, fornecedor, cidade, placa do caminhão, nº da nota fiscal, peso líquido/quantidade.

No que se refere à classificação do milho, as 320,0 g da amostra homogeneizada são despejadas no kit de peneiras de crivos 5 mm e 3 mm de diâmetro e fundo, respectivamente, que é então agitada por um tempo mínimo de 10 segundos, para que ocorra a separação de milhos quebrados, avariados e impurezas. Segue então para pesagem a peneira de 5 mm, a fim de determinar o peso limpo, que é anotado no *clecklist*. É dito “milhos avariados” para os milhos mofados, carunchados, chochos, gessados e quebrados, como demonstrados na Figura 6. Essa classificação é realizada com o peso limpo e repassada para um pote plástico, que é posteriormente pesado, e o resultado é calculado segundo a Equação 6 e anotado no *checklist*.

Na Tabela 5 são demonstrados o limite máximo de grãos avariados e “quebrados”, conforme padrão estabelecido pelo controle de qualidade de uma fábrica de ração, em acordo com a legislação vigente (34).

Após a passagem dos grãos na peneira de 0,5 mm de diâmetro, onde foi medido o peso limpo da matéria-prima, na peneira de 0,3 mm de diâmetro ficam os grãos considerados quebrados. Esses devem ser transpassados para a cumbuca de pesagem e, seguidamente, calculada a percentagem equivalente de toda a carga através da Equação 7.



Figura 6. Milhos considerados avariados. Fonte: Autoras, 2025.

$$\frac{peso\ dos\ avariados}{peso\ limpo} \times 100 = \% \qquad \text{Equação 6}$$

Tabela 5. Classificação de milhos quebrados e padrão de conformidade.

Parâmetro (%)	Mínimo	Máximo
Avariados - Totais	-	6
Quebrados	-	3

Fonte: (34).

$$\frac{peso\ dos\ quebrados}{peso\ bruto} \times 100 = \% \qquad \text{Equação 7}$$

Densidade do milho

O milho presente na peneira de 5 mm de diâmetro deve ser colocado dentro da proveta com a ajuda de um béquer até a marca de 350 mL. Em seguida, essa amostra é removida da proveta e transferida para a cumbuca em cima da balança previamente tarada. A densidade é obtida pela Equação 8 e anotada no *checklist*.

$$\frac{peso\ da\ amostra\ que\ está\ dentro\ da\ proveta}{350} \times 1000 = densidade \qquad \text{Equação 8}$$

A fim de garantir que a densidade esteja dentro dos parâmetros estipulados, é observada a Tabela 6.

Tabela 6. Classificação de milhos quebrados e padrão de conformidade.

Parâmetro	Unidade	Mínimo	Máximo
Densidade	kg/m^3	720	-

Fonte: (34).

Densidade e finos das rações

Durante algumas etapas do processo, é possível observar a perda de ração não peletizada. Logo que a amostra chega ao laboratório, é realizada a pesagem da matéria-prima e descontado o valor do saco plástico; esse resultado é escrito na etiqueta. Após, o lote é despejado sobre as peneiras de crivo de 3 mm de diâmetro e fundo, então as peneiras são agitadas e o material disposto na peneira de 3 mm é transferido para a proveta até que se atinja o volume de 350 mL. O conteúdo da proveta é colocado sobre a cumbuca que está na balança previamente tarada, e o valor pesado é utilizado para o cálculo da Equação 9.

$$\frac{peso\ da\ amostra\ que\ está\ dentro\ da\ proveta}{350} \times 1000 = densidade \qquad \text{Equação 9}$$

Esse resultado é transcrito para a etiqueta e o volume descartado. O conteúdo presente no fundo também deve ser pesado e realizado o cálculo de finos de acordo com a Equação 10.

$$\frac{peso\ dos\ finos}{peso\ total\ da\ primeira\ amostra} \times 100 = \%$$ Equação 10

Granulometria das farinhas de origem animal

Este procedimento consiste em colocar sobre a balança a cumbuca e, em seguida, tarar seu peso; logo, devem ser pesados ± 500 g de farinha. A amostra será despejada sobre o kit de peneiras crivo respeitando a seguinte ordem 4 mm, 2 mm e fundo e, em seguida, as peneiras são agitadas para que ocorra a separação das partículas. Então, a amostra retida na peneira de 4 mm de diâmetro é pesada, e obtém-se, pela Equação 11, sua fração percentual:

$$\frac{peso\ da\ amostra}{500} = resultado \times 100 = \%$$ Equação 11

O mesmo é feito com o que ficou retido na peneira de 2 mm de diâmetro, que é transferido para a cumbuca, pesado, e a fração percentual calculada pela Equação 12:

$$\frac{peso\ da\ amostra}{500} = resultado \times 100 = \%$$ Equação 12

Vale ressaltar que ambos os resultados das frações granulométricas devem ser escritos no *checklist*.

Espectroscopia de Infravermelho próximo

NIRS (do inglês, Near Infrared Reflectance Spectroscopy) é um espectroscópio de infravermelho próximo, um equipamento que viabiliza a identificação de todos os componentes principais (umidade, proteína bruta, extrato etéreo, fibra bruta e cinzas) da matéria-prima que chega à fábrica e dos produtos acabados, expedidos pela mesma.

Com uma espátula, a amostra previamente moída é transferida para o copo do NIRS (modelo DS2500, FOSS®), que é em seguida tampado e levado até o equipamento que fará a leitura. Os resultados são emitidos através de um software acoplado.

Índice de durabilidade dos *pellets*

O índice de durabilidade dos *pellets* (PDI) é capaz de mensurar a qualidade do produto final. No equipamento chamado durabilímetro ocorre a simulação do transporte desde a saída do resfriador até o aviário, verificando também a sua aglutinação.

A matéria-prima é trazida até o laboratório pelo colaborador responsável e é pesada, sendo descontado o valor do saco plástico e anotado na etiqueta de identificação. Então, é realizado o peneiramento dessa amostra nos crivos de 3 mm de diâmetro e fundo. Posteriormente, é retirada da peneira de 3 mm de diâmetro uma quantidade de ± 500 g de ração peletizada e então ela é levada até o durabilímetro (SPLabor). É necessário programar o equipamento para rodar a 50 rpm durante 10 minutos. O fundo das peneiras também precisa ser pesado. Para o fundo da panela utiliza-se a Equação 13, para a amostra peletizada, a Equação 14 e a Equação 15 para o fundo.

$$\frac{peso\ dos\ finos}{peso\ total\ da\ 1^{a}\ amostra} \times 100 = \%$$ Equação 13

$$\frac{peso\ da\ amostra}{500} \times 100 = \%$$ Equação 14

$$\frac{peso\ dos\ finos}{500} \times 100 = \%$$ Equação 15

Todos os resultados são anotados nas etiquetas de identificação.

Fração de triturados

É colocada a cumbuca sobre a balança para ser tarada e, então, a amostra é despejada sobre a cumbuca até que se obtenha 500 gramas. Posteriormente, a amostra é colocada sobre as peneiras de 4 mm; 3,35 mm; 1,18 mm e fundo, respectivamente, e então são agitadas manualmente. Finalmente, cada peneira deve ser pesada com o conteúdo após a agitação e posteriormente utiliza-se a Equação 16 para o cálculo da fração de triturados:

$$\frac{peso\ da\ amostra}{500} \times 100 = \% \qquad \text{Equação 16}$$

Nicarbazina

A análise de nicarbazina (NCZ) ocorre para a verificação da presença desse antibiótico, utilizado por muitos aviários para a prevenção da coccidiose, uma zoonose causada por protozoários do gênero *Eimeria*. Faz-se necessário o uso da NCZ uma vez que a coccidiose pode causar um grande índice de mortalidade nos aviários além de quedas na produtividade (35). Porém, para os seres humanos, a NCZ apresenta um grande risco à saúde, uma vez que esses resíduos, se não controlados, implicam na contaminação da carne e dos miúdos das aves, podendo gerar p-nitroanilina (p-NA). De acordo com Feddern et al. (36), se o consumo da carne de frango for excessivo, há a probabilidade da p-NA provocar malefícios ao fígado humano.

Para quantificação de NCZ, primeiramente, deve-se efetuar a higienização do moedor a fim de eliminar qualquer resíduo presente, colocando um pouco da amostra de farelo de soja para ser moído. Em seguida, é realizada a moagem da ração de abate, devendo ter uma quantidade de, no mínimo, 40 g, que são adicionados no frasco de mistura. Utilizando uma proveta, devem ser mensurados 70 mL de álcool isopropílico e 30 mL de água destilada, adicionados ao frasco de mistura, que é então levado até a mesa magnética para ser agitada por 5 min. Após, o frasco é retirado da mesa agitadora e deve-se extrair 200 µL de solução sobrenadante. Adiciona-se uma solução tampão, e agita-se por mais 10 segundos. Com uma nova ponteira, transferem-se 200 µL da solução do frasco para um poço vazio preso à placa, onde é adicionada a fita de teste à amostra no poço e aguarda-se por mais 5 min pela indicação do resultado. O resultado é anotado no *checklist* de análise de nicarbazina. Vale ressaltar que a análise só pode ser encerrada caso o resultado ser apontado como negativo.

Dureza

Após ligar o durômetro (ETHIK®), o processo de configuração inicia-se pela escala, sendo escolhida a unidade kg/f para a ração, permitindo a taragem do equipamento. Em seguida, a tampa acrílica deve ser aberta e o *pellet* posicionado na região indicada para efetuar o teste. A tampa deve ser fechada e, então, deve ser girado o manípulo no sentido horário até que se constate a quebra do *pellet*. Isso deverá acontecer para que, após o rompimento, ocorra a leitura do resultado indicado através do display, apontando a carga máxima que o *pellet* conseguiu suportar. Esse resultado é anotado na etiqueta de identificação e, posteriormente, com o pincel ocorre a limpeza da região de teste, zera-se o display, e já pode ser iniciado um novo teste. Depois de finalizada a leitura de 10 *pellets*, é realizado o cálculo da média dos resultados pela Equação 17.

$$\frac{n^1 + n^2 + n^3 + n^4 + n^5 + n^6 + n^7 + n^8 + n^9 + n^{10}}{10} = \% \qquad \text{Equação 17}$$

Onde: n=resultado de cada *pellet*

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este capítulo de livro contribui para o conhecimento do processo produtivo de uma fábrica de ração para aves, destacando a importância do controle de qualidade das matérias-

primas, bem como a relevância de cada análise física e físico-química para a obtenção de um produto conforme o exigido pela legislação.

Espera-se que as informações, fluxogramas e os protocolos e procedimentos compartilhados sejam de vasta utilidade para profissionais das ciências agrárias que estão envolvidos na cadeia produtiva de rações para aves, desde o preparo das matérias-primas até a obtenção dos produtos, passando pelo controle de qualidade laboratorial e documental.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ABPA, Associação Brasileira de Proteína Animal. Relatório anual. São Paulo: ABPA. [Internet]. 2023. [citado em 14 Fev. 2025]. Disponível em: https://abpa-br.org/wp-content/uploads/2023/04/Relatorio-Anual-2023.pdf
2. Sindirações, Sindicato Nacional da Indústria de Alimentação Animal. Performance throughout 2024. [Internet]. 2025. [citado em 14 Fev. 2025]. Disponível em: https://sindiracoes.org.br/wp-content/uploads/2025/02/F-F_213_internacional-.pdf
3. Alltech Agri-Food Outlook 2024. Perspectivas do Setor Agroalimentar. Nicholasville (KY): Alltech. [Internet]. 2024. [citado em 14 Fev. 2025]. Disponível em: https://www.alltech.com/sites/default/files/2024-04/pt-br-la-agrifood-outlook-report-v7_FINAL.pdf.
4. Machado CA, Dilelis F, de Lima, CAR. Qualidade das farinhas de origem animal utilizadas em rações avícolas: um referencial teórico. (2021). *In:* Galati, RL (Org.). Alimentos e Alimentação animal. Guarujá-SP: Ed. Científica Digital; 2021. p.118-139. Disponível em: https://downloads.editoracientifica.com.br/articles/210504811.pdf
5. Maia JLH. Processo de produção e controle de qualidade de uma fábrica de rações. [Monografia]. Fortaleza: Universidade Federal do Ceará; 2014. Disponível em: https://repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/35381/1/2014_tcc_jlhmaia.pdf
6. Coradi PC. Avaliação de uma fábrica de ração para aves: instalações, processos e produto final. [Tese]. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa; 2010. Disponível em: https://locus.ufv.br/server/api/core/bitstreams/b9af0125-c7d3-4194-8d59-3dae177eae6b/content
7. Bellaver C. Ingredientes de origem animal destinados à fabricação de rações. [Internet]. 2001. [citado em 14 Fev. 2025]. Disponível em: https://sincobesp.org.br/wp-content/uploads/2023/02/notas_ingredinetes-fe-origem-animal-destinados-a-f.pdf
8. Silva LS. Controle de qualidade em fábrica de ração. [Monografia]. Nossa Senhora da Glória: Universidade Federal de Sergipe; 2022. Disponível em: https://ri.ufs.br/bitstream/riufs/16935/2/Lucas_Soares_Silva.pdf
9. Ferreira ACS. Sistema de produção e controle de qualidade em uma fábrica de ração para aves. [Monografia]. Fortaleza: Universidade Federal do Ceará; 2014. Disponível em: https://repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/35248/1/2014_tcc_acsferreira.pdf
10. Marques CL. Controlo da qualidade na produção de ração animal. [Dissertação] Coimbra: Escola Superior Agrária de Coimbra; 2018. Disponível em: https://comum.rcaap.pt/bitstream/10400.26/28327/1/Camila%20Marques_21523015_MEAL_relat%c3%83%c2%b3rio_2018.pdf
11. Pimenta ED. Controle de qualidade em fábrica de ração animal. [Monografia]. Rio Verde: Instituto Federal Goiano; 2019. Disponível em: https://repositorio.ifgoiano.edu.br/bitstream/prefix/538/1/TCC%20Ester%20Dias%20Pimenta.pdf
12. Krabbe EL, Galdiano CMR, Flores DWM, Bedendo GC, Marini JS, Aquino LFM, Miele M. O uso da tecnologia NIR portátil como ferramenta para a caracterização da qualidade de farinhas de origem animal destinadas à produção de ração. [Internet]. 2020. [citado em 14 Fev. 2025]. Disponível em: https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/1127825/1/final9600.pdf
13. Fialho ATS. Controle de qualidade na fabricação de ração e produção de matrizes e frangos de corte. [Monografia]. Nossa Senhora da Glória: Universidade Federal de Sergipe; 2021. Disponível em: https://ri.ufs.br/bitstream/riufs/14516/2/Audasley_Tadeu_Santos_Fialho.pdf
14. Marçal BV. Relatório de estágio curricular obrigatório supervisionado em produção e nutrição de aves. [Monografia]. Curitibanos, Universidade Federal de Santa Catarina; 2021. Disponível em: https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/229546/Relatorio_de_Estagio_-_Barbara_Marcal.pdf?sequence=1&isAllowed=y
15. Volpato JA. Fatores que afetam a produção da farinha de vísceras de aves e avaliação de métodos rápidos para o controle da qualidade. [Dissertação]. Marechal Cândido Rondon: Universidade Estadual do Oeste do Paraná; 2021. Disponível em: https://tede.unioeste.br/bitstream/tede/5509/5/Josiane_Volpato_2021.pdf

16. Nunes FC. Boas práticas de fabricação na produção de rações para aves, micotoxinas e controle. [Monografia]. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul; 2022. Disponível em: https://lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/251560/001152792.pdf?sequence=1&isAllowed=y
17. Gama LM. Controle da qualidade microbiológica em fábrica de rações para aves. [Monografia]. Morrinhos: Instituto Federal Goiano; 2023. Disponível em: https://repositorio.ifgoiano.edu.br/bitstream/prefix/4062/1/tcc_Ludmylla%20Menezes%20Gama.pdf
18. Racanicci AMC, Menten JFM, Bismara MA, d´Arce R, Pino LM. Efeito do uso de óleo de vísceras de aves oxidado na ração de frangos de corte sobre o desempenho, a composição da carcaça e a estabilidade oxidativa da carne da sobrecoxa. Rev Bras Zootecnia. 2008;37:443-449. Disponível em: https://www.scielo.br/j/rbz/a/RjsJKptRhd9Sqr3vHLshFyw/?lang=pt&format=pdf
19. Damodaran S, Parkin KL. Química de Alimentos. 5ª ed. Porto Alegre: Artmed; 2019.
20. Ludke JV, Zanotto DL, Coldebella A, Scheuermann GN, Cunha Júnior A, Schmidt GS. Utilização de resíduo de frigorífico na produção de farinha de carne e osso destinada a alimentação de frangos de corte. Concórdia: Embrapa. [Internet]. 2019. [citado em 14 Fev. 2025]. Disponível em: https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1117506/1/COT569.pdf
21. Brum PAR, Lima GJMM, Ávila VS, Lanznaster M, Ardigó R. Características Nutricionais da Soja Desativada por Diferentes Processos Térmicos para Alimentação de Frangos de Corte. Concórdia: Embrapa. [Internet]. 2006. [citado em 15 Fev. 2025]. Disponível em: https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/962479/1/DCOT451.pdf
22. Fontes AV. Processo de industrialização da soja no Brasil. [Monografia]. Uberlândia: Universidade Federal de Uberlândia; 2019. Disponível em: https://repositorio.ufu.br/bitstream/123456789/28362/1/ProcessoIndustrializa%c3%a7%c3%a3oSoja.pdf
23. Faostat, Food and Agriculture Organization of the United Nations Statistical Database. Crops and livestock products: maize (corn). [Internet]. 2023. [citado em 15 Fev. 2025]. Disponível em: https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL/visualize
24. Coêlho JD. Milho: produção e mercados. [Internet]. 2021. [citado em 15 Fev. 2025]. Disponível em: https://www.bnb.gov.br/s482-dspace/bitstream/123456789/910/1/2021_CDS_182.pdf
25. Abramilho, Associação brasileira dos produtores de milho. Produção de milho no Brasil 2023/24. [Internet]. 2024. [citado em 15 Fev. 2025]. Disponível em:
26. Brasil. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa SDA nº 4, de 23 de fevereiro de 2007. Aprova o Regulamento Técnico sobre as condições higiênico-sanitárias e de boas práticas de fabricação para estabelecimentos fabricantes de produtos destinados à alimentação animal e o Roteiro de Inspeção. Diário Oficial da União. 01 mar. 2007;Seção 1. Disponível em: https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/insumos-agropecuarios/insumos-pecuarios/alimentacao-animal/arquivos-alimentacao-animal/InstruoNormativa04.2007.pdf
27. Brasil. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 65, de 21 de novembro de 2006. Aprova o Regulamento Técnico sobre os procedimentos para a fabricação e o emprego de rações, suplementos, premixes, núcleos ou concentrados com medicamento para os animais de produção. Diário Oficial da União. 24 nov. 2006; Seção 1. Disponível em: https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/insumos-agropecuarios/insumos-pecuarios/alimentacao-animal/arquivos-alimentacao-animal/legislacao/instrucao-normativa-no-65-de-21-de-novembro-de-2006.pdf
28. Brasil. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 29, de 14 de setembro de 2010. Estabelece os procedimentos para a importação de produtos destinados à alimentação animal e a uso veterinário, visando garantir a segurança e a rastreabilidade na sua comercialização no Brasil, bem como os modelos de formulários de requerimentos. (Alterada pela IN nº 44, de 15 de dezembro de 2015 e IN nº 50, de 23 de outubro de 2019. Diário Oficial da União. 15 set. 2010; Seção 1. Disponível em: https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/insumos-agropecuarios/insumos-pecuarios/alimentacao-animal/arquivos-alimentacao-animal/copy_of_INM00000029201101alteradapelaIN60.2020alteradapelaIN15.2021.pdf
29. Brasil. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Decreto nº 12.031, de 28 de maio de 2024. Regulamenta a Lei nº 6.198, de 26 de dezembro de 1974, e a Lei nº 14.515, de 29 de dezembro de 2022, para dispor sobre a inspeção e a fiscalização obrigatórias dos produtos destinados à alimentação animal. Diário Oficial da União. 29 mai. 2024; Seção 1. Disponível em: https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/insumos-agropecuarios/insumos-pecuarios/alimentacao-animal/copy_of_DECRETON12.031DE28DEMAIODE2024.pdf
30. Brasil. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Portaria nº 798, de 10 de maio de 2023. Estabelece os critérios mínimos e os procedimentos para fabricação e emprego de produtos destinados à alimentação animal com medicamentos de uso veterinário. Revoga a Instrução Normativa nº 65, de 21 de novembro de 2006, a Instrução Normativa nº 14, de 15 de julho de 2016 e a Portaria nº 605, de 23 de junho de 2022. Diário Oficial da União. 17 mai. 2023; Seção 1. Disponível em: https://www.gov.br/agricultura/pt-

br/assuntos/insumos-agropecuarios/insumos-pecuarios/alimentacao-animal/POR00000798alteradapelaPortaria1231de2025.pdf
31. Brasil. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 3, de 25 de janeiro de 2021. Estabelece os ingredientes e aditivos autorizados para uso na alimentação animal, incluindo-se aqueles utilizados na alimentação humana e susceptíveis de emprego na alimentação animal e os requisitos necessários para a inclusão e a alteração das matérias-primas aprovadas como ingredientes e aditivos. Diário Oficial da União. 27 jan. 2021; Seção 1. Disponível em: https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/insumos-agropecuarios/insumos-pecuarios/alimentacao-animal/arquivos-alimentacao-animal/INMAPA03_2021IngredienteeAditivosAA.pdf
32. Brasil. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 4, de 23 de fevereiro de 2007. Aprova o Regulamento Técnico sobre as Condições Higiênico-Sanitárias e de Boas Práticas de Fabricação para produtos destinados à alimentação animal e o Roteiro de inspeção. Diário Oficial da União. 01 mar. 2007; Seção 1. Disponível em: https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/insumos-agropecuarios/insumos-pecuarios/alimentacao-animal/arquivos-alimentacao-animal/InstruoNormativa04.2007.pdf
33. Brasil. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 22, de 2 de junho de 2009. Regulamenta a embalagem, rotulagem e propaganda dos produtos destinados à alimentação animal. Diário Oficial da União. 04 jun. 2009; Seção 1. Disponível em: https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/insumos-agropecuarios/insumos-pecuarios/alimentacao-animal/copy2_of_InstruoNormativan222009consolidada2.pdf
34. Brasil. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº nº 60, de 22 de dezembro de 2011. Aprova o Regulamento Técnico sobre o padrão oficial de classificação do milho. Diário Oficial da União. 23 dez. 2011; Seção 1. Disponível em: https://sistemasweb.agricultura.gov.br/sislegis/action/detalhaAto.do?method=visualizarAtoPortalMapa&chave=1739574738
35. Machado NB, Pontin KP. Coccidiose aviária: impactos e características da doença. PUBVET, v. 18, n. 11, e1687, p. 1-10, 2024. Disponível em: https://doi.org/10.31533/pubvet.v18n11e1687
36. Feddern V, Gressler V, Scheuermann GN, Igarashi-Mafra L, Bacila DM. Detection of p-nitroaniline by LC-MS/MS in raw and cooked broiler breast. In: Simpósio de Segurança Alimentar, 7., 2020. Inovação com sustentabilidade. Porto Alegre: sbCTA, 2020. Disponível em: https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/1127913/1/final9386.pdf

Capítulo 13

DOI: 10.53934/agronfy-2025-05-13

ESTUDO DO PERFIL DO CONSUMIDOR DE BARRAS DE CEREAIS NA CIDADE DE CURRAIS NOVOS - RN

Maria Clara Nascimento da Silva [1];Marina Arminda de Medeiros [2]; Pahlevi Augusto de Souza [3]; Rafael Souza Cruz [4*]; Elisabeth Mariano Batista [5]

[1; 2; 3] Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE) Campus Curais Novos - RN

[4] Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC/CCA),

[5] Universidade Federal do Ceará (UFC)

**Autor correspondente – Email: rafaelsouzacruz123@gmail.com*

RESUMO: Este estudo analisou o perfil dos consumidores de barras de cereais em Currais Novos, RN, com base em 83 respostas coletadas por meio de questionário online. A maioria dos entrevistados eram mulheres (68,7%), com idade entre 18 e 30 anos (63,8%), ensino médio completo (39,8%) e residência na zona urbana (91,6%). Em relação à renda, 37,3% recebiam até um salário-mínimo, indicando a acessibilidade do produto. O consumo foi predominantemente esporádico, com 67,5% relatando consumo raro e apenas 16,9% consumo mensal. Os principais motivos para o consumo foram praticidade (47%), saciar a fome (48,2%) e lanche entre refeições (51,8%). Os sabores mais consumidos foram banana e chocolate (47,5%), sendo que 75% preferem barras com cobertura de chocolate. Apesar do baixo consumo, 68,6% dos participantes praticam atividades físicas, e 49,1% o fazem pelo menos quatro vezes por semana, sugerindo potencial para o mercado de barras funcionais. Além disso, 84,3% têm conhecimento sobre os diferentes tipos de barras disponíveis, embora 27,7% não saibam distinguir quais consomem. Conclui-se que, apesar da aceitação positiva, estratégias como diversificação de sabores, conscientização nutricional e marketing direcionado são fundamentais para ampliar o consumo e fortalecer a competitividade do produto.

Palavras-chave: Barras de cereais; consumo alimentar; preferências do consumidor; produtos acessíveis; alimentação prática.

INTRODUÇÃO

Os avanços tecnológicos e industriais, aliados às transformações sociais, culturais e históricas, modificaram de forma significativa significativamente os hábitos alimentares ao longo da Idade Moderna (1; 2; 3). No contexto urbano contemporâneo, fatores como a escassez de tempo, a crescente oferta de produtos alimentares variados, o individualismo, a busca pela praticidade e o impacto da publicidade moldam os padrões alimentares da sociedade (4). Esses

aspectos contribuem para o surgimento e a popularização de alimentos de consumo rápido e fácil, que se adequam às demandas de um estilo de vida acelerado e exigente.

Nesse cenário, as barras de cereais emergem como uma alternativa nutricionalmente equilibrada devido à sua composição prática e funcional. Esses produtos, geralmente elaborados a partir de uma mistura de cereais, frutas desidratadas, xarope de glicose e outros ingredientes funcionais, são valorizados pela conveniência e pelo aporte de nutrientes essenciais, como vitaminas, fibras, proteínas e carboidratos complexos. Essa composição torna as barras de cereais uma opção atrativa tanto para indivíduos que buscam uma alimentação equilibrada quanto para aqueles que priorizam praticidade e facilidade no consumo (5; 6).

Além dos benefícios nutricionais, as barras de cereais também desempenham um papel importante na reposição de energia, especialmente para praticantes de atividades físicas. A presença significativa de fibras alimentares auxilia no funcionamento intestinal, enquanto sua baixa atividade de água prolonga a vida útil do produto, favorecendo o transporte e armazenamento em condições adequadas (6).

Do ponto de vista econômico, o mercado de barras de cereais tem apresentado crescimento expressivo. Em 2018, foi avaliado em US$ 11,7 bilhões globalmente, com uma taxa de crescimento projetada de 3,9% ao ano até 2023 (7; 8). Esse crescimento demonstra a capacidade do produto de atender a diferentes preferências culturais e estilos de vida.

Apesar do cenário promissor, o conhecimento sobre o perfil dos consumidores ainda é limitado, especialmente em contextos locais. Essa lacuna dificulta a capacidade dos produtores de adaptar seus produtos às reais demandas do mercado, comprometendo a competitividade e o potencial de inovação do setor.

Diante disso, este estudo tem como objetivo principal analisar o perfil dos consumidores de barras de cereais na cidade de Currais Novos-RN, identificando hábitos, preferências e demandas desse público. Com isso, busca-se fornecer informações estratégicas que possam subsidiar produtores na melhoria da qualidade dos produtos e no desenvolvimento de estratégias comerciais mais eficazes. Dessa forma, espera-se contribuir para o fortalecimento do mercado local e o alinhamento entre a oferta e as expectativas dos consumidores.

METODOLOGIA

Tipo de pesquisa

Esta pesquisa caracteriza-se como quantitativa, de natureza descritiva, com o objetivo de mapear o perfil do consumidor de barras de cereais na cidade de Currais Novos, RN. A abordagem quantitativa foi fornecida para possibilitar a mensuração de dados objetivos, enquanto o caráter descritivo foi detalhado detalhando os hábitos de consumo e as preferências do público-alvo.

População-alvo

Para a definição da amostra, utilizou-se uma amostragem não probabilística por conveniência. Apesar das limitações dessa técnica, ela foi escolhida devido à natureza exploratória da pesquisa e à disponibilidade de ferramentas de coleta de dados online. A amostra foi composta por 300 participantes, número determinado a partir de cálculos de amostragem baseados na população estimada da cidade e em uma margem de erro de 5%.

Instrumento de Coleta de Dados

O instrumento de coleta de dados foi um questionário estruturado, desenvolvido com base em estudos sobre hábitos de consumo e adaptado ao contexto local. O questionário continha 15 perguntas, organizadas em três blocos:

Tabela 1 – Questionário aplicado aos participantes.

Perguntas	**Alternativas**
Gênero	Feminino
	Masculino
Idade	Menor de 18 anos
	Entre 18 e 30 anos
	Entre 31 e 60 anos
	Mais de 60 anos
Grau de escolaridade	Não estudou
	Fundamental incompleto
	Fundamental completo
	Ensino médio completo
	Ensino superior completo
	Pós-graduação completa
	Mestrado
	Doutorado
	Pós doutorado
Localização residencial	Zona Urbana
	Zona Rural
Renda mensal	Nenhuma renda
	Até 1 salário mínimo
	De 1 a 3 salários mínimos
	De 3 a 6 salários mínimos
	De 6 a 9 salários mínimos
	Mais de 9 salários mínimos
Pratica exercícios físicos?	Sim
	Não
	Frequência irregular

Com que frequência?	Uma vez por semana
	Duas vezes por semana
	Três vezes por semana
	Quatro vezes ou mais por semana
Com qual frequência você consome barras de cereais?	Diariamente
	Semanalmente
	Mensalmente
	Raramente
l motivo você consome barra de cereal?	Disfarçar a fome
	Devido à sua praticidade
	Como opção de lanche entre refeições
	Por ser um alimento “saudável”
	Antes/depois do exercício físico
	Devido à regime/dieta alimentar
	Outros
Quais características mais chamam atenção na hora de escolher o produto?	Sabor
	Embalagem
	Preço
	Quantidade de calorias

Fonte: Dados da pesquisa, 2023.

As perguntas foram compostas por opções de múltipla escolha e uma questão aberta sobre o sabor favorito, geralmente captando preferências subjetivas e agregando uma perspectiva qualitativa à pesquisa.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O questionário revelou que 68,7% dos consumidores de barras de cereais são do gênero feminino, enquanto 31,3% pertencem ao gênero masculino (Figura 1). Esse resultado está em consonância com estudos anteriores, como o de Pinto (9), que identificou 68% de mulheres entre os consumidores de barras alimentícias. Além disso, em outra pesquisa (10), 73,8% dos respondentes eram do sexo feminino. Essa predominância pode estar relacionada a uma maior preocupação com saúde e estética, fatores frequentemente associados ao público feminino.

Estudos como o de Silva (11), indicam que o consumo de produtos saudáveis tem crescido significativamente entre mulheres devido à busca por alimentação equilibrada e bem-estar. Além disso, a divulgação massiva de barras de cereais como opção prática e nutritiva contribui para essa tendência.

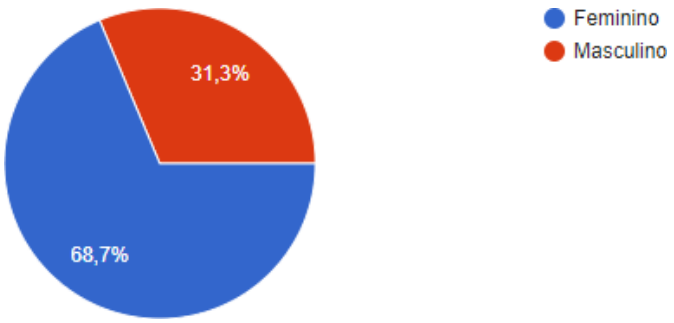


Figura 1 – Gênero dos Consumidores
Fonte: Dados da pesquisa, 2023.

A Figura 2 mostra que a maioria dos consumidores está na faixa etária entre 18 e 30 anos (63,8%). Esse dado é semelhante ao estudo de Pinto (9)(2017), onde 40% dos consumidores estavam entre 18 e 25 anos. A predileção desse público pode estar relacionada às rotinas aceleradas, que incluem estudos, trabalho e atividades físicas (12). No entanto, a distribuição do questionário entre redes de contatos predominantemente jovens pode ter limitado a representatividade de outras faixas etárias. Estudos futuros devem ampliar os meios de coleta de dados para garantir uma análise mais equilibrada.

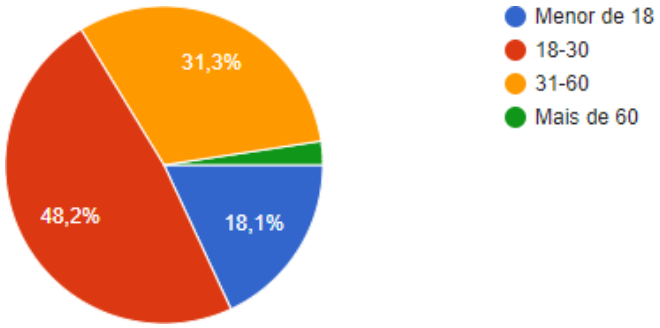


Figura 2 – Faixa Etária
Fonte: Dados da pesquisa, 2023.

Os resultados da Figura 3 indicam que 39,8% dos consumidores possuem ensino médio completo, seguido por 32,5% com ensino fundamental completo. Esse perfil difere do estudo de Pinto (9), em que a maioria dos respondentes tinha ensino superior incompleto (35%) ou completo (28%). Essa discrepância pode estar relacionada às características socioeconômicas da região de Currais Novos, RN, onde o acesso à educação superior é mais restrito. Segundo o IBGE (13), a região Nordeste apresenta menor média de anos de estudo em comparação com outras regiões do Brasil, o que reflete diretamente no perfil do consumidor local. Para melhor inclusão desses consumidores, as embalagens devem conter informações claras e acessíveis (14).

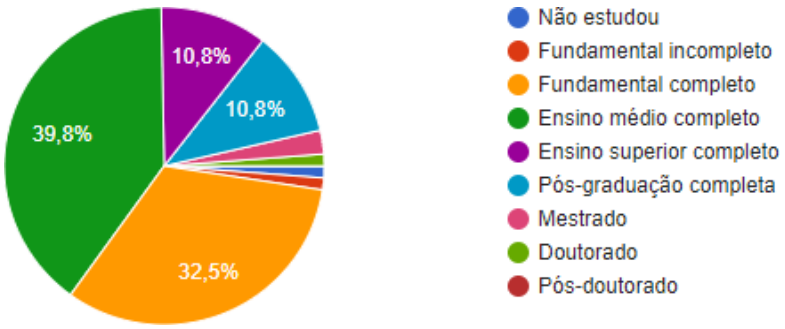


Figura 3 – Grau de Escolaridade
Fonte: Dados da pesquisa, 2023.

A Figura 4 mostra que 91,6% dos consumidores residem na zona urbana, enquanto apenas 8,4% estão na zona rural. A maior concentração de pontos de venda em áreas urbanas é um fator determinante para essa diferença (15). Além disso, a distribuição desigual de produtos industrializados impacta diretamente o consumo em zonas rurais. O aumento da disponibilidade desses produtos nessas áreas pode reduzir desigualdades e expandir o mercado consumidor.

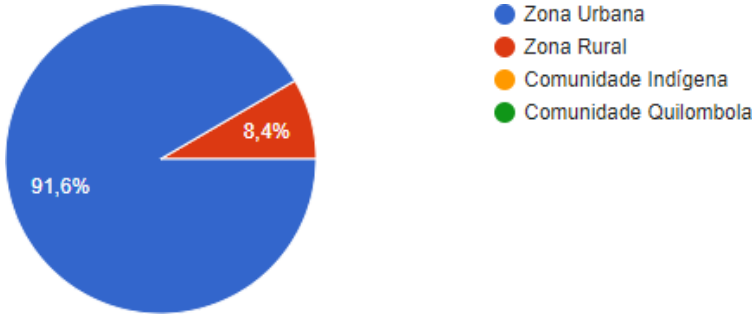


Figura 4 – Localização Residencial
Fonte: Dados da pesquisa, 2023.

Os dados da Figura 5 indicam que 85% dos consumidores adquirem barras de cereais em supermercados, seguidos por mercadinhos (10%). Esses resultados estão alinhados ao estudo de Pinto (9). Supermercados são os principais pontos de venda devido à variedade de produtos e à localização estratégica (16). Estratégias para ampliar o acesso em pequenos comércios podem diversificar o consumo.

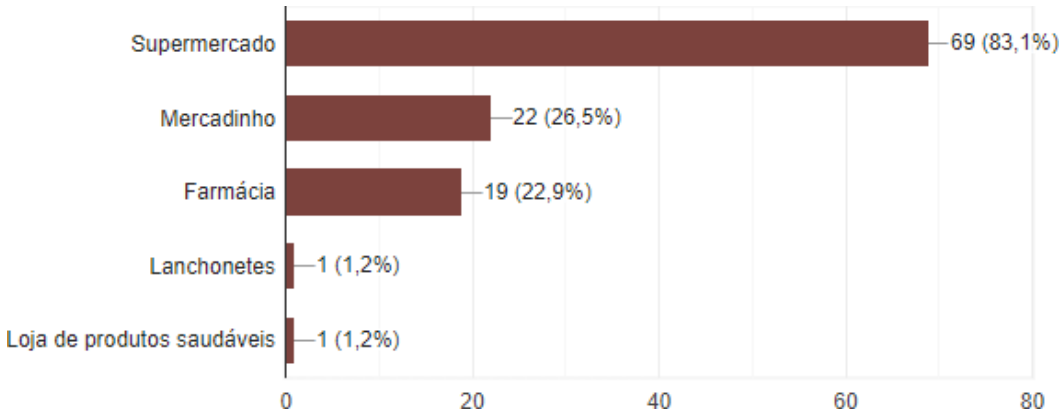


Figura 5 – Local de Compra
Fonte: Dados da pesquisa, 2023.

Na Figura 6, 37,3% dos consumidores possuem renda mensal de até um salário-mínimo, seguidos por 20,5% com renda entre 1 e 3 salários-mínimos. A acessibilidade econômica do produto é um fator relevante para esse público (17). No entanto, em outras regiões, Pinto (9) identificou uma maior proporção de consumidores com rendas mais elevadas, sugerindo uma variação regional no perfil de consumo.

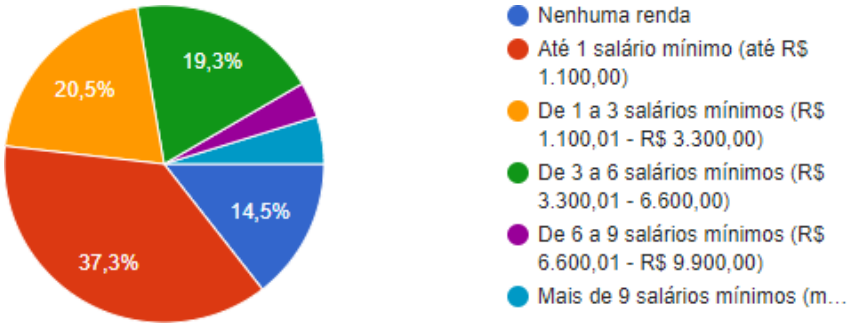
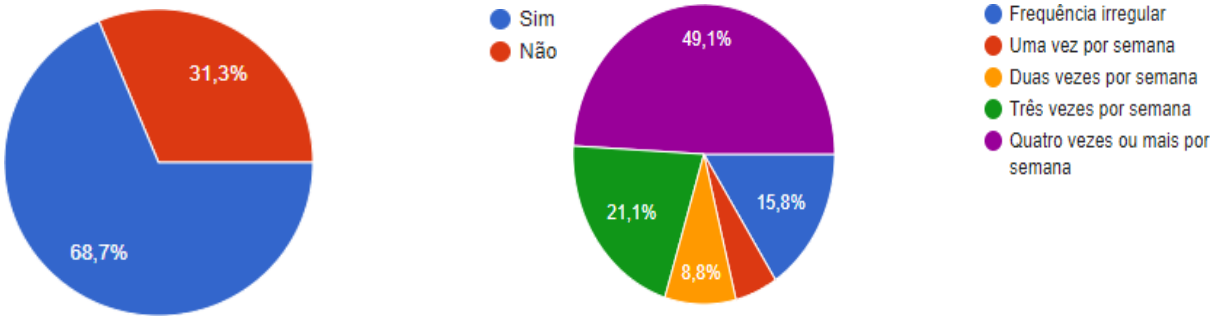


Figura 6 – Renda Mensal
Fonte: Dados da pesquisa, 2023.

Na Figura 7, 68,6% dos consumidores afirmaram praticar exercícios físicos. Segundo Silva (11), o consumo de barras de cereais está associado a uma dieta equilibrada e à suplementação para atividades físicas. Entre os praticantes, 49,1% realizam exercícios quatro vezes ou mais por semana (Figura 8), reforçando a demanda crescente por barras proteicas.



Figuras 7 e 8 – Práticas e frequências de Exercícios Físicos
Fonte: Dados da pesquisa, 2023.

Na Figura 9, observa-se que 67,5% dos entrevistados consomem barras de cereais raramente. Essa baixa frequência pode estar relacionada à dificuldade de incorporar o produto à rotina alimentar ou ao seu preço elevado em comparação com outras opções (18). Campanhas educativas sobre os benefícios do consumo regular podem contribuir para o aumento da demanda.

No Gráfico 9, 67,5% afirmaram consumir barras de cereais raramente. Essa baixa frequência pode estar associada à dificuldade de incorporação do produto na rotina alimentar ou ao alto preço em relação a outras opções (18). Campanhas educativas sobre os benefícios do

consumo regular podem aumentar a demanda.

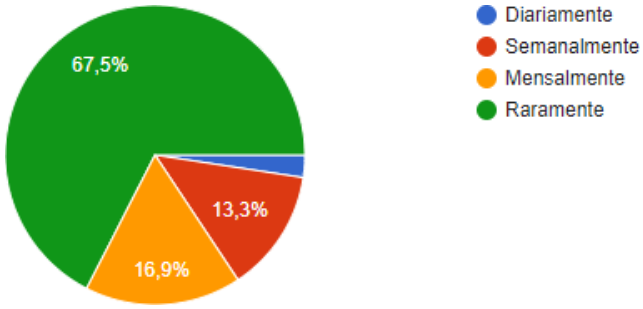


Figura 9 – Frequência de Consumo de Barras de Cereais
Fonte: Dados da pesquisa, 2023.

Nas Figuras 10 e 11, os principais motivos para o consumo foram praticidade (47%), disfarce da fome (48,2%) e lanche entre refeições (51,8%). Esses fatores também foram destacados por Moreira (19), que reforçam a importância de alimentos de consumo imediato na rotina moderna.

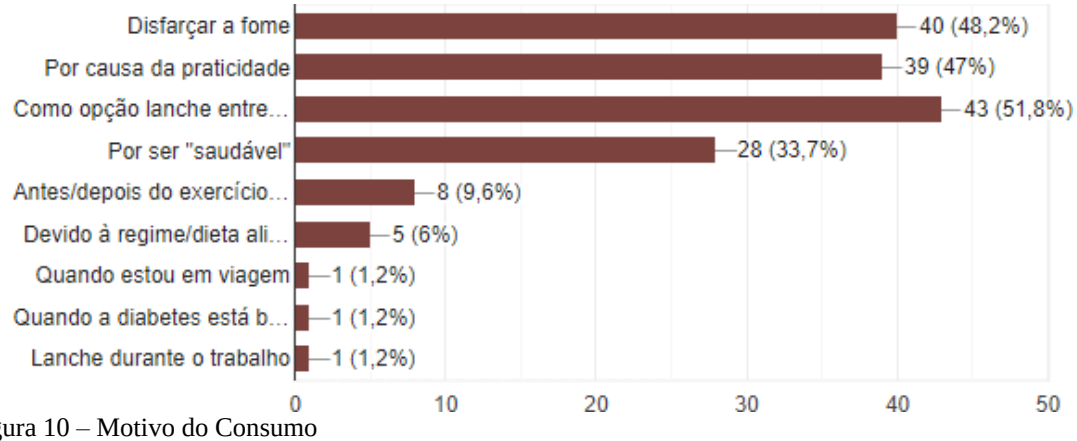


Figura 10 – Motivo do Consumo
Fonte: Dados da pesquisa, 2023.

As características mais valorizadas pelos consumidores foram sabor, preço e valor nutricional. A variedade de sabores, aliada a preços acessíveis, desempenha um papel crucial na escolha do produto. A preocupação com o valor nutricional destaca a crescente conscientização sobre escolhas alimentares mais saudáveis.

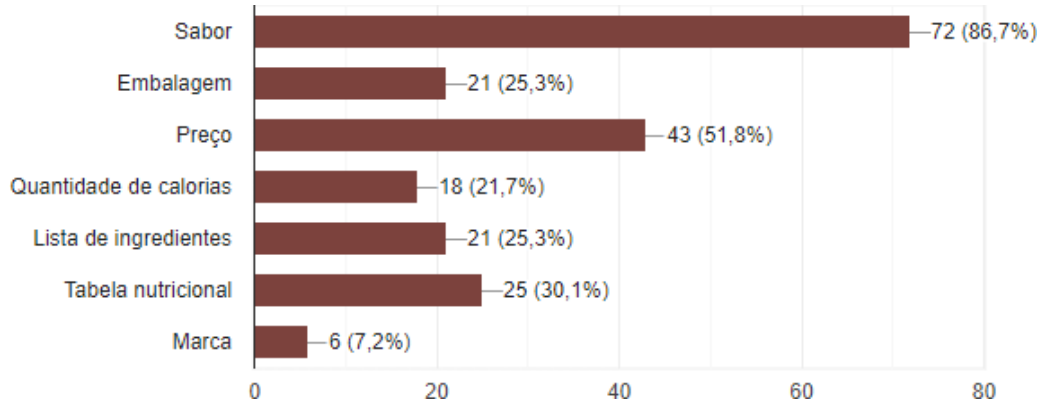
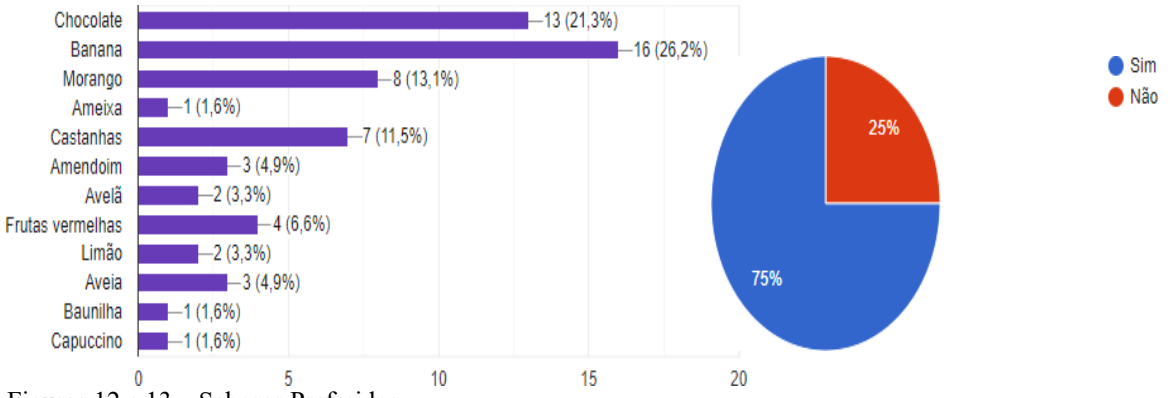


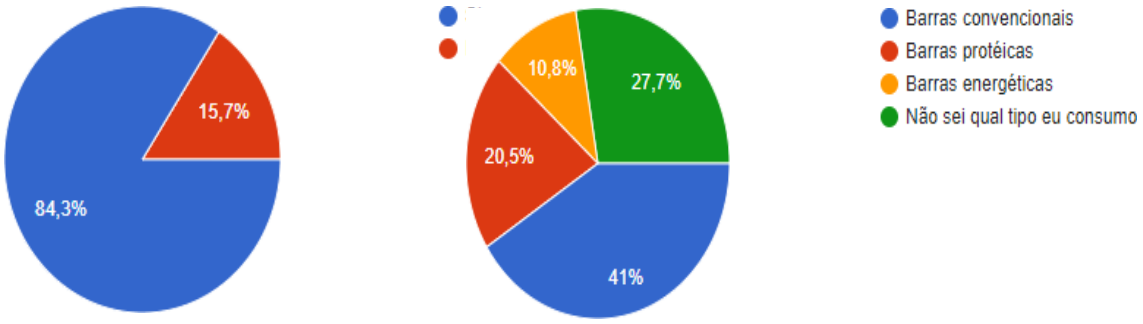
Figura 11 – Características que Chamam Atenção
Fonte: Dados da pesquisa, 2023.

Nas Figuras 12 e 13, os sabores favoritos foram banana e chocolate (47,5%), com 75% preferindo barras com cobertura de chocolate. Isso indica a preferência por sabores doces e indulgentes, um fator decisivo para a escolha do produto (20).



Figuras 12 e 13 – Sabores Preferidos
Fonte: Dados da pesquisa, 2023.

Nas Figuras 14 e 15, 84,3% dos consumidores conhecem diferentes tipos de barras de cereais, mas 27,7% não sabem o tipo que consomem. Isso indica uma lacuna na comunicação das empresas com os consumidores. Campanhas de conscientização e melhorias nas embalagens podem auxiliar na escolha adequada do produto (20).



Figuras 14 e 15 – Conhecimento e Tipos de Barras
Fonte: Dados da pesquisa, 2023.

CONCLUSÃO

O presente estudo revelou dados importantes sobre o perfil dos consumidores de barras de cereais na cidade de Currais Novos, RN. Observou-se que as mulheres representam a maioria desse público, especialmente aquelas com idades entre 18 e 30 anos. A maior parte dos consumidores tem ensino médio completo, reside na zona urbana e possui renda de até um salário-mínimo, evidenciando que as barras de cereais são acessíveis a diferentes perfis socioeconômicos.

Apesar de serem amplamente reconhecidas por sua praticidade e sabor, as barras de cereais apresentaram uma baixa frequência de consumo, possivelmente devido à dificuldade de incorporação ao dia a dia alimentar. Por outro lado, o produto se destaca como opção para lanches rápidos, saciar a fome e complementar a dieta de praticantes de atividades físicas. A preferência por sabores como banana e chocolate, assim como a busca por barras com cobertura de chocolate, evidencia a influência do apelo sensorial na escolha do produto.

Os resultados também apontaram uma boa aceitação do mercado local, com a maioria dos consumidores comprando barras de cereais em supermercados. Contudo, estratégias voltadas para educar os consumidores sobre os diferentes tipos de barras e destacar seus benefícios nutricionais podem contribuir para um maior engajamento e frequência de consumo. No entanto, estratégias voltadas à educação do consumidor sobre os diferentes tipos de barras e seus benefícios nutricionais podem aumentar o engajamento e a frequência de consumo.

Assim, conclui-se que as barras de cereais têm um mercado promissor em Currais Novos, RN, mas é necessário investir em comunicação e diversificação da oferta para atender melhor às demandas e preferências dos consumidores locais.

REFERÊNCIAS

1. França FCO, Lima GC, Oliveira RM. Mudanças dos hábitos alimentares provocados pela industrialização e o impacto sobre a saúde do brasileiro [Internet]. In: Seminário Alimentação e Cultura na Bahia; 2012. Disponível em: http://www2.uefs.br:8081/cer/wp-content/uploads/FRANCA_Fabiana.pdf

2. Magioli CA. A alimentação e a evolução humana [Internet]. Animal Business Brasil; 2017. Disponível em: https://animalbusiness.com.br/colunas/inspecao-e-alimentos/alimentacao-e-evolucao-humana/

3. Scuadra. Como é o comportamento do consumidor brasileiro na alimentação fora de casa? [Internet]. Scuadra; 2018. Disponível em: https://www.scuadra.com.br/blog/como-e-o-comportamento-do-consumidor-brasileiro-na-alimentacao-fora-de-casa/

4. Garcia RWD. Reflexos da globalização na cultura alimentar: considerações sobre as mudanças na alimentação urbana. Rev Nutr. 2003;16(4):483-92. Disponível em: https://doi.org/10.1590/S1415-52732003000400011

5. Cordeiro P. Barras de cereal repõem a energia e ajudam o intestino [Internet]. Acessa.com; 2010. Disponível em: https://www.acessa.com/sosabor/arquivo/noticias/2010/03/17-barra_cereal/

6. Maestri B, et al. Anteprojeto de Indústria de Barra de Cereais [Internet]. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina; 2012. Disponível em: https://moodle.ufsc.br/pluginfile.php/881625/mod_resource/content/2/Projeto%20Barra%20de%20Cereal.pdf

7. Grand View Research. Cereal Bar Market Size, Share & Trends Analysis Report By Product (Snacks Bars, Energy & Nutrition Bars), By Distribution Channel (Hypermarkets & Supermarkets, Convenience Stores), And Segment Forecasts, 2019-2025 [Internet]. 2019. Disponível em: https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/cereal-bar-market

8. Mendes J. Onda de consumo consciente revoluciona a indústria de alimentos [Internet]. Correio Braziliense; 2019. Disponível em: https://www.correiobraziliense.com.br/app/noticia/economia/2019/02/21/internas_economia,738889/onda-de-consumo-consciente-revoluciona-a-industria-de-alimentos.shtml

9. Pinto VRA. Perfil dos consumidores de barras alimentícias sob perspectivas mercadológica, sensorial e de imagem corporal [Dissertação]. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa; 2017. Disponível em: https://www.locus.ufv.br/bitstream/123456789/10330/4/texto%20completo.pdf

10. Degáspari CH, et al. Perfil nutricional do consumidor de barras de cereais. Visão Acad. 2008;9(1):49-61. Disponível em: https://core.ac.uk/download/pdf/328052595.pdf

11. Silva AS, et al. Comparação dos parâmetros de rotulagem e composição nutricional de barras proteicas. RBNE. 2016;10(57):350-60. Disponível em: http://www.rbne.com.br/index.php/rbne/article/view/649

12. Silva JS. Barras de cereais elaboradas com farinha de sementes de abóbora [Dissertação]. Lavras: Universidade Federal de Lavras; 2012. Disponível em: http://repositorio.ufla.br/jspui/handle/1/588

13. Brasil. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Dispõe sobre o regulamento técnico para chocolate e produtos de cacau devendo atender a Resolução - RDC nº 264, de 22 de setembro de 2005 [Internet]. Brasília, DF: Ministério da Saúde; 2005. Disponível em: https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/inspecao/produtosvegetal/legislacao-1/biblioteca-de-normas-vinhos-e-bebidas/resolucao-rdc-no-264-de-22-de-setembro-de-2005.pdf

14. Freitas M, et al. Educação nutricional e suas influências no mercado. Rev Bras Nutr. 2022.

15. Silva R, et al. A relação entre consumo de suplementos e atividade física. J Saúde Esporte. 2016.

16. Oliveira ECT. Produção de barra de cereal a partir da fruta do cerrado araticum (Annona crassiflora) [Dissertação]. Uberlândia: Universidade Federal de Uberlândia; 2015. Disponível em: https://repositorio.ufu.br/bitstream/123456789/19669/5/ProducaodeBarradeCereal.pdf

17. Barbosa F, et al. Consumo alimentar e fatores socioeconômicos. Estud Econ Alim. 2018.

18. Costa BD. Barras de cereais, proteínas ou energéticas: você sabe escolher? [Internet]. iSaúde; 2019. Disponível em: https://www.isaude.com.br/noticias/detalhe/noticia/barras-de-cereais-proteinas-ou-energeticas-voce-sabe-escolher/

19. Moreira DKT. Extrudados expandidos de arroz, soja e gergelim para uso em barras alimentícias [Dissertação]. Lavras: Universidade Federal de Lavras; 2010. Disponível em: http://repositorio.ufla.br/jspui/handle/1/2823

20. Almeida J, et al. A percepção do consumidor sobre alimentos funcionais. Rev Alim Nutr. 2022.

Capítulo 13

DOI: 10.53934/agronfy-2025-05-13

AS EQUAÇÕES DE PREDIÇÃO DE MASSA DE FORRAGEM DO CAPIM-MARANDU APLICAM-SE AO CAPIM-MAVUNO?

Dhovane Oliveira Araújo; Rômulo Greffin; Eildson Souza de Oliveira Silva; Anne Caroline Dallabrida Avelino; Camila Fernandes Domingues Duarte; Carla Heloisa Avelino Cabral; Carlos Eduardo Avelino Cabral*

**Autor correspondente (Corresponding author) – Email: carlos.cabral@ufr.edu.br*

Resumo: Considerando a importância da pecuária para o Brasil, a quantidade e qualidade das pastagens são fundamentais para o sucesso da atividade, haja visto que a maioria dos animais ruminantes são criados a pasto. Para garantir um bom desempenho do rebanho, é importante manejar adequadamente as pastagens, ajustando a taxa de lotação e respeitando a altura do pasto. Existe uma relação entre altura do dossel e massa de forragem, entretanto, quando se trata de híbridos de *Brachiaria* não há equações de predição que indiquem a massa de forragem a partir da altura. Por essa razão, é necessário apurar se as equações existentes são capazes de estimar a massa de forragem desses híbridos. Objetivou-se verificar se as equações de predição de massa de forragem de *Brachiaria brizantha* são capazes de estimar a massa de forragem do capim-mavuno. As coletas de forragem foram realizadas na Universidade Federal de Rondonópolis, Mato Grosso. De dezembro de 2023 a fevereiro de 2024, foram coletadas 85 amostras de forragem. A análise estatística consistiu em análise de correlação entre os dados estimados e coletados e análise de regressão dos dados coletados. A massa de forragem do capim-mavuno pode ser estimada por meio da altura do dossel forrageiro. As equações propostas para estimar a massa de forragem de *Brachiaria brizantha*, aproximaram-se dos valores obtidos através das amostras coletadas *in loco*. Sendo a equação linear, sem intercepto a que apresenta menor erro experimental.

Palavras–chave: altura do dossel, estimativa, manejo do pastejo

INTRODUÇÃO

Também, fazer uma descrição sucinta dos objetivos da pesquisa. Ressaltar a importância da pesquisa dentro do contexto científico e/ou tecnológico. As pastagens de braquiária são essenciais para a criação animal nos solos brasileiros, pois permitem a produção de carne e leite em solos ácidos e pobres no quesito fertilidade.

Além disso, o progresso de novas cultivares de plantas forrageiras coopera com o aumento de opções aos produtores rurais diante das demandas de plantas mais produtivas, tolerantes ao encharcamento e sombreamento, e com maior resistência a doenças e pragas agrícolas (1). Desta maneira, o emprego de híbridos de Brachiaria, como o capim-mavuno (*Brachiaria brizantha* x *Brachiaria ruziziensis* cv. Mixe Drwn 12), pode tornar-se mais rentável para a cadeia produtiva do pecuarista, já que sucede do processo de melhoramento genético de forrageiras.

O capim-mavuno é descrito como uma planta forrageira adaptada a tipos de solos com médio/alta fertilidade, à altitude de até 1800m, à precipitação anual acima de 800 mm, detendo alta tolerância em períodos de seca e frio, resistência na presença de cigarrinha e sombreamento (2). Por isso, este capim pode ser amplamente utilizado em diversas regiões do Brasil, que em 2023 atingiu o rebanho bovino de 238,6 milhões de bovinos (3), abrangendo aproximadamente 162 milhões hectares de pastagens (4), que é o principal sistema de criação de bovinos no Brasil.

Por mais que o pasto seja responsável por garantir menor custo de produção e maior competitividade, há uma dificuldade por parte dos produtores de reconhecer que o capim implantado requer cuidados como qualquer outra cultura. Por isso, cerca de 79% das áreas de pastagens estão em algum estágio de degradação (4), o que resulta em sérios problemas para a pecuária.

A deficiência nutricional do capim, lento processo de rebrota, solo descoberto, baixo teor de matéria orgânica, presença de plantas invasoras e erosão são consequências do processo de degradação que precisam ser enfrentadas para evitar consequências econômicas e ambientais negativas.

Assim, a escolha correta de espécies forrageiras, formação adequada do pasto, adubações e o manejo correto das pastagens são essenciais para evitar a degradação. O manejo do pastejo é essencial para a perenidade da pastagem e a principal estratégia a ser adotada é o controle da altura do dossel forrageiro.

A altura do pasto está intimamente ligada a quantidade e a qualidade da gramínea, o que influencia o desempenho animal (5). Esse entendimento é fundamental para que se estime a capacidade de suporte e realize ajustes na taxa de lotação. Em casos em que a taxa de lotação é maior que a capacidade de suporte, é provável que ocorra degradação da pastagem, uma vez que a baixa altura do pasto resulta em solo exposto, o que resulta no aparecimento de plantas daninhas e erosão, neste último caso a depender da topografia. Além disso, há comprometimento do ganho de peso dos animais.

Em contrapartida, quando a taxa de lotação é menor que a capacidade de suporte, ocorre sobra de forragem, o que resulta em redução no valor nutritivo e modificações no comportamento ingestivo dos animais. Embora nesta circunstância possa ser evidenciado elevado ganho de peso individual dos animais, é uma prática antieconômica, uma vez que há baixo desempenho por hectare.

Para evitar as duas situações mencionadas, é importante estimar a capacidade de suporte, o que requer a mensuração da massa de forragem, que pode ser predita por meio da altura do dossel forrageiro (6 e 7). Esse método tem a vantagem de ser simples e de não requerer equipamento sofisticado (apenas uma régua graduada). Todavia, o uso da altura, bem como dos outros métodos indiretos para estimar massa de forragem, demanda coleta de diversas amostras para calibração das equações. Uma outra dificuldade é que existem poucas equações de predição, principalmente quanto aos híbridos de *Brachiaria*.

Existem equações capazes de predizer a massa de forragem a partir da altura do dossel de braquiárias (8 e 9), entretanto não foram criadas para híbridos. Por isso, objetivou-se verificar se as equações de predição de massa de forragem de *Brachiaria brizantha* são capazes de estimar a massa de forragem do capim-mavuno.

MATERIAL E MÉTODOS

A primeira etapa da pesquisa foi selecionar equações voltadas para híbridos de *Brachiaria* que estimassem a massa de forragem por meio da altura do dossel. Devido à falta de dados sobre tais híbridos, decidiu-se, uma vez que o capim-mavuno é um híbrido formado a partir do cruzamento entre *Brachiaria brizantha x Brachiaria ruziziensis*, utilizar equações para estimativa da massa de forragem de *B. brizantha*. Foram testadas equações lineares com (y = 1899,26 +64,05x) e sem intercepto (y = 108,41x) que foram propostas por meio de metanálise (9).

Para validar a aplicação dessas equações para o capim-mavuno, foi iniciada a coleta de massa de forragem no setor de Zootecnia da Universidade Federal de Rondonópolis (latitude 16°28' S, longitude 54°38' W e altitude de 284 metros). O setor possui uma área de 0,2 hectares de capim-mavuno. As coletas foram realizadas durante a estação chuvosa, de dezembro de 2023 a fevereiro de 2024.

Ao todo foram coletadas 17 alturas diferentes, variando de 15 a 95 centímetros, com intervalos de cinco centímetros entre as alturas. Para cada altura foram feitas cinco repetições, totalizando 85 amostras coletadas. No primeiro momento foram coletadas as alturas maiores, de 70 a 95 centímetros, em seguida a área recebeu pastejo de 19 ovelhas, da raça Santa Inês, pelo tempo de 14 dias, para que o capim fosse rebaixado, e seguida as coletas foram retomadas.

Para estabelecer a massa de forragem foi escolhido o método direto, com amostragem casual, tendo como critério a altura e homogeneidade da área do quadrado. A cada área escolhida foram seguidos os seguintes passos: mensurar a altura, com o auxílio de uma régua graduada em centímetros; colocar o quadrado de ferro, de um metro de largura por um metro de comprimento; organizar os perfilhos dentro do quadrado, a planta só era coletada se a origem do perfilho estivesse dentro da área do quadrado, e corte da forragem rente ao solo, com o auxílio de um cutelo.

Toda massa cortada foi acondicionada em saco plástico e, após mensurar a massa de forragem presente no quadrado, uma subamostra de 300 gramas foi acondicionada em sacos de papel, identificado com o número da amostra, altura, data da coleta e nome do responsável. As amostras foram submetidas ao processo de secagem em estufa de circulação de ar, com temperatura média de 55 $\pm$ 5 ºC, por 72 horas, após a secagem a amostra foi pesada novamente.

Todas as massas de forragem coletadas *in loco* foram comparadas com estimativa obtida por meio das equações por meio da razão entre os valores estimado e observados. Realizou-se análise de regressão entre a altura e a massa de forragem e o quadrado médio do resíduo, para mensurar a variabilidade dos dados coletados.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A relação média entre os valores estimados e observados foi de 0,94 e 0,90 para as equações com e sem intercepto, respetivamente (Figura 1). Isso demonstra boa acurácia na estimativa das duas equações, contudo é preciso cautela na equação com intercepto, uma vez que houve maior variabilidade e, assim, há extratos com produção superior ao estimado (superestimativa), bem com extratos com produção inferior (subestimativa), o que pode acarretar erros de manejo.

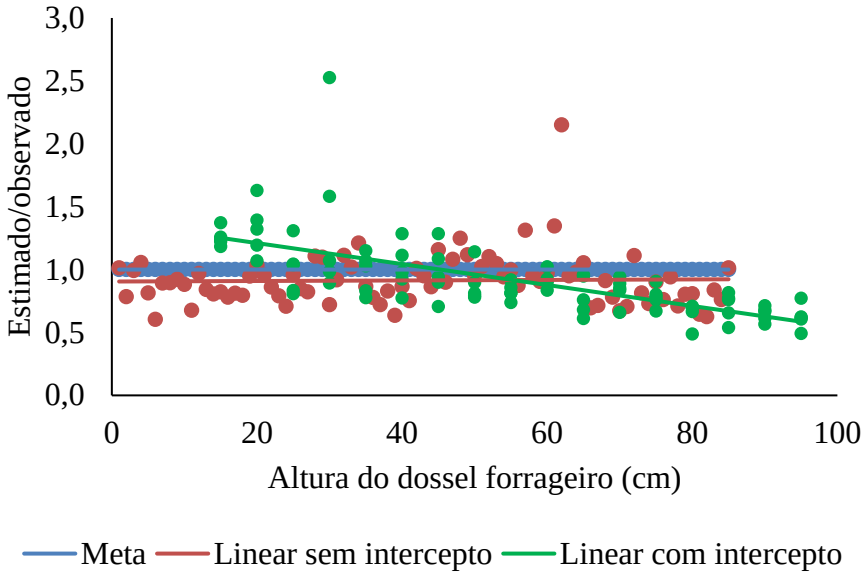


Figura 1 – Relação entre os valores estimados e observados conforme as alturas do dossel forrageiro. Média da relação estimado/observado para a equação linear sem intercepto: 0,94; média da relação estimado/observado para a equação linear com intercepto: 0,90.

Para a equação linear com intercepto, houve superestimativa para alturas menores que 40 cm (Figura 1). Neste caso, a equação estima que há maior massa de forragem do que realmente existe na área, o que resulta em uma taxa de lotação maior que a capacidade de suporte. Essa condição, quando mantida por longo tempo, resulta em degradação da pastagem pela possível decapitação de meristemas apicais, o que torna lento o processo de rebrota. Ademais, a baixa área foliar residual demanda a translocação de reservas orgânicas acumuladas nas raízes, o que proporciona redução da massa radicular (10) e assim, maior suscetibilidade a seca.

Para a equação linear com intercepto, em alturas a partir de 50 cm, houve subestimativa da massa de forragem (Figura 1), com efeito mais acentuado a partir da altura de 80 cm. Nesta última situação, há tendência de ocorrer subpastejo, o que resulta em alongamento de colmo e senescência do dossel forrageiro.

O aumento destas frações interfere no comportamento ingestivo (11), bem como reduzem o teor de nutrientes da forragem (5). A mesma situação foi observada na maior parte das alturas da equação linear sem intercepto (Tabela 1). Quanto a variabilidade dos dados, o maior efeito nas duas equações foi identificado nas estimativas a partir da altura de 80 cm, uma vez que houve a maior soma de quadrado dos desvios (Tabela 1).

A equação linear sem intercepto (Tabela 1) destacou-se como a que apresenta menor erro experimental. Dos nove extratos de altura, cinco apresentaram diferença menor que 10% entre o observado e o previsto. Foram eles: extrato 30 – 35 cm; 40 – 45 cm; 50 – 55 cm; 60 – 65 cm e 70 – 75 cm.

Tabela 1 - Relação entre as massas de forragem estimadas e observadas e soma do quadrado dos desvios (SQD) da estimativa

Altura (cm)	SQD	
	Linear com intercepto	**Linear sem intercepto**
15 – 20	444.980,42	342.080,10
20 – 25	676.217,52	512.120,91
30 – 35	916.544,12	1.008.121,09
40 – 45	860.044,87	866.601,01
50 – 55	708.242,51	1.392.090,57
60 – 65	1.482.149,69	2.940.946,54
70 – 75	996.070,36	3.663.875,23
80 – 85	6.549.741,76	16.097.829,44
90 – 95	8.555.444,74	24.484.550,41
Média	2.354.604,00	5.700.912,81

A equação linear com intercepto também se mostrou útil uma vez que, quando o capim-mavuno é manejado conforme as alturas de manejo recomendadas, a diferença entre o estimado e o coletado foi menor que 20% (Tabela 1). Contudo, identificou-se a maior variabilidade dos dados nesta equação e nas duas equações a menor variabilidade ocorreu no extrato de 15 cm. O quarto extrato, que correspondem as alturas 40 – 45 cm, apresentou a melhor estimativa para as duas equações (Tabela 1).

Diante do exposto, a massa de forragem do capim-mavuno pode ser estimada por meio da altura do dossel forrageiro, de modo que as duas equações testadas para estimar a massa de forragem de *Brachiaria brizantha* podem ser utilizadas para estimar a massa de forragem do capim-mavuno (Figura 2).

Dessa forma, estas equações podem ser utilizadas para novas tecnologias e aplicativos no setor agropecuário, pois o proporciona ao produtor maior lastro para tomadas de decisões, o que favorece avanços no sistema produtivo. A era digital tornou possível o acesso prático e rápido à informação nos diversos seguimentos, inclusive no campo. Assim, o produtor pode ter acesso a instrumentos que o auxiliem na tomada de decisões do dia a dia e otimizem seu tempo de serviço.

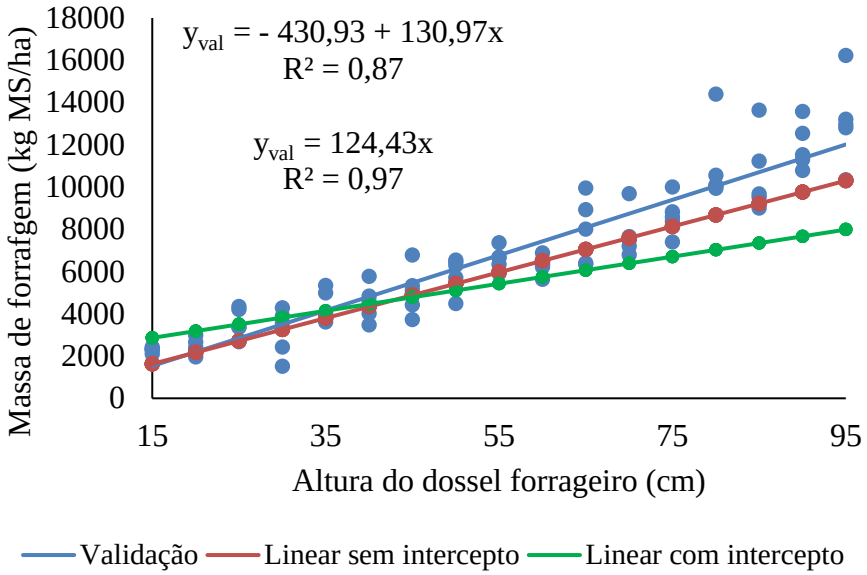


Figura 2 - Relação entre dados estimados através das equações lineares com e sem intercepto.

CONCLUSÕES

As equações propostas para estimar a massa de forragem de *Brachiaria brizantha*, podem ser utilizadas para estimar a massa de forragem do capim-mavuno, híbrido de *Brachiaria*.

REFERÊNCIAS

1. Echeverria, JR, Euclides VPB, Sbrissia AF, Montagner DB, Barbosa RA, Nantes NN. Acúmulo de forragem e valor nutritivo do híbrido de Urochloa 'BRS RB331 Ipyporã' sob pastejo intermitente. Pesq Agropec Bras. 2016; 51: 880 – 889.
2. Wolf Sementes. Guia Mavuno. [Internet]. 2022 [acesso em 2025 fev 14]. Disponível em:
3. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Rebanho de bovinos (bois e vacas). [Internet]. 2022 [acesso em 2025 fev 14]. Disponível em: https:// https://www.ibge.gov.br/explica/producao-agropecuaria/bovinos/br.
4. Athenagro. Programa de conversão das áreas de pastagens degradadas. Câmara setorial da carne bovina. [Internet]. 2024 [acesso em 2025 fev 14]. Disponível em: https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/camaras-setoriais-tematicas/documentos/camaras-setoriais/carne-bovina/2024/20-02-2024/conversao-de-pastagens.pdf.
5. Barbero RP, Ribeiro ACC, Moura AM, Longhini VZ, Mattos TFA, Barbero MMD. Production potential of beef cattle in tropical pastures: a review. Cien Anim. 2021; 22: e-69609.
6. Arruda DSR, Canto MW, Jobim CC, Carvalho PCF. Métodos de avaliação de massa de forragem em pastagens de capim-estrela submetidas a intensidades de

pastejo. Cienc Rural. 2011; 41: 2004 – 2009.
7. Salman AKD, Soares JPG, Canesin RC. Métodos de amostragem para avaliação quantitativa de pastagens. Embrapa; 2006.
8. Borges LCO. Estimativa da massa de forragem de braquiárias por meio da altura do pasto [trabalho de curso]. Rondonópolis: Instituto de Ciências Agrárias e Tecnológicas da UFR; 2022.
9. Righi RSM. Modelos para estimativa de massa d eforragem de gramíneas tropicais [dissertação]. Rondonópolis: Rondonópolis: Instituto de Ciências Agrárias e Tecnológicas da UFR; 2023.
10. Echeverria DMS. Massas de forragem e de raízes do capim-piatã submetido a intensidades de pastejo [dissertação]. Dourados: Faculdade de Ciências Agrárias da UFGD; 2013.
11. Macedo EO, Oliveira, ME, Silva, PC, Ribeiro AM, Oliveira, GL, Andrade AC, et al. Consumo e comportamento ingestivo de cabras em pasto de capim-marandu. Semin Ciênc Agrár. 2015; 36: 2175-2184.

Capítulo 14

DOI: 10.53934/agronfy-2025-05-14

EFEITO DA ADUBAÇÃO NITROGENADA SOBRE O PASTO DE CAPIM MARANDU NO PERÍODO SECO

Gustavo Barbosa Alves Silva; Vitor Vinicius da Costa Debovi; Eildson Souza de Oliveira Silva; Anne Caroline Dallabrida Avelino; Camila Fernandes Domingues Duarte; Carla Heloisa Avelino Cabral; Carlos Eduardo Avelino Cabral*

**Autor correspondente (Corresponding author) – Email: carlos.cabral@ufr.edu.br*

Resumo: A adubação nitrogenada é uma estratégia de manejo da pastagem que favorece o aumento na massa de forragem e, assim, na taxa de lotação. Contudo, pouco se conhece sobre o efeito residual da adubação nitrogenada sobre o acúmulo de forragem no período seco, que é caracterizado pela escassez quantitativa e qualitativa de forragem. Por isso, com o presente trabalho buscou-se verificar se existe incremento no acúmulo de forragem da *Brachiaria brizantha* cv. Marandu no período seco, decorrente da adubação nitrogenada realizada no período chuvoso. O experimento foi realizado no município de Santo Antônio do Leverger - MT, em delineamento inteiramente casualizado, com cinco tratamentos e sete repetições. Os tratamentos consistiram em cinco doses de nitrogênio (0, 25, 50, 75 e 100 kg ha^{-1}) aplicadas a cada ciclo de desfolha. O período experimental ocorreu de novembro de 2016 a outubro de 2019, de modo que as adubações eram realizadas de novembro a abril e as avaliações eram realizadas no período seco, de maio a outubro. Embora a adubação nitrogenada não tenha alterado a altura do pasto no período seco, a massa acumulada (kg ha^{-1}) e a taxa de acúmulo (kg ha^{-1} dia^{-1}) neste mesmo período tiveram incremento de 25 e 21%, respectivamente, quando comparadas as maiores doses de nitrogênio e a parcela não adubada. A adubação nitrogenada realizada nas águas não altera a altura do pasto no período seco, contudo, promove o incremento na massa de forragem.

Palavras–chave: adubação de manutenção; entressafra; estacionalidade forrageira

INTRODUÇÃO

O Brasil é o maior exportador de carne bovina do mundo, atendendo a diversos mercados internacionais devido à sua capacidade produtiva e competitividade no setor pecuário (1). A predominância de sistemas de criação a pasto reduz os custos de produção, uma vez que os próprios animais realizam a colheita da forragem, diferentemente dos sistemas confinados. Esse modelo confere à carne brasileira uma vantagem econômica e ambiental, pois depende menos de insumos concentrados e aproveita extensas áreas de pastagens (2).

Entretanto, apesar de possuir a maior área de pastagens e o maior rebanho comercial bovino global (1), a produtividade por hectare ainda é baixa. A degradação das pastagens e a ausência de um manejo adequado durante o período seco resultam em uma drástica redução na oferta e na qualidade da forragem, comprometendo o desempenho animal e a sustentabilidade do sistema produtivo (3).

A adubação nitrogenada é uma estratégia eficiente para aumentar a produção de biomassa forrageira e recuperar pastagens degradadas. O nitrogênio é o nutriente mais limitante para o crescimento da forragem, influenciando diretamente a produtividade, a taxa de lotação e a qualidade nutricional das plantas (4). Sua deficiência está associada à degradação dos pastos, tornando essencial sua reposição para garantir a sustentabilidade da pecuária (5).

Além da degradação, a sazonalidade forrageira no Brasil Central agrava o desafio da produção animal, pois a escassez hídrica reduz tanto a produção quanto o valor nutritivo das forrageiras. A ausência de um planejamento nutricional adequado para o período seco compromete o desempenho dos animais e, consequentemente, a rentabilidade da atividade pecuária (6).

Diante desse cenário, este estudo tem como objetivo avaliar o efeito da adubação nitrogenada realizada no período chuvoso sobre o acúmulo de forragem durante o período seco, contribuindo para uma melhor gestão dos recursos forrageiros e maior eficiência produtiva.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado na fazenda experimental da Universidade Federal de Mato Grosso, campus Cuiabá, localizada no município de Santo Antônio do Leverger. O período experimental foi de novembro de 2016 a outubro de 2019 (Figura 1). Foi utilizado delineamento inteiramente casualizado, com cinco tratamentos e sete repetições, em parcelas subdivididas no tempo. As parcelas consistiram em cinco doses de nitrogênio (0, 25, 50, 75 e 100 kg/ha), aplicadas após cada ciclo de rebrota de *B. brizantha* cv. Marandu no período chuvoso (novembro a abril). As subparcelas foram intervalos de coleta de forragem no período seco: 30, 60, 90 e 120 dias após o corte de uniformização.

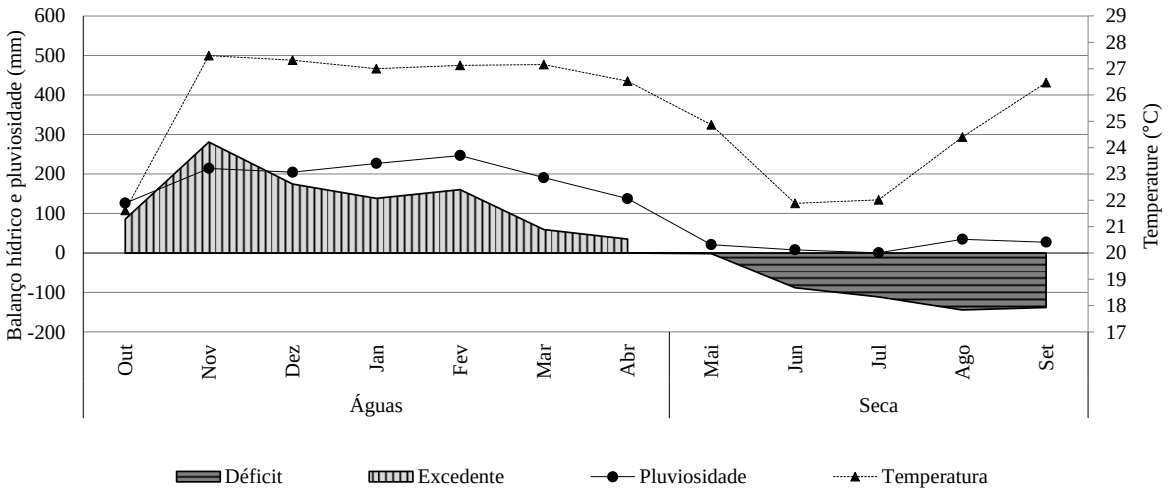


Figura 1 - Valores médios de temperatura e balanço hídrico dos quatro anos experimentais. Fonte: Estação Meteorológica Padre Ricardo Remeter, Fazenda Experimental da UFMT. Santo Antônio de Leverger – MT.

Utilizou-se parcelas experimentais implantadas no ano de 2010, com tamanho de 20 m². Em outubro de 2015, para a caracterização granulométrica e química do solo, foram retiradas 20 amostras de 0-10 cm de profundidade, utilizando-se trado holandês. As amostras foram homogeneizadas em uma única amostra composta, e a partir desta foram estimados os teores de macronutrientes e a granulometria do solo (Tabela 1). No

início da estação chuvosa (outubro) foi realizada a adubação de manutenção, de acordo com a análise do solo, e o corte de uniformização do capim, respeitando a altura de resíduo de 20 cm. Em seguida, foi realizada a adubação nitrogenada conforme os tratamentos.

Quando o capim atingiu 40 cm em média, realizou-se a uniformização das parcelas utilizando roçadora mecanizada manual, sempre respeitando-se a altura de 20 cm de resíduo. Entre novembro e abril, as parcelas que não receberam adubação nitrogenada foram cortadas três vezes, enquanto as parcelas adubadas tiveram cinco cortes. Ao fim do período chuvoso (início de maio) realizou-se corte de uniformização, com resíduo de 20 cm, para avaliação do período seco. Em julho alguns animais invadiram a área experimental, o que impediu a avaliação neste período.

Tabela 1 - Caracterização química e granulométrica do solo de pastagem degradada em Santo Antônio do Leverger-MT.

Ano	pH	P	K	Ca+Mg	Al	H	CTC	V	m	Areia	Silte	Argila
	$CaCl_2$	mg dm^{-3}		$cmol_c$ dm^{-3}				%		g kg^{-1}		
2015	5,35	7,1	56,1	2,7	0	2,3	5,2	56,3	0,0	748,0	57,5	194,5
2017	4,54	9,3	51,3	2,2	0,38	4,7	7,4	31,0	16,9			
2018	4,59	8,0	42,1	2,3	0,39	4,7	7,6	34,2	17,1			

MO: matéria orgânica; V: saturação por bases; m: saturação por alumínio

Em novembro de 2016, as parcelas foram uniformizadas e realizou-se o mesmo procedimento realizado no período chuvoso anterior. Em abril de 2017, realizou-se o corte de uniformização para avaliação do período seco. A cada 30 dias (30, 60, 90 e 120 dias), após o corte de uniformização foi mensurada a altura do pasto e coletou-se a massa de forragem. Mensurou-se a altura e realizou-se a coleta da forragem acumulada no período seco.

A altura foi mensurada com nove medidas por parcela experimental, utilizando-se régua graduada. Em cada data de colheita, coletou-se três subamostras de forragem em quadros de 1 m², por parcela experimental, respeitando-se altura de resíduo de 20 cm. As subamostras de forragem de cada parcela experimental foram homogeneizadas e, em seguida, uma amostra de forragem foi submetida a secagem em estufa de circulação de ar, a 55+5ºC, por 72 horas e, em seguida, pesada.

O mesmo procedimento foi repetido de 2018 e 2019. Em outubro de 2017, realizou-se amostragem de solo (Tabela 1) e a aplicação de calcário (PRNT: 90%) em todos os tratamentos para corrigir a acidez do solo 2018. Além disso, em 2017 e 2018 aumentou-se a dose de potássio para 125 kg/ha, aplicado a cada ciclo de desfolha.

Os dados obtidos foram submetidos ao teste de F para identificação dos modelos de regressão (linear e quadrático) e, caso significativo, ao teste de t para a significância dos componentes dos modelos de regressão, ambos a 5% de probabilidade de erro.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Não houve interação entre a adubação nitrogenada e os intervalos de coleta de forragem no período seco (Tabela 2). A adubação nitrogenada influenciou a massa de forragem e a taxa de acúmulo, enquanto todas as variáveis foram alteradas pelos intervalos de coleta (Tabela 2).

Tabela 2 - Síntese de variância para verificar o efeito isolado e a interação entre a adubação nitrogenada e os períodos de coleta de forragem no período seco

Variáveis	Adubação	Dias de coleta	Adubação* Dias de coleta	EPM
Massa de forragem	<0,0001	<0,0001	0,6619	33,203
Taxa de acúmulo	0,0004	<0,0001	0,8826	0,835
Altura	0,7058	<0,0001	0,6394	0,276
Acúmulo relativo	<0,001	-	-	0,432

Não houve efeito da adubação nitrogenada sobre as variáveis altura, porém a taxa de acúmulo e massa de forragem produzida na seca aumentaram linearmente em resposta às doses de nitrogênio aplicadas no período chuvoso (Tabela 3), o que evidencia que a adubação influencia a produção do capim Marandu no período seco (Tabela 2).

Tabela 3 - Efeito da adubação nitrogenada sobre a altura (cm), massa de forragem (kg/ha) e taxa de acúmulo de forragem (kg/ha/dia) em pastagem de capim Marandu submetida a diferimento

Intervalo (dias)	Nitrogênio (kg ha^{-1} águas^{-1})					P-valor			
	0	100	250	375	500	Intervalo		Adubação	
	Altura (cm)					L	Q	L	Q
30	27,7	28,9	29,1	29,2	30,3	<0,001	<0,001	0,834	0,184
60	31,3	30,7	31,3	29,8	32,2				
90	29,4	29,7	30,3	29,9	30,1				
120	35,8	36,4	36,3	36,6	37,3				
	Massa de forragem (kg ha^{-1})								
30	908	1071	1084	1110	1125	<0,001	0,037	<0,001	0,473
60	1435	1713	1690	1565	2094				
90	1685	1762	1742	1942	2256				
120	1917	1794	2111	2292	2430				
	Taxa de acúmulo (kg $ha^{-1}dia^{-1}$)								
30	28,3	33,4	33,8	34,7	35,1	<0,001	0,862	<0,001	0,758
60	25,1	30,0	29,6	27,4	36,7				
90	18,3	19,1	18,9	21,1	24,5				
120	15,9	14,9	17,5	19,1	20,2				

Comparando-se a maior dose de nitrogênio com a ausência de adubação, observou-se 25% de incremento na massa de forragem no período seco e de 21% na taxa de acúmulo (Figura 2). Este efeito ocorreu, provavelmente, pelo efeito positivo do nitrogênio sobre a taxa de aparecimento de perfilhos no início do outono, o que ocorreu em um trabalho realizado por (7) e citado por Amorim et al. (8). Com o uso da adubação nitrogenada em pastagens tropicais, o índice de aparecimento de folhas é elevado. Assim, aparecem novos fitômeros e com eles novas gemas axilares, que, por sua vez se desenvolvem em novos perfilhos (9).

Outro efeito positivo do nitrogênio que pode ter contribuído para o incremento na massa de forragem e na taxa de acúmulo durante o período seco é a resposta das raízes a esse nutriente. Estudos demonstram que a adubação nitrogenada influencia positivamente o desenvolvimento do sistema radicular das gramíneas forrageiras, aumentando a densidade e a profundidade efetiva das raízes (10). Uma produção robusta de raízes está diretamente relacionada à disponibilidade adequada de nitrogênio na solução do solo, sendo essencial suprir as necessidades da forrageira para garantir seu

pleno desenvolvimento.

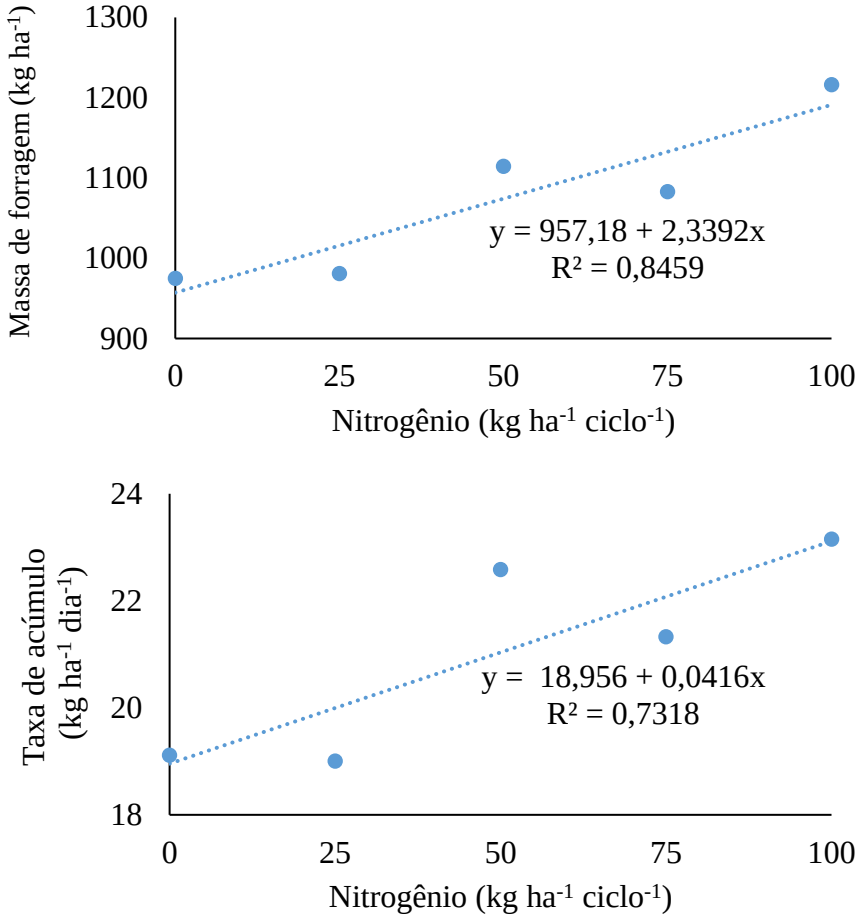


Figura 2 - Massa de forragem e taxa de acúmulo de forragem do capim Marandu no período seco em resposta a adubação nitrogenada realizada no período chuvoso.

A deficiência de nitrogênio causa danos aos cloroplastos, reduzindo o conteúdo de clorofila nas folhas, o que implica em menor taxa fotossintética e, consequentemente, menor crescimento dos tecidos (11). Além disso, embora não cause alterações significativas no crescimento da raiz principal, o nitrogênio influencia positivamente o desenvolvimento das raízes laterais. Em presença abundante desse nutriente, as raízes laterais se alongam para capturá-lo, desenvolvendo raízes secundárias, terciárias e pelos radiculares (12). Estudos demonstram que a adubação nitrogenada aumenta a produção de massa seca das raízes em cultivares de *Brachiaria brizantha*, evidenciando a importância do nitrogênio para o desenvolvimento radicular adequado (13).

Portanto, a maior produção radicular e o acúmulo de nitrogênio nos órgãos de reserva das plantas, aliados aos benefícios no perfilhamento, provavelmente resultaram em um efeito positivo na rebrota, explicando o aumento na produção de massa de forragem e na taxa de acúmulo durante a estação seca observados neste estudo. Além disso, o possível efeito residual do nitrogênio pode ter contribuído para a mineralização da matéria orgânica presente no solo, fornecendo nutrientes adicionais às plantas durante períodos de menor disponibilidade hídrica (14; 15).

A adubação nitrogenada também aumenta a defasagem entre o acúmulo de forragem no período chuvoso e o período seco (Figura 3), visto que na ausência de adubação nitrogenada, no período seco, o capim Marandu acumulou 13,3% da massa de forragem anual, enquanto nas demais doses essa proporção caiu para 9,2%. Isso

demonstra que o uso da adubação no período chuvoso demanda maior necessidade no provimento de alimento no período seco.

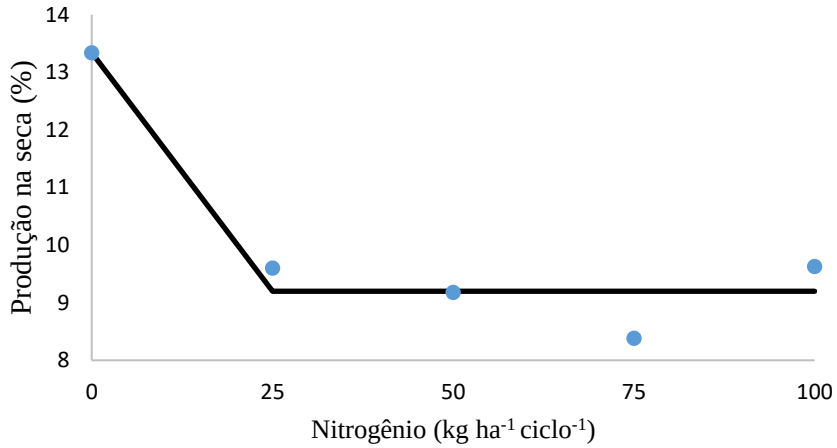
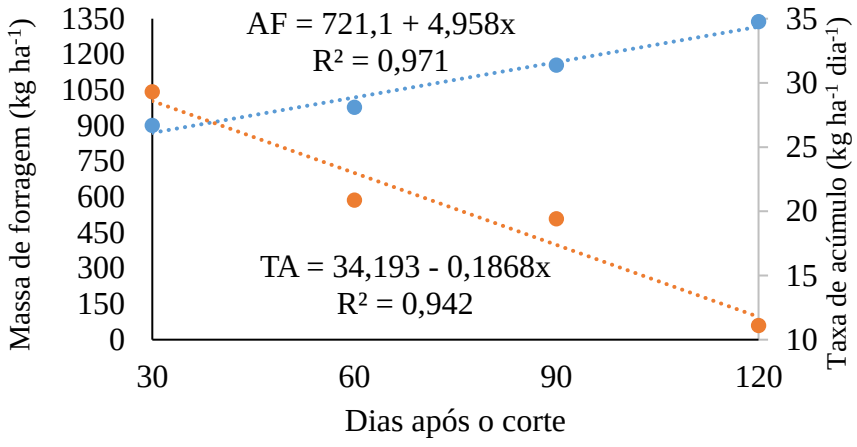


Figura 2 - Proporção de massa de forragem de capim Marandu acumulada no período seco conforme a adubação nitrogenada.

Apesar da taxa de acúmulo diminuir durante o período seco, houve incremento na massa de forragem neste período, e a altura do pasto (Figura 4) se manteve em faixa considerada ideal para o pastejo do capim Marandu, entre 26 e 29 cm (16). Esta redução ocorre pelo aumento do déficit hídrico, o que compromete a atividade fotossintética (17), reduzindo assim a síntese de tecidos no período seco.



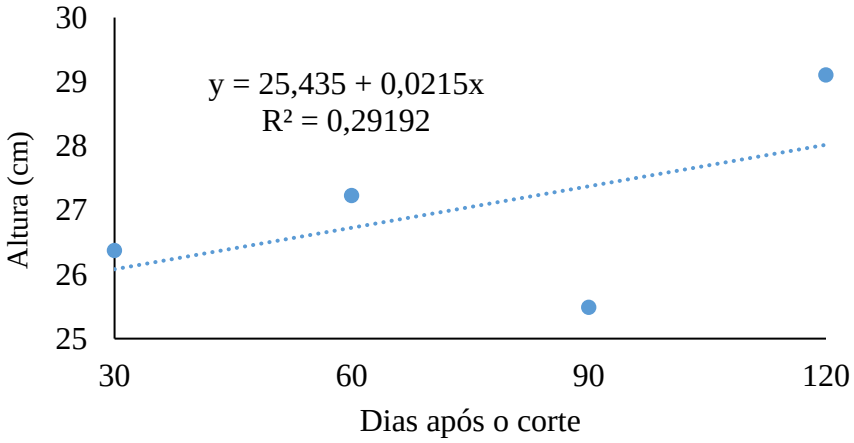


Figura 4 - Massa de forragem, taxa de acúmulo de forragem e altura do pasto de capim Marandu no período seco.

Dessa forma, a adubação nitrogenada promove efeito residual no período seco, por meio do aumento na massa de forragem e na taxa de acúmulo. Contudo, em casos de lotação rotativa, similar ao modo que a forragem foi colhida no período chuvoso deste experimento, torna-se necessário realizar gestão de alimento para o período seco, como silagem, feno, verde picado ou concentrado, visto que a adubação acentua ainda mais a discrepância produtiva entre o período chuvoso e a estiagem.

CONCLUSÕES

A adubação nitrogenada realizada no período chuvoso, em pastagem de capim Marandu, incrementa a massa de forragem e taxa de acúmulo da forrageira no período seco.

REFERÊNCIAS

1. Associação Brasileira das Indústrias Exportadoras de Carne (ABIEC). Beef Report 2023: Perfil da Pecuária no Brasil. São Paulo: ABIEC; 2023.

2. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). The state of food and agriculture 2022. Rome: FAO; 2022.

3. Martha GB Jr, Alves E, Contini E. Sustainable intensification of Brazilian livestock production: a prospective analysis. Agricultural Systems. 2012;108:85-93.

4. Whitehead DC. Grassland nitrogen. 1st ed. Wallingford: CAB International; 1995.

5. Boddey RM, Macedo R, Tarré RM, Ferreira E, Oliveira OC, Resende AS, et al. Nitrogen cycling in Brachiaria pastures: the key to understanding sustainability in tropical agriculture. Nutrient Cycling in Agroecosystems. 2004;79(2):103-16.

6. Dias-Filho MB. Diagnóstico da degradação das pastagens no Brasil. Belém: Embrapa Amazônia Oriental; 2014.

7. Souza ED, Costa SEVGA, Anghinoni I, Vezzani FM, Flores JPC, Martins AP. Sistemas de integração lavoura-pecuária e os atributos físicos do solo. Revista Brasileira de Ciência do Solo. 2013;37(5):1311-21.

8. Amorim PL, Pedreira CGS, Silva RFD, Pereira LET, Cândido MJD. Tillering and forage accumulation in tropical grasses combined with forage peanut under shading. Agricultural Systems. 2019;176:102646.

9. Santos PM, Lara MA, Pedreira CGS. Morphogenetic and structural characteristics of forage grasses in response to nitrogen. Grass and Forage Science. 2017;72(3):490-500.

10. Cunha FF, Martuscello JA, Silva EAM, Batista EM, Braz TGS, Nascimento Júnior D. Sistema radicular de seis gramíneas irrigadas em diferentes adubações nitrogenadas e manejos. Acta Scientiarum. Agronomy. 2007;29(1):47-54.

11. Mota LG, Righi RSM, Duarte CFD, Cabral CHA, Cabral CEA. Momento de adubação nitrogenada afeta as reservas radiculares de gramíneas tropicais. Pesqui Agropecu Trop [Internet]. 2023;53:e75444.

12. Martins CHM, Crusciol CAC, Soratto RP, Ferrari Neto J, Moro E. Adubação nitrogenada em braquiarão: decomposição da fitomassa e liberação de nutrientes. Pesqui Agropecu Trop [Internet]. 2016;46(2):159-168.

13. Martins MVR, Pereira CE, Kikuti H. Adubação nitrogenada na implantação de Brachiaria brizantha cv. Marandu em Humaitá-AM. Sci Plena [Internet]. 2022;18(7):070208.

14. Mota LG, Righi RSM, Duarte CFD, Cabral CHA, Cabral CEA. Momento de adubação nitrogenada afeta as reservas radiculares de gramíneas tropicais. Pesquisa Agropecuária Tropical. 2023;53:e75444.

15. Pires AMM, Andrade CA, Souza NAD, Carvalho C, Carmo JB. Disponibilidade e mineralização do nitrogênio após aplicações sucessivas de lodo de esgoto no solo, estimadas por incubação anaeróbia. Pesquisa Agropecuária Brasileira. 2015;50(4):333-342.

16. Euclides, V. P. B., Euclides Filho, K., & Siqueira, L. G. (2015). Manejo de pastagem de capim Marandu. Revista Brasileira de Zootecnia, 44(12), 431-439.

17. Silva, S. P., Costa, A. L. C., & Souza, F. L. (2013). Efeito do déficit hídrico sobre a fotossíntese e a produção de biomassa em pastagens de gramíneas tropicais. Revista Brasileira de Ciências Agrárias, 8(3), 456-463.

Capítulo 15

DOI: 10.53934/agronfy-2025-05-15

CIANOBACTÉRIAS: DIVERSIDADE, ECOLOGIA E APLICAÇÕES BIOTECNOLÓGICAS NOS SOLOS E AMBIENTES AQUÁTICOS

Karlos Eduan Ferreira Silva[1]; Suellen Santana Silva[2]; Felipe da Silva Amorim[3]; Welves Maxsuel da Silva Vieira de Assis[4]; Raul Antônio Pereira dos Santos[5]

[1]Mestrando no Programa de Pós Graduação em Produção Agrícola (PPGPA) na Universidade Federal do Agreste de Pernambuco (UFAPE) – E-mail: eduan.ferreira28@gmail.com; [2]Graduando do Curso de Agronomia na Universidade Federal do Agreste de Pernambuco (UFAPE) – E-mail:suetegec@gmail.com; [3]Graduando do Curso de Medicina Veterinária (UFRPE) - felipe.silvaamorim@ufrpe.br; [4]Graduando do Curso de Agronomia na Universidade Federal do Agreste de Pernambuco (UFAPE) – E-mail: welvesrg@gmail.com; [5]Graduando do Curso de Ciências Biológicas na Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE) – E-mail: raul.apsantos@ufrpe.br

Resumo: As cianobactérias são organismos procariotos fotoautotróficos, responsáveis pela oxigenação da atmosfera primitiva do planeta. Sua longevidade, estimada em 3 bilhões de anos, fizeram com que esses organismos desenvolvessem mecanismos morfológicos, genéticos e evolutivos que foram essenciais na sua estratégia adaptativa para colonizar diferentes habitats, desde ambientes aquáticos a terrestres, incluindo fontes termais e ambientes desérticos. Podendo ser unicelulares ou filamentosas, móveis ou sésseis, são importantes produtores primários, com um amplo aparato fotossintético, constituído por fotopigmentos característicos, como a ficocianina, responsável por atribuí-lhes o nome popular algas verdes-azuladas. Além de desempenharem um papel essencial em ciclos biogeoquímicos, são responsáveis por boa parte do sequestro de carbono da atmosfera e pela fixação biológica do nitrogênio por células especializadas denominadas de heterocistos. Esses organismos produzem uma gama de compostos bioativos com alto potencial biotecnológico, como biofertilizantes em sistemas agrícolas e biorremediadores para solos degradados, melhorando significativamente a qualidade do solo, principalmente para terras áridas e semiáridas. Em corpos aquáticos, elas podem tornar-se organismos abundantes e dominantes, impulsionado principalmente pelo processo de eutrofização. Nesses ambientes, florações de cianobactérias podem levar à degradação da qualidade da água, principalmente por estarem associadas a produção de potentes toxinas, nocivas a outros organismos. O agravamento das mudanças climáticas, impacta diretamente na distribuição e na dinâmica desses organismos, assim como nas suas funções ecológicas. Logo, o estudo contínuo desses organismos, torna-se crucial para entender melhor sua aplicabilidade sustentável, especialmente em sistemas agrícolas e para a restauração ecológica de ambientes degradados.

Palavras–chave: BIOTECNOLOGIA SUSTENTÁVEL; BIOINDICADORES; CIANOFÍCEAS; PRODUTORES PRIMÁRIOS; RELAÇÕES SIMBIÓTICAS

INTRODUÇÃO

Por cerca de dois séculos, botânicos e microbiólogos discutiram acerca de como chamar um determinado grupo de microrganismos capazes de realizar fotossíntese oxigênica. Algas azuis, mixofíceas, cianofíceas, algas verde-azuladas, oxifotobactérias e cianoprocariotos já foram nomenclaturas utilizadas (1). Porém, com as classificações taxonômicas cada vez mais aprimoradas e com o uso de tecnologias como o sequenciamento de DNA, hoje estas são classificadas taxonomicamente como um filo: cianobactérias. Subdividido em duas classes: as oxifotobactérias (cianobactérias que realizam a fotossíntese oxigênica) e as melainabactérias (cianobactérias que não realizam fotossíntese e que apresentam características metabólicas basais) (2).

A etimologia da nomenclatura "cianobactéria" vem de versões latinizadas de duas palavras gregas: Bactéria vem de "baktḗrion" [βακτήριον], pequeno bastão, o que denota uma forma alongada característica de alguns clados; Ciano vem de "kyanos" [κύανος], um tom azulado que é possível ser visto neste grupo devido a presença do pigmento ficocianina (1).

O clado é uma linhagem de organismos do domínio Bacteria capazes de realizar fotossíntese utilizando água como doadora de elétrons e reduzir o dióxido de carbono a uma fonte de carbono, bem como seus descendentes que evoluíram secundariamente (1). Elas desempenharam e desempenham um papel crucial na história da Terra. Com a origem e proliferação deste grupo, e por consequência o surgimento da fotossíntese oxigênica e a liberação deste oxigênio em larga escala, elas acabaram gerando um Grande Evento de Oxigenação (há cerca de 2,5 bilhões de anos) modificando o planeta em suas mais diversas camadas. Existem diversas evidências geológicas e geoquímicas documentadas de um crescimento inicial de O_2 seguido de uma permanente proeminência do mesmo no oceano e na atmosfera. Como, por exemplo, as formações de ferro bandado, ocorridas no grupo Hamersley, no oeste australiano, datadas de 2,5 a 2,4 bilhões de anos (idade que se estima o evento) (3), que são sedimentos químicos formados através da disponibilidade de ferro no sedimento, que reagia na água com o O_2, produto da fotossíntese, de maneira sazonal, o que indica o aumento da população desses organismos em alguns períodos de tempo. Futuramente, novas formações de ferro bandado deixariam de se formar, pois as cianobactérias se tornaram muito abundantes e, por sua vez, a presença do oxigênio permanente (3). As consequências deste evento também influenciaram toda a vida na terra, pois além de levar a um evento de extinção em massa por causa das mudanças climáticas provenientes do aumento das taxas de oxigênio e diminuição do metano e do dióxido de carbono, gerando uma grande glaciação chamada de Primeira Terra Bola de Neve (First Snowball Earth), este evento também selecionou grande parte dos organismos atuais a serem tolerantes ao O_2 como os potenciais futuros Eukarya (4-5).

As cianobactérias são organismos muito antigos em nosso planeta. Sendo assim, estão adaptadas a diversos ambientes gerando uma enorme diversidade genética, morfológica e ecológica. Algumas espécies possuem toxinas que podem ser prejudiciais a outros seres vivos, outras vivem em simbiose com outros organismos distintos como os fungos, além de possuírem importâncias e aplicações agrícolas.

Entender as cianobactérias é compreender como os menores organismos conseguem causar impactos que podem até modificar todo o mundo ao longo do tempo. Dessa forma, a presente revisão tem como objetivo apresentar as diversas aplicações das cianobactérias nos últimos anos, além de ressaltar seu papel nos ecossistemas em que estão presentes.

CARACTERÍSTICAS GERAIS DAS CIANOBACTÉRIAS

Esses organismos surgiram há aproximadamente 3 bilhões de anos, sendo um dos primeiros procariontes fotossintetizantes (6). Com o passar dos anos após seu surgimento elas se adaptaram tanto a ambientes aquáticos, como terrestres (7). Isso foi possível graças ao desenvolvimentos de estruturas que permitiram a fixação de nitrogênio, sendo conhecidos como heterocistos (8). Por volta de 2,8 a 2,5 bilhões de anos, em virtude da produção de oxigênio houve a alteração da concentração gasosa atmosférica, permitindo o crescimento de microrganismos aeróbicos (9). Cabe ressaltar que há cerca de 1,5 bilhões de anos uma cianobactéria passou por um processo de captura e adoção por um organismo eucarioto, futuramente dando origem aos cloroplastos. Tal processo recebe o nome de endossimbiose e marcou a evolução dos eucariontes fofossítetizantes, sendo a provável origem do clado Archaeplastida, grupo composto pelas glaucófitas, algas vermelhas, algas verdes e plantas (10-12).

As cianobactérias apresentam uma ampla diversidade morfológica, podendo existir como formas de vida unicelulares ou filamentosas, sésseis ou móveis (13). Algumas espécies possuem a capacidade de fixar nitrogênio, através do heterócito ou por meio da expressão do gene *cnfR*, ativado somente em condições de baixo teor de O_2 (14). Com base em suas características morfológicas e análises moleculares, foram classificadas em sete ordens: *Chroococcales*, *Gloeobacterales*, *Nostocales*, *Oscillatoriales*, *Pleurocapsales*, *Spirulinales* e *Synechococcales* (15).

Esses microrganismos compõem o maior grupo de procariotos fotossintéticos conhecidos. Através da clorofila-a presente em suas células, são capazes de capturar a energia da luz solar, convertendo o CO_2 em glicose e liberando O_2 como subproduto desse processo, de maneira semelhante às plantas (16-18). As cianobactérias estão entre os primeiros organismos fotossintéticos da história evolutiva da Terra, desempenhando um papel crucial na oxigenação da atmosfera primitiva (19). Atualmente, contribuem com mais de 25% da fixação de carbono global, ajudando a reduzir os níveis de CO_2 na atmosfera (20).

Naturalmente a diversidade genética das cianobactérias apresentam uma plasticidade genômica em conjunto com múltiplos mecanismos de adaptação que permitem sua colonização em ambientes distintos, desde ecossistemas aquáticos a terrestres, locais quentes como águas termais a alguns desertos frígidos do Ártico. Nos ambientes aquáticos, ocorrem as adaptações que promovem a sobrevivência e perpetuação em diferentes tipos de água, tais como estratégias de adaptação a luz através de pigmentos fotossensíveis (fotopigmentos), que aumentam a eficiência da absorção das luzes vermelhas e azuis, visto que em ambientes subaquáticos a qualidade e quantidade de luz variam significativamente (21-23). Outra adaptação é a simplificação de genomas e aperfeiçoamento dos mecanismos de transporte de nutrientes das cianobactérias de vida livre em ambientes oligotróficos, onde há escassez dos nutrientes essenciais (22-23). A flutuabilidade e tolerância a metais pesados também são adaptações que possibilitam seu desenvolvimento em colunas d'água visando melhores condições de luz e nutrientes e que mitigam a toxicidade de metais realizando a remoção do mesmo por meio de um gene transportador (23).

Em ambientes terrestres essas adaptações são modificadas para suprir as necessidades existentes em diferentes tipos de condições edafoclimáticas que envolvem o globo, mas que de forma geral está ligada a quantidade excessiva de luz e radiação Ultravioleta (UV). Para isso, as cianobactérias desenvolveram mecanismos genéticos para que fosse tolerado o estresse a altas temperaturas e que as protegessem da desidratação e que também fosse absorvido ou reparado o dano causado pelos raios UV em seu DNA (22-23). Juntamente a essas alterações citadas há a produção de exopolissacarídeos para mitigar esses efeitos da radiação UV e altas temperaturas, mas que também coopera na formação de biocrostas e

adesão a superfícies além de auxiliar na absorção de nutrientes (23). Ademais, um outro mecanismo encontrado é a Transferência Genética Horizontal (TGH), que permite a ocorrência da transferência de genes de outras bactérias ou organismos, possibilitando o aumento da capacidade adaptativa a condições mais desafiadoras. Essa troca pode ocorrer através de simbioses, por exemplo, visto que algumas espécies de cianobactérias possuem a capacidade de formar simbioses com outros organismos, incluindo plantas e fungos (21-23).

ECOLOGIA DAS CIANOBACTÉRIAS

As relações simbióticas das cianobactérias com outros organismos têm como intuito o benefício de ambos os microrganismos (24). Podem formar relações simbióticas com as plantas, gêneros como a Nostoc realizam a fixação de nitrogênio em seus heterocitos e por meio dos hormogônios fazem a dispersão, essa relação permite que esse elemento essencial esteja disponível para o desenvolvimento da planta, em contrapartida a mesma fornece abrigo e nutrientes para o desenvolvimento das cianobactérias (25). Outro tipo de associação bastante comum é com fungos, formando líquens, permitindo colonizar uma gama ambientes inóspitos, isso ocorre devido aos carboidratos produzidos durante a fotossíntese, e em contrapartida o fungo fornece proteção e água (26).

Mais um tipo de relação bastante comum das cianobactérias é com as comunidades microbianas na superfície da Terra, conhecidas como biocrostas, que ocorrem em solos áridos e semiáridos (27). Elas desempenham diversas funções responsáveis pelo desenvolvimento inicial dessas estruturas, sendo consideradas pioneiras, pois atuam na estabilização do solo ao secretar substâncias pegajosas, como exopolissacarídeos, que auxiliam na fixação de partículas, resultando na prevenção da erosão (28). Além disso, atuam na retenção da umidade, que, ao ser aliada ao nitrogênio fixado por alguns gêneros, enriquece o solo, melhorando sua fertilidade e propiciando o crescimento das plantas (25).

Sua contribuição também ocorre nos ciclos biogeoquímicos. Em relação ao ciclo do carbono, durante a fotossíntese, ocorre a fixação de carbono na biomassa que compõe suas células (25). No ciclo do nitrogênio, isso é possível graças à enzima nitrogenase, que fixa o nitrogênio presente na atmosfera em formas assimiláveis (29). Quanto ao ciclo do fósforo, a liberação de fosfatases permite converter o fósforo inorgânico em orgânico, tornando-o disponível e, consequentemente, favorecendo a fertilidade do ecossistema (30).

CIANOBACTÉRIAS E BIOTECNOLOGIA

A inoculação de cianobactérias no solo tem se destacado como uma técnica biotecnológica promissora para a restauração de áreas degradadas (31). Normalmente, as cepas são cultivadas em meios como ASM-1 ou BG11, e a biomassa obtida é utilizada para a inoculação na superfície do solo, muitas vezes via irrigação (32). O desenvolvimento dessas cianobactérias no solo proporciona diversos benefícios, contribuindo para a melhoria de suas propriedades físicas, químicas e biológicas (33). A produção de biofertilizantes à base de cianobactérias apresenta baixo custo e facilidade de aplicação, sendo que o sucesso do estabelecimento desses microrganismos está diretamente relacionado à escolha adequada da cepa, considerando as condições específicas de cada região (34).

Assim como ocorre com outros biofertilizantes, é comum a associação entre duas ou mais cepas de cianobactérias, uma vez que cepas distintas podem apresentar características diferentes e, ao mesmo tempo, complementares, que auxiliam no desenvolvimento mútuo e aumentam a eficiência da técnica (35). Além disso, essa combinação pode garantir melhores

resultados em períodos mais curtos, já que as alterações promovidas por cada cepa podem criar condições que favorecem a sobrevivência e o desenvolvimento umas das outras.

Devido à baixa demanda por recursos, esses microrganismos tornam-se aliados importantes na remediação e no tratamento de solos degradados, especialmente em regiões áridas (34). As cianobactérias possuem a capacidade de fixar nitrogênio atmosférico em formas assimiláveis por plantas e microrganismos, aumentando a disponibilidade desse nutriente e contribuindo para a melhoria da fertilidade do solo (36). Além disso, adaptam-se a condições consideradas desfavoráveis para a maioria dos organismos, sobrevivendo em ambientes de escassez hídrica (37). A produção de exopolissacarídeos, carboidratos que protegem as células, auxilia na retenção de umidade e favorece a permanência desses microrganismos em locais com alta evaporação e baixa precipitação média anual, garantindo assim, sua sobrevivência (38).

RELAÇÃO COM A QUALIDADE AMBIENTAL

A eutrofização consiste no enriquecimento exacerbado de ecossistemas aquáticos por nutrientes, como fósforo e nitrogênio (39). Esse tipo de ambiente favorece o crescimento de certas algas, plantas e, em especial, as cianobactérias. Quando presentes nesses locais, estes microrganismos têm o potencial de acelerar o processo de eutrofização. Isso resulta em uma mudança ainda mais acentuada nesses corpos d'água, favorecendo a proliferação de florações algais, que, por sua vez, desequilibram a biodiversidade local, devido à alteração do meio e à diminuição do oxigênio (40). Além disso, gêneros como a *Microcystis* e *Anabaena*, têm a capacidade de produzir micotoxinas, substâncias tóxicas que afetam a vida em seu entorno (41).

As cianotoxinas são uma das principais preocupações com relação ao crescimento de florações algais, pois podem afetar a saúde dos organismos presentes na água que crescem, ou para aqueles que a consumirem (42). Podem ser de diferentes tipos, as principais são microcistinas, cilindrospermopsinas, saxitoxina e antitoxinas, que devido sua diferença causam diferentes efeitos nos microrganismos ao seu entorno, podendo ser citotóxicas afetando a integridade de membranas, além de modificarem a atividade enzimática (43). Para controlar sua proliferação, é imprescindível reduzir os nutrientes provenientes de esgotos e fertilizantes despejados no ambiente, juntamente com a adoção de técnicas de manejo da água. Além disso, o uso de algicidas, cianicidas, controle biológico com microrganismos competidores ou inibidores, e plantas que reduzem os níveis de nutrientes também são estratégias eficazes (44).

Por serem responsáveis pela produção de diferentes compostos, podem afetar o meio ambiente em que estão presentes, em decorrência são usadas como bioindicadores, seja da qualidade da água, seja do solo (45). Sua proliferação é um indicativo do pH, do aporte de certos nutrientes como fósforo, carbono e nitrogênio, da salinidade e temperatura, já que diferentes espécies se desenvolvem em ambientes específicos (46). Logo, a partir da espécie presente e de sua abundância, é possível predizer se o ecossistema apresenta mudanças e os possíveis impactos negativos aos microrganismos que naturalmente deveriam estar nele (47).

CIANOBACTÉRIAS E SOLOS

A inoculação de cianobactérias é vista como uma técnica biotecnológica para a indução de crostas biológicas do solo, ou simplesmente biocrostas (31). Esses microrganismos são pioneiros na formação dessa estrutura, marcada pela associação de variados microrganismos com as partículas e trazendo diversos benefícios ao solo (48). O aumento da estabilidade dos

agregados e consequentemente a redução da erosão, maior retenção de umidade, fornecidos pela presença das biocrostas representam uma melhora nas condições e um aumento na disponibilidade de recursos no ambiente (36). Dessa forma, favorecem o desenvolvimento dos organismos estabelecidos nesses locais (49).

Por serem organismos fotossintéticos, as cianobactérias contribuem no aumento do carbono no solo (50). O carbono fixado através desse processo torna-se parte da matéria orgânica, contribuindo dessa forma no desenvolvimento de diversos organismos edáficos (51). Ademais, algumas cianobactérias apresentam capacidade de fixar nitrogênio atmosférico, aumentando significativamente a fertilidade do solo, visto a importância do nitrogênio no metabolismo dos seres vivos (52).

Uma outra funcionalidade atrelada às cianobactérias e a formação de biocrostas do solo é a conservação do solo (53). Através da estabilização das partículas, a biocrosta é capaz de agir como uma proteção superficial, diminuindo a erosão causada pela chuva e pelo vento (36). Portanto, juntamente com diversos outros benefícios fornecidos, agem ativamente na preservação do solo e podem ser utilizadas no processo de restauração de áreas degradadas (34, 33).

CIANOBACTÉRIAS EM CLIMA E MUDANÇAS GLOBAIS

O uso e ocupação do ambiente, tanto terrestre quanto aquático, afetam significativamente as comunidades de cianobactérias através de uma interação complexa que é fundamental para a conservação dos serviços ecossistêmicos (54). Como consequência do uso inadequado sobretudo do solo, ocorrem eventos extremos que afetam a distribuição e fisiologia de cianobactérias.

Atividades agrícolas intensivas, como uso de defensivos agrícolas de forma exacerbada, ocasionam em uma maior carga de nutrientes que favorecem a proliferação de cianobactérias, bem com a ausência de cobertura vegetal em conjunto de práticas irregulares do solo que provocam a erosão, afetando o crescimento de biocrostas e a composição das comunidades desses organismos (55-56). Em ambientes aquáticos, o aumento da temperatura da superfície do mar e a estratificação da água causam estresse térmico, que em algumas regiões influenciam negativamente a fotossíntese, a fixação de nitrogênio e a disponibilidade de CO_2, beneficiando apenas espécies que se adaptam geneticamente ou por plasticidade fenotípica (57).

As cianobactérias desempenham um papel multifacetado no sequestro de carbono e na mitigação das mudanças climáticas (50). Como organismos fotossintéticos, absorvem CO_2 da atmosfera ou da água, convertendo-o em matéria orgânica. Esse processo é fundamental para o ciclo global do carbono e contribui significativamente para a remoção desse gás de efeito estufa (58).

No ambiente marinho, as cianobactérias, junto com outras algas, são responsáveis por cerca de metade da fixação de carbono global. Por meio da "bomba biológica", o carbono fixado é transferido das camadas superficiais para as zonas profundas dos oceanos, onde pode ser armazenado por longos períodos (59). Além disso, a fotossíntese realizada por esses organismos não apenas reduz os níveis de CO_2 na atmosfera e nos oceanos, ajudando a minimizar o efeito estufa, mas também libera oxigênio, essencial para a vida na Terra.

O estudo de Treece *et al.* (60) mostra que a biologia sintética tem sido explorada para potencializar sua capacidade de capturar CO_2, visto que a modificação genética pode otimizar a fixação de carbono e permitir a produção de compostos químicos valiosos a partir do CO_2 e da luz solar, ampliando ainda mais seu papel na mitigação das mudanças climáticas.

Sua presença em ambientes aquáticos e terrestres é impactada pela acidificação, causada pelo aumento de CO_2 atmosférico. Estudos indicam que a elevação da temperatura e do CO_2 pode estimular a fotossíntese e o crescimento de algumas espécies, aumentando a biomassa de produtores primários e a abundância de cianobactérias (58). No entanto, a acidificação pode reduzir a calcificação de algas, como as coccolitoforídeas, afetando o bombeamento biológico de carbono.

Correlativamente, o aumento do CO_2 pode impactar na produção de toxinas por cianobactérias, representando um risco à saúde humana (59). Nas biocrostas de solos áridos e semiáridos, a acidificação pode alterar a composição e a abundância dessas bactérias, dependendo da disponibilidade de água. Enquanto a Caatinga abriga mais cianobactérias fixadoras de nitrogênio, como *Scytonema*, o Pampa, com maior regime de chuvas, favorece gêneros como *Microcoleus* e *Leptolyngbya* (55).

Dessa forma, a influência promovida pelas mudanças climáticas e as ações antrópicas, bem como a resposta das cianobactérias, podem variar entre as espécies e regiões, visto que fatores edafoclimáticos como temperatura, disponibilidade de nutrientes, pH e outros, atuam na alteração do meio para estabelecer condições favoráveis ou desfavoráveis para esses microrganismos (61).

DESAFIOS E PERSPECTIVAS FUTURAS

O uso biotecnológico de cianobactérias, apesar de promissor, enfrenta várias limitações que precisam ser superadas para implementação em larga escala. Protocolos inadequados comprometem a viabilidade das cianobactérias (62), enquanto a gestão de fatores bióticos e abióticos é desafiadora juntamente com a implementação da irrigação necessária para biocrostas que é um fardo técnico e econômico (63). Devido a esses fatores o cultivo em massa requer investimentos significativos e enfrenta dificuldades em alcançar qualidade e quantidade viáveis de biocombustível (64).

Para ampliar a aplicabilidade sustentável das cianobactérias, é essencial otimizar seu cultivo, aplicação e viabilidade ecológica. Dessa forma, a aplicabilidade pode ser aprimorada por meio da seleção de cepas nativas, da padronização de protocolos para produção e aplicação de inóculos e da otimização dos sistemas de cultivo. Agarwal *et al.* (64) cita que o uso de alternativas como lagoas abertas e fotobiorreatores fechados devem ser avaliadas para equilibrar custo, eficiência e controle, enquanto o uso resíduos agrícolas e industriais como fontes de carbono de baixo custo e associação da biomassa a carreadores de baixo custo favorece a sobrevivência e dispersão no solo (63, 65).

O uso de consórcios de cianobactérias, combinando espécies com funções complementares, pode potencializar a estabilização do solo e a biofertilização (66). A integração dessas estratégias com práticas agrícolas sustentáveis, como plantio direto e rotação de culturas, promove maior produtividade e benefícios ambientais, reforçando o papel das cianobactérias na recuperação e manutenção dos ecossistemas (65).

As cianobactérias possuem um potencial significativo para a agricultura e restauração ecológica através da fixação de nitrogênio atmosférico, produção de substâncias bioativas, melhoria na estrutura do solo e atuação na biorremediação. A partir disso, reduzindo a necessidade de fertilizantes químicos, promovendo a agregação e a estabilização do solo, retenção de água e redução da erosão, além de aumentar a matéria orgânica e a atividade microbiana facilitando a regeneração da vegetação. Sua capacidade de formação de associações simbióticas, como no caso da *Azolla*, que fornece nitrogênio ao arroz favorece e serve de aporte à cultura. Contudo na biorremediação, cianobactérias acumulam e

metabolizam contaminantes, removendo nutrientes de efluentes e protegendo corpos d'água (63-65, 67).

CONCLUSÕES

As cianobactérias desempenham um papel fundamental nos ecossistemas, contribuindo para ciclos biogeoquímicos, a conservação do solo e a qualidade ambiental. Sua capacidade de fixar nitrogênio, produzir substâncias bioativas e formar biocrostas destaca sua importância tanto na manutenção da fertilidade do solo quanto na recuperação de áreas degradadas. Além disso, sua aplicação biotecnológica tem se expandido, abrangendo desde biofertilizantes e biorremediação até a produção de biocombustíveis e compostos bioativos com potencial farmacêutico.

No entanto, o impacto ambiental das florações de cianobactérias e a produção de cianotoxinas representam desafios para a sustentabilidade e a qualidade da água, exigindo estratégias de monitoramento e controle. As mudanças climáticas também influenciam sua distribuição e função ecológica, tornando essencial a compreensão de seus mecanismos adaptativos.

Diante desse cenário, a pesquisa sobre cianobactérias deve continuar avançando, integrando abordagens ecológicas, biotecnológicas e ambientais. O potencial dessas microalgas para aplicações sustentáveis ainda é vasto, e sua utilização controlada pode representar uma alternativa promissora para mitigar impactos ambientais e promover a regeneração de ecossistemas. Assim, a exploração consciente e inovadora das cianobactérias pode contribuir significativamente para o equilíbrio ambiental e o desenvolvimento sustentável.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos sinceramente a todos os pesquisadores dos trabalhos aqui citados, cujas contribuições foram fundamentais para o avanço da ciência e para a realização deste trabalho.

REFERÊNCIAS

1. Garcia-Pichel F, Zehr JP, Bhattacharya D, Pakrasi HB. What’s in a name? The case of cyanobacteria. Journal of Phycology. 2019;56(1):1–5.

2. Loo RM, Skennerton CT, Sekiguchi Y, Imelfort M, Paech SJ, Dennis PG, Steen JA, Parks DH, Tyson GW, Hugenholtz P. An expanded genomic representation of the phylum cyanobacteria. Genome Biol Evol. 2014;6(5):1031-45.

3. Olejarz J, Iwasa Y, Knoll AH, Nowak MA. The Great Oxygenation Event as a consequence of ecological dynamics modulated by planetary change. Nat Commun. 2021;12(1):3985.

4. Kirschvink JL, Gaidos EJ, Bertani LE, Beukes NJ, Gutzmer J, Maepa LN, Steinberger RE. Paleoproterozoic snowball earth: extreme climatic and geochemical global change and its biological consequences. Proc Natl Acad Sci U S A. 2000;97(4):1400-5.

5. Elewa A, Joseph R. The History, Origins, and Causes of Mass Extinctions. Journal of Cosmology. 2009;Vol 2: 201-220.

6. Nichetti LMK, Dysarz JM, Batista AG, Dalonso N. Avaliação das florações de cianobactérias nos rios de abastecimento do município de Joinville. Engenharia Sanitária e Ambiental. 2022; 27(3):477-487.

7. Teixeira A. Nossa origem subatômica: epopeia de células primevas. Brasília: Editora Universidade de Brasília; 2025.

8. Barradas TFS. Genômica comparativa da cianobactéria Limnospira platensis formadora de florações em lagoas do Pantanal (MS) [tese]. São Paulo: Universidade de São Paulo; 2020.

9. Brito JOF, Martins NT, Silva MC. Evolução e diversidade do Cloroplasto. In: Brito J, Martins N, Silva M. Botânica no inverno. São Paulo: Instituto de Biociências; 2023. p. 40-53.

10. Sampaio AC. Cianobactérias. Revista de Ciência Elementar. 2022;10(2).

11. Burki F, Roger AJ, Brown MW, Simpson AGB. The new tree of eukaryotes. Trends in Ecology & Evolution. 2020; 35:43-55.

12. Evert RF, Eichhorn SE. Raven | Biologia vegetal. 8. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2014.

13. Humbert JF, Fastner J. Ecology of cyanobacteria. In: Handbook of Cyanobacterial Monitoring and Cyanotoxin Analysis; Meriluoto J, Spoof L, Codd GA. John Wiley & Sons, Ltd.: Chichester, UK, 2017; pp. 11–18.

14. Tsujimoto R, Kamiya N, Fujita Y. Identification of a cis-acting element in nitrogen fixation genes recognized by CnfR in the nonheterocystous nitrogen-fixing cyanobacterium Leptolyngbya boryana. Molecular microbiology. 2016, 101(3):411-424.

15. Guiry MD, Guiry GM. AlgaeBase. World-wide electronic publication, National University of Ireland, Galway. Disponível em: https://www.algaebase.org; Acesso em 15 Jan 2025.

16. Whitton BA. Diversity, ecology, and taxonomy of the cyanobacteria. In: Photosynthetic Prokaryotes; Mann NH, Carr NG; Plenum Press: New York, NY, USA, 1992; pp. 1–51.3

17. Shestakov SV, Karbysheva EA. The origin and evolution of cyanobacteria. Biol. Bull. Rev. 2017, 7, 259–272. [CrossRef]

18. Angermayr SA, Hellingwerf KJ, Lindblad P, de Mattos MJT. Energy biotechnology with cyanobacteria. Curr. Opin. Biotech. 2008, 20, 257–263. [CrossRef]

19. Mehdizadeh AM, Peerhossaini H. Cyanobacteria: Model Microorganisms and Beyond. Microorganisms. 2022; 10(4):696. https://doi.org/10.3390/microorganisms10040696

20. Durall C, Lindblad, P. Mechanisms of carbon fixation and engineering for increased carbon fixation in cyanobacteria. Algal Res. 2015, 11, 263–270. [CrossRef]

21. Johnson CH, Golden SS. Circadian Programs in Cyanobacteria: Adaptiveness and Mechanism. Annual review of microbiology. 1999, 53:389-409.

22. Chen MY, Teng WK, Zhao L, Hu CX, Zhou YK, Han BP, Song LR, Shu WS. Comparative genomics reveals insights into cyanobacterial evolution and habitat adaptation. ISME J. 2021 Jan;15(1):211-227.

23. Shang JL, Chen M, Hou S, Li T, Yang YW, Li Q, Jiang HB, Dai GZ, Zhang ZC, Hess WR, Qiu BS. Genomic and transcriptomic insights into the survival of the subaerial cyanobacterium Nostoc flagelliforme in arid and exposed habitats. Environ Microbiol. 2019 Feb;21(2):845-863.

24. Jiménez AML, Nanjareddy K, Arthikala M. Organismos simbióticos: la complejidad de nuestra relación con la naturaleza. Cuadernos de Educación y Desarrollo. 2024;16(6), e4669-e4669.

25. Souza BCE. Caracterização genômica de bactérias heterotróficas associadas a cianobactérias da ordem Nostocales [tese de doutorado]. São Paulo: Universidade de São Paulo; 2020.

26. Mark K, Laanisto L, Bueno CG, Niinemets Ü, Keller C, Scheidegger C. Padrões de co-ocorrência contrastantes de leveduras fotobiontes e cistobasidiomicéticas associadas a espécies comuns de líquen epifítico. Novo fitologista. 2020; 28(9):1-27.

27. Silva A. Influência das assembleias de crostas biológicas na retenção de umidade no solo. In: Silva A. Ecologia da Caatinga. Recife: Editora UFPE; 2021. p. 67-75.

28. Lima NMM. Diversidade e distribuição de cianobactérias de crostas biológicas do bioma Caatinga com base em taxonomia polifásica e análise metagenômica [tese de doutorado].São José do Rio Preto: Universidade Estadual Paulista; 2020.

29. Scheliga CG. Desenvolvimento de um bioprocesso para biorremediação do nitrogênio amoniacal de efluentes com produção de biopolímeros por cianobactérias e bactérias heterotróficas [tese de doutorado]. Rio de Janeiro: Universidade do Estado do Rio de Janeiro Paulo; 2022.

30. Dias E. Avaliação da longevidade da remoção de fósforo e biomassa de cianobactérias pela técnica de coagulação e precipitação (“Floc & Lock”) em dois sistemas eutróficos [tese de doutorado].Rio de Janeiro: Universidade do Estado do Rio de Janeiro; 2022.

31. Wubs J, Putten W, Bosch M, Bezemer, TM. Soil inoculation steers restoration of terrestrial Ecosystems. Nature plants. 2016, 2:16107. doi: 10.1038/nplants.2016.107.

32. Rippka R, Deruelles J, Waterbury JB, Herdman M, Stanier RY. Generic assignments, strain histories and properties of pure cultures of cyanobacteria. J. Gen. Microbiol. 1979, 111:1–61. https://doi.org/10.1099/00221287-111-1-1

33. Rossi F, Mugnai G, De Philippis R. Cyanobacterial biocrust induction: A comprehensive review on a soil rehabilitation-effective biotechnology. Geoderma. 2022, 415:115766. https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2022.115766.

34. Adessi A, De Philippis R, Rossi, F. Drought-tolerant cyanobacteria and mosses as biotechnological tools to attain land degradation neutrality. Web Ecology; Gottingen. 2021, 21(1): 65-78. doi:10.5194/we-21-65-2021.

35. Stotzky G. Activity, ecology, and population dynamics of microorganisms in soil. CRC Crit Rev Microbiol. 1972 Nov;2(1):59-137. doi: 10.3109/10408417209108383

36. Chamizo S, Mugnai G, Rossi F , Certini G, De Philippis R. Cyanobacteria inoculation improves soil stability and fertility on different textured soils: gaining insights for applicability in soil restoration. Frontiers in Environmental Science. 2018, 6:49. 10.3389/fenvs.2018.00049

37. Román JR, Roncero-Ramos B, Rodríguez-Caballero E, Chamizo S, Cantón Y. Effect of water availability on induced cyanobacterial biocrust development. Catena. 2021, 197. https://doi.org/10.1016/j.catena.2020.104988.

38. Kidron, GJ, Drahorad, SL. Biocrust-induced extracellular polymeric substances are responsible for dune stabilization in the Negev. Land Degradation & Development. 2022, 33(3), 425–438. https://doi.org/10.1002/ldr.4146

39. Magalhães LD. Controle da eutrofização e de florações de cianobactérias em corpos d'água salobras: avaliação da eficácia e aplicabilidade da combinação de coagulantes e adsorventes de fósforo em fase sólida [tese]. Rio de Janeiro: Universidade do Estado do Rio de Janeiro; 2019.

40. Oliveira CSP, Fonseca AS, Díaz CA, Santos WP. Reflexões sobre o desafio ambiental: níveis de eutrofização e floração de cianobactérias na Bacia Apodi-Mossoró. Rev Ibero-Am Cienc Ambient. 2020;11(5):519-530.

41. Cruz PS, Viana LG, de Ceballos BSO. Reservatórios tropicais: Eutrofização e florações de cianobactérias. Semiárido Bras. 2019;3(32).

42. Oliver SL, Ikefuti PV, Ribeiro H. Florações de cianobactérias e variáveis atmosféricas, uma contribuição no escopo da saúde ambiental. Rev Ambient Água. 2020;15(4):e2523.

43. Gradíssimo DG, Mourão MM, Santos AV. Importância do monitoramento de cianobactérias e suas toxinas em águas para consumo humano. J Crim. 2020;9(2):15-21.

44. Amorim CA. Florações algais no estado de Pernambuco: causas, consequências e controle [tese]. Recife: Universidade Federal Rural de Pernambuco; 2021.

45. Silva AGS, Mateus GAP, Ghiotto GAVM, Natal JPS. Cianobactérias de interesse ambiental como relevante bioindicador da qualidade da água em regiões com histórico de seca. In: Novas tecnologias no tratamento de águas contaminadas e resíduos sólidos. 2024. p. 53-60.

46. Brito MTDS. Influência do pH e carbono inorgânico na competição entre as cianobactérias Cylindrospermopsis raciborskii e Microcystis aeruginosa [tese]. Recife: Universidade Federal Rural de Pernambuco; 2017.

47. Furtado MFDM. Potencial para bioindicação e bioprospecção de microalgas e cianobactérias na Lagoa dos Índios, Macapá, Amapá [dissertação]. Macapá: Universidade Federal do Amapá; 2018.

48. Bowker MA, Belnap J, Büdel B, Sannier C, Pietrasiak N, Eldridge DJ, Rivera-Aguilar V. Controls on distribution patterns of biological soil crusts at micro-to global scales. Biological soil crusts: an organizing principle in drylands, 2016. p. 173-197.

49. Hu C, Gao K, Whitton BA. Semi-arid regions and deserts. In: Ecology of cyanobacteria II: their diversity in space and time. Dordrecht: Springer Netherlands, 2012. p. 345-369.

50. Muñoz-Rojas M, Román JR, Roncero-Ramos B, Erickson TE, Merritt DJ, Aguila-Carricondo P, Cantón Y. Cyanobacteria inoculation enhances carbon sequestration in soil substrates used in dryland restoration. Sci Total Environ. 2018 Sep 15;636:1149-1154. doi: 10.1016/j.scitotenv.2018.04.265.

51. Ozlu E, Sandhu SS, Kumar S, Arriaga FJ. Soil health indicators impacted by long-term cattle manure and inorganic fertilizer application in a corn-soybean rotation of South Dakota. Sci Rep. 2019 Aug 13;9(1):11776. doi: 10.1038/s41598-019-48207-z.

52. Heimann K, Cirés S. N2-fixing cyanobacteria: ecology and biotechnological applications. In: Handbook of marine microalgae. Academic Press, 2015. p. 501-515.

53. Tiwari ON, Bhunia B, Mondal A, Gopikrishna K, Indrama T. System metabolic engineering of exopolysaccharide-producing cyanobacteria in soil rehabilitation by inducing the formation of biological soil crusts: A review. Journal of Cleaner Production. 2019, 211:70-82. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.11.188.

54. Erratt KJ, Creed IF, Lobb DA, Smol JP, Trick CG. Climate change amplifies the risk of potentially toxigenic cyanobacteria. Global Change Biology. 2023, 29:5240–5249.

55. Machado de Lima NM, Muñoz-Rojas M, Vázquez-Campos X, Branco LHZ. Biocrust cyanobacterial composition, diversity, and environmental drivers in two contrasting climatic regions in Brazil. Geoderma. 2021;386:114914.

56. Cano-Díaz C, Maestre FT, Wang J, Li J, Singh BK, Ochoa V, Gozalo B, Delgado-Baquerizo M. Effects of vegetation on soil cyanobacterial communities through time and space. New Phytol. 2022 Apr;234(2):435-448. doi: 10.1111/nph.17996

57. Wrightson L, Yang N, Mahaffey C, Hutchins DA, Tagliabue A. Integrating the impact of global change on the niche and physiology of marine nitrogen-fixing cyanobacteria. Glob Chang Biol. 2022 Dec;28(23):7078-7093. doi: 10.1111/gcb.16399.

58. Sengupta S, Gorain PC, Pal R. Aspects and Prospects of Algal Carbon Capture and Sequestration in Ecosystems: A Review. Chemistry and Ecology. 2017, 33(8):695–707. doi:10.1080/02757540.2017.1359262.

59. Wannicke N, Herrmann A, Gehringer MM. Atmospheric CO2 availability induces varying responses in net photosynthesis, toxin production and N2 fixation rates in heterocystous filamentous Cyanobacteria (Nostoc and Nodularia). Aquat Sci. 2021;83(4):33.

60. Treece TR, Gonzales JN, Pressley JR, Atsumi S. Synthetic Biology Approaches for Improving Chemical Production in Cyanobacteria. Front Bioeng Biotechnol. 2022 Mar 11;10:869195. doi: 10.3389/fbioe.2022.869195.

61. Hofer, U. Climate change boosts cyanobacteria. Nat Rev Microbiol. 2018, 16, 122–123.

62. Adessi A, Lan S, Wu L, Hu C. Cyanobacterial persistence and influence on microbial community dynamics over 15 years in induced biocrusts. Environ Microbiol. 2022;24(1):66-81.

63. Rossi F, Mugnai G, De Philippis R. Cyanobacterial biocrust induction: A comprehensive review on a soil rehabilitation-effective biotechnology. Geoderma. 2022;415:115766.

64. Agarwal P, Soni R, Kaur P, Madan A,Mishra R, Pandey J, Singh S andSingh G. Cyanobacteria as a Promising Alternative for Sustainable Environment: Synthesis of Biofuel and Biodegradable Plastics. Front. Microbiol. 2022, 13:939347

65. Álvarez C, Jiménez-Ríos L, Iniesta-Pallarés M, Jurado-Flores A, Molina-Heredia FP, Ng CKY, Mariscal V. Symbiosis between cyanobacteria and plants: from molecular studies to agronomic applications. J Exp Bot. 2023 Oct 13;74(19):6145-6157. doi: 10.1093/jxb/erad261.

66. Román JR, Roncero-Ramos B, Chamizo S, Rodríguez-Caballero E, Cantón Y. Restoring soil functions by means of cyanobacteria inoculation: Importance of soil conditions and species selection. Land Degrad Dev. 2018; 29: 3184–3193.

67. Massey MS, Davis JG. Beyond Soil Inoculation: Cyanobacteria as a Fertilizer Replacement. Nitrogen. 2023; 4(3):253-262. https://doi.org/10.3390/nitrogen4030018

Capítulo 16

DOI: 10.53934/agronfy-2025-05-16

BANCO DE SEMENTES EM CULTIVO DE HORTALIÇAS NO MUNICÍPIO DE SÃO LUÍS

Liandra Martini Fernandes *; Luiz Junior Pereira Marques; Ana Madeira Rodrigues ; Italo Wendel Silva dos Santos
Evelin Yanka Rocha Ricci; Marya de Phatyma de Jesus Costa Ramo e Iolanda Alves Cardoso

**** Liandra Martini Fernandes – Email: Martiniliandra@acad.ifma.edu.br***

RESUMO

O mercado de hortaliças no Brasil é importante para a segurança alimentar e a renda de pequenos agricultores, mas enfrenta desafios no manejo de plantas daninhas que afetam a produtividade e a sustentabilidade. Este estudo analisou a dinâmica do banco de sementes e os parâmetros fitossociológicos das plantas daninhas em quatro propriedades de São Luís-MA, em 2023/2024. Foram coletadas sete amostras de solo (0 a 20 cm de profundidade) por propriedade, utilizando trado tubular, coleta foi feita seguindo o formato de "W" nas áreas. As amostras foram distribuídas em bandejas de germinação e mantidas em casa de vegetação com rega diária, avaliando-se a emergência de plântulas a cada 15 dias por 120 dias. Após 60 dias, a irrigação foi suspensa por 10 dias e o solo escarificado para estimular sementes latentes. O estudo identificou 16 espécies de plantas daninhas, com a Propriedade 01 apresentando maior diversidade. As espécies comuns incluíram *Bidens pilosa, Eleusine indica, Talinum paniculatum e Cyperus spp. Mollugo verticillata e Phyllanthus tenellus* destacaram-se pelos altos índices de valor de importância (IVI%). Esses resultados reforçam a necessidade de estratégias integradas de manejo, considerando métodos culturais, mecânicos e químicos adaptados a cada propriedade, para maximizar a produtividade e preservar os ecossistemas.

Palavras-chave: Banco de semente; Hortaliças; Fitossociologia e Plantas Daninhas

INTRODUÇÃO

O mercado brasileiro de hortaliças é um setor agrícola diversificado e segmentado, com uma ampla gama de olerícolas cultivadas e consumidas em diferentes regiões do País. Grande parte dessas hortaliças é comercializada por pequenos agricultores, o que reforça a importância dessa atividade para a segurança alimentar e a geração de renda (1). O Brasil destaca-se como um dos maiores produtores mundiais de hortaliças, com destaque para culturas como tomate, cenoura, cebola e batata (1).

Os vegetais são amplamente reconhecidos por seus componentes nutricionais benéficos, incluindo vitaminas e minerais essenciais. Eles são ricos em vitaminas C, A, diversas vitaminas do complexo B, além de minerais como potássio, cálcio e ferro (2,3). O alto teor de fibra dietética presente nos vegetais contribui para a saúde digestiva e para a manutenção de um peso saudável (2).

Contudo, o cultivo de hortaliças enfrenta desafios, particularmente no que se refere ao manejo de plantas daninhas. O banco de sementes de plantas daninhas, definido como a

reserva de sementes de espécies invasoras depositadas no solo, representa um problema para a agricultura. Estas sementes permanecem latentes no solo até que as condições ambientais se tornem favoráveis para sua germinação e crescimento (4). A produção de sementes pelas plantas daninhas e a dispersão por animais e vento contribuem para a manutenção e expansão desse banco de sementes.

O impacto das plantas invasoras é abrangente, afetando não apenas a produção agrícola, mas também os ecossistemas naturais e a saúde humana e animal. As plantas invasoras competem com as culturas por recursos essenciais como água, nutrientes e espaço, resultando na redução da produção agrícola e no aumento dos custos de produção (5). Além disso, essas plantas podem servir como hospedeiras para pragas e doenças, prejudicando a saúde de plantas e animais.

A presença de plantas invasoras também representa uma ameaça à biodiversidade e à estabilidade dos ecossistemas naturais. Elas podem modificar o equilíbrio ecológico e a disponibilidade de recursos naturais, comprometendo a sobrevivência de outras espécies (6). Portanto, o objetivo desse trabalho foi entender a dinâmica do banco de sementes em cultivos de hortaliças, identificar as espécies presentes e avaliar o parâmetro fitossociológico do banco de sementes.

MATERIAL E METODOS

Coleta das Amostras

Foram realizadas coletas de sete amostras de solo, com profundidade de 0 a 20 cm, em diferentes pontos da área estudada, seguindo o formato de "W". As amostras foram obtidas utilizando-se um trado tubular de 5 cm de diâmetro na profundidade de 0 a 10 cm. Cada amostra de solo foi suficiente para preencher bandejas até a altura de 3 cm (7). As amostras de solo foram armazenadas em sacos plásticos devidamente identificados, contendo informações relevantes, como a data e o local da coleta, para análise posterior. Além disso, foi realizado um levantamento de informações sobre o histórico da área para complementar os dados obtidos.

Avaliações

As amostras de solo foram colocadas em bandejas com dimensões de 30 cm de comprimento, 20 cm de largura e 5 cm de profundidade. Furos foram feitos nas bandejas para facilitar a drenagem. As bandejas foram então posicionadas em uma casa de vegetação, onde receberam rega diária utilizando um regador, com o objetivo de estimular a germinação das sementes presentes no solo (7). As avaliações foram realizadas a cada 15 dias ao longo de um período de 120 dias. Aos 60 dias, a irrigação foi suspensa por um período de 10 dias, seguido de escarificação do solo, com o objetivo de estimular a germinação. A cada germinação, as plantas foram identificadas, contadas e removidas das bandejas. Nos casos em que a identificação das espécies emergidas não foi possível de imediato, as plântulas foram transferidas para copos plásticos, permitindo o desenvolvimento dos órgãos vegetativos necessários para a identificação precisa das espécies.

Identificação das Espécies e Cálculo dos Índices Fitossociológicos

A identificação das espécies foi realizada por meio de comparação com literatura específica, conforme descrito por Lorenzi (8). A composição florística foi organizada de acordo com o sistema de classificação Angiosperm Phylogeny Group IV (9). Os índices fitossociológicos foram calculados a partir da contagem das espécies das plântulas emergentes, seguindo os parâmetros fitossociológicos (10). Os índices calculados incluíram: Frequência (F), Densidade (D), Abundância (A), Frequência Relativa (FR), Densidade Relativa (DR), Abundância Relativa (AR) e Índice de Valor de Importância (IVI). Esses cálculos permitiram uma análise detalhada da estrutura e composição da comunidade de plantas daninhas presentes na área estudada.

Cálculo dos Índices Fitossociológicos

Para a análise fitossociológico, foram aplicadas as seguintes fórmulas:

Frequência (F): A frequência foi calculada utilizando a fórmula onde n representa o número de parcelas em que a espécie ocorreu, e N o número total de parcelas amostradas.

$$F = \frac{n}{N} \cdot 100$$

Densidade (D): A densidade foi determinada pela fórmula onde N é o número total de parcelas amostradas, p o número total de plantas da espécie, e A área total das parcelas amostradas.

$$D = \frac{N \cdot p}{A}$$

Abundância (A): A abundância foi calculada utilizando a formular onde n é o número de parcelas em que a espécie ocorreu e p o número médio de plantas por parcela.

$$A = n \cdot p$$

Frequência Relativa (FR): A frequência relativa foi obtida pela fórmula onde F é a frequência em % e D a densidade em m².

$$FR = \frac{F}{100} \cdot \frac{D}{100}$$

Densidade Relativa (DR): A densidade relativa foi calculada usando a formular onde D é a densidade em m² e F a frequência em %.

$$DR = \frac{D}{100} \cdot \frac{F}{100}$$

Abundância Relativa (AR): A abundância relativa foi determinada pela formular. Onde A é a abundância e D a densidade em m².

$$AR = \frac{A}{100} \cdot \frac{D}{100}$$

Índice de Valor de Importância (IVI): O índice de valor de importância foi calculado como

$$IVI = \frac{(FR + DR + AR)}{3} \cdot 100$$

Esses cálculos foram realizados para cada espécie identificada, permitindo uma avaliação detalhada da estrutura e da importância relativa de cada espécie na área estudada.

RESULTADO E DISCUSSÕES

A partir das coletas realizadas, foi possível identificar a presença de 16 espécies distintas de plantas daninhas, ao longo de 120 dias conforme demonstrado na Tabela 01. Esta tabela apresenta informações detalhadas sobre as espécies encontradas nas quatro áreas avaliadas. Os dados incluem o nome vulgar e o nome científico das plantas daninhas, a família a que pertencem, a classe e o ciclo de vida de cada espécie. A análise desses dados proporciona uma visão abrangente da diversidade de plantas daninhas no banco de sementes do solo em quatros áreas de cultivada com hortaliças localizada em São Luís - MA, no ano de 2023/2024. A identificação e a classificação das espécies de acordo com Lorenzi (8) são essenciais para compreender a dinâmica da infestação de plantas daninhas, permitindo o desenvolvimento de estratégias de manejo mais eficazes e direcionadas.

Tabela 01 – Relação das plantas daninhas identificadas no banco de sementes do solo em área cultivada com hortaliças, São Luís - MA, 2023.

Nome Vulgar	Nome Científico	Família	Classe	Ciclo de vida
Caruru	*Amaranthus spp*	Amaranthaceae	Dicotiledônea	Anual
Apaga fogo	*Alternanthera tenella Colla*	Amaranthaceae	Dicotiledônea	Anual
Beldroega	*Portulaca oleracea*	Portulacaceae	Dicotiledônea	Anual
Capim gengibre	*Paspalum maritimum Trin.*	Poaceae	Monocotiledôneas	Perene
Capim marmelada	*Brachiaria plantaginea*	Poaceae	Monocotiledôneas	Anual
Chanana	*Turnera subulata*	Turneraceae	Dicotiledônea	Perene
João Gomes	*Talinum paniculatum*	Talinaceae	Dicotiledônea	Perene
Mamona	*Ricinus communis*	Euphorbiaceae	Dicotiledônea	Perene
Dormideira	*Mimosa pudica L*	Fabaceae	Dicotiledônea	Perene
Capim-Tapete	*Mollugo verticilata L.*	Molluginaceae	Dicotiledônea	Anual
Pé de galinha	*Eleusine indica*	Poaceae	Monocotiledôneas	Anual
Picão Preto	*Bidens pilosa*	Asteraceae	Dicotiledônea	Anual
Quebra Pedra	*Phyllanthus tenellus*	Euphorbiaceae	Dicotiledônea	Anual

Sojinha	*Hemiscola aculeata L.*	Cleomaceae	Dicotiledônea	Anual
Tiririca	*Cyperus rotundus L.*	Cyperaceae	Monocotiledôneas	Anual
Trapoeraba	*Commelina benghalensis*	Commelinaceae	Dicotiledônea	Perene

A Tabela 02 apresenta a diversidade de mecanismos de propagação vegetativa das plantas daninhas identificadas. O conhecimento desses mecanismos melhora a gestão e controle dessas plantas, especialmente em culturas agrícolas onde podem causar prejuízos, tanto antes quanto depois da manifestação na área.

Tabela 02- Tipos de propagação vegetativa das plantas daninhas encontradas

Nome Científico	Sementes	Rizomas	Bulbo	Estolões
Amaranthus spp	x			
Alternanthera tenella Colla	x			
Portulaca oleracea	x			
Paspalum maritimum Trin.	x	x		x
Brachiaria plantaginea	x			
Turnera subulata	x			
Talinum paniculatum	x			
Ricinus communis	x			
Mimosa pudica L	x			
Mollugo verticilata L.	x			
Eleusine indica	x			
Bidens pilosa	x			
Phyllanthus tenellus	x			
Hemiscola aculeata L.	x			
Cyperus spp	x	x	x	
Commelina benghalensis	x	x		

Observação: *Alternanthera tenella Colla; Portulaca oleracea; Brachiaria plantaginea; Eleusine indica e Commelina benghalensis* possuem outros tipos de sistemas vegetativos dos quais não foram citados na tabela.

Observa-se que diferentes espécies de plantas daninhas possuem uma variedade de estratégias de propagação vegetativa, incluindo sementes, rizomas, bulbos e estolões. Cada um desses métodos contribui de maneira distinta para a perpetuação e disseminação das espécies. A maioria das plantas encontradas são exemplos de plantas daninhas que se propagam exclusivamente por sementes. A propagação por sementes pode resultar em uma alta taxa de dispersão, uma vez que as sementes podem ser facilmente transportadas por agentes naturais e humanos. Estudos como o de Sellers (11) mostram que o número de sementes por planta de *Amaranthus,* dependendo da espécie, varia de 50 mil até 300 mil. Outro autor destaca que o número de sementes de buva, uma das principais plantas daninhas existentes, pode chegar até 878.086. (12)

No entanto, plantas como *Paspalum maritimum* e *Cyperus spp* demonstram uma capacidade significativa de propagação por rizomas, bulbos e estolões. Essas estruturas vegetativas permitem que essas plantas formem colônias extensas e persistentes. Mendes (13) aponta que essas plantas são mais competitivas devido à sua elevada capacidade reprodutiva. A presença de múltiplos métodos de propagação em uma única espécie pode ser uma vantagem evolutiva, facilitando a colonização e a resistência a práticas de manejo. O Gráfico 1 mostra a emergência de plântulas em diversas áreas coletadas ao longo de um período de 120 dias, com medições realizadas em intervalos regulares de 15 dias. A análise dos dados revela padrões na dinâmica de emergência das plântulas, demonstrando o comportamento dessas ao longo do tempo. Na primeira avaliação, realizada aos 15 dias, com rega diária, observa-se um pico inicial de emergência de plântulas, com 84 unidades. Esse aumento pode ser atribuído à germinação inicial das sementes plantadas ou liberadas nas áreas coletadas. O período de 15 dias é um intervalo típico para a primeira onda de germinação, indicando que as condições iniciais foram favoráveis para a emergência das plântulas. Na terceira avaliações, realizadas aos 45 dias, houve um aumento significativo na emergência de plântulas, com 342 unidades, respectivamente. Esse crescimento pode ser resultado de uma segunda onda de germinação ou de uma resposta contínua das plântulas que estavam em fases de desenvolvimento mais avançadas. A emergência maciça aos 45 dias sugere que as condições ambientais estavam ideais para a germinação e o crescimento das plântulas durante esse período. Na quarta, quinta e sexta avaliações, observou-se uma estabilização e posterior declínio aos 60 dias, com 339 unidades. Esse valor é relativamente constante em comparação com o pico anterior, indicando que a maioria das sementes viáveis já germinou e que a taxa de emergência se estabilizou. Aos 75 e 90 dias, houve uma queda significativa na emergência das plântulas, com 55 e 33 unidades, respectivamente. Esse declínio pode ser atribuído ao esgotamento das reservas de sementes viáveis, à competição e ao estresse ambiental, que podem ter limitado o crescimento das plântulas. Além disso, o efeito da maturação das plântulas e a conclusão do ciclo de germinação para a maioria das sementes também pode ter contribuído para essa diminuição. Nas sétima e oitava avaliações, realizadas aos 105 e 120 dias, houve um declínio contínuo, com apenas 25 e 16 unidades. Esse declínio contínuo pode indicar que a fase de emergência está se aproximando do fim, com apenas algumas plântulas persistentes sobrevivendo em condições ambientais menos favoráveis. A diminuição pode também refletir a competição acirrada entre plântulas ou a exaustão dos recursos disponíveis.

Gráfico 1- Emergência de plântulas em todas as áreas coletadas ao longo de 120 dias.

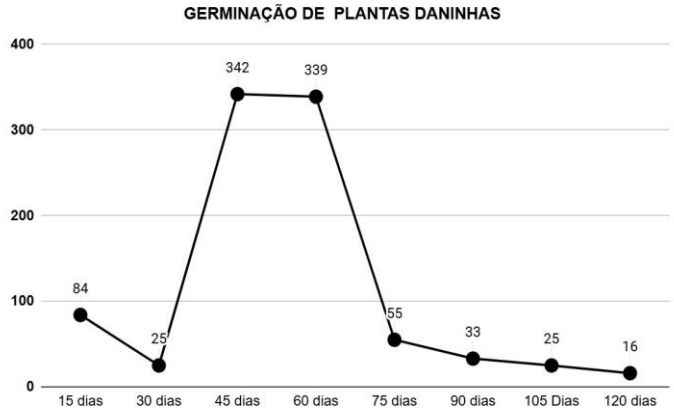


Gráfico 02- Parâmetro fitossociológico da propriedade 01, contendo frequência relativa, abundância relativa, densidade relativa.

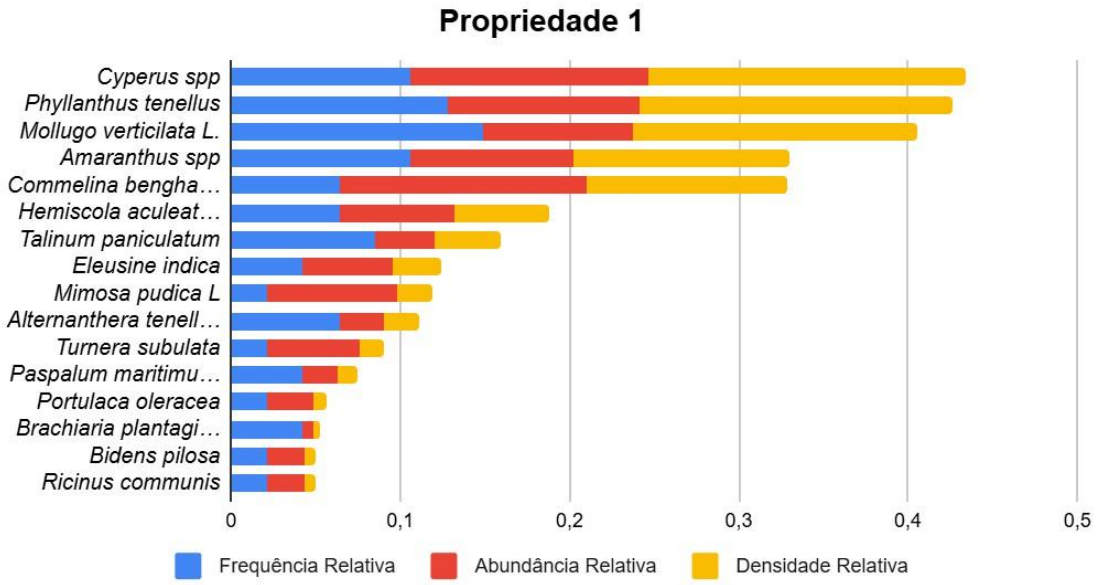


Gráfico 03- Parâmetro fitossociológico da propriedade 02, contendo frequência relativa, abundância relativa, densidade relativa.

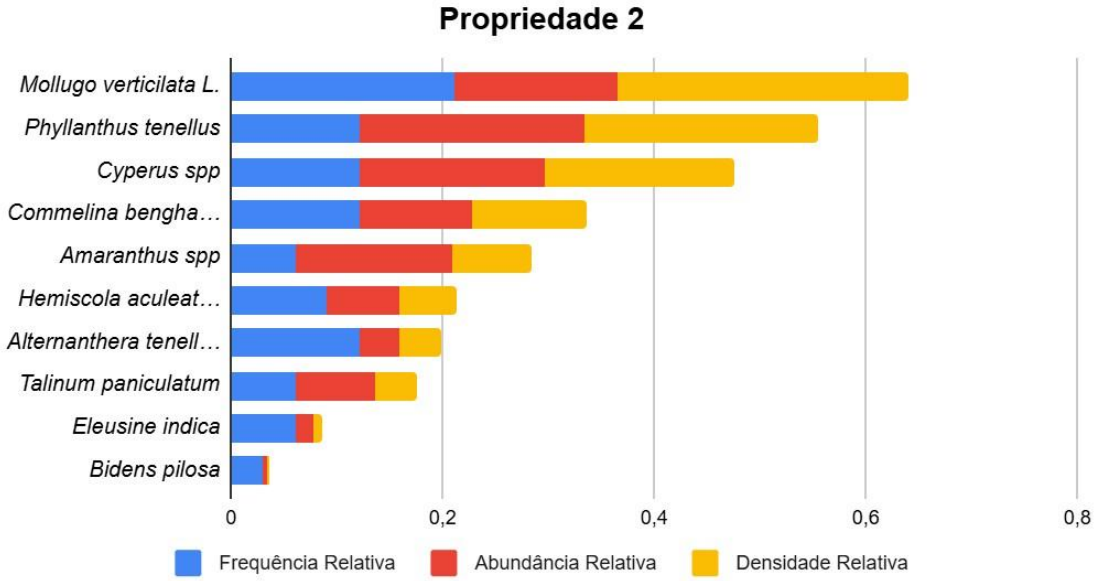


Gráfico 04- Parâmetro fitossociológico da propriedade 03, contendo frequência relativa, abundância relativa, densidade relativa.

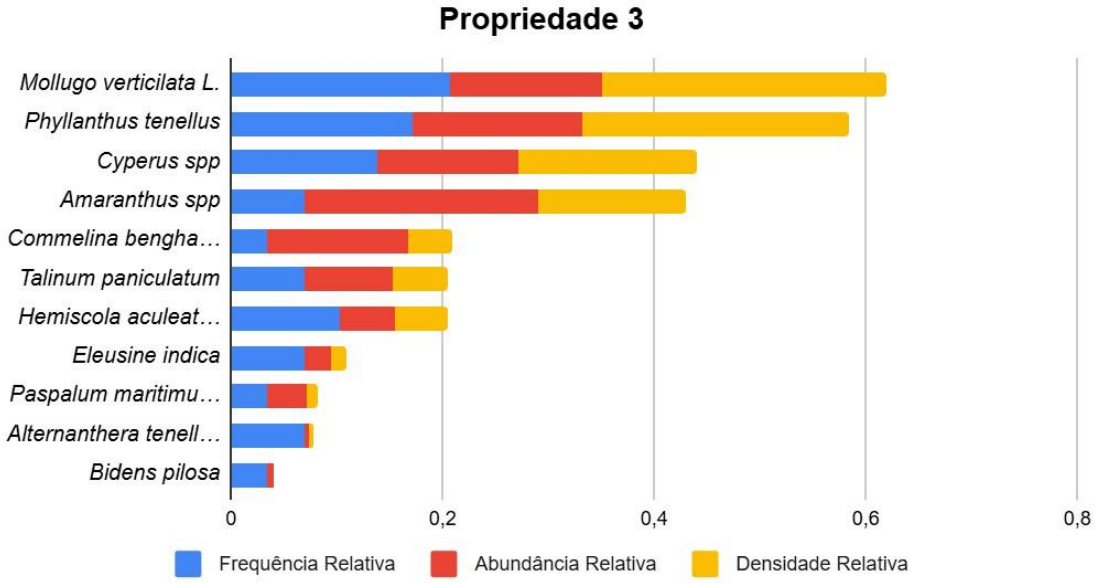
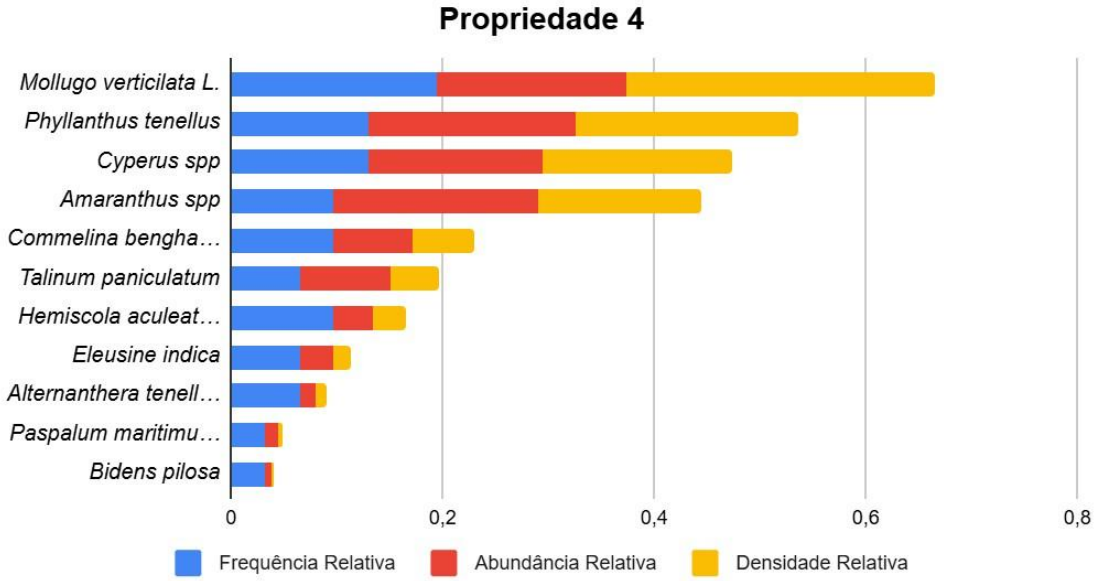


Gráfico 05- Parâmetro fitossociológico da propriedade 04, contendo frequência relativa, abundância relativa, densidade relativa.



Observa-se que, nas quatro áreas amostradas, conforme os gráficos 02, 03, 04 e 05, a diversidade de espécies de plantas daninhas varia entre as propriedades. Na Propriedade 01, identifica-se uma diversidade maior, com 16 tipos diferentes de plantas daninhas. Essa ampla variedade sugere uma pressão considerável de plantas daninhas, o que pode exigir práticas de manejo mais complexas e diversificadas para controlar essas espécies. Em contraste, a Propriedade 02 apresenta um número menor de espécies, totalizando 11 tipos. A ausência de espécies como *Ricinus communis* e *Brachiaria plantaginea*, presentes na Propriedade 01, pode indicar diferenças na gestão da propriedade ou nas condições ambientais que influenciam a germinação e o crescimento dessas espécies. A Propriedade 03 também é caracterizada por 11 espécies de plantas daninhas, similar à Propriedade 02. A

presença de *Paspalum maritimum* e a ausência de *Ricinus communis* e *Brachiaria plantaginea* reforçam as diferenças ecológicas ou de manejo em comparação com as Propriedades 01 e 02. Na Propriedade 04, encontram-se 11 espécies de plantas daninhas, com uma composição semelhante à da Propriedade 03. Esta semelhança pode indicar condições ambientais e práticas de manejo bastante similares entre essas duas propriedades. De maneira geral, as espécies *Bidens pilosa*, *Eleusine indica*, *Talinum paniculatum*, *Alternanthera tenella*, *Hemiscola aculeata*, *Commelina benghalensis*, *Amaranthus spp.*, *Cyperus spp.*, *Phyllanthus tenellus* e *Mollugo verticillata* são comuns a todas as propriedades, indicando que essas espécies são provavelmente bem adaptadas às condições locais e representam uma preocupação significativa para os agricultores. Por outro lado, espécies como *Ricinus communis* e *Brachiaria plantaginea*, encontradas exclusivamente na Propriedade 01, sugerem que algumas propriedades podem ter condições específicas ou práticas de manejo que favorecem o surgimento dessas plantas. As três principais plantas daninhas, de acordo com os gráficos de Índice de Valor de Importância (IVI%), serão detalhadas a seguir.

Espécies do gênero *Cyperus* são frequentemente encontradas no Maranhão, devido à sua adaptação a solos arenosos e úmidos, comuns na região (14). Algumas espécies desse gênero, como *Cyperus esculentus L.*, podem ser consumidas, conforme indicado por Kinupp (15). Morfologicamente, as espécies da família Cyperaceae podem ser anuais ou perenes, apresentando caules eretos, herbáceos e triangulares, que podem ser lisos ou glabros e atingir até um metro de altura. Essas plantas possuem sistemas de reprodução tanto sexuada quanto assexuada (8). Sua capacidade reprodutiva é vantajosa, pois um único tubérculo pode originar várias novas plantas adultas, o que torna métodos de controle, como capina manual e uso de máquinas, frequentemente ineficazes (16). Além disso, as espécies *Cyperus esculentus* e *Cyperus rotundus* contêm compostos alelopáticos que afetam o crescimento de culturas importantes (17). Mendes (13) ressalta que essas espécies podem reduzir a qualidade de produtos comerciais, afetando cultivos, e diminuindo o valor das propriedades agrícolas.

A planta *Mollugo verticillata*, conhecida como capim-tapete, é uma espécie anual, herbácea, com crescimento prostrado ou decumbente. Seus ramos são finos, glabros e medem de 15 a 25 cm de comprimento. As folhas, dispostas em verticilos de 4 a 10 unidades, são também glabras e possuem entre 1 a 2 cm de comprimento. A reprodução ocorre por meio de sementes, o que facilita sua propagação em diversos ambientes (8). De acordo com o site Agrolink, (18) essa planta é comum em jardins, pomares e culturas anuais, podendo dificultar o trabalho de colheita. No entanto, o capim-tapete desempenha um papel benéfico na prevenção da erosão, pois cobre rapidamente o solo, ajudando a mitigar os danos causados por esse processo (19). O capim-tapete está presente em todos os estados brasileiros e destaca sua capacidade de cobrir rapidamente o solo, contribuindo para a redução da erosão. Essa planta pode se estabelecer em áreas cultivadas ou abandonadas em poucas semanas, formando aglomerados que competem com espécies nativas e removem nutrientes essenciais do solo com suas raízes principais (19).

A planta *Phyllanthus tenellus* é caracterizada por sua ramificação filantoide, com folhas variando de elípticas a elíptico-obovadas, flores com cinco estames livres e pedicelos pistilados que ultrapassam 5 mm de comprimento. Nativa do Brasil, essa espécie está presente em todas as regiões do país (20). A *Phyllanthus tenellus* é uma espécie infestante que ocorre em viveiros de mudas, hortas e em culturas anuais e perenes (20). Nos viveiros, pode se estabelecer tanto no solo quanto ao redor das sementeiras e nas embalagens usadas para a produção de mudas, tornando seu controle trabalhoso e oneroso. Além disso, a planta

é utilizada na medicina empírica (20). A presença de *Phyllanthus tenellus* em ambientes úmidos pode levar à competição com culturas locais por recursos, potencialmente reduzindo os rendimentos agrícolas (21). Sua capacidade de prosperar em diversas condições de luz pode aumentar sua competitividade em relação às espécies nativas, representando uma ameaça adicional à produção agrícola (22).

CONCLUSÃO

A gestão de plantas daninhas deve ser ajustada para refletir as diferenças observadas entre as propriedades, considerando as espécies específicas, a gravidade da infestação e as técnicas agrícolas empregadas. As variações na diversidade de espécies de plantas daninhas entre as propriedades amostradas ressaltam a importância de abordagens de manejo personalizadas. A Propriedade 01, com um número elevado de espécies, requer uma abordagem mais complexa e diversificada para o controle de plantas daninhas, enquanto as Propriedades 02, 03 e 04, com menor diversidade, podem se beneficiar de estratégias mais uniformes e menos intensivas. Espécies como *Bidens pilosa*, *Eleusine indica*, *Talinum paniculatum*, *Alternanthera tenella*, *Hemiscola aculeata*, *Commelina benghalensis*, *Amaranthus spp.*, *Cyperus spp.*, *Phyllanthus tenellus* e *Mollugo verticillata* estão bem adaptadas às condições locais e apresentam desafios devido à sua capacidade de competição e expansão rápida. Em particular, *Cyperus* evidenciam a necessidade de estratégias de controle eficazes devido às suas propriedades alelopáticas e adaptação a solos arenosos e úmidos. Para mitigar o impacto das plantas daninhas e assegurar a produtividade agrícola, adotar um manejo integrado. Isso envolve a combinação de métodos culturais, mecânicos e, quando necessário, químicos, de forma coordenada. A aplicação dessas práticas adaptadas às características específicas de cada propriedade permitirá um controle mais eficiente das plantas daninhas e contribuirá para a manutenção da eficiência produtiva das culturas.

REFERENCIAS

1. Santos FJ, Oliveira RT, Silva MN. A produção de hortaliças no Brasil. Brasília: EMBRAPA; 2019.

2. Ebabhi A, Adebayo R. Nutritional Values of Vegetables [Internet]. Vegetable Crops - Health Benefits and Cultivation. IntechOpen; 2022. Available from: http://dx.doi.org/10.5772/intechopen.101090 .

3. Böttcher H. Zur Bewertung des Nährwertes von Gemüse [The assessment of nutrient value of vegetables]. *Nahrung*. 1993;37(1):20-27. doi:10.1002/food.19930370105

4. Radosevich SR, Holt JS, Ghersa CM. Weed ecology in natural and agricultural systems. 2nd ed. Wiley-Blackwell; 2007

5. Urbauer M. Invasive plants: impacts on agriculture and ecosystems. Agricultural Ecology. 2020.

6. Pimentel D, editor. Biological invasions: economic and environmental costs of alien plant, animal, and microbe species. 2nd ed. Boca Raton: CRC Press; 2011.

7. Araújo BM, Alves AF, Melo PAFR, Santos LH, Mesquita MLR. Assessment of the soil seed bank aiming at transposition to forest regeneration in the western Amazonia. J Agric Stud. 2022;9(2):471–87. doi: http://dx.doi.org/10.5296/jas.v9i2.18503.

8.Lorenzi H. Manual de identificação e controle de plantas daninhas: métodos para análise florística. 7th ed. São Paulo: Instituto Plantarum; 2014.

9. Angiosperm Phylogeny Group IV. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG IV. Bot J Linn Soc [Internet]. 2016 [cited 2025 Jan 14];181(1):1-20. Available from: https://reflora.jbrj.gov.br/downloads/2016_GROUP_Botanical%20Journal%20of%20the%20Linnean%20Society.pdf

10. Mueller-Dombois, Dieter & Ellenberg, Heinz. (1974). Aims and Methods of Vegetation Ecology. 10.2307/213332.

11.Sellers BA, Smeda RJ, Johnson WG, Kendig JA, Ellersieck MR. Comparative growth of six Amaranthus species in Missouri. Weed Science. 2003;51(3):329–33. doi:10.1614/0043-1745(2003)051[0329:CGOSAS]2.0.CO;2

12. Kaspary TE, Lamego FP, Cutti L, Aguiar AC de M, Rigon CAG, Basso CJ. Growth, phenology, and seed viability between glyphosate-resistant and glyphosate-susceptible hary fleabane. Bragantia [Internet]. 2017Jan;76(1):92–101. Available from: https://doi.org/10.1590/1678-4499.542

13. Mendes KF, Silva AA da. Plantas daninhas: biologia e manejo. 1st ed. São Paulo: Oficina de Textos; 2022.

14. Amorim C, Penha J, Nunes M, Aroucha-Neto J, de Souza R, Saraiva R. Plantas espontâneas da Baixada Maranhense e práticas agroecológicas para controle. Rev Foco. 2023;16:e1073. doi:10.54751/revistafoco.v16n2-154

15. Kinupp VF. Plantas alimentícias não convencionais (PANC) no Brasil: guia de identificação, aspectos nutricionais e receitas ilustradas. Nova Odessa: Instituto Plantarum de Estudos da Flora; 2021

16. Oliveira MAS, et al. Características da irrigação de hortaliças no estado do Maranhão. Irriga. 2018;23(3):554-566.

17. Zhang S, Li P, Wei Z, et al. *Cyperus* (*Cyperus esculentus* L.): a review of its compositions, medical efficacy, antibacterial activity and allelopathic potentials. Plants (Basel). 2022;11(9):1127. doi:10.3390/plants11091127

18. Capim tapete - problemas. Agrolink [Internet]. Disponível em: https://www.agrolink.com.br/problemas/capim-tapete_192.html. Acesso em: 5 maio 2024.

19.CAPIM-tapete. Enciclopédia de Plantas. PictureThis [Internet]. Disponível em: https://www.picturethisai.com/pt/wiki/Mollugo_verticillata.html. Acesso em: 1 maio 2024.

20. Agrolink. Quebra-pedra. Disponível em: https://www.agrolink.com.br/problemas/quebra-pedra_2017.html. Acesso em: 14 jan. 2025.

21. Ananthagiri K, Ajmeera R. A study on phytochemical analysis of phyllanthus tenellus roxb. Int Res J Pharm [Internet]. 2017;8(6):95-99. doi: 10.7897/2230-8407.086104.

22. Senna JP, Hister CA, Ubessi C, Tedesco SB. Genotoxicity, cytotoxicity and phenolic compounds from aqueous extracts of *Phyllanthus tenellus* Roxb. cultivated under different light conditions. Pak J Biol Sci. 2022;25(7):575-585. doi:10.3923/pjbs.2022.575.585.

Capítulo 17

DOI: 10.53934/agronfy-2025-05-17

DESENVOLVIMENTO DE HIDROMEL MATURADO COM SCOBY DE KOMBUCHA E CLARIFICADO COM COPRODUTOS DE FRUTAS TROPICAIS

Rafael Souza Cruz [1]*; Ana Carolina Ramos da Silva [2] ; Luiz Isaac Pereira Sampaio [2]; Denele Kelly Tomas Rodrigues [2]; Mariana Nobre de Lima [2]; Alexandre Ferreira Leite Neto [3]; Alnedi Costa Lima [4]

[1]Doutorando em Ciências dos Alimentos – Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC/CCA), [2]E.E.M.T.I. Visconde do Rio Branco, [3]Professor de química da E.E.M.T.I. Visconde do Rio Branco, [4]Diretora da E.E.M.T.I. Visconde do Rio Branco, Ceará, Brasil

**Autor correspondente - Email: rafaelsouzacruz123@gmail.com*

Resumo: O presente estudo objetivou desenvolver um hidromel inovador, utilizando celulose bacteriana (SCOBY) como agente maturador e coprodutos de frutas tropicais desidratadas (acerola, abacaxi, caju, graviola e goiaba) como agentes clarificantes naturais. A produção do hidromel foi realizada a partir de mel de produtor local, fermentado com levedura CA-11 em mosto a 20 °Brix. A fermentação foi conduzida até atingir 10 °Brix, sendo seguida de trasfega e maturação por 20 dias a 10 °C. Para a clarificação, farinhas de frutas foram adicionadas nas concentrações de 0,2%, 0,4% e 1%. Os parâmetros físico-químicos do hidromel apresentaram pH entre 3,4 e 3,7, acidez total variando de 41,00 a 43,73 mEq.L^{-1} e teor alcoólico estimado entre 5,0% e 5,5% (v/v). A densidade relativa foi de 1,014 a 1,015 g/mL, caracterizando o hidromel como semi-seco. O conteúdo de açúcares redutores variou entre 4,5 e 6,0 g/L, com o Tratamento 2 (3,7 de pH) apresentando o maior teor de açúcares redutores (6,0 g/L), o que conferiu ao hidromel um sabor mais suave. A aplicação de farinhas de resíduos de frutas mostrou-se eficaz na clarificação, resultando em índices de decantação superiores aos do controle. O maior índice de decantação foi obtido com a farinha de goiaba (8,67 ± 2,45), seguida pelas farinhas de abacaxi (7,11 ± 1,76), caju (7,00 ± 2,12), graviola (6,44 ± 1,67) e acerola (6,00 ± 3,00), sem diferenças significativas entre elas. O controle, por sua vez, apresentou decantação de 0,46 ± 0,02 (TA) e 1,16 ± 0,29 (TR). A análise estatística (Tukey/ANOVA) demonstrou que a eficácia das farinhas na clarificação não foi afetada pela temperatura de aplicação. Conclui-se que as farinhas de frutas tropicais, especialmente a de goiaba, representam uma alternativa sustentável e eficiente para a clarificação de hidromel, destacando-se pelo baixo custo e pela possibilidade de reaproveitamento de resíduos agroindustriais.

Palavras-chave: fermentado; clarificação, farinhas de frutas; coprodutos agroindustriais.

INTRODUÇÃO

O Brasil é um dos principais exportadores de mel no mundo, destacando-se no cenário internacional por sua vasta biodiversidade e produção apícola diversificada (1). Contudo, parte significativa da produção nacional não atende aos rigorosos padrões de exportação, seja por questões relacionadas à qualidade físico-química, seja por características sensoriais. Esse excedente de mel, geralmente destinado ao mercado interno a preços inferiores, pode ser valorizado por meio de sua utilização em novos produtos, como o hidromel.

O hidromel, bebida fermentada à base de mel, é conhecido por sua tradição milenar e crescente demanda no mercado de bebidas artesanais. Sua produção exige atenção a aspectos de qualidade, como o teor alcoólico, a acidez e a limpidez. A turbidez, em especial, afeta diretamente a aceitação do produto pelo consumidor. Os principais fatores que causam turbidez no hidromel incluem leveduras em suspensão, partículas de pólen, resíduos de cera e outros contaminantes, como cinzas oriundas da extração do mel (2). Portanto, a clarificação se torna uma etapa essencial para a padronização visual e a estabilidade da bebida.

A clarificação de bebidas fermentadas é tradicionalmente realizada com o uso de agentes clarificantes, como bentonita e gelatina, que apresentam custos significativos e podem gerar resíduos. Nesse contexto, o uso de coprodutos da indústria de sucos e da celulose bacteriana (SCOBY) proveniente da fermentação de kombucha desponta como uma alternativa sustentável e econômica. Esses resíduos, geralmente descartados de forma inadequada, podem causar impactos ambientais, como a geração de odores desagradáveis e a atração de vetores biológicos. No entanto, estudos recentes indicam que tais coprodutos, ricos em pectina e celulose, possuem potencial para promover a decantação de sólidos em suspensão e auxiliar na maturação de bebidas fermentadas.

Diante desse cenário, o presente estudo propõe o desenvolvimento de um hidromel inovador, utilizando a celulose bacteriana (SCOBY) como agente maturador e farinhas de coprodutos de frutas tropicais desidratados — como acerola, abacaxi, caju, graviola e goiaba — como clarificantes naturais. A escolha desses coprodutos visa promover uma alternativa eficiente e de baixo custo para o aproveitamento de resíduos agroindustriais, além de agregar valor ao hidromel por meio de práticas sustentáveis. Essa abordagem justifica-se pela necessidade de soluções que reduzam o desperdício de matérias-primas e que atendam a um mercado cada vez mais voltado à sustentabilidade e à economia circular.

MATERIAL E MÉTODOS

Matérias primas

A matéria-prima principal, o mel, foi adquirida de um produtor local do interior de Fortaleza - CE, escolhido devido à sua proximidade, o que garante a frescura do produto, e pela qualidade do mel, caracterizado por seu aroma floral e sabor suave, características ideais para a produção de hidromel. a aproximadamente 300 km da capital. As leveduras utilizadas foram adquiridas comercialmente. Foram preparados cinco litros de mosto a 20 °Brix, sendo 10% desse volume mantido a 30 °C para a preparação do pré-inóculo da levedura CA-11. Após 24 horas de incubação, o pré-inóculo foi adicionado ao restante do mosto, o qual foi mantido em recipiente fechado com airlock adaptado de

materiais recicláveis, permitindo apenas a saída de oxigênio e a retenção de dióxido de carbono.

A fermentação foi acompanhada até o mosto atingir 10 °Brix, momento em que a fermentação foi encerrada. O hidromel foi então transferido para outro recipiente (trasfega) para remoção de precipitados e foi mantido em maturação por 20 dias a 10 °C. Ao final desse período, foram retiradas três amostras de hidromel sem maturação para serem utilizadas como controle (3; 4; 5).

Teste de Clarificação

O teste de clarificação foi realizado com coprodutos desidratados de acerola, abacaxi, caju, graviola e goiaba, obtidos no comércio local. As farinhas de frutas foram preparadas de acordo com a metodologia (6), e foram aplicadas ao hidromel em recipientes identificados (Erlenmeyer 1, 2, 3). Os testes foram realizados em triplicata, com três concentrações diferentes (0,2%, 0,4% e 1%) para cada coproduto.

pH

A determinação do pH foi feita por medição direta em fita de phmetro (7).

Análise de Acidez Total

A acidez total foi medida pelo método titulométrico (acidométrico), que exige a evaporação da bebida, seguida de condensação dos compostos voláteis (7).

Análise de ºBrix

A análise foi realizada utilizando o refratômetro zerado com água destilada, adicionando de 2 a 4 gotas da amostra de hidromel e os resultados obtidos foram registrados no caderno de campo (7).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

No primeiro passo, foi elaborado os recipientes fermentativos adaptado por materiais de baixo custo (Figura 1). Os resultados das análises físico-químicas estão apresentados na Tabela 1.

Figura 1 – Recipientes fermentativos e inoculação do microrganismo.



Fonte: Dados da pesquisa, 2023. A primeira imagem ilustra a obtenção dos materias para a produção dos recipientes e a matéria-prima para o desenvolvimento do hidromel. A segunda imagem ilustra os recipientes adaptados com materiais de baixo custo e a última imagem ilustra a inoculação no mosto já pasteurizado.

Todos os testes obtiveram um controle inicial durante um período de 7 dias em que ficaram sob análises observação, onde os mesmos foram encerrados com 30 dias de fermentação. A análise de acompanhamento baseou-se em algumas análises físico-química disponível na Tabela 1.

Tabela 1 – Parâmetros físico-químicos analisados no hidromel.

Tratamento	pH	ºBrix	Acidez Total (mEq.L^{-1})	Teor Alcoólico Esperado (% v/v)	Densidade Relativa (g/mL)	Açúcares Redutores (g/L)
1	3,5 ^{a} ± 0,9	10,5	41,79^{a} ± 0,21	5.5	1,015	5,0^{a} ± 0,11
2	3,7 ^{a} ± 0,2	10.8	43,73 ^{a} ± 011	5	1	6,0 ^{a} ±0,8
3	3,4 ^{a} ± 0,4	10	41,00 ^{a} ± 0,6	5.4	1.014	4,5^{a} ± 0,3

Fonte: Dados da pesquisa, 2023.

Os testes realizados durante a fermentação do hidromel, que durou 30 dias após um período inicial de 7 dias de observação, revelaram resultados significativos, especialmente nas interrupções físico-químicas e no esclarecimento do material. A Tabela 1 apresenta os dados de pH, ºBrix, acidez total, teor alcoólico esperado, densidade relativa e açúcares redutores para os três tratamentos específicos. Não se observou diferença significativa entre os tratamentos ($p > 0,05$), conforme os testes de análise de variância (ANOVA).

A temperatura ambiente foi mantida durante todo o processo de fermentação, com a bebida estabilizando após 30 dias, com o ºBrix variando entre 10,0 e 10,8. De acordo com a legislação brasileira (8), os ºBrix não possuem critérios específicos para o hidromel, permitindo flexibilidade nas avaliações. O pH, crucial para a estabilidade microbiológica do produto, varia entre 3,4 e 3,7 nos tratamentos. O Tratamento 1 e 3 apresentou pH médio mais baixo (3,5 e 3,4, respectivamente), o que favorece a estabilidade microbiológica e preservação do hidromel, pois valores de pH baixos mais favorecem a redução do crescimento microbiano e aumentam a estabilidade do produto (9). O Tratamento 2, com pH de 3,7, refinado em um sabor mais suave, mas ainda dentro da faixa ideal para a fermentação.

A relação inversa entre o pH e a acidez total foi observada nos resultados. O aumento da acidez foi maior nos tratamentos com pH mais baixo, confirmando a relação já descrita por (10), que relata que o pH mais baixo favorece a acidez fixa. Além disso, os baixos valores de acidez total podem estar relacionados à diluição do mel na fase inicial de produção do hidromel, o que pode ter limitado a concentração dos ácidos presentes na matéria-prima. O estudo (11) também relatou valores de acidez total abaixo do limite mínimo exigido para hidroméis, indicando que a diluição do mel pode ter afetado a acidez. A literatura também sugere que a adição de frutas pode ser uma solução para corrigir essa acidez (12).

O teor alcoólico esperado foi calculado com base no ºBrix inicial e na eficiência

fermentativa, com os resultados variando entre 5% e 12%, que é o intervalo típico para hidroméis, conforme descrito nos estudos (13). Em relação à densidade, um valor abaixo de 1.020 indica eficiência eficiente, e os dados mostrados que o Tratamento 2, com densidade de 1.000, indicou um hidromel seco, enquanto os Tratamentos 1 e 3 apresentam densidade maior, caracterizando um hidromel demi-seco.

Os açúcares redutores medidos indicam que o Tratamento 2 é mais doce (6,0 g/L), enquanto os outros tratamentos estão dentro da faixa para hidroméis sdemi-secos (11). Os valores de açúcares redutores apresentados indicam que os tratamentos estão dentro das faixas recomendadas para a produção de hidroméis de boa qualidade, com as diferenças entre os tratamentos refletindo variações no ºBrix e nas interações que afetam a acidez.

A análise do material em suspensão, apresentado na Tabela 2, revelou que não houve diferença significativa entre os tratamentos controles (C-TA e C-TR). No entanto, ao comparar com os tratamentos que utilizaram farinhas de resíduos de frutas (FAC, FGR, FCA, FAB, FGO), fornecem que esses tratamentos resultaram em maior decantação do material, apontando uma maior eficiência na clarificação. Não houve diferença significativa entre os tratamentos com farinhas de resíduos, seja em temperatura ambiente ou refrigerada. Esses achados são consistentes com a pesquisa (14), que sugeriu que as farinhas de resíduos vegetais podem atuar como agentes clarificantes eficazes

Uma análise estatística (TUKEY/ANOVA) revelou que as farinhas de resíduos, independentemente da temperatura (ambiente ou refrigerada), resultaram em valores semelhantes para a decantação. Isso indica que o tipo de farinha utilizada tem um impacto mais significativo na clarificação do que a temperatura de aplicação. Este resultado é corroborado por (15), que observaram que a adição de farinhas vegetais não só melhorou a clarificação, mas também pode contribuir para a melhoria sensorial e estabilidade microbiológica do bebê

Em resumo, os resultados sugerem que a eficiência e clarificação do hidromel podem ser otimizadas com o uso de farinhas de resíduos de frutas, que demonstraram maior eficiência na decantação sem afetar significativamente as características físico-químicas do produto. As diferenças entre os tratamentos refletiram sobre as variações nas condições de fermentação e nas matérias-primas utilizadas. Os dados obtidos estão dentro das faixas recomendadas para a produção de hidroméis de boa qualidade, e a adição de frutas ou outros ingredientes no mosto pode ser uma estratégia útil para ajustes na acidez e na clarificação do produto.

Em seguida, foi utilizado um método de porcentagem para quantificar a relação entre o volume de hidromel e a quantidade de material decantado, conforme mostrado na Tabela 2. Neste estudo, aplicaram-se diferentes tratamentos com farinhas de resíduos de frutas em amostras de hidromel, e os resultados de decantação foram analisados estatisticamente usando o teste de TUKEY/ANOVA. A tabela a seguir apresenta os índices de decantação do material em suspensão para os diversos tratamentos, considerando tanto a temperatura ambiente (TA) quanto a temperatura refrigerada (TR).

Tabela 2 - Tratamentos aplicados com as farinhas nas amostras de hidromel.

TESTE TUKEY/ANOVA nos índices de decantação do material em suspensão	
TRATAMENTO	DECANTAÇÃO
*C - TA	$0,46^{c} \pm 0,02$
*C - TR	$1,16^{bc} \pm 0,29$
FAC - TR	$6,00^{ab} \pm 3,00$
FAC - TA	$6,00^{ab} \pm 3,00$

FGR - TA	6,44[a] ± 1,67
FGR - TR	6,44[a] ± 1,67
FCA - TR	7,00[a] ± 2,12
FCA - TA	7,00[a] ± 2,12
FAB - TA	7,11[a] ± 1,76
FAB - TR	7,11[a] ± 1,76
FGO - TR	8,67[a] ± 2,45
FGO - TA	8,67[a] ± 2,45

Fonte: Dados da pesquisa, 2023. *C – Controle; TA*C – *Controle; TA – Temperatura Ambiente; TR – Temperatura Refrigerada; FAC – Farinha de Acerola; FGR – Farinha de Graviola; FCA – Farinha de Caju; FAB – Farinha de Abacaxi; FGO – Farinha de Goiaba.*

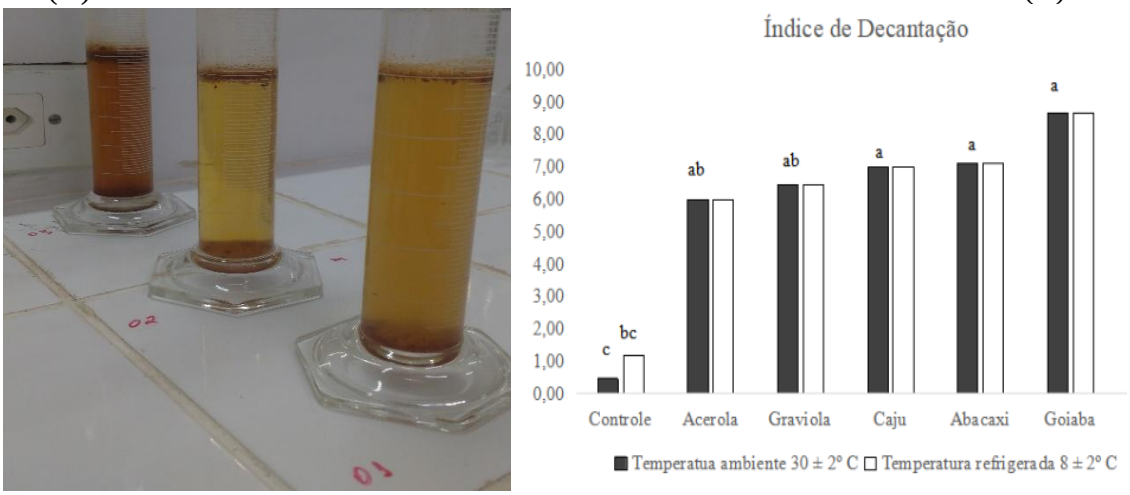
Quanto aos testes de clarificação, os resultados indicam que não houve diferença significativa entre os tratamentos controles de temperatura ambiente (C-TA) e refrigerada (C-TR). No entanto, ao comparar os tratamentos controle com os tratamentos aplicados com as farinhas de resíduos de frutas, observou-se uma diferença significativa, conforme os resultados apresentados na Tabela 2.

Nos tratamentos com as farinhas (FAC, FGR, FCA, FAB, FGO), a decantação foi mais expressiva, com valores significativamente mais altos em comparação aos controles, independentemente da temperatura (ambiente ou refrigerada). Essas observações sugerem que a aplicação de farinhas de resíduos de frutas tem um impacto importante na remoção do material em suspenção de bebidas fermentadas.

Porém, ao analisar as diferenças entre os tratamentos com farinhas, constatou-se que não houve variação significativa entre eles, tanto nas condições de temperatura ambiente quanto refrigerada. Ou seja, as farinhas utilizadas tiveram desempenho semelhante independentemente da temperatura aplicada, o que indica que a eficácia na clarificação não depende da temperatura, mas sim do tipo de farinha empregada.

Figura 2 – Teste de clarificação.

(A) (B)



Fonte: Dados da pesquisa, 2023. A esquerda observa-se a aplicação das farinhas (A), e a direita observa-se os tratamentos estatísticos aplicados junto aos tratamentos controle (B).

Os testes de clarificação indicaram que não houve diferença significativa entre os tratamentos controles realizados em temperatura ambiente (C-TA) e refrigerada (C-TR). No entanto, ao comparar os tratamentos controle com os tratamentos aplicados com as farinhas de resíduos de frutas, foi observada uma diferença significativa, como

evidenciado pelo teste de Tukey/ANOVA. Especificamente, os tratamentos com farinhas (FAC, FGR, FCA, FAB, FGO) apresentaram índices de decantação vantajosos mais elevados em comparação aos controles, o que sugere que o uso das farinhas de resíduos de frutas é eficaz para a clarificação.

Quando comparados entre si, os tratamentos com farinhas não apresentam diferenças significativas, tanto nas condições de temperatura ambiente quanto refrigeradas. Esse resultado sugere que a aplicação das farinhas de resíduos de frutas possui um efeito de clarificação semelhante, independente da fruta e da temperatura aplicada. Esses resultados são consistentes com estudos anteriores, como o de (14), que também relataram que o uso de farinhas vegetais pode melhorar a clarificação de bebidas fermentadas, sem variação significativa entre diferentes condições de tratamento.

CONCLUSÕES

Os parâmetros físico-químicos analisados atenderam à legislação brasileira, conforme os requisitos estabelecidos pela Instrução Normativa MAPA nº 14 de 2018 (16), que regulamenta os padrões de identidade e qualidade para bebidas alcoólicas fermentadas. As farinhas de graviola, caju e abacaxi foram eficientes na clarificação, promovendo decantação significativa do material em suspensão. No entanto, a farinha de acerola não apresentou diferença significativa em relação ao tratamento controle. Assim, as farinhas de graviola, caju e abacaxi despontam como alternativas econômicas e sustentáveis para a clarificação de hidroméis, agregando valor aos coprodutos de frutas.

REFERÊNCIAS

1. Moreira FMS, Huising EJ, Bignell DE. Manual de biologia dos solos tropicais. 1. ed. Lavras, MG: Universidade Federal de Lavras; 2010.

2. Pereira AP, Mendes-Ferreira A, Oliveira JM, Mendes-Faia A. High-cell-density fermentation of Saccharomyces cerevisiae for the optimisation of mead production. Food Microbiol. 2013;33(1):114–23.

3. Brasil IM, Maia GA, Figueiredo RW. Produção de suco clarificado de goiaba com uso de enzima pectinolítica e agentes "fining". Pesq Agropec Bras. 1995;30(6):855–66.

4. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA). Regulamento técnico para a fixação dos padrões de identidade e qualidade para hidromel. Diário Oficial da União; 2008 Abr 24.

5. Mattietto RA, Queiroz AJM, Gonçalves LM, Barbosa MM, Oliveira CH, Machado BA. Tecnologia para obtenção artesanal de hidromel do tipo doce. Comunicado Técnico EMBRAPA; 2006. p. 1–5.

6. Kempka AP, Prestes RC, Alviero T. Clarificação de suco de maçã de dois cultivares utilizando tratamento enzimático e colágeno hidrolisado. Rev Bras Prod Agroind. 2013;15(2):137–46.

7. Instituto Adolfo Lutz (IAL). Métodos físico-químicos para análise de alimentos. 4ª ed. São Paulo: IAL; 2008.

8. Brasil. Instrução Normativa nº 34, de 29 de novembro de 2012. Diário Oficial da União. 2012;53(9):1689–99.

9. Jin Z, Zhang S, Zhang J, Xie Y, Li Y. Influência do pH e da temperatura de fermentação na estabilidade microbiana e nas propriedades sensoriais de bebidas alcoólicas. Rev Controle Alimentar. 2020;1(2):223–34.

10. Cecchi HM. Fundamentos teóricos e práticos em análise de alimentos. 2ª ed. Campinas: Editora Unicamp; 2003.

11. Silva MS. Desenvolvimento de fermento para produção de hidromel [Tese de Doutorado]. Viçosa (MG): Universidade Federal de Viçosa; 2016. 108 p.

12. Ferraz FO. Estudo dos parâmetros fermentativos, características físico-químicas e sensoriais de hidromel [Tese de Doutorado]. Lorena (SP): Escola de Engenharia de Lorena, Universidade de São Paulo; 2015.

13. Berthelemot V, Lemoine H, De Castro AL, Silva RP, Santos JE. Técnicas de fermentação e rendimento alcoólico na produção de hidromel: uma revisão. J Food Sci. 2021;86(4).

14. Leal PR, Rodrigues M, Rocha Z. Utilização de farinhas de resíduos de frutas para clarificação de bebidas fermentadas. Rev Quím Agr Alim. 2021;69(3):109–18.

15. Oliveira F, Costa SMAL, Tarsitano MAA, Santana AL. Produção de mel na região noroeste do estado de São Paulo: um estudo de caso de produtor familiar. Informações Econômicas. 2004;34(2).

16. Oliveira M, Silva D, Sousa A, Lima R, Ferreira J. Uso de subprodutos agrícolas para clarificação e melhoria sensorial de bebidas fermentadas. Rev Int Ciênc Alim. 2023.

Capítulo 18

DOI: 10.53934/agronfy-2025-05-18

USO DE PRODUTOS BIOLÓGICOS NO CONTROLE DE *Meloidogyne incognita* NA CULTURA DA SOJA

Samara Rodrigues da Silva*; Rodrigo Vieira da Silva ; Gabriela Araújo Martins ; Viviane Loriene Nascimento Soares da Silva

Samara Rodrigues da Silva – Email: samara.rodrigues1@estudante.ifgoiano.edu.br

Resumo: A soja é uma oleaginosa de grande importância para o agronegócio brasileiro, gerando bilhões de dólares na economia nacional. No entanto, a cultura enfrenta desafios fitossanitários, especialmente os causados pelos nematoides de galha (*Meloidogyne* spp.), que comprometem sua produtividade. Assim, objetivou-se avaliar o efeito de produtos biológicos no controle de *M. incognita* na soja. O experimento foi conduzido em casa de vegetação, utilizando delineamento em blocos casualizados, com seis tratamentos e seis repetições: T1 (controle sem nematoide), T2 (controle com nematoide), T3 (Onix – *Bacillus methylotrophicus*), T4 (Caravan – *Bacillus pumilus*), T5 (Rizos – *Bacillus subtilis*), e T6 (Trichodermil – *Trichoderma harzianum*). Após 60 dias da inoculação, avaliaram-se as seguintes variáveis: massa da matéria fresca de raiz (MFR), massa da matéria fresca da parte aérea (MFPA), matéria seca da parte aérea (MSPA) e número de ovos (NO). Os dados foram submetidos à análise de variância e ao teste Scott-Knott ($p \leq 0,05$). Os produtos biológicos não influenciaram significativamente o desenvolvimento da parte aérea da soja. No entanto, o tratamento com Rizos promoveu um aumento de 64,56% no desenvolvimento radicular em relação as plantas inoculadas com o nematoide ($p \leq 0,05$). Em relação ao controle do patógeno, os biológicos Trichodermil e Onix foram os mais eficientes, reduzindo significativamente o número de ovos comparado ao controle, com médias de 4.766 e 6.085 ovos, respectivamente ($p \leq 0,01$). Dessa forma, Trichodermil e Onix demonstraram potencial para o manejo sustentável de *M. incognita* na cultura da soja, enquanto Rizos favoreceu o fortalecimento do sistema radicular.

Palavras–chave: *Bacillus* spp.; biocontrole; nematicida; nematoide de galhas *Trichoderma* spp.;

INTRODUÇÃO

O Brasil possui uma área cultivada com a soja de aproximadamente 81,4 milhões de hectares (1). Destacando-se como um produto versátil, a soja pode ser empregada na alimentação, tanto humana quanto animal, além de ser aproveitada como biodiesel. Vale salientar que todos esses setores estão interligados dentro do agronegócio, no

fornecimento de matéria prima, nos produtores, vendedores até chegar ao consumo pela sociedade, além de exportar para diversos países, significando grande relevância no agronegócio brasileiro (2). Embora o Brasil, seja o maior produtor e exportador de soja do mundo, ainda há potencial para expandir sua produção. No entanto, para alcançar esse objetivo, é essencial superar desafios como o manejo fitossanitário das doenças que afetam a cultura. Conforme Juhász *et al*., (3), mesmo com o desenvolvimento de novas tecnologias, problemas ocasionados por agentes patogênicos são encontrados durante o cultivo, ocasionado reflexos negativos na produtividade e qualidade do grão. Segundo o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), os nematoides estão entre os maiores problemas fitossanitários que acometem as mais diversas culturas, apresentando um grande potencial de gerar danos econômicos na agricultura brasileira (4). Segundo a Sociedade Brasileira de Nematologia (2022), no Brasil, os prejuízos provocados por nematoides já chegam a R$ 65 bilhões anuais, somente nas lavouras de soja, estima-se que os prejuízos tenham alcançado R$ 27,7 bilhões (5).

No Brasil, os nematoides que mais causam perdas à cultura da soja são os das lesões radiculares, *Pratylenchus brachyurus*, o reniforme, *Rotylenculus reniformis*, o de cisto *Heterodera glycines* e os formadores de galhas, *Meloidogyne javanica* e *M. incognita* (6). Dentre esse complexo de fitonematoides, destaca-se o gênero *Meloidogyne*, o qual parasita as raízes das plantas formando galhas, além disso, esses agentes são encontrados nos mais diversos tipos de solos e ambientes, limitando assim o potencial produtivo da cultura. O controle dos fitonematoides pode ser realizado com o uso de nematicidas químicos. Entretanto, esses produtos possuem alta toxicidade, ocasionando alto risco de aplicação e a geração de poluição ambiental. Portanto, tem a necessidade da busca por alternativas de controle diversificadas, que contribuam para o manejo sustentável desses fitoparasitas (7).

A aplicação de estratégias de controle com os produtos biológicos, tem se mostrado um potencial aliado no manejo de doenças de plantas, em especial na ação contra os nematoides fitopatógenos, por meio da sua interação com os inimigos naturais usados na formulação desses insumos. Dentre os diversos inimigos naturais dos nematoides comumente encontrados nos solos, os que apresentam maior potencial como agentes de controle biológico são as bactérias e os fungos (8).

Diante desse contexto, o presente estudo teve o objetivo de avaliar, em condições de casa de vegetação, a eficácia de produtos biológicos no controle de *M. incognita* na cultura da soja.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi conduzido em condições de casa de vegetação no Instituto Federal Goiano – Campus Morrinhos. Inicialmente foram montadas sementeiras com soja e, após sete dias, as mudas foram transplantadas para vasos de 1 L preenchidos com uma mistura de solo e areia na proporção de 2:1, previamente autoclavada a 120 °C por 30 minutos (Figura 1). A adubação foi realizada com o fertilizante de liberação lenta Osmocote (NPK + micronutrientes) na concentração de 1,5 g por vaso, garantindo o suprimento nutricional ao longo de todo o ciclo de crescimento da cultura, com liberação controlada de nutrientes no momento adequado para sua absorção (Figura 2).

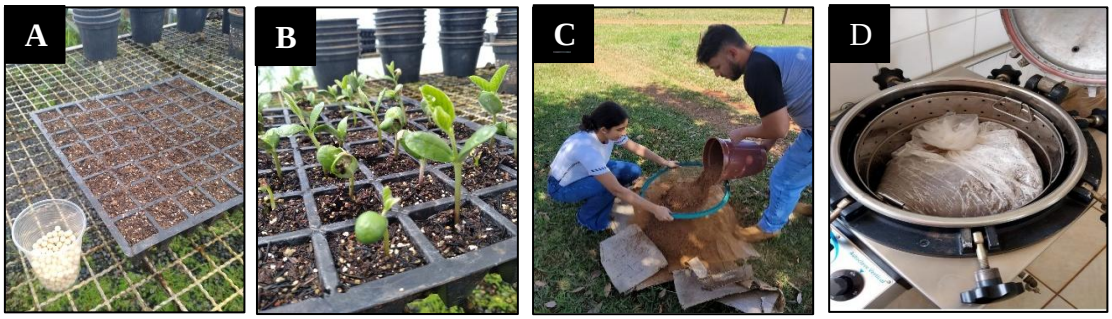


Figura 1- (A): Montagem das sementeiras com soja, (B): Plântulas de soja em estádio VE, (C): Preparo do substrato, (D): Substrato autoclavado.



Figura 2 – (A): Mudas prontas para o transplantio, (B): Vasos preenchidos com solo autoclavado, (C): Transplantio das mudas para o vaso, (D): Plantas adubadas com fertilizante Osmocote 1,5 g por vaso.

A população de *M. incognita* utilizada foi obtida a partir de raízes de jiloeiro, proveniente de inóculo do patógeno cultivado e cedido pelo Laboratório de Nematologia do Instituto Federal Goiano - Campus Morrinhos. Os inóculos foram obtidos pela técnica de Boneti & Ferraz (9), as raízes infectadas foram separadas do solo, lavadas em água corrente e cortadas em fragmentos de 1 a 2 cm. As raízes infectadas foram transferidas para um liquidificador, onde foram imersas em uma solução de hipoclorito de sódio a 0,5% de cloro ativo e trituradas em baixa rotação por 20 segundos. A suspensão resultante foi filtrada sequencialmente através de uma peneira de malha 200, sobreposta a uma peneira de 500 mesh, para a separação dos ovos de *M. incognita* (Figura 3). Em seguida, a suspensão foi quantificada utilizando a câmara de Peters sob microscópio fotônico com ampliação de 100x, ajustando-se a concentração para 1.000 ovos por mL. A calibração final da suspensão foi realizada por meio da equação: C1 × V1 = C2 × V2, onde C1 e V1 correspondem à concentração e ao volume iniciais, e C2 e V2 representam a concentração e o volume finais desejados (Figura 4).



Figura 3 – (A): População de *M. incógnita* obtida do jiloeiro, (B): Fragmentos de 1 a 2 cm das raízes infectadas, (C): Raízes batidas no liquidificador com a solução de Hipoclorito de Sódio, (D): Suspensão resultante filtrada por uma peneira de 200 sobreposta a uma de 500 mesh.

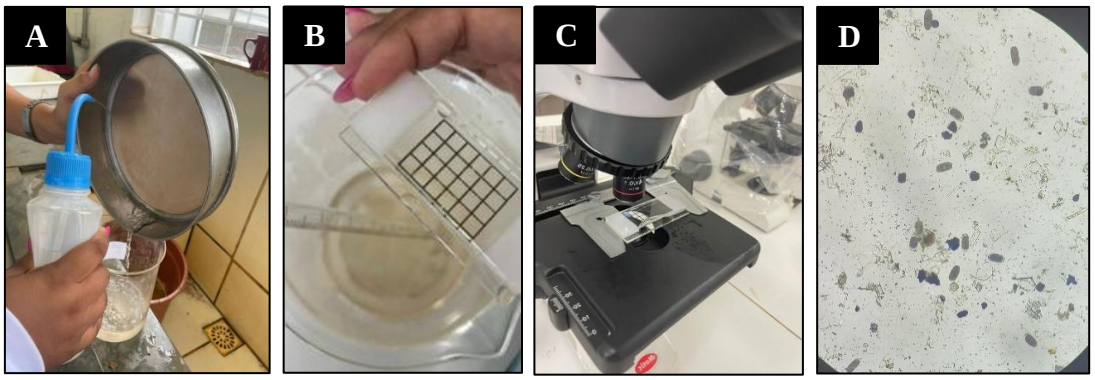


Figura 4 – (A): Retirada dos ovos retidos na peneira de 500 mesh, (B): Calibração de ovos com o uso de câmara de Peters, (C): Auxílio de um microscópio fotônico na ampliação de 100 X em câmara de Peters, (D): Ovos de *Meloidogyne incognita.*

O experimento foi composto por seis tratamentos, sendo dois controles (T1: somente planta; T2: planta + nematoide), com seis repetições, distribuídos em blocos casualizados. A inoculação de 4.000 ovos de *M. incognita* por planta foi realizada juntamente com a aplicação dos produtos biológicos na concentração de 2 mL L^{-1} por planta, 15 dias após o transplantio das mudas. Os produtos biológicos foram aplicados via solo, simulando a aplicação em sulco (Figura 5). Para isso, foram realizadas aberturas no solo e a aplicação das respectivas doses. A distribuição dos tratamentos, produtos utilizados, dosagens e número de aplicações está apresentada na Tabela 1.

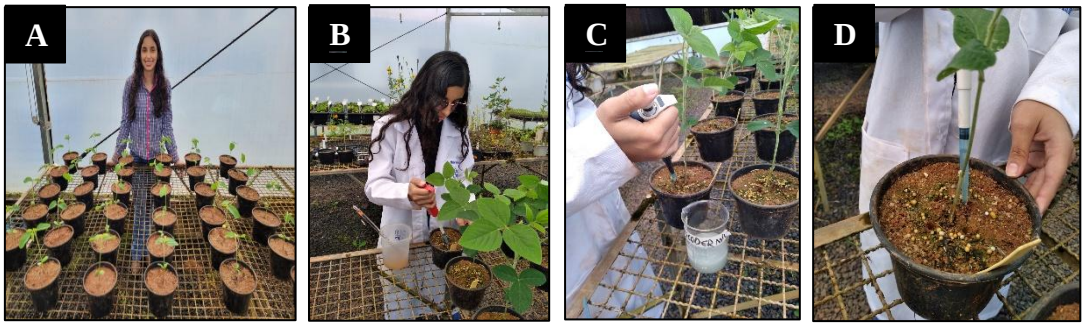


Figura 5 – (A): Experimento conduzido em Delineamento de blocos casualizados (DBC), (B): Inoculação do patógeno na planta, (C e D): Aplicação do produto biológico via solo.

Tabela 1. Distribuição dos tratamentos, produtos, doses por planta e números de aplicações

Tratamento	Produto	Doses	Número de Aplicações
T1	Controle	0	0
T2	Controle	0	0
T3	Onix	2 mL L^{-1}	1
T4	Caravan	2 mL L^{-1}	1
T5	Rizos	2 mL L^{-1}	1
T6	Trichodermil	2 mL L^{-1}	1

Aos 60 dias após a inoculação do nematoides, analisou-se as seguintes variáveis: massa da matéria fresca de raiz (MFR) e da parte aérea (MFPA), massa da matéria seca de parte aérea (MSPA) e número de ovos (NO). Após as avaliações os dados foram tabulados e submetidos análise de variância (ANOVA), teste F ($p \leq 0,05$) e teste de Scott-

Knott. As análises foram realizadas pelo software SISVAR (Sistema de Análise de Variância) (10).

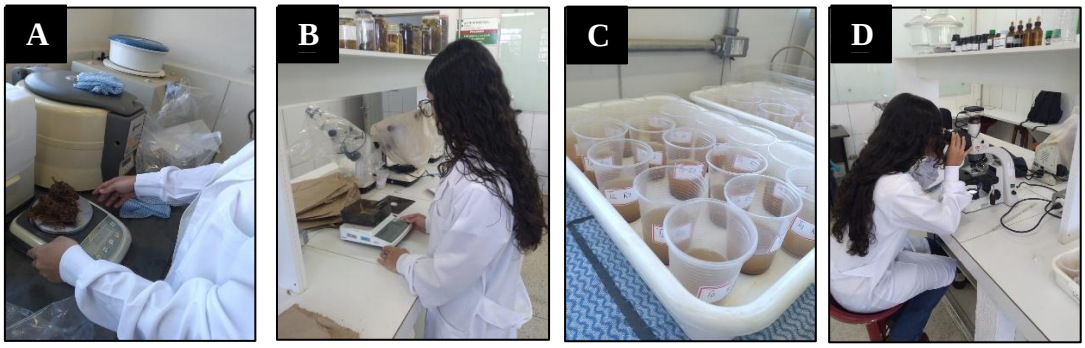


Figura 6 – (A): Raízes sendo pesadas na balança analítica, (B): Balança usada para aferição de MFPA, MFR e MSPA, (C): Amostras extraídas pelo método de Boneti & Ferraz (1981) para coleta dos ovos, (D): Contagem dos ovos realizada com o uso de câmera de Peters, contador manual e microscópio fotônico.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados com os valores das variáveis analisadas dos efeitos dos produtos biológicos sobre os nematoides encontram-se discriminados na tabela 2. Por meio da análise dos dados foi constatado que as variáveis do número de ovos e matéria fresca de raiz (MFR) houve diferença significativa entre os tratamentos (P≥0,05). Segundo Machado et al. (11) alguns agentes biológicos, como *Bacillus* e *Trichoderma*, apresentam o potencial no controle de nematoides proporcionando redução na população do patógeno.

Tabela 2 – Tabela de análise de variância do Número de Ovos (NO), matéria fresca de raiz (MFR), matéria fresca de parte aérea (MFPA), matéria seca de parte aérea (MSPA) pelo teste de Scott-Knott. Morrinhos (GO), 2024.

Causas de Variação	GL	**Quadrados Médios**			
		NO	MFR	MFPA	MSPA
Tratamento	5	46616685,24**	476,05*	9,03^{NS}	0,51 ^{NS}
Resíduo	30	3049630,31	179,71	12,86	1,36
Coeficiente de Variação (%)		33,61	35,01	32,41	33,62

Tratamentos
GL - Graus de liberdade
^{NS} - Não significativo pelo teste de F
** - Significativo ao nível de 1% de probabilidade, pelo teste de F
* - Significativo ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste de F

As variáveis de matéria fresca de parte aérea (MFPA) e matéria seca de parte aérea (MSPA) não foram influenciadas pelos produtos biológicos (P<0,05). Em relação a matéria fresca de raiz (MFR) verificou-se que o tratamento Rizos (*Bacillus subtilis*), proporcionou maior desenvolvimento radicular (P ≤ 0,05) com média 55,69 g (Tabela 3).

Tabela 3. Valores médios de Número de Ovos (NO), percentual de redução de ovos (PRO), Fator de reprodução (FR) matéria fresca de raiz (MFR), matéria fresca de parte aérea (MFPA), matéria seca de parte aérea (MSPA) em gramas, pelo teste de Scott-Knott.

Tratamentos	**Variáveis Analisadas**				
	NO	FR	MFR	MFPA	MSPA
Controle 1	0		38,77 b	11,87 a	3,43 a
Controle 2	8273,33 a	2,27 a	33,84 b	10,95 a	3,56 a
Onix	6085,33 b	1,52 b	36,01 b	11,42 a	3,59 a
Caravan	7606,00 a	1,90 a	30,90 b	10,69 a	3,34 a
Rizos	7445,33 a	1,86 a	55,69 a	12,51 a	3,90 a
Trichodermil	4766,66 b	1,19 b	34,54 b	8,94 a	3,02 a
Coeficiente de variação (CV)%	33,61		35,01	32,41	33,62

O controle 1, que não recebeu a inoculação de *M. incognita*, somente foi cultivada a soja em condições normais do experimento. Neste caso, não houve diferença estatística, quando comparado com o tratamento controle 2, somente inoculado *M. incognita*. Porém ao comparar as médias entre os 2 tratamentos controle, observou-se que o controle 1 teve maior percentual para o crescimento de raízes, onde a MFR aumentou 14,56%, a MFPA 8,40% e a MSPA de 3,65%. Demonstrando assim, que o fitonematoide provocou redução no desenvolvimento vegetativo na cultura da soja.

Para a variável número de ovos (NO), os tratamentos Trichodermil (*Trichoderma harzianum*, cepa ESALQ-1306) e Onix (*Bacillus methylotrophicus*, UFPEDA 20) apresentaram maior eficiência na redução da reprodução do nematoide (P ≤ 0,01) com médias de 4.766 e 6.085 ovos por planta.

Quanto as variáveis de matéria fresca de parte aérea (MFPA) e matéria seca de parte aérea (MSPA), apesar de numericamente superiores, não há diferença estatística entre os tratamentos. Tal fato, pode ter ocorrido devido as plantas terem recebido nutrição

adequada durante todo o seu ciclo de crescimento. Isso ocorre, pois, plantas bem nutridas suportam melhor as injúrias causadas por fitonematoides (12).

O tratamento controle 2, que recebeu apenas a inoculação de *M. incognita*, apresentou um menor número de ovos (NO) em comparação aos agentes de controle biológico. Esse resultado pode estar relacionado ao efeito do *Bacillus* spp., que estimulam o desenvolvimento radicular da planta, aumentando a área disponível para a penetração do nematoide e, consequentemente, promovendo maior tolerância ao parasitismo. Esse fenômeno foi evidenciado no tratamento com o produto biológico Rizos, que resultou em um aumento de 64,56% no desenvolvimento radicular e 41,18% de redução no número de ovos em relação ao tratamento controle 2 (planta + nematoide).

No trabalho realizado por Rodrigues (13), também realizado no laboratório de Nematologia do IF Goiano – Campus Morrinhos, a aplicação de produtos biológicos, a base de *Bacillus subtilis*, *Burkholderia pyrrocinia*, *Trichoderma asperellum* e *Pseudomonas fluorescens* na cultura da berinjela favoreceram positivamente o desenvolvimento da planta.

Em relação as variáveis relacionadas a reprodução do nematoide, o número de ovos (NO), os produtos Trichodermil (*Trichoderma harzianum*) e Onix (*Bacillus methylotrophicus*) demonstraram maior eficiência em relação aos demais biológicos, proporcionando um bom controle do fitonematoide. Estes resultados vão de encontro aos observados por Santin (14), ao utilizar o *Trichoderma* na cultivar de feijão Engopa Ouro, também resultando na redução do nematoide. Segundo Santos et al. (15) vários gêneros de fungos, a exemplo de *Trichoderma* apresentam atividade quitinolítica, e sabe-se que a quitina constitui uma grande porção externa dos ovos dos nematoides. Portanto, os fungos que produzem quitinases devem ser mais eficientes no parasitismo de ovos. Ainda, segundo o mesmo autor, a pressão exercida na cutícula do ovo aliada à atividade enzimática causa ruptura e, consequentemente, penetração do fungo e assim, a diminuição da população de nematoides (16). Este estudo corrobora com os resultados encontrados nesse trabalho.

Em trabalho realizado por Souza (17), onde analisou o potencial nematicida da bactéria *B. methylotrophicus* sob o nematoide *M. enterolobii* em goiabeiras, comprovou a atividade antagônica sobre o nematoide causando danos na estrutura dos ovos e na mortalidade de Juvenis. Um estudo da atividade de *B. methylotrophicus* no controle de nematoides de galhas foi avaliado *in vitro* e no campo no controle de *M. incognita* em

tomateiro mostrando eficiência no controle de fitonematoides (18). Resultados esses que corroboram com os encontrados nesse trabalho, demonstrando que o Onix tem potencial nematicida sobre o *M. incognita*, reduzindo a população de nematoides na cultura da soja.

Todavia, os resultados obtidos no trabalho realizado por Araújo e Marchesi (19) ao utilizar *Bacillus subtilis* evidenciou o efeito positivo dessa bactéria no aumento de biomassa de parte aérea e redução dos nematoides formadores de galhas na raiz de tomate. O trabalho de Mazzuchelli et al. (20) obteve resultados positivos que diferiram deste trabalho, segundo o autor, o tratamento com *Bacillus subtillis* obteve maior eficiência no controle dos nematoides em duas variedades de cana-de-açúcar. Apesar de estudos evidenciarem o efeito positivo dessa bactéria na redução do fitonematoide em plantas de diversas culturas, não ocorreu o mesmo para a soja estudada nesse trabalho, demonstrando que os resultados podem ser diferentes para outras culturas.

Estudos usando *Bacillus pumilus* em experimento em condições *in vitro* e em casa de vegetação, apresentaram resultados promissores mostrando eficácia desse organismo no controle de fitopatógenos (21). Como observado no trabalho de Nogueira et al. (22) utilizando o *B. pumilus* no controle de oídio em meloeiro apresentando resultados positivos no manejo do patógeno. Apesar de estudos evidenciarem o efeito positivo dessa bactéria no controle de fitopatógenos em diversas culturas, não ocorreu o mesmo nesse trabalho para os nematoides conforme observado, demonstrando que os resultados podem ser diferentes para esse patógeno e outras culturas.

CONCLUSÕES

Nenhum dos tratamentos teve efeito significativo sobre a matéria fresca da parte aérea (MFPA) e a matéria seca da parte aérea (MSPA).

Para a matéria fresca de raiz (MFR), o produto biológico Rizos (*Bacillus subtilis*) promoveu um aumento de 64,56% no desenvolvimento radicular em relação ao controle.

Os produtos Trichodermil (*Trichoderma harzianum*) e Onix (*Bacillus methylotrophicus*) apresentaram maior eficácia no controle de *M. incognita*, resultando em uma redução significativa da população do fitoparasita na cultura da soja.

Com base nos resultados obtidos, recomenda-se o uso dos produtos Trichodermil e Onix para o controle de *Meloidogyne incognita* na cultura da soja, na dose de 2 mL L^{-1}, aplicada via solo, devido à sua eficácia na redução da população do nematoide.

AGRADECIMENTOS

Ao Instituto Federal Goiano – Campus Morrinhos pelo apoio a pesquisa, a Lallemand Plant Care que forneceu alguns produtos biológicos para avaliação, ao meu orientador Dr. Rodrigo Vieira da Silva pela oportunidade e excelente orientação, a Me. Gabriela Araújo Martins pela orientação e auxílio durante todo o período de avaliação e a Graduanda em Agronomia Viviane Loriene Nascimento Soares da Silva pelo auxílio durante todo o período de avaliação.

REFERÊNCIAS

1. CONAB (Companhia Nacional de Abastecimento). Acompanhamento da safra brasileira: Grãos, 2024. Disponível em: https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos. Acesso em 29 de julho de 2024.

2. Piccoli, E. Importância da soja para o agronegócio: Uma análise sob o enfoque do aumento da produção de agricultores no Município de Santa Cecília do Sul. Dissertação (Bacharelado em Administração) - Faculdade e Escola, Tapejara, 2018. Acesso em 26 de julho de 2024.

3. Juhász, A. C. P. et.al. Desafios fitossanitários para a produção de soja. EMBRAPA: Informe Agropecuário. Belo Horizonte, v. 34, n. 276, p. 66-75, 2013.

4. Brasil. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Ministério da Agricultura mapeia principais pragas das lavouras brasileiras. Brasília, 2015. Disponível em: http://www.brasil.gov.br/economia-e-emprego/2015/08/ministério da-agricultura-mapeia-principais-pragas das-lavouras-brasileira. Acesso em 27 de julho de 2024.

5. Sociedade Brasileira de Nematologia (SBN). Pesquisa inédita revela mapa de crescimento e danos econômicos causados por nematoides e doenças iniciais nas principais culturas no Brasil, 2022. Disponível em: < https://www.syngenta.com.br/press-release/institucional/pesquisa-inedita-revela-mapa-de-crescimento-e-danos-economicos-causados>. Acesso em 31 de maio de 2023

6. Henning, A. A.; Almeida, A. M. R.; Godoy, C. V.; Seixas, C. D. S.; Yorinori, J. T.; Costamilan, L. M.; Ferreira, L. P.; Meyer, M. C.; Soares, R. M.; Dias, W. P. Manual de identificação de doenças da soja. 4. ed. Londrina: Embrapa Soja, p.74, 2012.

7. Tejo, D.P.; Fernandes, C.H.S.; Buratto, J.S. Fitonematoides e Estratégias Adotadas em seu Controle. Ensaios, v. 24, p. 126-130, 2020. Acesso e, 12 de maio de 2023.

8. Ferraz, S.; Santos, M.A. Controle biológico de fitonematoides pelo uso de fungos. Revisão Anual de Proteção de Plantas, v.3, p.283-314, 1995.

9. Boneti, J. I. S.; Ferraz, S. Modificação do método de HUSSEY & BARKER para extração de ovos de *Meloidogyne exigua* de raízes de cafeeiro. Fitopatologia Brasileira, Brasília, 6, 3: 553, 1981

10. Ferreira, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. Ciência e Agrotecnologia, Lavras, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, nov./dez. 2011.

11. Machado, Andressa Cristina Zamboni et al. Controle Biológico. Cuiabá - MT: Instituto Mato-Grossense do Algodão (IMAmt), 2016. 340 p. (8).

12. Silva, J. de. O. Meloidogyne incognita na cultura do tomate: levantamento e manejo com produtos biológicos. Goiânia: Universidade Federal de Goiás, Escola de Agronomia. 2015. 76 p. Dissertação de Mestrado.

13. Rodrigues, Rafaella Alves. UTILIZAÇÃO DE PRODUTOS BIOLÓGICOS NO CONTROLE DE M. enterolobii NA CULTURA DA BERINJELA. 2022. 43 f. TCC (Graduação) - Curso de Agronomia, If Goiano Campus - Morrinhos, Morrinhos-GO, 2022.

14. Santin, Rita de Cássia Madail. POTENCIAL DO USO DOS FUNGOS Trichoderma spp. E Paecilomyces lilacinus NO BIOCONTROLE DE Meloidogyne incognita EM Phaseolus vulgaris. 2008. 91 f. Tese (Doutorado) - Curso de Pós - Graduação em Fitotecnia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre-Rs, 2008.

15. Santos, Ananda Rosa Beserra et al. Agentes de biocontrole no manejo de Meloidogyne incógnita na cultura da soja. Delos Desarrollo Local Sostenible, Curitiba, v. 16, n. 45, p. 1615-1631, 17 ago. 2023.

16. Pires, D., Vicente, C. S. L., Menéndez, E., Faria, J. M. S., Rusinque, L., Camacho, M. J., Inácio, M. L. (2022).The Fight against Plant-Parasitic Nematodes: Current Status of Bacterial and Fungal Biocontrol Agents.Pathogens,11(10),1178

17. Souza, Karoliny de Almeida. Ação nematicida de Bacillus methylotrophicus sobre Meloidogyne enterelobii e alterações fisiológicas induzidas pelo nematoide em goiabeiras tratadas com o bionematicida. 2023. 138 f. Tese (Doutorado) - Curso de Programa de Pós-Graduação em Fitopatologia, Universidade de Brasília Instituto de Ciências Biológicas Departamento de Fitopatologia, Brasília, 2023. Cap. 2.

18. Zhou, L.; Yuen, G.; Wang, Y.; Wei, L. & JI, G. 2016. Evaluation of bacterial biological control agents for control of root- knot nematode disease on tomato. Crop Protection 84:8–13

19. Araujo, Fabio Fernando de; Marchesi, Gabriel Victor Poletto. Uso de Bacillus subtilis no controle da meloidoginose e na promoção do crescimento do tomateiro.

Ciência Rural, Santa Maria, v. 39, n. 5, p. 1558-1561, ago. 2009.

20. Mazzuchelli, Rita de Cássia Lima et al. EFICÁCIA DO CONTROLE DE NEMATÓIDES POR Bacillus subtilis EM DUAS VARIEDADES DE CANA-DE-AÇÚCAR. Colloquium Agrariae, Presidente Prudente, v. 7, p. 51-78, jul. 2011.

21. Agostino, Fabiana D'; Morandi, Marcelo Augusto Boechat. Análise da Viabilidade Comercial de Produtos à Base de Bacillus subtilis e Bacillus pumilus para o Controle de Fitopatógenos no Brasil. São Paulo, v. p. 299-316, 2009.

22. Nogueira, Diêgo Rodrigues Soares et al. EFICIÊNCIA DE Bacillus subtilis e B. pumilus NO CONTROLE DE Podosphaera xanthii EM MELOEIRO. Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável: GRUPO VERDE DE AGRICULTURA ALTERNATIVA (GVAA) ISSN 1981-8203, Mossoró- Rn, v. 6, n. 3, p. 125-130, set. 2011.

Capítulo 19

DOI: 10.53934/agronfy-2025-05-19

PRESENÇA DE ÁCAROS E PIOLHOS EM POEDEIRAS DA LINHAGEM LOHMANN WHITE

Luma Oliveira Escaliante *; Fernanda Paes de Oliveira Boreli ; Silvana Gomes Gonzalez

**Autor correspondente: Luma Oliveira Escaliante*
Email: escalianteluma@gmail.com

Resumo: A infestação por ectoparasitas, como ácaros e piolhos, pode causar impactos severos na avicultura, comprometendo a saúde das aves e reduzindo significativamente a produtividade, além de favorecer doenças secundárias. Este estudo teve como objetivo relatar um caso de infestação em galinhas linhagem comercial Lohmann White e avaliar os sinais clínicos apresentados, bem como os tratamentos utilizados. A análise parasitológica realizada evidenciou a presença de espécies como *Goniocotes gallinae*, *Menacanthus* sp. e *Megninia* sp., comuns em aves domésticas e responsáveis por lesões na pele e plumagem. Os sinais clínicos observados nas aves infestadas incluíram irritação cutânea, perda de penas em diversas regiões do corpo e redução na taxa de postura. Para o controle da infestação, foi utilizado um acaricida *pour-on*, que demonstrou eficácia parcial, com uma redução da infestação após uma semana de aplicação. Além disso, foram adotadas medidas de biossegurança, como a higienização rigorosa dos aviários e o controle do contato das aves com possíveis vetores de contaminação, visando minimizar a recorrência do problema. O estudo destaca a importância do monitoramento contínuo e do controle sanitário adequado, evidenciando a necessidade de estratégias integradas para garantir a saúde e o bem-estar das aves na produção avícola e evitar prejuízos significativos à produção.

Palavras-chave: Ectoparasitas; avicultura; *Gallus gallus domesticus*; controle sanitário; acaricidas.

INTRODUÇÃO

A espécie *Gallus gallus domesticus* refere-se às galinhas domésticas, uma das espécies mais importantes no contexto da produção animal, sendo amplamente utilizada tanto para a alimentação humana, através do fornecimento de carne, quanto para a produção de ovos, uma das principais fontes de proteína na dieta humana. Essas aves são criadas em grandes granjas aviárias, em sistemas industriais que garantem a produção em larga escala, e também em pequenas propriedades rurais, onde a criação é mais voltada para consumo local. Nos aviários, devido à alta densidade populacional e ao confinamento das aves em ambientes controlados, é comum que se crie um ambiente propício para o desenvolvimento e proliferação de ectoparasitas, como ácaros e piolhos. A aglomeração das aves nesses espaços restritos facilita a disseminação de parasitas, que podem causar danos significativos à saúde das aves, além de contribuir para a redução da produtividade, incluindo a diminuição da taxa de postura e outros problemas relacionados ao bem-estar animal. A infestação por ectoparasitas representa, portanto, um desafio relevante na avicultura, exigindo de estratégias adequadas de manejo e controle (1).

Os ectoparasitas hematófagos são parasitas externos obrigatórios em galinhas, além de possuírem uma grande variedade entre as aves silvestres e domésticas. Para seu desenvolvimento, esses organismos dependem da alimentação sanguínea (2, 3).

A presença de ácaros e piolhos em aves representa um problema significativo na avicultura devido aos diversos malefícios que esses parasitas podem acarretar. Além do desconforto direto que causam às aves, como estresse e irritação, esses ectoparasitas também estão associados à transmissão de doenças que afetam a saúde dos animais. Piolhos, ácaros e carrapatos, em sua maioria, atuam como sugadores de sangue, o que agrava ainda mais os impactos negativos nas aves. A infestação por esses parasitas pode levar a uma série de consequências, como a diminuição na produtividade de oviposição, uma vez que as aves comprometidas com infestações tendem a apresentar uma redução na produção de ovos. Além disso, o estresse gerado pela presença desses ectoparasitas pode resultar em perda de peso significativa, já que as aves se tornam menos ativas e, muitas vezes, perdem o apetite. A perda constante de sangue devido à picada dos parasitas pode, inclusive, levar a condições graves como anemia, que pode enfraquecer ainda mais as aves. Em casos mais severos e com infestações intensas, a anemia causada pela perda excessiva de sangue pode até ser fatal, representando uma ameaça para a saúde e o bem-estar do rebanho, além de impactar negativamente a produtividade da granja ou propriedade rural (4, 5).

O estresse causado pelo parasitismo em aves pode resultar em altos níveis de corticosteroides, o que leva à redução da ingestão de alimento, diminuição da atividade gonadal, possíveis alterações cardiovasculares e uma baixa resposta imune. Como consequência, essas aves tornam-se mais suscetíveis a doenças secundárias (6, 7)

Alguns ectoparasitas como o *Megninia spp*, são conhecidos como ácaros das penas, pois as fases juveníssimas e adultas vivem nas penas das aves, onde se alimentam das penas. Assim causando algumas alterações como folículos inchados, bárbulas cortadas ou rarefeitas e também o canhão fica recoberto de detritos (8, 9).

Os ectoparasitos dominantes que contagiam as poedeiras são os piolhos *Menopon gallinae* e *Menacanthus sp*, sendo que estes são mastigadores, isto é, se nutrem das penas e das descamações da pele. Durante todas as fases da vida desses parasitas eles vivem vinculada as penas das aves, em razão de que não sobrevivem por muito tempo ao ambiente (10).

A transmissão de bioagentes causadores de doenças pode estar relacionada à disseminação de *Pasteurella multocida*, agente da peste aviária, por meio de dois ectoparasitas de *Gallus gallus domesticus*: *Menacanthus stramineus* e *Menopon gallinae* (11, 12).

Os ectoparasitas de penas podem ser classificados de acordo com os micro-habitats que ocupam. Os ácaros dermícolas são encontrados na epiderme das aves, enquanto os calamícolas estão localizados no interior dos cálamos e na cauda. Já os plumícolas habitam as penas que recobrem o corpo das aves, conhecidas como plumas. Além disso, esses ácaros também podem ser identificados em outros locais, como as narinas (13, 14).

O monitoramento é de extrema importância para a conservação da biossegurança para instalações avícolas como fiscalizações de caminhões que chega, funcionários, alimentação que ali é fornecida para as aves e também o supervisionamento dos visitantes, pois o desprovimento dessas situações citadas acima irá potencializar as enfermidades (15, 16).

Existem inúmeros produtos acaricidas disponíveis especialmente para o uso ao longo do período de limpeza desocupado entre dois lotes de aves, tanto para tratamento do aviário quanto para equipamentos também. Alguns produtos estão à disposição em

formulação para aplicação em spray (17). O estudo teve como objetivo analisar a infestação de ectoparasitas em galinhas da raça Lohmann White, uma das raças mais comuns na avicultura comercial.

MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi realizada na FCE - Faculdade de Ciências e Engenharia - Câmpus de Tupã, Universidade Estadual Paulista (Unesp), localizada na cidade de Tupã, no interior do estado de São Paulo, durante os meses de março e abril. Para isso, foram analisadas cinquenta galinhas, com peso médio de 1,6 kg. As aves foram retiradas de uma granja comercial e encaminhadas para a câmara de experimentação, onde foram adaptadas ao novo ambiente e alimentadas com uma dieta balanceada. A dieta foi formulada para garantir o fornecimento adequado de nutrientes essenciais para o bom desenvolvimento das aves durante o período de adaptação e monitoramento.

Nos primeiros dias após a chegada das aves às câmaras, foi possível observar sinais clínicos característicos de infestação por ectoparasitas (figura 1, figura 2, figura 3). Algumas aves apresentaram queda de penas em determinadas áreas do corpo, com penas sujas e quebradiças, indicando possível infestação de piolhos e ácaros. Esses sinais clínicos, além de sugerirem um problema de saúde nas aves, apontaram para a necessidade urgente de um exame parasitológico complementar para o diagnóstico preciso da infestação. Suspeitou-se que os ectoparasitas, como ácaros e piolhos, tenham sido transportados da granja de origem, uma vez que esses parasitas podem se espalhar facilmente entre os animais em ambientes de criação.



Figura1- Penas quebradiças e sujas na parte da posterior da ave. Fonte: Dados da pesquisa, 2023.



Figura 2- Parte de cabeça e pescoço com falhas de penas e penas quebradiças. Fonte: Dados da pesquisa, 2023.

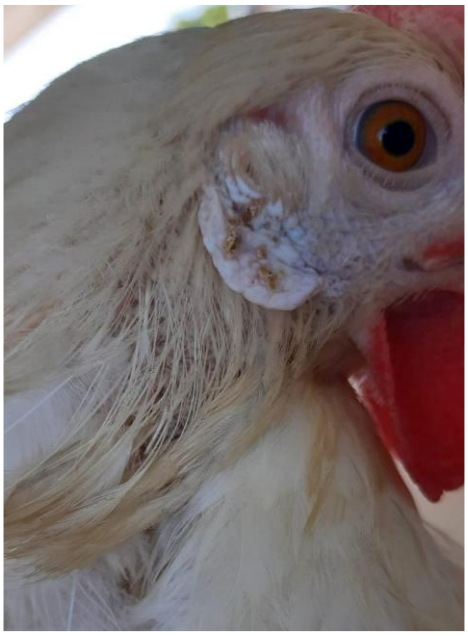


Figura 3 - Presença de secreção no lóbulo da orelha e também nas penas e penas quebradiças. Fonte: Dados da pesquisa, 2023.

Para a identificação dos ectoparasitas, foi realizada uma coleta de amostras nas penas das aves, além da coleta de penas para análise parasitológica da pele e das penas. Para aumentar a precisão da identificação, foi utilizada uma fita adesiva que foi pressionada contra a pele das aves, com o objetivo de capturar ácaros e piolhos presentes nas superfícies corporais das aves, facilitando a observação e identificação dos parasitas.

O exame parasitológico foi conduzido com a utilização de três gotas de hidróxido de potássio (KOH) a 20%, que foram aplicadas cuidadosamente sobre as amostras com a ajuda de um bastão de vidro. A solução de KOH foi mexida até que o material ficasse completamente coberto. Uma lamínula foi colocada sobre as amostras para estabilizar os parasitas, e a lâmina com a fita adesiva foi então analisada sob um microscópio. Esse procedimento permitiu observar os ectoparasitas ainda vivos e em movimento, o que facilitou sua identificação.

A identificação dos parasitas foi realizada com base nas características observadas sob o microscópio. Foram encontrados três tipos de piolhos: *Goniocotes gallinae* (figura4), *Menacanthus sp*. (figura 5) e um piolho de gênero não identificado, mas que se suspeita ser *Lipeurus caponis*. (figura 6). Além dos piolhos, também foi identificado um tipo de ácaro, que apresentava semelhanças com a espécie *Megninia sp.* (figura 7 e figura 8). Esses parasitas são conhecidos por infestar as penas e a pele das aves, causando lesões e contribuindo para a deterioração da saúde das mesmas.

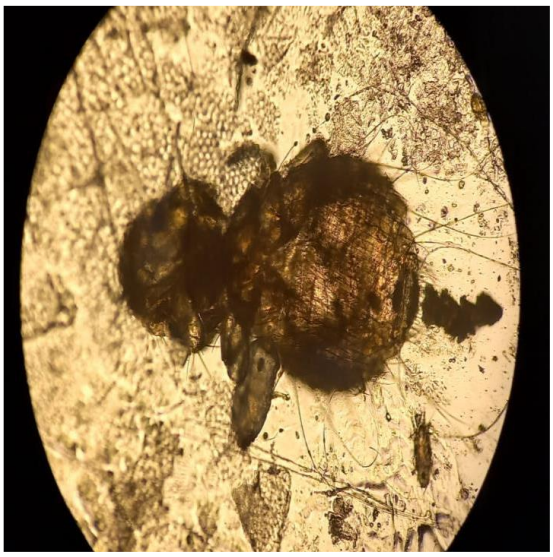


Figura 4 - *Goniocotes gallinae.* Fonte: Dados da pesquisa,2023.

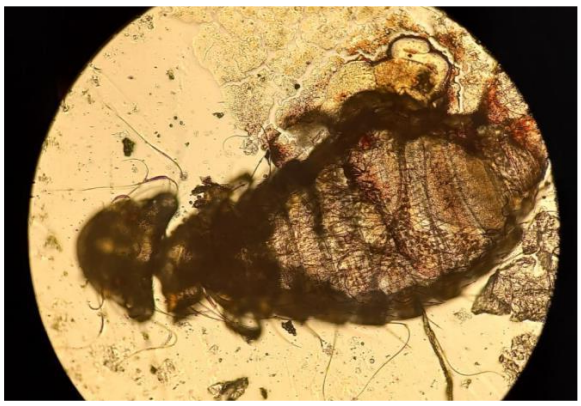


Figura 5 - *Menacanthus sp*. Fonte: Dados da pesquisa, 2023.



Figura 6 - Suspeitas de *Lipeurus caponis.* Fonte: Dados da pesquisa, 2023.



Figura 7 - Fêmea *Megninia sp.* Fonte: Dados da pesquisa, 2023.



Figura 8 - Macho *Megninia sp.* Fonte: Dados da pesquisa, 2023.

Após o diagnóstico, foi realizado um tratamento em todas as aves alojadas. O tratamento consistiu na aplicação única de 1 grama por ave do acaricida *Talfon Top*® (princípio ativo: *carbary*l e *cipermetrina*), administrado via *pour-on*.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A infestação por ectoparasitas é de grande relevância na avicultura, pois esses parasitas causam danos diretos às aves e podem contribuir para o desenvolvimento de doenças secundárias, como infecções bacterianas e doenças respiratórias. Estudos indicam que ácaros e piolhos podem afetar diversas áreas do corpo das aves, incluindo a epiderme, cauda, plumas, cabeça e pescoço (14, 13). No presente estudo, observou-se a presença desses ectoparasitas em várias partes do corpo das aves, corroborando com relatos anteriores que documentaram infestações em múltiplas áreas (13).

Os sinais clínicos observados, como queda de penas, penas sujas e quebradiças, canhão com detritos e pele irritada, são consistentes com os sintomas descritos na literatura, que indicam alterações na plumagem e na pele como indicadores típicos de infestação por ectoparasitas (18). Embora esses sinais tenham sido detectados, não foram observadas alterações cardiovasculares ou diminuição na alimentação e na oviposição, sintomas frequentemente encontrados em casos mais graves de infestação (5). A ausência desses sinais

pode indicar que a infestação foi de gravidade moderada ou que as aves estavam em um estágio inicial da infecção, conforme relatado em estudos que apontam sintomas menos graves em infestações iniciais de piolhos e ácaros (19).

A identificação precoce dos ectoparasitas foi fundamental para o controle eficaz da infestação. A monitorização rigorosa das aves, especialmente no início da infecção, é fundamental para um controle rápido e eficiente, conforme evidenciado em diversos estudos (16). A realização de raspados cutâneos e a coleta de penas para análise parasitológica se mostraram eficazes na identificação de ácaros e piolhos (13). No presente estudo, foi possível identificar *Goniocotes gallinae*, *Menacanthus* sp. e *Megninia* sp., com base nas características microscópicas observadas (12)

O tratamento das aves foi realizado com o acaricida *Talfon Top*® (princípio ativo: carbaryl e cipermetrina), aplicado via *pour-on*. Esse acaricida é amplamente utilizado para o controle de ectoparasitas em aves e animais de criação. Após uma semana de tratamento, embora a infestação de ectoparasitas ainda fosse detectada em algumas aves, foi observada uma redução significativa na presença de piolhos e ácaros. A redução parcial da infestação sugere que o acaricida teve efeito, mas também indica a necessidade de possíveis tratamentos adicionais para garantir a erradicação completa dos parasitas. Embora tenha ocorrido uma redução na infestação após uma única aplicação, a presença de ectoparasitas ainda foi observada sete dias após o tratamento. Esse resultado sugere que uma aplicação adicional poderia ser necessária para eliminar completamente os parasitas, conforme observado por Rezende (20), que identificou a necessidade de tratamentos repetidos em infestações persistentes. Além disso, a literatura recomenda o polvilhamento de acaricida nas camas das aves para garantir a erradicação completa dos ectoparasitas (21).

CONCLUSÕES

Os ectoparasitas, como ácaros e piolhos, comprometem a saúde e a produtividade das aves, tornando-as mais vulneráveis a doenças secundárias. O monitoramento contínuo, exames parasitológicos regulares e fiscalização das instalações são essenciais para a prevenção. O uso de acaricidas, aliado à gestão da cama e boas práticas de biossegurança, reduz a carga parasitária. Este estudo destaca a importância do diagnóstico precoce e do controle eficaz para melhorar a saúde das aves e otimizar a produção avícola, reforçando a necessidade de estratégias integradas para um manejo sustentável.

REFERÊNCIAS

1.Santos LSS. Incidência de *Phthiraptera* em *Gallus gallus* (Linnaeus, 1758) de criações coloniais na região sul do Rio Grande do Sul. Trabalho de Conclusão de Curso. Pelotas/RS: Universidade Federal de Pelotas; 2009. 30 p.

2.Matthysse JG. The biology of the chicken mite, *Dermanyssus gallinae* (De Geer) (Acarina: *Dermanyssidae*). J Med Entomol. 1972;9(5):497-506.

3.Tucci EC, Guimarães JH, Bruno TV, Gama MS, Santos AMM. Ocorrência de ácaros hematófagos em aviários de postura no estado de São Paulo. Rev Bras Parasitol Vet. 1998;7(1):71-8.

4.Ralph L. *Plasmodium carmelinoi* n. sp. (*Haemosporida: Plasmodiidae*) of the penguin Spheniscus magellanicus from the South Atlantic Ocean. Parasitol Res. 2010;106(5):1151-6.

5.Rassouli M, Darvishi MM, Lima RRS. Ectoparasite (louse, mite and tick) infestations on female turkeys (Galliformes, *Phasianidae*. *Meleagris gallopavo*) in Iran. J Parasit Dis. 2016;40(4):1226-9.

6.De Vaney JA. Northern fowl mite (*Ornithonyssus sylviarum*) parasitism in commercial caged laying hens: temporal changes in distribution, prevalence, and intensity. Poult Sci. 1986;65(5):1018-23.

7.Axtell RC, Arends JJ. Ecology and management of arthropod pests of poultry. Annu Rev Entomol. 1990;35(1):101-26.

8.Reis A. Contribuição para o estudo dos ácaros das penas das aves domésticas. Arq Inst Biol. 1939;10(1):1-20.

9.Tucci MR, Costa LS, Leite LRA. Estudo sobre o parasitismo de *Megninia spp*. e seus efeitos em galinhas poedeiras comerciais. Rev Bras Parasitol Vet. 2005;14(3):135-40.

10.Saatkamp M, Duarte SC, Louly CCB, Ferreira LL, Araujo ICS. Importância, identificação e controle de piolhos e ácaros em galinhas poedeiras: Perguntas e Respostas. 1.ed. Embrapa; 2020.

11.Derylo A. Mallophaga as a reservoir of Pasteurella multocida. Acta Parasitol Pol. 1970;17(7):301-13.

12.Valim MP. Alguns *Phthiraptera* (Insecta) parasitos de *Bucconidae* e *Galbulidae* (aves: piciformes) da Fazenda Água Limpa, Brasília-DF. Belo Horizonte/MG: Universidade Federal de Minas Gerais; 2009;87.

13.Dabert J, Mironov SV. Feather mites (Acari: *Astigmata*) of birds: origin, evolution, coevolution. Exp Appl Acarol. 1999;23(8):437-54.

14.Gaud J, Atyeo WT. Les Acariens des oiseaux de la région Paléarctique. Mém Mus Natl Hist Nat.1996;171:1-193.

15.Borne PM, Comte S. Vacinas e vacinação na produção avícola. São Paulo: Ceva Santé Animale; 2003.

16.Faleiro DCC. Ácaros associados a ninhos abandonados por pássaros e as aves de postura de ovos comerciais, no Vale do Taquari, Rio Grande do Sul. Lajeado/RS: Centro Universitário Univates; 2012;86.

17.Flochlay AS, Thoma E, Sparagano O. Poultry red mite (*Dermanyssus gallinae*) infestation: a broad impact parasitological disease that still remains a significant challenge for the egg-laying industry in Europe. Parasites Vectors. 2017;10(357).

18.Gabriel A. Ectoparasites in poultry: Identification, control, and treatment. Poultry Sci J. 2019;45(3):140-148.

19.Rezende LC. Aspectos epidemiológicos de *Megninia spp* (Acari: *Analgidae*) e malófagos (Insecta: *Phthiraptera*) na avicultura de postura de Minas Gerais.Belo Horizonte/MG: Universidade Federal de Minas Gerais; 2012; 82.

20.Rezende JF. Acaricidas e piolhos: Eficácia no controle em aves domésticas. Arq Bras Med Vet Zootec. 2014;66(4):1-12.

21.Rassouli M, Boussi L, Boushaki M. Infestation by ectoparasites in domestic poultry and their impact on performance. Vet Parasitol.2015;215:52-58.

Capítulo 20

DOI: 10.53934/agronfy-2025-05-20

EXPLORAÇÃO DA PRODUÇÃO DE CERVEJA CATHARINA SOUR COM FRUTAS TROPICAIS: DESAFIOS, INOVAÇÕES E PERSPECTIVAS DE MERCADO

Rafael Souza Cruz[1]*; Jonas Luiz Almada da Silva[2]; Clarissa Maia de Aquino[3]

[1] Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC/CCA),
[2] Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE) – Campus Limoeiro do Norte,
[3] Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE) – Campus Limoeiro do Norte

**Autor correspondente – Email: rafaelsouzacruz123@gmail.com*

Resumo: Este estudo descritivo e exploratório investiga a produção da cerveja Catharina Sour com frutas nativas da Mata Atlântica através de uma revisão narrativa. A adição de frutas na formulação de cervejas artesanais tem se consolidado como uma estratégia inovadora, agregando valor sensorial, funcional e nutricional. Esse processo não apenas diversifica o portfólio das cervejarias, mas também fortalece a identidade regional e estimula a valorização de ingredientes nativos. Foram analisadas características físico-químicas, microbiológicas e sensoriais, com foco nos impactos da adição de frutas na acidez, atividade antioxidante e aceitação do consumidor. Os resultados indicam o uso de frutas tropicais apresenta um potencial significativo para impulsionar a economia local, estimular a inovação no setor cervejeiro e atender à crescente demanda por produtos diferenciados e de alto valor agregado. Dessa forma, o estudo contribui para a para a expansão do conhecimento sobre cervejas frutadas no Brasil, evidenciando oportunidades e desafios dentro do mercado cervejeiro nacional e internacional. Os dados desta pesquisa podem subsidiar o desenvolvimento de novas formulações, estratégias de comercialização e políticas de incentivo à produção artesanal, favorecendo a diversificação da oferta e a competitividade do setor.

Palavras–chave: Cervejas artesanais; identidade regional; mercado cervejeiro.

INTRODUÇÃO

A cerveja é uma das bebidas mais antigas consumidas no mundo, sendo resultado da inventividade humana e da interação entre diferentes culturas ao longo do tempo (1). No Brasil, o Decreto nº 6.871, de 4 de junho de 2009, a define como sendo uma bebida alcoólica obtida pela fermentação de cereais, especialmente cevada, e que pode conter

lúpulo. Esta regulamentação estabelece os critérios para a produção e comercialização de cervejas no país, assegurando padrões de sua qualidade e autenticidade (2).

Dados apontam que, a cerveja é considerada uma das bebidas mais consumidas mundialmente, gerando cerca de 2,7 milhões de empregos diretos e indiretos e movimenta 1,6% do Produto Interno Bruto (PIB) brasileiro conforme dados da Associação Brasileira da Indústria da Cerveja (3). O mercado cervejeiro é segmentado em dois setores distintos, relacionados à produção e ao consumo: o de cervejas de massa, amplamente comercializadas e produzidas em larga escala, e o de cervejas especiais artesanais, que se destacam pela qualidade, variedade de ingredientes e processos diferenciados. As cervejas de massa são aquelas produzidas e comercializadas em larga escala e destinadas a atender o público com marcas especificas (Skol®, Brahma®, Bohemia®, Antarctica®), enquanto as cervejas artesanais são produzidas em menor escala, mas apresentando igual ou superior qualidade (1).

Nas últimas décadas, o mercado brasileiro testemunhou um aumento na indústria de cerveja artesanal, destacando-se a preferência dos consumidores por bebidas com sabores complexos e o maior envolvimento com a cultura (4).

Os diferentes estilos de cerveja, consumidas ao redor do mundo e do Brasil, refletem na diversidade cultural e a expressão de características regionais. Neste cenário de produção, comercialização e consumo de cervejas artesanais, destaca-se a cerveja Catharina Sour, especialmente na região Sul do país. A produção dessa cerveja é baseada no uso de maltes de trigo e cevada. O processo envolve duas etapas de fermentação: a primeira, lática, que promove o desenvolvimento da acidez, e a segunda, alcoolica, responsável pela conversão dos açúcares do mosto em álcool. Sensorialmente, a Catharina Sour apresenta um amargor suave, corpo leve e uma acidez marcante, características que têm atraído consumidores em busca de experiências inovadoras (5; 6).

Os microrganismos empregados durante a fermentação desempenham um papel central na definição de sua qualidade sensorial, destacando-se o uso de bactérias como *Lactiplantibacillus plantarum* e o *Lacticaseibacillus rhamnosus* durante a fermentação lática (5). Já, durante a fermentação alcoolica as leveduras convertem os açúcares do mosto em álcool, dióxido de carbono e compostos que influenciam o sabor e o aroma (7).

A adição de frutas na produção de cervejas artesanais tem se tornado uma prática cada vez mais comum, pois contribui para a criação de sabores e aromas distintos, conferindo características únicas à bebida. Além disso, essa técnica permite a exploração e valorização da biodiversidade vegetal, agregando valor cultural e econômico ao produto. Nesse contexto, a produção da cerveja Catharina Sour com frutas nativas e/ou endêmicas da Mata Atlântica vem ganhando destaque, pois alia inovação, identidade regional e tendências de consumo, ao mesmo tempo em que amplia oportunidades de mercado e fortalece a diferenciação do setor cervejeiro artesanal.

A interação entre frutas, microrganismos e os parâmetros de produção exige um controle rigoroso para garantir a consistência e a qualidade do produto. Fatores como o tipo de fruta utilizada, o método de adição ao mosto e o momento de incorporação influenciam diretamente as características físico-químicas e sensoriais da bebida, impactando sua acidez, complexidade aromática e estabilidade. Compreender essas interações é fundamental para aprimorar a eficiência energética do processo, otimizar recursos e possibilitar o aumento de escala (8).

Diante disso, torna-se essencial aprofundar as pesquisas sobre a produção de cervejas e os impactos da adição de frutas em seus atributos sensoriais. Além de aprimorar o aroma e o sabor, a incorporação de compostos naturais pode agregar valor sensorial e

melhorar a qualidade final da bebida. Paralelamente, a otimização dos métodos de adição de ingredientes também se mostra fundamental para garantir maior padronização e estabilidade do produto.

Nesse contexto, este estudo oferece uma revisão sobre o uso de frutas nativas da Mata Atlântica na elaboração de cervejas diferentes como os estilos de cerveja e da Catharina Sour, além de debater sobre os desafios, inovações e perspectivas de mercado. Para isto, a revisão é dividida nos seguintes tópicos: introdução, apresentando uma visão geral sobre o estudo; o desenvolvimento abordando um breve histórico sobre a cerveja, o cenário cervejeiro no Brasil e no mundo, os estilos de cerveja focando na Catharina Sour e a adição de frutas em cervejas e, por fim, as considerações finais.

BREVE HISTÓRIA DA CERVEJA

A cerveja é considerada como a bebida mais antiga consumida pelo homem, porém, ainda não há um consenso entre os historiadores de sua origem. Estima-se que o consumo de bebidas fermentadas pelo ser humano começou a cerca de 30 mil anos, e estudos apontam para sua produção por volta de 8.000 a.C. provavelmente difundida com as culturas de milho, centeio e cevada entre povos da Suméria, Babilônia e Egito e, posteriormente produzida por Gregos e Romanos durante suas civilizações (9).

Outros estudos indicam que os primeiros registros de sua produção datam do período Neolítico, quando as antigas comunidades do Oriente Médio e do Egito produziam uma forma rudimentar da bebida usando grãos e água (10). Mesmo diante da incerteza da sua origem, a cerveja possui uma história distinta e diversificada transmitida através de culturas e épocas (11).

Desde a descoberta da fermentação, a cerveja evoluiu, incluindo ingredientes e técnicas que a transformam de uma simples bebida em uma série de experiências sensoriais complexas que respondem a sabores e variações (12).

Na Mesopotâmia, a cerveja tinha um lugar central na vida cotidiana. Os sumérios, uma das primeiras civilizações a fabricar cerveja em grande escala, tinham até uma deusa da cerveja, Ninkasi, adorada em rituais de produção e consumo da bebida (13). Os antigos egípcios também eram conhecidos por sua apreciação pela cerveja. Eles aprimoraram as técnicas de fabricação, introduzindo métodos de fermentação mais sofisticados e adicionando uma variedade de ingredientes, como mel e especiarias, para criar uma ampla gama de sabores (14).

Durante a Idade Média, os mosteiros desempenharam um papel fundamental na preservação e desenvolvimento da arte de fazer cerveja. Monges cervejeiros, como os da Ordem de São Bento, aperfeiçoaram as técnicas de produção e mantiveram viva a tradição da cerveja durante os períodos de escassez e instabilidade (14).

Com a Revolução Industrial, a produção de cerveja passou por uma transformação significativa. A introdução de novas tecnologias, como o malteamento em larga escala e a refrigeração artificial, permitiu a produção em massa e o surgimento das primeiras cervejarias comerciais (1).

Na Alemanha foi implementada a Lei da Pureza, ou *Reinheitsgebot*, que determinava que apenas três ingredientes poderiam ser usados na produção de cerveja: água, cevada e lúpulo. A levedura foi adicionada à lista de ingredientes permitidos mais tarde, após sua descoberta no processo de fermentação. O objetivo desta lei era garantir a qualidade e a pureza da cerveja, bem como proteger os consumidores de práticas desleais e garantir um preço justo (15).

O consumo de cerveja no Brasil foi introduzido no século XIX, principalmente com a chegada dos europeus e da família real portuguesa ao país. A produção local

começou a se expandir no início do século XX, com o estabelecimento de várias cervejarias que passaram a atender a uma demanda crescente (13; 16).

A industrialização e a popularização da cerveja no Brasil se aceleraram ao longo dos anos, consolidando-a como uma das bebidas alcoólicas mais consumidas no país (16). A região Sudeste era onde se concentrava a maior parte do mercado, mas a indústria cervejeira também era beneficiada pela facilidade nas trocas comerciais, pois ali chegavam com maior frequência os navios vindos da Europa, de onde eram adquiridos o maquinário e a matéria-prima para a produção (13).

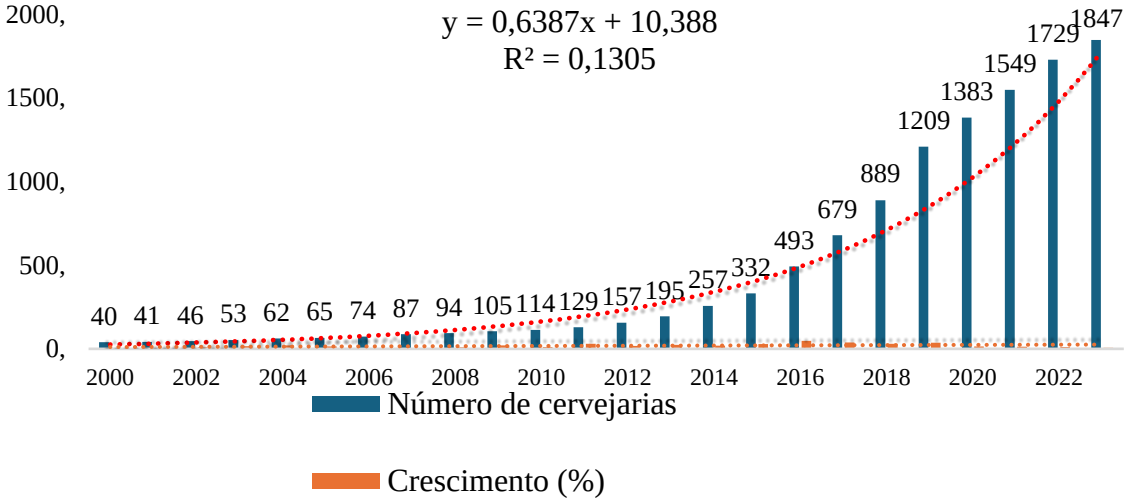
O mercado cervejeiro tem mantido constante evolução nos últimos anos contemplando cervejas tradicionais e artesanais. Enquanto as cervejas tradicionais são produzidas em larga escala com ingredientes padronizados e elevados níveis de controle de qualidade (4) as artesanais destacam-se por sua produção manual, menor automação e um maior cuidado devido a proximidade ao processo (17).

O MERCADO CERVEJEIRO NO BRASIL

O brasileiro nutre verdadeira paixão por cerveja, sendo uma bebida amplamente consumida de norte a sul do país, conforme o relatório da Kirin Holdings Company, publicado em dezembro de 2022, que destaca o Brasil como o 3º maior consumidor de cerveja no mundo, com um consumo total de 14.550 milhões quilolitros em 2021 e uma média de 69,7% de litros por pessoa (18). Além disso, o Brasil é responsável por 7,8% do consumo mundial de cerveja, que atingiu 189 (cento e oitenta e nove) milhões de quilolitros em 2021, representando um aumento de 4% em relação ao ano anterior (19; 20; 21).

Anualmente, o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) produz o Anuário da Cerveja, documento institucional que reporta dados e informações referentes ao setor. Em 2023, os estabelecimentos produtores de cerveja registrados atingiram o número de 1.847, apresentando um crescimento de 6,8% e totalizando um aumento de 118 cervejarias em relação ao ano anterior, sendo em números absolutos, o 8º maior aumento da série histórica.

Figura 1 – Crescimento do número de cervejarias registradas no Brasil (2000 a 2023).



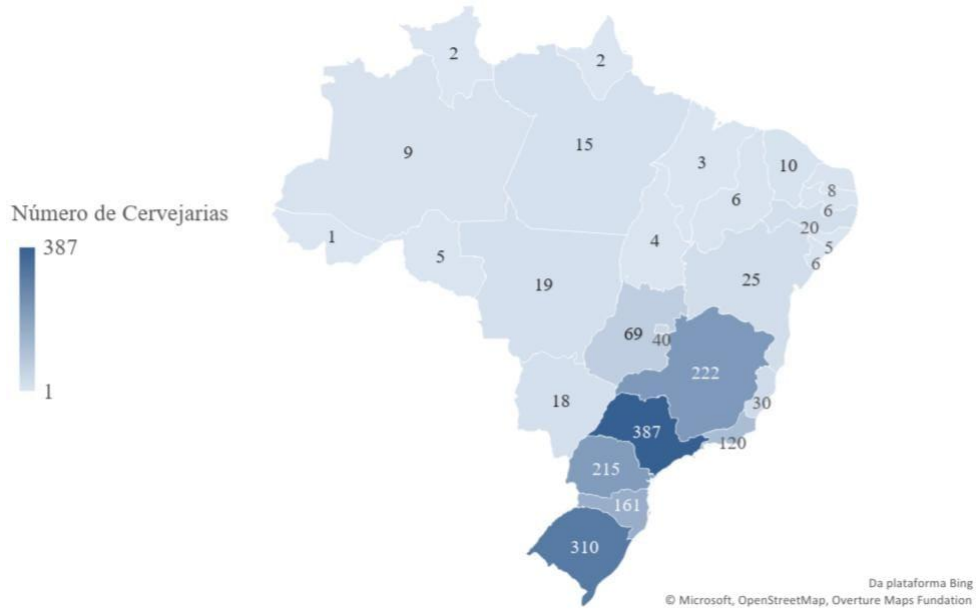
Fonte: Adaptado de Brasil (nº 6871).

O mercado cervejeiro segue em crescimento e é parte de uma tendência global de valorização de produtos locais e de qualidade superior, mas também reflete uma mudança no comportamento do consumidor brasileiro. Cada vez mais pessoas estão dispostas a pagar um pouco mais por cervejas que ofereçam uma experiência sensorial diferenciada, seja em termos de sabor, aroma ou técnicas de produção (21; 22).

Outro fator que pode ser responsável por este crescimento é a diversidade de marcas e estilos de cerveja no mercado brasileiro, que reflete diretamente na amplitude do consumo, capaz de atingir diversos públicos e faixas de preços. Além de movimentar a economia, este cenário desperta o interesse em empreender no setor, pois cada vez mais o mercado cervejeiro torna-se uma oportunidade de um negócio lucrativo (23; 19; 24). De certa forma, essa nova dinâmica de consumo de cervejas associado com a aceleração na criação de novos produtos diferenciados, com matérias-primas de alta qualidade e sua produção também reflete positivamente com a geração e distribuição de renda da população.

Todas as regiões do país apresentaram aumento no número de cervejarias, entretanto, com 856 estabelecimentos, a região Sudeste apresenta o maior número de cervejarias registradas o que representa 46,3% do total de cervejarias do Brasil. O estado de São Paulo lidera com o maior número de cervejarias registradas, com a marca de 410 cervejarias, apresentando um crescimento de 5,9%, com 23 estabelecimentos a mais que o ano anterior.

Figura 2 – Distribuição de Cervejas por Estados Federativos registradas no Brasil (2000 a 2023).



Fonte: Adaptado de Brasil (nº 6871).

A distribuição das cervejarias pelo território brasileiro apresenta um retrato claro das desigualdades regionais em termos de desenvolvimento econômico, cultural e de infraestrutura. Os dados analisados evidenciam uma forte concentração nas regiões Sul e Sudeste, com uma distribuição gradativamente menor em demais regiões.

Observa-se uma maior concentração de cervejarias nos estados do Sul e Sudeste do Brasil, com destaque para Santa Catarina com (387 cervejarias), Rio Grande do Sul com (310 cervejarias) e São Paulo (222 cervejarias). Essas regiões apresentam vantagens

estruturais como: melhores rodovias, acessibilidade a insumos e redes logísticas desenvolvidas que facilitam a operação das cervejarias, além do poder aquisitivo da população com maior renda per capita, favorecendo o consumo de cervejas artesanais e especiais. A Cultura cervejeira no Estados como Santa Catarina e Rio Grande do Sul possui tradição na produção e consumo de cervejas, devido à influência cultural que é particularmente evidente nos estados do Sul, onde a presença de imigrantes europeus, especialmente alemães, moldou hábitos de consumo e incentivou a produção local. Eventos como a Oktoberfest em Blumenau (SC) reforçam essa tradição, promovendo o turismo e o desenvolvimento regional (5).

Os estados do Centro-Oeste também demonstram um crescimento relevante, com destaque para Goiás e Distrito Federal, que têm investido em microcervejarias e eventos regionais. Essas áreas possuem potencial para expandir o mercado devido à localização estratégica e ao aumento do poder aquisitivo da população.

No Norte e Nordeste, a presença de cervejarias artesanais ainda é limitada, com alguns estados, como Amazonas e Amapá, possuindo apenas uma unidade cada. Entre os principais desafios enfrentados pelo setor na região estão as dificuldades logísticas, o menor poder aquisitivo da população e a baixa tradição cultural associada ao consumo de cervejas artesanais, fatores que impactam diretamente a expansão e a competitividade do mercado local. No entanto, o Ceará e a Bahia têm mostrado avanços, com novas iniciativas e produções locais que valorizam ingredientes regionais (25).

Outros estados do Nordeste, como Pernambuco e Rio Grande do Norte, têm investido em microcervejarias e eventos regionais. Esses estados vêm explorando ingredientes locais, como frutas tropicais, para criar produtos únicos e valorizar a identidade cultural. Pernambuco, em particular, destaca-se pelo crescente número de festivais de cerveja e pelo aumento do interesse na produção artesanal (26).

No Norte, o estado do Pará apresenta grande potencial para a expansão das cervejarias artesanais, impulsionado por sua rica biodiversidade e a disponibilidade de ingredientes regionais, como açaí e cupuaçu, que agregam diferenciação sensorial e valor mercadológico às receitas. No entanto, o acesso limitado a insumos e os altos custos de transporte ainda representam desafios significativos para a expansão local. Essa desigualdade regional evidencia a necessidade de estratégias que incentivem o desenvolvimento do setor, incluindo políticas públicas, capacitação profissional e investimentos em infraestrutura, fundamentais para fortalecer a produção cervejeira na região.

Entre 2000 e 2023, o mercado de cervejas artesanais cresceu de forma significativa, e essa expansão é refletida na distribuição apresentada em relação ao consumidor consciente, que busca por produtos de maior qualidade e exclusivos que impulsionam o surgimento de novas cervejarias, especialmente nas regiões mais desenvolvidas (10). O turismo na região Sul e Sudeste também impactam o crescimento e desenvolvimento das cervejarias por aproveitarem os festivais de cerveja como o Oktoberfest em Blumenau, para fortalecer o setor.

Embora a concentração permaneça evidente, há oportunidades de crescimento em outras regiões devido aos incentivos fiscais tais como: Políticas públicas que podem atrair investimentos para regiões com menos cervejarias; a valorização de ingredientes locais para o uso de insumos regionais, como frutas da Amazônia e ingredientes do Cerrado, que pode criar uma identidade única para cervejas em estados com menor tradição. Escolas Técnicas também são consideradas as referências mundiais no desenvolvimento de estilos, que estão intimamente ligados aos processos de produção locais e características históricas, sociais e culturais (27).

OS ESTILOS DE CERVEJA

Os estilos de cerveja são tão diversos quanto os paladares dos apreciadores dessa bebida milenar. Desde as refrescantes e leves Pilsens até as encorpadas e complexas Stouts, cada estilo se destaca por características únicas de sabor, aroma, coloração e teor alcoólico, proporcionando uma ampla gama de experiências sensoriais aos consumidores.

A escolha dos ingredientes, como tipos de malte, lúpulo e fermento, assim como o processo de fermentação, influencia diretamente no resultado final, permitindo a criação de infinitas possibilidades. Enquanto as Ales, de alta fermentação, costumam apresentar notas frutadas e de maior complexidade, as Lagers, de baixa fermentação, são conhecidas por seu perfil mais limpo e suave (4;17). No Quadro 1 é possível observar vários estilos e suas principais características.

Quadro 1 – Estilos de cervejas e suas características.

Estilo	**Características Principais**
Pilsen	Cerveja clara, leve, de baixa fermentação, com amargor moderado e aroma de lúpulo.
Weissbier	Cerveja de trigo alemã, turva, com notas de cravo e banana, corpo médio e alta carbonatação.
IPA (India Pale Ale)	Cerveja de alta fermentação, forte presença de lúpulo, amargor acentuado e teor alcoólico elevado.
Stout	Cerveja escura, com sabores de malte torrado, café e chocolate, corpo robusto e amargor moderado.
Porter	Semelhante à Stout, mas geralmente mais leve, com notas de chocolate e caramelo.
Saison	Cerveja belga de fazenda, seca, efervescente, com notas frutadas e condimentadas, frequentemente com acidez sutil.
Dubbel	Cerveja trapista belga, marrom, com sabores de frutas secas, caramelo e especiarias, teor alcoólico médio a alto.
Tripel	Cerveja trapista belga, dourada, forte, seca, com notas frutadas e condimentadas, alta carbonatação.
Quadrupel	Cerveja belga muito forte, escura, com sabores ricos de frutas escuras, caramelo e especiarias, corpo robusto.
Lambic	Cerveja belga de fermentação espontânea, frequentemente azeda, com possíveis adições de frutas como cereja ou framboesa.
Gose	Cerveja alemã levemente salgada, com acidez suave, notas de coentro e frutas cítricas.
Barleywine	Cerveja muito forte, doce, com sabores intensos de malte, frutas secas e caramelo, amargor variável.
Brown Ale	Cerveja marrom, com sabores de nozes, caramelo e toffee, amargor moderado.
Pale Ale	Cerveja de cor âmbar a cobre, com equilíbrio entre malte e lúpulo, amargor moderado.
Amber Ale	Cerveja âmbar, com sabores de malte caramelo, amargor moderado a alto, notas de lúpulo presentes.

Blonde Ale	Cerveja clara, leve, com sabor suave de malte, amargor baixo a moderado, final seco.
Hefeweizen	Cerveja de trigo alemã, turva, com notas de cravo e banana, corpo médio e alta carbonatação.
Dunkelweizen	Cerveja de trigo escura alemã, com sabores de malte tostado, banana e cravo, corpo médio.
Weizenbock	Versão mais forte das cervejas de trigo alemãs, com sabores ricos de malte, frutas escuras e especiarias.
Kölsch	Cerveja alemã clara, leve, fermentada com levedura ale, mas maturada a frio como lager, sabor suave e final seco.
Altbier	Cerveja alemã âmbar-escura, equilibrada entre malte e lúpulo, maturada a frio.
Bock	Cerveja lager forte, maltada, com dulçor presente, notas tostadas e álcool perceptível.
Doppelbock	Versão mais forte do estilo Bock, encorpada, maltada e adocicada, teor alcoólico elevado.
Eisbock	Versão concentrada da Doppelbock, obtida por congelamento parcial da cerveja, resultando em alto teor alcoólico.
Schwarzbier	Cerveja lager escura alemã, com sabores tostados suaves, corpo leve e final seco.
Rauchbier	Cerveja defumada, feita com malte seco sobre fogo de madeira, resultando em notas defumadas intensas.
American Wild Ale	Cerveja fermentada com leveduras selvagens e bactérias, resultando em acidez e complexidade de sabor.
Catharina Sour	Estilo brasileiro de cerveja ácida, leve e frutada, feito com frutas tropicais.
Kettle Sour	Técnica de fermentação rápida para produzir cervejas ácidas sem fermentação espontânea, frequentemente frutadas.

Fonte: Elaborado pelos autores, 2025.

Ao longo das últimas décadas, diversos pesquisadores e escritores tiveram um papel fundamental na documentação, análise e evolução dos estilos de cerveja. Figuras como Michael Jackson, Randy Mosher e Mitch Steele não apenas descreveram os estilos em profundidade, mas também influenciaram cervejeiros e apreciadores em todo o mundo, contribuindo para a popularização e refinamento da cerveja.

Outros estudiosos também desempenharam um papel fundamental no resgate de estilos históricos e na difusão do conhecimento técnico. Graças ao trabalho desses especialistas, muitos estilos foram preservados, resgatados e reinventados, enriquecendo a diversidade da cultura cervejeira e incentivando a inovação dentro do mercado cervejeiro.

A CERVEJA CATHARINA SOUR

A Catharina Sour é um estilo de cerveja relativamente recente, originado no Brasil, que combina elementos de cervejas ácidas tradicionais com influências tropicais

brasileiras. Reconhecido internacionalmente em 2018 pelo Beer Judge Certification Program (BJCP), destaca-se pela sua acidez refrescante e perfil frutado (5).

O estilo surgiu em 2015, quando cervejeiros catarinenses começaram a experimentar a adição de frutas frescas em cervejas do tipo Berliner Weisse, conhecidas por sua acidez moderada e uso predominante de malte de trigo (27). Essas experiências resultaram em uma nova categoria, homenageando suas origens com o nome Catharina Sour. A colaboração entre cervejeiros artesanais impulsionou sua popularidade no mercado nacional e internacional (5).

Sua diferença está na harmonização entre acidez e doçura, destacando os sabores das frutas tropicais brasileiras. Sua acidez é oferecida, mas equilibrada, garantindo uma sensação refrescante sem se sobrepor aos demais elementos. O perfil da fruta varia conforme os ingredientes utilizados, podendo incluir maracujá, caju, acerola e outras frutas típicas. Sua coloração oscila entre tons dourados e âmbar, influenciada pela presença das frutas na composição. Com um teor alcoólico geralmente entre 4% e 6%, essa cerveja se mantém leve e refrescante, ideal para quem busca uma experiência sensorial vibrante e tropical (5). Os principais parâmetros técnicos estão descritos no Quadro 2.

Quadro 2 – Parâmentros técnicos da cerveja Catharina Sour.

Parâmetros	**Valores**
Densidade Original (OG)	1,039 – 1,048
Densidade Final (FG)	1,004 – 1,012
Teor Alcoólico (ABV)	4,0 – 5,5 %
Amargor (IBU)	2 – 8
Cor (SRM)	2 – 6

Fonte: Adaptado de BJCP, 2021.

Os parâmetros técnicos fornecem informações essenciais sobre suas características sensoriais e equilíbrio entre dulçor, acidez e corpo. A densidade original (OG), variando entre 1.039 e 1.048, indica a quantidade de açúcares fermentáveis presentes no mosto antes da fermentação. Essa faixa sugere uma cerveja de corpo leve a nível médio, permitindo a presença marcante das frutas.

A densidade final (FG), entre 1.004 e 1.012, reflete a atenuação da cerveja, ou seja, quanto os açúcares foram consumidos pelas leveduras durante a fermentação. Valores mais baixos dentro dessa faixa resultam em uma cerveja mais seca e leve, enquanto os mais altos podem conferir um nível de dulçor residual, o que pode harmonizar bem com a acidez natural da fruta.

O teor alcoólico (ABV), entre 4,0% e 5,5%, mantém a Catharina Sour dentro de um perfil refrescante e fácil de beber. Esse nível de álcool contribui para a percepção do corpo sem sobrecarregar o paladar, tornando-a uma opção ideal para climas quentes.

O amargor, expresso em Unidades Internacionais de Amargor (IBU), varia de 2 a 8, indicando uma presença mínima de lúpulo. Esse baixo amargor é essencial para não competir com a acidez e o frutado da cerveja, preservando sua proposta sensorial de leveza e frescor.

Já a cor, medida em SRM (*Standard Reference Method*), varia de 2 a 6, indo de um amarelo claro a um dourado mais intenso. Essa conversa pode ser influenciada tanto pelos maltes usados quanto pela adição das frutas, que podem trazer nuances específicas, dependendo da variedade escolhida.

Esses parâmetros técnicos demonstram que a Catharina Sour é uma cerveja equilibrada, priorizando a acidez e o frutado, sem elementos extremos que podem comprometer sua refrescância e estabilidade.

O processo de produção tem início na fermentação, onde são utilizadas cepas de fermento láctica, responsáveis pela produção do ácido lático, que conferem uma acidez característica da cerveja. Esse processo pode ser limitado em tanques de aço inoxidável, o que permite maior controle sobre as condições de fermentação, ou em barris de madeira (16).

A adição de frutas tropicais, como maracujá, caju e acerola, ocorre em momentos estratégicos da produção. Quando inseridos durante a fermentação, as leveduras podem metabolizar alguns compostos das frutas, resultando em alterações sutis no perfil sensorial. Por outro lado, quando adicionadas na maturação, as frutas preservam mais suas características naturais, realçando os aromas e sabores tropicais. Essa escolha influencia diretamente a integridade da bebida.

Após a fermentação, a cerveja passa por um período de maturação, que pode variar de curto e médio, dependendo do perfil desejado. Durante essa fase, os sabores se integram e se equilibram, garantindo uma bebida harmoniosa, onde a acidez, o dulçor e os elementos frutados se complementam.

Uma das versões mais populares é o Maracujá Sour, que intensifica a acidez e o frescor da cerveja. O maracujá é uma fruta cítrica de sabor marcante, que harmoniza perfeitamente, mas também pode-se encontrar outras variações conforme apresentadas no Quadro 3.

Quadro 3 - Diferença entre os Principais Estilos e Suas Variações Regionais.

Estilo	**Origem**	**Características Principais**	**Utilização de Frutas**
Lambic	Bélgica	Ácido, notas selvagens e funk	Cerejas, framboesas ou pêssegos na fermentação/maturação
Berliner Weisse	Alemanha	Leve, efervescente, acidez suave	Xaropes de frutas; versões modernas com frutas frescas
Gose	Alemanha	Levemente salgada, acidez suave	Damasco, maracujá ou limão
Catharina Sour	Brasil	Refrescante, perfil frutado	Frutas tropicais como caju, acerola ou maracujá
American Wild Ale	EUA	Ácido, complexo, notas de madeira e funk	Amoras, pêssegos ou maçãs
Flanders Red Ale	Bélgica	Ácido, vinagroso, notas frutadas e madeira	Cerejas ou framboesas
Kettle Sour	EUA/Alemanha	Ácido, simples, fermentação rápida	Frutas variadas durante ou após fermentação
Mixed Fermentation Sour	Diversos	Ácido complexo com notas de leveduras selvagens	Pêssegos, peras ou cerejas durante maturação

Fonte: Autores 2025.

Além desses estilos, a cerveja apresenta diversos ácidos orgânicos que surgem em processos fermentativos (17).

O ácido lático ($C_3H_6O_3$), produzido por bactérias lácticas, acidez suave e contribui para uma textura aveludada e refrescante. O ácido acético ($C_2H_4O_2$), formado pela oxidação do etanol, resulta em uma acidez mais intensa e em notas vinagrosas. O ácido propiônico ($C_3H_6O_2$), produzido por bactérias propiônicas, traz sabores mais complexos, com notas. Como também podem ser descritos outros ácidos orgânicos alifáticos encontrados durante a fermentação. O ácido butírico ($C_4H_8O_2$), formado por bactérias anaeróbicas, oferece notas de manteiga e queijo. O ácido succínico ($C_4H_6O_4$), presente naturalmente, adiciona notas suaves de frutas maduras. O ácido fórmico (CH_2O_2), gerado durante a fermentação, é responsável por notas picantes e herbais. O ácido valérico ($C_5H_{10}O_2$), produzido por bactérias, está relacionado a aromas de ésteres frutados.

A Catharina Sour representa um avanço significativo na cervejaria brasileira, combinando inovação tecnológica, valorização de ingredientes locais e reconhecimento internacional. Seu perfil único e sua flexibilidade na incorporação de frutas tornam esse estilo altamente adaptável às demandas do mercado e às preferências sensoriais diversificadas dos consumidores. Além disso, a utilização de frutas nativas brasileiras fortalece o apelo ecológico e cultural, posicionando a Catharina Sour como um exemplo de integração entre tradição e modernidade na indústria cervejeira.

A ADIÇÃO DE FRUTAS EM CERVEJAS

O uso de frutas na produção de cervejas artesanais tem sido amplamente estudado para avaliar seu impacto sensorial, composição físico-química e viabilidade de mercado. No Brasil, tanto grandes quanto pequenas cervejarias vêm apostando nesse nicho, desenvolvendo produtos diferenciados e de alto valor agregado, que atendem à crescente demanda por inovação e experiências sensoriais únicas.

Estudos envolvendo adição de amora preta (Cv. Tupy) em cervejas nas concentrações de 10, 20 e 30% durante a fermentação, comparadas a uma amostra controle resultaram em produtos com maior acidez e teor antioxidante, com preferência pelas versões com 20 e 30% da fruta. Da mesma forma, cervejas com acerola e abacaxi foram testadas com diferentes concentrações (10, 15 e 20%), apresentando boa aceitação e um perfil ácido e frutado, sendo a versão com 20% a mais apreciada (25).

Pesquisas com banana como adjunto do malte demonstraram preferência sensorial em relação a cervejas comerciais, sem impacto na aceitação geral. Cervejas com atemoia e sapoti (8,5% e 17%, respectivamente) apresentaram maior teor alcoólico e compostos fenólicos, realçando o valor nutricional da bebida. Já a adição de umbu-cajá e canela durante a maturação por dez dias alterou parâmetros físico-químicos sem comprometer os padrões regulamentares, resultando em boa aceitação e potencial comercial (28; 29; 30).

Cervejas com suco de laranja, tanto pasteurizado quanto concentrado, foram analisadas em diferentes proporções (10, 25 e 45%). A versão com 10% de suco concentrado obteve maior aceitação e intenção de compra. Estudos com juçara revelaram aumento significativo em compostos fenólicos e atividade antioxidante, especialmente com 40% de polpa na fermentação. Já a adição de camu-camu visou enriquecer a cerveja com vitamina C, apresentando resultados promissores em comparação a cervejas comerciais do estilo witbier (30).

No estilo Catharina Sour, a inclusão de araçá-boi (10%) na fermentação atendeu aos padrões do BJCP e foi bem recebida por degustadores (32). Pesquisas com pitaya (20 e 30g/L) mostraram aumento de compostos fenólicos sem prejudicar outras características da cerveja (33). Testes sensoriais com cervejas frutadas (caju/manga, cereja, maracujá e uma sem frutas) apontaram maior aceitação da versão com maracujá. A adição de graviola na fermentação resultou em um perfil ácido e dentro dos padrões de qualidade. Por fim, cervejas com abricó, adicionadas na fervura, apresentaram conversão eficiente de açúcares em etanol, com boa aceitação sensorial e intenção de compra elevada (34).

Os estudos demonstram que a adição de frutas em cervejas artesanais é uma alternativa viável para diversificação e enriquecimento nutricional, além de apresentar forte aceitação pelo mercado consumidor.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A produção de cervejas artesanais com frutas da Mata Atlântica, especialmente no estilo Catharina Sour, apresenta grande potencial de mercado, unindo inovação e valorização da biodiversidade brasileira. A incorporação de frutas não apenas aprimora as características sensoriais da bebida, mas também eleva seu teor antioxidante, proporcionando aos consumidores uma experiência diferenciada e agregando valor ao segmento de cervejas especiais.

No entanto, alguns desafios precisam ser superados para garantir a padronização da matéria-prima, o controle da fermentação e a estabilidade do produto. A sazonalidade das frutas, a adaptação dos processos produtivos e a necessidade de pesquisas para otimizar a shelf-life dessas cervejas são aspectos críticos que demandam soluções para assegurar qualidade e consistência.

O crescimento do mercado de cervejas especiais no Brasil e a crescente valorização de ingredientes regionais abrem oportunidades para o desenvolvimento de produtos inovadores, alinhados às novas demandas dos consumidores por bebidas diferenciadas e sustentáveis. Nesse contexto, a pesquisa sobre a incorporação de frutas na Catharina Sour contribui significativamente para o fortalecimento da indústria cervejeira artesanal, promovendo inovação e expansão do setor, além de estimular o uso sustentável da biodiversidade brasileira no desenvolvimento de produtos de alto valor agregado.

A exploração desse nicho pode impulsionar a economia local e fortalecer a identidade cultural das regiões produtoras, consolidando a Catharina Sour como um estilo genuinamente brasileiro e competitivo no cenário internacional.

REFERÊNCIAS

1. Hornsey R. A History of Beer and Brewing. 2nd ed. Cambridge: The Royal Society of Chemistry; 2017.

2. Brasil. Decreto nº 6.871, de 4 de junho de 2009. Regulamento da bebida alcoólica cerveja. Diário Oficial da União, Brasília, 4 jun. 2009.

3. CervBrasil. Associação Brasileira da Indústria da Cerveja. Impactos econômicos da cerveja no Brasil [Internet]. 2024 [cited 2025 Feb 12]. Available from: https://www.cervbrasil.com.br

4. Elzinga G, Tremblay L, Tremblay M. O crescimento do mercado de cervejas artesanais: tendências e desafios. J Craft Brew. 2015;23:76-88.

5. Beer Judge Certification Program (BJCP). Beer Judge Certification Program (BJCP) Style Guidelines [Internet]. 2021 [cited 2025 Feb 12]. Available from: https://www.bjcp.org

6. Ghesti G, Carvalho I, Carmo T, Suarez PAZ. A newer source of microorganism to produce Catharina Sour beers. Food Sci Technol. 2023;43:1-5.

7. Morais R. Fermentação alcoólica: processos e impactos sensoriais na produção de cervejas. J Brew Sci. 2022;19:157-63.

8. Johnson M, White J. Influence of fruit additions on the sensory and chemical characteristics of craft beer. Food Res Int. 2019;22:77-88.

9. Oxford Economics. A história da cerveja: de suas origens à produção moderna [Internet]. 2022 [cited 2025 Feb 12]. Available from: https://www.oxfordeconomics.com

10. Pereira R. A cerveja e sua história através dos tempos. Rev Hist Cult Glob. 2021;21:112-25.

11. Limberger L. A introdução da cerveja no Brasil e o desenvolvimento da indústria cervejeira. Rev Hist Cult Bras. 2013;7:45-59.

12. Coletti L. Evolução da cerveja: ingredientes e técnicas de fabricação. Rev Cerv Bebid. 2022;33:54-65.

13. Marcusso A. Análise do consumo de cerveja no Brasil em 2021. Rev Bras Econ Ind. 2022;22:89-102.

14. Hornsey R. A History of Beer and Brewing. 2nd ed. Cambridge: The Royal Society of Chemistry; 2017.

15. Miranda P. Cerveja no Egito Antigo: técnica e ritual. Rev Antropol Hist. 2020;15:98-112.

16. Weinmann H. A Lei da Pureza e seus impactos na cerveja alemã. J Brew Hist. 2016;5:17-29.

17. Vieira J. A industrialização da cerveja no Brasil: impactos e mudanças no consumo. Rev Bras Econ Ind. 2018;18:74-89.

18. Ramos GCB, Pandolfi MAC. A evolução do mercado de cervejas artesanais no Brasil. Rev Interface Tecnol. 2019;16:480-8.

19. Cano M. Relatório de consumo de cerveja no Brasil: dados de 2021 [Internet]. Kirin Holdings Company; 2022 [cited 2025 Feb 12]. Available from: https://www.kirinholdings.com

20. Valor Econômico. Consumo global de cerveja cresce 4% em 2021 [Internet]. 2023 [cited 2025 Feb 12]. Available from: https://www.valor.com.br

21. Machado F, Petri L. O comportamento do consumidor de cerveja no Brasil: tendências e mudanças. Rev Mark Consumo. 2024;32:18-33.

22. Rodrigues J. Tendências no consumo de cerveja artesanal no Brasil. Rev Tend Consumo. 2024;18:67-80.

23. Khron T. A indústria cervejeira no Brasil: um estudo sobre o crescimento e oportunidades. Rev Bras Empreend Inov. 2017;12:112-26.

24. Limberger L. O crescimento do mercado de cervejas artesanais no Brasil. Rev Econ Bras. 2024;15:54-67.

25. Trindade A. O crescimento das microcervejarias no Nordeste do Brasil. Rev Econ Ind Reg. 2019;11:78-92.

26. CervBrasil. Mercado cervejeiro brasileiro: perspectivas e tendências [Internet]. Associação Brasileira da Indústria da Cerveja; 2021 [cited 2025 Feb 12]. Available from: https://www.cervbrasil.org.br

27. Carvalho GBM. Obtenção de cerveja usando banana como adjunto e aromatizante [thesis]. Lorena: Escola de Engenharia de Lorena; 2009.

28. Freire BR, Lemes DS, Moraes AS, Gris EF, Chaker JA, Orsi DC. Caracterização físico-química de cervejas artesanais de atemoia (Annona cherimoia Mill. x Anonna squamosa L) e de sapoti (Manilkara sapota L.). Rev Agrarian. 2020;48:13280-7.

29. Manzolli ES. Produção de cerveja utilizando laranja como adjunto de malte [thesis]. Lorena: Escola de Engenharia de Lorena; 2015.

30. Rototo D. Cerveja e seus processos de produção: influência de ingredientes locais. Rev Int Prod Inov. 2022;16:210-25.

31. Sales LS, Souza PG. Produção de cerveja do estilo Catharina Sour com Araçá-Boi (Eugenia Stipitata Mcvaugh). Braz J Dev. 2021;7:1599-613.

32. Santa ORD, Rosa CT, Silva NSR, Micheletti IN, Kruger RL, Mesomo MC, Zanette CM. Estudo da adição de pitaya na produção de cerveja. Braz J Dev. 2020;6:80891-900.

33. Soares TC, Soares HS, Nascimento BRV, Pereira AM, Souza LSS. Utilização da fruta amazônica abricó para elaboração de uma cerveja artesanal (Mammea americana) [Internet]. In: A Produção do Conhecimento nas Ciências da Saúde. 2nd ed. Ponta Grossa: Atena Editora; 2019 [cited 2025 Feb 12]. Available from: https://www.atenaeditora.com.br/post-artigo/11894

34. Valentim SS, Fonseca AAO, Silva SMPC. Elaboração e avaliação da estabilidade de cerveja artesanal usando o umbu-cajá (Spondias bahiensis) e canela na maturação. Diversitas J. 2021;6:114-36.

Capítulo 21

DOI: 10.53934/agronfy-2025-05-21

ACEITAÇÃO SENSORIAL E VIABILIDADE MERCADOLÓGICA DO FERMENTADO DE MANDACARU (*Cereus jamacaru*)

Rafael Souza Cruz[1]*; Elisabeth Mariano Batista[2]; Clarissa Maia Aquino[3]; Antônio Jason Gonçalves da Costa[4]; Luana Maria de Lima Santos[5]; Pahlevi Augusto de Souza[6]

[1] Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC/CCA),
[2] Universidade Federal do Ceará (UFC),
[3] Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE),
[4] Universidade Federal do Ceará (UFC),
[5] Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE)
[6] Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte - Currais Novos (IFRN)

**Autor correspondente: Rafael Souza Cruz.*

Resumo: Este estudo avaliou a viabilidade mercadológica e aceitação sensorial de um fermentado à base de mandacaru (*Cereus jamacaru*), utilizando o SCOBY de kombucha no processo fermentativo. O suco de mandacaru foi fermentado a 25ºC por 7 dias, com monitoramento diário de pH e acidez titulável. Os resultados indicaram uma redução do pH de 4,5 para 3,2, enquanto a acidez titulável aumentou de 0,25 para 0,78g de ácido acético/100mL, demonstrando o progresso da fermentação e a formação de compostos ácidos. A pesquisa envolveu 114 voluntários de diversas regiões do Brasil, com idades entre 18 e 35 anos. Os dados foram coletados por meio de um questionário online sobre perfil demográfico, socioeconômico e intenção de compra, com análise estatística utilizando ANOVA e teste de Tukey. A aceitação de compra mostrou que 78,9% dos participantes comprariam o produto, enquanto 68% indicaram interesse em adquiri-lo. A embalagem de vidro foi preferida por 79,8% dos entrevistados, alinhando-se com a demanda por soluções mais sustentáveis. Em relação ao preço, 86,8% consideraram adequado um valor entre R$ 10,00 e R$ 15,00 por litro, indicando viabilidade financeira. Os dados indicam que o fermentado de mandacaru apresenta potencial competitivo no mercado de bebidas funcionais, combinando sabor agradável, benefícios à saúde e valorização de ingredientes regionais. O apelo ecológico, evidenciado pela preferência por embalagens sustentáveis, reforça sua viabilidade. Assim, estratégias de marketing educativo e ampliação da escala de produção podem consolidar o produto no mercado, atendendo à crescente demanda por alimentos saudáveis e sustentáveis.

Palavras-chave: caatinga; cactos; kombucha; produtos alimentícios.

INTRODUÇÃO

O mandacaru (*Cereus jamacaru*), cacto endêmico da Caatinga brasileira, destaca-se por sua resistência a condições climáticas extremas e sua ampla utilização na alimentação humana

e animal. Além de seu papel ecológico, que inclui a proteção do solo contra a erosão, a oferta de alimento e água para a fauna local em períodos de seca, a atração de polinizadores como abelhas e morcegos, e a reciclagem de nutrientes no solo, o mandacaru também possui uma composição nutricional rica em vitaminas, minerais, antioxidantes e compostos bioativos, como carotenoides e flavonoides. Essas características conferem o cacto propriedades funcionais e terapêuticas, tornando-o um recurso estratégico tanto para a sustentabilidade ambiental quanto para a saúde humana (1). A valorização de espécies nativas tem ganhado destaque no desenvolvimento de produtos alimentícios sustentáveis, alinhando-se às tendências globais de consumo consciente e preservação da biodiversidade (2).

Apesar da sua abundância, os frutos do mandacaru ainda são subutilizados comercialmente, principalmente devido à falta de conhecimento sobre suas características físico-químicas, dado que poucos estudos têm explorado seu potencial. Como consequência, acabam sendo descartados ou utilizados apenas na alimentação animal (3).

Os frutos do mandacaru possuem sabor levemente ácido, elevado teor de umidade e alto conteúdo de açúcares, características que os tornam adequados tanto para o consumo *in natura*, quanto para o processamento de derivados, como doces ou bebidas. Entre as tecnologias aplicáveis para o desenvolvimento de novos produtos, destaca-se a fermentação, que pode ser utilizada para transformar o fruto do mandacaru em uma bebida fermentada. Essa alternativa não só prolonga a vida útil do produto, como também oferece uma nova forma de apresentação para o mercado, agregando valor ao item produzido (4).

Paralelamente, o mercado de bebidas funcionais apresenta um crescimento significativo, impulsionado pela busca por alternativas saudáveis e naturais. A kombucha, uma bebida fermentada produzida a partir de chá adoçado e fermentado com uma colônia simbiótica de bactérias e leveduras (SCOBY), tem atraído a atenção dos consumidores devido aos seus potenciais benefícios à saúde, como a melhoria da flora intestinal e fortalecimento do sistema imunológico (5). A combinação de ingredientes regionais, como o mandacaru, com processos de fermentação tradicionais, representa uma oportunidade inovadora para a criação de produtos diferenciados e sustentáveis.

Este estudo tem como objetivo avaliar a viabilidade mercadológica e a aceitação sensorial de um fermentado produzido à base de mandacaru fermentado com SCOBY de kombucha. O trabalho busca explorar o potencial desse produto para inserção no mercado, destacando a relevância de valorizar os recursos nativos da Caatinga, como o mandacaru, que é símbolo de resistência e sustentabilidade em um bioma tão desafiador. Além de promover o aproveitamento de um ingrediente com propriedades nutricionais e funcionais notáveis, a valorização do mandacaru contribui para a preservação da biodiversidade, o fortalecimento da economia local e o incentivo à inovação em produtos regionais, alinhando-se à crescente demanda dos consumidores por alimentos saudáveis e sustentáveis

MATERIAIS E MÉTODOS

Coleta e preparo do mandacaru

Os frutos de mandacaru foram coletados em regiões da Caatinga, especificamente no Vale do Jaguaribe, Ceará, e passaram por um rigoroso processo de seleção, sendo utilizados apenas os frutos completamente maduros. Após a coleta, os frutos foram submetidos a uma higienização com solução de água clorada para garantir a remoção de impurezas e possíveis contaminantes. Em seguida, foram descascados e triturados para a extração do suco, que foi utilizado como substrato para o processo fermentativo.

Processo de fermentação

Para a fermentação, utilizou-se um SCOBY de kombucha, previamente cultivado em ambiente laboratorial controlado, utilizando 300mL de chá verde (*Camellia sinensis*) – sachê comercial, a temperatura ambiente de 32ºC. O suco de mandacaru foi esterilizado por meio de tratamento térmico, sendo aquecido a 90ºC por 5 minutos. Após o resfriamento, o SCOBY foi inoculado com posterior adição de 70g de açúcar refinado. O processo de fermentação ocorreu em recipientes de vidro à temperatura de 25ºC, por 7 dias, com monitoramento diário de pH e acidez titulável (6).

Local e grupo de estudo

A pesquisa foi realizada nos meses de fevereiro a junho de 2023, contando com a participação de 114 participantes de diversas regiões do Brasil, escolhidos aleatoriamente em plataformas online (Facebook, Twitter, Instagram, Whatsapp e e-mail), utilizando o método bola de neve (7), desde que concordassem em assinar o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE), disponível no próprio formulário. Para o cálculo do tamanho amostral, utilizou-se a ferramenta Survey Monkey, na qual foi inserido o tamanho da população da região estudada, o grau de confiança desejado (95%) e a margem de erro aceitável (5%).

$$n_0 = \frac{Z^2 \cdot p \cdot (1 - p)}{e^2}$$

Onde:

- n0: tamanho amostral para população infinita (ou muito grande);
- Z^2: valor crítico da distribuição normal correspondente ao grau de confiança (1,96 para 95%);
- p: proporção esperada (quando desconhecida, assume-se 0,5, para máxima variabilidade);
- e^2: margem de erro (em forma decimal, ou seja, 5% = 0,05);

O cálculo do tamanho amostral mencionado é baseado em estatística inferencial e envolve a fórmula padrão para amostragem de uma população finita.

Aplicou-se um questionário semiestruturado com cinco itens de múltipla escolha ambientado na plataforma eletrônica *Google Forms*, dividido em três seções para a obtenção dos indicadores de perfil demográfico e socioeconômico, perfil de consumo e o interesse dos consumidores conforme os parâmetros da Tabela 1, a seguir.

Tabela 1 – Perfis e parâmetros avaliados no formulário eletrônico.

Perfil	Parâmetro avaliado
Demográfico e socioeconômico	Idade, sexo, escolaridade, localidade residencial e renda.
Aceitação sensorial	Atributos de sabor, aroma, aparência e aceitação geral.
Viabilidade mercadológica	Tipo de embalagem, tipo de rotulagem, tipo de textura e aquisição do produto.

Fonte: Autores da pesquisa (2023).

Aspectos éticos

A pesquisa foi aprovada pelo Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos da Universidade Federal do Ceará (UFC), sob parecer de número 4.729.905.

Análise estatística

Os dados obtidos na análise sensorial foram tratados utilizando o *software* Statistic7® para verificar a significância das diferenças entre os atributos avaliados e foi aplicada Análise de Variância (ANOVA), seguida pelo teste de Tukey para comparações das médias a nível de significância $p < 0,05$ (8). A viabilidade mercadológica foi analisada com base na intenção de compra declarada pelos participantes. A escolha dessa ferramenta foi fundamentada nas concepções dos autores (9), os dados obtidos foram tabulados e submetidos à análise descritiva (10)**.** Em seguida foram compilados e apresentados para discussão em gráficos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Perfil sociodemográfico

As informações sobre o perfil sociodemográfico dos participantes que assinaram o TCLE na pesquisa estão dispostas na tabela 2, a seguir.

Tabela 2 - Perfil sociodemográfico dos participantes da pesquisa.

Categoria	Subcategoria	Porcentagem (%)
Escolaridade	1º Grau incompleto	16,7
	1º Grau completo	0
	2º Grau incompleto	18,4
	2º Grau completo	36,8
	Superior incompleto	0
	Superior completo	19,3
	Pós-graduação incompleto	0
	Pós-graduação completo	9,3
Faixa de renda	0 a 1 salário-mínimo (até R$ 1.045)	15,8
	1 a 3 salários-mínimos (até R$ 3.135)	29,8
	4 a 6 salários-mínimos (R$ 4.180 a R$ 6.270)	21,9
	7 a 9 salários-mínimos (R$ 7.315 a R$ 9.405)	14,9
	Acima de 10 salários-mínimos (R$ 10.450)	17,5
Gênero	Masculino	37,7
	Feminino	61,4
	Prefiro não me identificar	0,9

Fonte: Autores da pesquisa (2023).

Quantidade representativa dos participantes possuem o 2º grau completo, totalizando 36,8% da amostra. O segundo maior grupo é composto por pessoas com ensino superior completo (19,3%), seguido por aqueles com o 2º grau incompleto (18,4%). Os participantes com 1º grau incompleto correspondem a 16,7%. Por outro lado, nenhuma participação foi

registrada para o 1º grau completo, ensino superior incompleto ou pós-graduação incompleta, enquanto 9,3% concluíram a pós-graduação.

A maior parte dos participantes está na faixa de 1 a 3 salários-mínimos (até R$ 3.135), representando 29,8% da amostra. A segunda maior proporção está na faixa de 4 a 6 salários-mínimos (R$ 4.180 a R$ 6.270), com 21,9%, seguida por 0 a 1 salário-mínimo (até R$ 1.045), com 15,8%. Participantes com renda entre 7 e 9 salários-mínimos (R$ 7.315 a R$ 9.405) representam 14,9%, enquanto aqueles com renda acima de 10 salários-mínimos (R$ 10.450 ou mais) correspondem a 17,5%.

Na sua maioria os participantes se identificaram como sendo do gênero feminino, representando 61,4% da amostra. Participantes do gênero masculino compõem 37,7%, enquanto apenas 0,9% optaram por não se identificar em termos de gênero.

O público majoritariamente jovem e escolarizado sugere um alinhamento com tendências de mercado que priorizam produtos saudáveis e sustentáveis. Conforme estudos dos autores (2), consumidores jovens apresentam maior probabilidade de aderir a produtos inovadores, especialmente quando possuem apelo nutricional e ambiental. O perfil dos participantes, portanto, indica uma tendência de aceitação por parte do público jovem, que costuma ser mais aberto a experimentar novos produtos (8).

Aceitação de compra

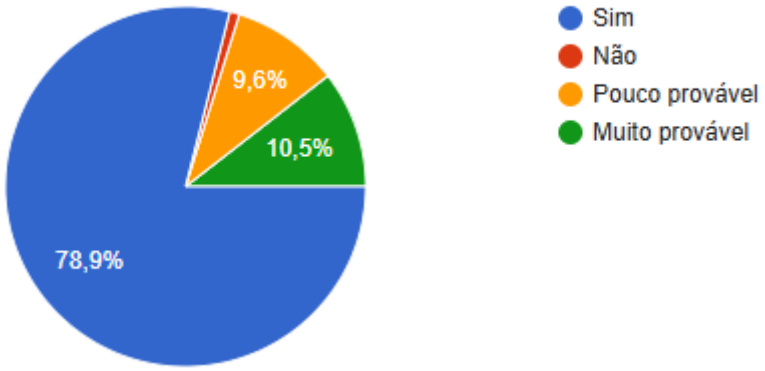


Figura 1 – Aceitação de compra do fermentado de mandacaru.
Fonte: Autores da pesquisa, 2023.

A Figura 1 ilustra os resultados ilustra os resultados de compra do fermentado de mandacaru. A maioria dos participantes (78,9%) indicaram que comprariam o produto (opção “Sim”), enquanto 10,5% classificou como “Muito provável” a intenção de compra. Apenas uma pequena parcela indicou menor probabilidade de adquirir o fermentado, com 9,6% apontando “Pouco provável” e 1% “Não”.

Além disso, a combinação entre o sabor agradável e as propriedades funcionais do mandacaru demonstra potencial para atrair consumidores interessados em alternativas naturais e saudáveis (3). Como sugerido por outros autores (11 e 12), a aceitação sensorial e a intenção de compra são fatores determinantes para a consolidação de novos produtos alimentícios no mercado (13).

Viabilidade mercadológica

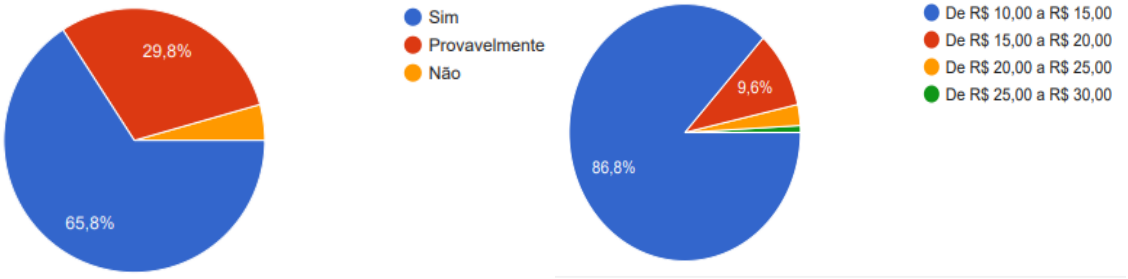


Figura 2 - Preferências de Embalagem e Faixa de Preço para o Produto Avaliado.

Fonte: Autores da pesquisa, 2023.

A análise mercadológica revelou que a maioria dos entrevistados demonstrou interesse em comprar o produto, com 68% afirmando que o adquiririam caso estivesse disponível. O formato de embalagem de vidro, preferido por 79,8% dos participantes, indica uma tendência crescente por embalagens mais sustentáveis. Essa escolha está alinhada com o apelo ecológico do produto, pois as embalagens de vidro têm menor impacto ambiental que as plásticas (14). Em termos de preço, 86,8% dos participantes consideraram aceitável um valor entre R$ 10,00 e R$ 15,00 por litro.

Considerando os custos quanto a aquisição dos insumos *in loco* para a produção do SCOBY (chá-verde e o açúcar), o valor ficou em torno de R$ 8,50. Comparando com a média de quantificação do fermentado de mandacaru (R$ 12,50), o lucro bruto seria de R$ 4,00 ou 32% do valor pago pelos consumidores. Contudo, esses valores estão suscetíveis a alterações em decorrência de outros possíveis custos quanto a comercialização em larga escala do fermentado (aquisição de embalagens, rotulagem, transporte, ect.).

A aceitação do preço, combinada com o tipo de embalagem e o apelo nutricional do produto, sugere que o produto tem um bom potencial para se estabelecer no mercado de bebidas funcionais, com crescimento médio de 8% ao ano (11).

CONCLUSÃO

Os resultados da pesquisa demonstram que o perfil sociodemográfico dos participantes está alinhado com tendências de consumo favoráveis à aceitação de produtos inovadores e saudáveis. A maioria dos participantes possuí nível educacional médio ou superior e pertence a faixas de renda que incidam maior disposição para investir em produtos com benefícios nutricionais e ambientais.

Dentre as principais demandas desse público, destacam-se a busca por alimentos ricos em compostos bioativos naturais e funcionais, que promovem saúde e bem-estar, além da preferência por alternativas sustentáveis, como o aproveitamento de recursos nativos, embalagens ecologicamente corretas e a valorização de cadeias produtivas locais, incentivando a preservação ambienta e o desenvolvimento regional.

O preço também sugere um potencial de mercado promissor, permitindo atingir uma base ampla de consumidores e alinhando-se às tendências crescentes por bebidas funcionais e sustentáveis.

Assim, os resultados indicam que o fermentado de mandacaru apresenta alto potencial de aceitação e comercialização, especialmente entre os consumidores que valorizam produtos saudáveis e ecologicamente responsáveis. Para maximizar seu impacto, recomenda-se o desenvolvimento de estratégias de marketing voltadas à educação do consumidor sobre os benefícios nutricionais e ecológicos do mandacaru. Além disso, investimentos em escala de produção e parcerias comerciais podem consolidar o produto como referência no mercado de bebidas funcionais.

REFERÊNCIAS

1. SOUZA, R. M.; ALMEIDA, T. V.; PEREIRA, L. C. Propriedades funcionais e terapêuticas do mandacaru: composição nutricional e bioativos. **Revista Brasileira de Plantas Nativas**, 2017.

2. SILVA, J. A.; OLIVEIRA, M. C.; SANTOS, P. R. O discurso do desenvolvimento sustentável e a valorização dos produtos alimentares da sociobiodiversidade sul-brasileira. **ResearchGate,** 2022. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/372232647. Acesso em: 3 jan. 2025.

3. SANTOS, E. A.S.; SANTOS, W. O.; CUNHA, L. C. S.; FONTES, R. F.; REIS, M. F. T. Desenvolvimento e caracterização da bebida alcoólica fermentada do fruto do mandacaru (*Cereus jamacaru*). **Higiene Alimentar,** v.33, p.3375-3378, 2019.

4. NETO, J. N. S.; SILVA, V. D. N.; SILVA, P. A.; SANTOS, Y. M. P.; MONTEIRO, P. H. S.; SILVA, L. A. S. G. Características físico-químicas do fruto do mandacaru (*Cereus jamacaru* P. DC.) cultivado no sertão alagoano. **Revista Craibeiras de Agroecologia**, v.4, n.1, p. e7141, 2019.

5. MAIA, Y. L. M.; CORREIA, L. S.; NETO, J. V. S.; CASTRO, B. N. Kombucha: características e aspectos biológicos. **Revista: RRS-FRESGO**, vol.03, n.1, pp. 114-123, 2020.

6. PALUDO, N. Desenvolvimento e caracterização de Kombucha obtida a partir dechá verde e extrato de erva mate: processo artesanal e escala laboratorial. 2017. **Trabalho de Conclusão de curso** (Bacharel em Engenharia de Alimentos) –Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2017.

7. BANYTE, A.; DI LAURO, I. V.; MITOVA, A.; SCHAUMAN, C.; SIMONIELLO, E.; PEREZ-CUETO, F. J. A. Why do men choose and adhere to a meatless diet? **International Journal of Gastronomy and Food Science,** v.27, p. 100446, 2022.

8. FERREIRA D. F. **Estatística básica.** 3ª ed. Lavras: UFLA; 2018.

9. DIAS, G. F. **Educação Ambiental: princípios e práticas.** 9. Ed. São Paulo, Gaia, 2004.

10. GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa.** 4 Ed. São Paulo, Atlas, 2002.

11. ABIR, ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS DE REFRIGERANTES. **Relatório anual do mercado de bebidas no Brasil**, 2023.

12. ANDRADE, M.; SANTOS, P. Aceitação sensorial de alimentos funcionais: um estudo de caso. **Food Science Review**, 2021.

13. SILVA J, MONTEIRO L, SANTOS F. Comportamento do consumidor jovem no mercado de bebidas funcionais. Journal of Consumer Behavior; 2022.

14. PEREIRA, L.; OLIVEIRA, S.; ALMEIDA, R. Embalagens sustentáveis: tendências e preferências de consumo no Brasil. **Revista Brasileira de Embalagem**; 2023.

Capítulo 22

DOI: 10.53934/agronfy-2025-05-22

ESTRESSE TÉRMICO POR CALOR EM AVES DE PRODUÇÃO: INFLUÊNCIA NAS RESPOSTAS COMPORTAMENTAIS, FISIOLÓGICAS E NOS PARÂMETROS SANGUÍNEOS

Fernanda Paes de Oliveira Boreli*; Luma Oliveira Escaliante; Silvana Gomes Gonzalez; Ariadne Ramos Gomes; Danilo Florentino Pereira

**Autor correspondente Médica Veterinária, Zootecnista. Email: ferzoovet@gmail.com*

Resumo: As aves são conhecidas por serem altamente sensíveis ao estresse, o que pode comprometer sua produtividade. O conhecimento aprofundado sobre as alterações fisiológicas resultantes do estresse é essencial para minimizar perdas no desempenho zootécnico. Esses animais são particularmente vulneráveis a altas temperaturas, e seu organismo reage rapidamente para manter o equilíbrio fisiológico e se adaptar às novas condições. O estresse térmico pode causar diversos prejuízos, desde a redução da produtividade até a morte dos animais. Durante esse processo, o organismo das aves sofre mudanças significativas na tentativa de se ajustar às condições adversárias impostas pelo calor. Objetivou-se com esta revisão de literatura elencar as principais respostas comportamentais ao estresse térmico, com ênfase nas alterações sanguíneas que ocorrem no organismo de aves poedeiras e frangos de corte. O sangue é um tecido que reflete rapidamente as alterações fisiológicas que o organismo passa quando submetido a agentes estressores. Essas respostas podem atuar como mecanismos protetores, auxiliando na manutenção da integridade celular e garantindo a sobrevivência dos animais sob condições estressantes. Desse modo, considerando o impacto negativo do estresse térmico na produção avícola, o conhecimento das alterações fisiológicas pode contribuir para o melhor entendimento das alterações do organismo e o desenvolvimento de mecanismos para melhorar o bem-estar animal.

Palavras-chave: Fisiologia avícola; Frango de corte; Homeostase térmica, Poedeiras; Sangue.

INTRODUÇÃO

Na produção animal, o ambiente engloba um conjunto de variáveis que exercem grande influência no desempenho animal, como: ambiente térmico (temperatura, umidade e velocidade do vento), ambiente acústico (ruídos), ambiente aéreo (gases e poeira), ambiente social e ambiente físico. Em condições tropicais, um dos maiores agravantes é o ambiente térmico, pois é comum a ocorrência de altas temperaturas nas instalações avícolas. Sabe-se que temperaturas que excedam ou estejam abaixo da zona termoneutra podem comprometer o funcionamento fisiológico, levando a problemas associados ao estresse térmico, como redução do crescimento, queda do desempenho e alterações metabólicas (1), além da exaustão que, por não conseguir regular a temperatura corporal, pode levar o animal a óbito, gerando prejuízos expressivos para a indústria animal.(2).

O estresse por calor é um dos principais fatores associados às mudanças climáticas e pode ser classificado em dois tipos: estresse por calor agudo, que é o aumento intenso da temperatura ambiente por um curto período e estresse por calor crônico, caracterizado por alta temperatura por período mais longo. Os danos causados pelo estresse térmico à produção

animal dependem da intensidade e da duração do estímulo estressor em que o animal está exposto. Nestas condições, o organismo produz respostas que promovem a manutenção e adaptação do organismo para o adequado funcionamento frente aos desafios das alterações no ambiente de alojamento (3).

As respostas têm início com a percepção de alguma ameaça ao organismo pelo sistema nervoso central, que desencadeia vários mecanismos compensatórios no corpo, como: resposta comportamental, resposta do sistema nervoso autônomo, resposta neuroendócrina e resposta do sistema imunológico (4). Portanto, o objetivo deste capítulo é apresentar os mecanismos comportamentais, fisiológicos e biológicos compensatórios adotados em galinhas poedeiras e frangos de corte para manter a homeostase quando submetidas a estresse por calor.

RESPOSTAS FISIOLÓGICAS E COMPORTAMENTAIS DAS AVES SOB ESTRESSE TÉRMICO

O sistema neuroendócrino é o principal regulador da resposta fisiológica ao estresse e coordena as outras respostas adaptativas nos animais domésticos (1). Os mecanismos termorreguladores para o estresse térmico são específicos de cada espécie e o seu desempenho produtivo também difere entre elas (2). Nas aves, esses mecanismos são regulados por um centro termorregulador localizado no hipotálamo e são acionados quando a temperatura corporal aumenta, induzindo uma resposta periférica (5). O eixo hipotálamo-hipófise-adrenal é responsável por desencadear sequências de secreções hormonais, começando no hipotálamo e terminando com o aumento da síntese de glicocorticóides, cortisol e corticosterona nas aves, que resultam em um conjunto de respostas fisiológicas e comportamentais (Figura 1).

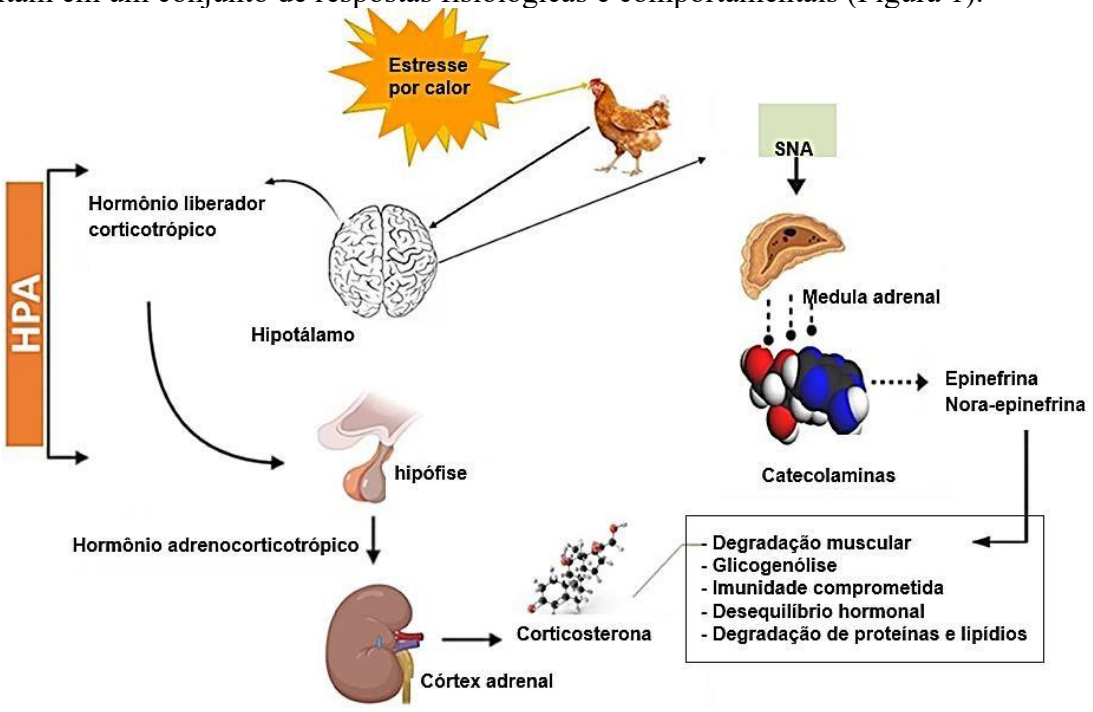


Figura 1 - Relação do estresse térmico com alterações fisiológicas e bioquímicas em frangos. HPA: eixo hipotálamo-hipófise-adrenal. Fonte: Adaptado (2).

O eixo hipotálamo-hipófise-adrenal aumenta os níveis sanguíneos de corticosterona nas aves, mobilizando energia por meio da gliconeogênese e alterando o comportamento, indicado pela maior busca por alimento, atividade de fuga e aumento de repouso noturno, como modo de economizar energia para ser usada como meio de sobrevivência no dia seguinte (6). Entretanto, sob o efeito de altas temperaturas, há diminuição significativa no consumo de ração,

para o organismo reduzir a produção metabólica de calor (7,8). A elevação da temperatura corporal interna da ave, determinada pela temperatura retal, também é uma resposta fisiológica ao estresse por calor (9, 10, 11).

O aumento do consumo hídrico, na tentativa de reduzir o calor corporal, pode gerar desequilíbrio no balanço eletrolítico, aumentando a quantidade de urina excretada e, consequentemente, ocasionando maior perda de eletrólitos, como sódio, potássio e cloro. Quando os níveis desses minerais são afetados no plasma sanguíneo, pode ocorrer redução na concentração de sódio e potássio e aumento de cloro, resultando na reabsorção de bicarbonato pelos rins, contribuindo para acidificação do sangue, podendo desenvolver acidose metabólica (12).

Outro mecanismo compensatório ao calor é a vasodilatação periférica, na qual a ave aumenta sua área superficial, elevando as asas e eriçando as penas, intensificando a circulação periférica (13). Nas aves, essas respostas são bem evidentes, já que são animais propensos ao estresse térmico devido à falta de glândulas sudoríparas funcionais, o que dificulta a troca de calor com o meio (14).

As aves possuem duas fases de regulação térmica corporal, a primeira é o momento após a eclosão que dura aproximadamente duas ou três semanas de vida. Quando o sistema termorregulador ainda não está totalmente desenvolvido, a ave é extremamente sensível às temperaturas abaixo de 32 °C, 30 °C e 28 °C, podendo facilmente ocorrer hipotermia quando submetidas a ambientes desfavoráveis (15). A hipotermia pode causar severa depressão do sistema nervoso central, danos ao sistema cardiovascular, aos órgãos internos e ao metabolismo, podendo ocorrer hipotensão devido à redução do débito cardíaco, bradicardia (diminuição da frequência respiratória), coagulopatias, resposta imunológica suprimida, entre outros, e, se esses pintinhos são reaquecidos sem prévia aclimatação, podem apresentar colapso cardiovascular com severa hipóxia tecidual e acidose metabólica (5).

A segunda fase é quando, conforme o desenvolvimento da ave, ocorre redução da exigência térmica de, aproximadamente, 3 °C a cada semana, devendo permanecer igual ou abaixo dos 22 °C a partir da sexta semana, temperatura considerada próxima a faixa de conforto térmico (5). Um dos principais mecanismos compensatórios utilizados pelas aves para perda de calor é a evaporação respiratória. O resfriamento por meio da evaporação pelo sistema respiratório constitui um importante meio de perda de calor para as aves e quanto maior a pressão de vapor no ambiente, maior a dificuldade de liberação de calor. Se a temperatura e umidade relativa estiverem muito altas, a aves terão dificuldade em dissipar o calor por essa via, o que pode aumentar ainda mais a temperatura corporal que, ao alcançar o limite fisiológico vital da ave, levará à prostração e à morte (16, 17).

A frequência respiratória em galinhas poedeiras pode variar de 23 movimentos por minutos em temperatura ambiente a 273 movimentos por minutos em situações de temperaturas elevadas e a de frangos de corte aproximadamente 25 movimentos por minuto a 250 movimentos por minuto quando submetidos ao estresse por calor agudo (18). Quando as aves passam por estresse térmico, o aumento da frequência respiratória pode trazer consequências que afetam o metabolismo por meio do desiquilíbrio ácido-base com o surgimento de alcalose respiratória, devido à perda excessiva de dióxido de carbono. Essa perda ocasiona redução de ácido carbônico e dos íons H^+, aumentando o pH sanguíneo (19), e consequentemente, menos dióxido de carbono disponível no sangue para formação de ácido carbônico (H_2CO_3) (19,20)

Ao mesmo tempo, os rins aumentam a excreção de bicarbonato (HCO_3^-) e diminuem a de H^+, na tentativa de reduzir o pH e reverter essa alcalose respiratória. O conhecimento dessa síndrome metabólica é muito importante na produção de galinhas poedeiras, pois o processo de calcificação da casca dos ovos depende da formação do carbonato de cálcio ($CaCO_3$), que corresponde a 95% dos componentes da casca e ocorre a partir da combinação entre íons de

cálcio (Ca2+) e bicarbonato (HCO3-), com a liberação do H+. Assim, a menor disponibilidade de HCO3- no sangue reduz a mineralização da casca, afetando a qualidade dos ovos (21).

RESPOSTAS FISIOLÓGICAS LIGADAS AOS PARÂMETROS SANGUÍNEOS AVÍCOLA

O tecido sanguíneo é composto por eritrócitos, leucócitos e trombócitos, que estão imersos em uma matriz celular denominada plasma. A porcentagem de sangue e plasma em relação ao peso corporal variam conforme a idade dos animais. Estudo relatou valores sanguíneos de 12% em pintinhos (1 semana de idade) e 6,5% em poedeiras adultas (32 semanas de idade), e valores de plasma de 8,7% e 4,6% respectivamente. O conteúdo de água do plasma também apresentou redução com a idade, passando de 95,5% para 94,6% (22). O baixo volume, quando comparado aos mamíferos, é compensado pela elevada taxa de reposição sanguínea, caracterizada pela meia-vida útil entre 25 e 45 dias (23).

Todas as células do sangue das aves são nucleadas, diferente dos mamíferos, nos quais os eritrócitos e trombócitos são anucleados (24). Os eritrócitos são as células mais abundantes na circulação sanguínea e, quando adultas, apresentam formato oval ou elíptico, com citoplasma eosinofílico não granular e núcleo oval centralizado. As hemácias possuem em seu interior uma proteína chamada hemoglobina, que possibilita o transporte de gases no organismo pelos complexos oxiemoglobina (hemoglobina ligada ao gás oxigênio) e carboemoglobina (hemoglobina ligada ao gás carbônico). Ao regular o nível de dióxido de carbono sanguíneo, a hemoglobina também controla o pH do meio (25). Já os trombócitos, similares as plaquetas nos mamíferos, são fragmentos celulares derivados de precursores de células-tronco, atuando no processo de cicatrização, por meio da formação da tromboplastina, e na defesa do organismo, pela fagocitose (23).

Os leucócitos, conhecidos como série branca, correspondem às células do sistema imunológico inato, primeira linha de defesa, e adaptativo, responsável pelas células de memória e reconhecimento antígeno/anticorpo. As células do sistema imunológico são divididas de acordo com a morfologia nuclear, sendo classificadas em granulócitos (heterófilos, basófilos e eosinófilos) e agranulócitos (monócitos e linfócitos) (24).

Os heterófilos e linfócitos são as principais células de defesa do organismo frente aos agentes patogênicos. O heterófilo é a primeira célula a ir ao local da infecção para combater as substâncias estranhas, semelhante aos neutrófilos dos mamíferos (23). Morfologicamente, os heterófilos são células arredondadas, com grânulos eosinófilos no citoplasma e núcleo lobulado e basofílico. Considerados importantes mediadores da imunidade natural das aves, os heterófilos respondem a estímulos quimiotáticos e realizam a fagocitose, principal característica da célula (26, 27, 28).

Já os linfócitos atuam na imunidade humoral, semelhante as funções nos mamíferos. Os linfócitos são arredondados, com núcleo não-lobulado, citoplasma basofílico e homogêneo, e alta relação núcleo/citoplasma(29,23). Seu tamanho pode variar e, em certas espécies de aves, os linfócitos representam 70% dos leucócitos, seguido pelos heterófilos (23).

Em menores proporções, encontram-se os basófilos, com grânulos ricos em histamina, e os eosinófilos, com grânulos ricos em lisozima, peroxidase e arginina. Apesar da função exata dessas células ainda não estar definida em aves, sua atuação em mamíferos corresponde a participação nas respostas a hipersensibilidade, inflamações e infecções parasitárias (23).

Destacam-se também os monócitos, células de forma arredondada ou amorfa com núcleo redondo, oval ou lobado e grânulos ricos em lisozimas. Os monócitos presentes na corrente sanguínea são atraídos para o foco inflamatório através da quimiotaxia, iniciando a explosão respiratória (*burst*). Após migrar do sangue aos tecidos, o monócito passa a ser chamado de macrógafo. Em ambas as formas, a célula apresenta ação antimicrobiana e

antitumoral, atraindo outros componentes do sistema imune e realizando fagocitose (23).

A formação das células sanguíneas ocorre pelo processo chamado de hematopoiese, é influenciada por fatores ambientais, biológicos e nutricionais, acarretando alterações nos constituintes sanguíneos. O sistema circulatório está envolvido no funcionamento de todo o organismo, portanto, é um importante indicador de resposta fisiológica, avaliando os aspectosimunológicos e hematológicos das aves (30). O hemograma possibilita determinar valores de contagem de hemácias, hematócrito (porcentagem de eritrócitos em relação ao volume total de sangue), contagem de leucócitos, contagem diferencial de leucócitos, hemoglobina e proteína total (31).

A concentração total de eritrócitos, o hematócrito, e a concentração de hemoglobina e de proteína plasmática podem ser influenciadas pela idade, sexo, hormônios, métodos de determinação e outros fatores (32,33). O hematócrito e a contagem total de eritrócitos tendem a ser mais elevados no sexo masculino, e a aumentar com a idade (34). A proteína sérica de poedeiras também apresentou aumento na concentração com o avançar da idade (35).

Os valores de eritrócitos registrados como normais na literatura variam de $2,5\times10^6$ a $3,5\times10^6/\mu L$ (34). O hematócrito é considerado normal, aproximadamente, entre 35% e 55% (21). Baixo índice de hematócrito pode ser observado em doenças agudas ou crônicas, septicemias e doenças hemorrágicas (36). Estudos avaliando frangos de corte entre 1 e 52 dias, determinaram valores mínimo e máximo de hematócrito em 30,6 e 37,0%, respectivamente (33). Entretanto, o valor de hematócrito pode variar entre 22% e 35%, com valores abaixo de 24% quando pintinhos, aumentando com a idade (34).

A concentração da hemoglobina é importante para determinar a capacidade de oxigenação tissular e para classificar o processo anêmico (32). Alguns autores determinaram valores mínimo e máximo de hemoglobina entre 7,88 e 8,46 g/dL, respectivamente (33). Entretanto, outros estudos (34) relataram que valores médios para frangos e perus têm variado de 8,6 a 15,2 g/dL.

As proteínas plasmáticas, sintetizadas majoritariamente no fígado, compreendem a albumina, as globulinas alfa, beta e gama e o fibrinogênio, responsáveis por manter a pressão osmótica, regular o mecanismo ácido-base do sangue, transportar hormônios e compor enzimas e imunoglobulinas. Sua mensuração possibilita a detecção de processos inflamatórios graves (33). Estudos avaliando a proteína total de poedeiras em diferentes tempos de postura, ovulação e número de amostras, determinaram valores entre 3,90 e 5,34 g/100 mL (32). Outros autores determinaram valores mínimo e máximo de proteína plasmática entre 3,00 e 3,68 g/dL, respectivamente (33). Já outras pesquisas avaliando o perfil sérico de poedeiras, determinaram intervalo de confiança de 27,12 a 29,00 g/L de proteína total (37).

Outros testes bioquímicos, como a determinação da glicemia, também podem ser utilizados para avaliar as alterações do organismo (29). Estudos, avaliando a glicemia plasmática da linhagem Lohmann Silver, determinaram intervalo de referência de 199 a 287,65 mg/dL em poedeiras de 5 a 17 semanas de idade e de 203,6 a 269,2 mg/dL em poedeiras de 21 a 37 semanas de idade (38). Esses valores estão de acordo com as variações de 200 a 500 mg/dL de aves sadias, no qual, abaixo de 200 mg/dL corresponde a situação de hipoglicemia e acima de 500 mg/dL situação de hiperglicemia (39).

Percebe-se, então, que apesar do sangue possuir a função de proteger o organismo contra agentes etiológicos e ajudar na manutenção do bom funcionamento das reações metabólicas, esse equilíbrio pode ser afetado levando a desordens imunológicas e hematológicas (40). Portanto, o hemograma e as análises bioquímicas do sangue, por refletirem o estado fisiológico do organismo, são uma forma rápida e precisa de avaliar a saúde das aves e correlacioná-la com os aspectos produtivos (30, 41).

RESPOSTAS SANGUÍNEAS DAS AVES SOB ESTRESSE TÉRMICO

Quando os animais são expostos a altas temperaturas, desencadeia-se uma série de alterações no funcionamento do organismo, abrangendo desde mudanças na composição e funcionamento das células até o desenvolvimento de patologias mais graves. Os mecanismos de estimulação hormonal também entram em ação, visando preparar e fornecer os recursos necessários para que o organismo possa lidar com as demandas compensatórias impostas pelo ambiente desafiador. É importante notar que o sangue, por sua vez, mostra-se altamente sensível a variações de temperatura, desempenhando um papel crucial na resposta adaptativa do organismo (30,41).

A análise da série eritrocítica, que compreende a contagem de glóbulos vermelhos, a dosagem de hemoglobina e o hematócrito, e da série leucocitária, incluindo a contagem total de leucócitos, oferecem informações cruciais sobre as respostas do organismo (41). Em situações que causem desidratação, como jejum e estresse por calor, os animais podem apresentar aumento na concentração total de proteína plasmática (31), hematócrito e hemoglobina (42, 43). Paralelamente, observa- se uma redução na taxa de leucócitos circulantes, glicogênio hepático e concentração de sais no soro, conforme evidenciado em estudos anteriores (44,45,46,47,48). A Tabela 1 apresenta resultados da contagem eritrócitos obtidos em diferentes situações de estresse.

Tabela 1 - Contagem de eritrócitos obtidos em diferentes situações de estresse em poedeiras e frango de corte.

Ave	Agente estressor	Eritrócitos	Referência
Poedeiras	35 °C	$2{,}24\times10^6$ µL a $2{,}34\times10^6$ µL	(49)
Poedeiras	35 °C (6 h/dia)	$2{,}46\times10^6$ µL a $3{,}24\times10^6$ µL	(43)
Frango de corte	Aflatoxina	$2{,}5\text{x}10^6$ µL	(50)
Frango de corte	32 °C	$2{,}28\times10^6$ µL a $2{,}17\times10^6$ µL	(51)
Frango de corte	Privação alimentar Densidade	$3{,}11\times10^6$ µL a $3{,}38\times10^6$ µL	(52)

À medida que as aves enfrentam condições estressantes, o eixo hipotálamo- hipófise-adrenal é estimulado, liberando glicocorticoides na corrente sanguínea (53,54), que também comprometem o funcionamento do sistema imunológico, por meio de alterações significativas na quantidade de leucócitos (53). Alterações nas quantidades dessas células podem prejudicar o desempenho das aves, já que estão ligadas ao processo protetor do corpo contra patógenos. Em condições de estresse por calor, a morfologia do intestino pode ser modificada, afetando a integridade da junção intestinal, aumentando a permeabilidade e, consequentemente, facilitando a entrada de micro-organismos patogênicos através da mucosa intestinal, como a *Salmonella* sp., o *Clostridium* sp. e a *Escherichia coli* (55).

Além disso, alguns autores (56) ressalvam a verificação da concentração de glicose sanguínea, pois o aumento de glicocorticoides induz a liberação de glicose no organismo para a manutenção de seu funcionamento, podendo acarretar diminuição do desempenho produtivo nas aves (57). A hiperglicemia também pode estar associada a liberação de catecolaminas em situações de estresse (39). Além disso, as catecolaminas podem resultar em redução no número de eritrócitos, no valor do hematócrito e nas taxas de hemoglobina, afetando a captação de oxigênio e, consequentemente, na capacidade de transporte e difusão de oxigênio pelo sangue (58, 59, 60).

CONCLUSÕES

O melhor entendimento sobre a fisiologia das aves em relação ao estresse térmico, por meio da avaliação comportamental e das alterações sanguíneas, pode ser uma ferramenta essencial para compreender os fatores que levam ao desequilíbrio do organismo diante de estímulos estressantes, como o calor e de que maneira as aves respondem e se adaptam a tais circunstâncias. Dessa forma, estudos sobre como as aves enfrentam altas temperaturas e se adaptam a essas condições podem contribuir para o manejo avícola, promovendo a saúde e bem-estar das aves.

REFERÊNCIAS

1.Afsal A, Sejian V, Bagath M, Krishnan, G, Devaraj C, Bhatta, R. Heat stress and livestock adaptation: Neuro-endocrine regulation. Int J Vet Anim Med. 2018;1(2).

2.Nawaz AH, Amoah K, Leng QY, Zhen JH, Zhang WL, Zhang L. Poultry response to heat stress: Its physiological, metabolic, and genetic implications on meat production and quality including strategies to improve broiler production in a warming world. Front Vet Sci. 2021; 8: 699081.

3.Aduasiamah P, Zhang Y, Amoah K, Leng QY, Zheng JH, Yang HWL, Zhang WL, Zhang L. Evaluation of physiological and molecular responses to acute heat stress in two chicken breeds. Anim. 2021;15(2):100-106.

4.Chen Y, Arsenault R, Napper S, Griebel P. Models and methods to investigate acute stress responses in cattle. Anim. 2015; 5(4): 1268-1295.

5. Gomes ARA, Litz FH, Morais HR, Oliveira RP, Nascimento MRBM. Estresse por calor na produção de frangos de corte. P Vet. 2012; 6(34).

6.Romero LM, Wingfield JC. Tempests, poxes, predators, and people: Stress in wild animals and how they cope. Nova York: Oxford Academic; 2015.

7. Franco-Jimenez DJ, Scheideler SE, Kittok RJ, Brown-Brandl TM, Robeson LR, Taira H, Beck MM. Differential effects of heat stress in three strains of laying hens. J Appl Poult Res. 2007;16(4):628-34.

8. Oluwagbenga EM, Fraley GS. Heat stress and poultry production: A comprehensive review. Poult Sci. 2023;102(12):103141.

9. Chang Y, Wang XJ, Feng JH, Zhang MH, Diao HJ, Zhang SS, Li X. Real-time variations in body temperature of laying hens with increasing ambient temperature at different relative humidity levels. Poult Sci. 2018;97(9):3119–3125.

10.Farag MR, Alagawany M. Physiological alterations of poultry to the high environmental temperature. J Therm Biol. 2018;76:101–106.

11. Kim DH, Lee YK, Lee SD, Kim SH, Lee KW. Physiological and behavioral responses of laid hens exposed to long-term high temperature. J Therm Biol. 2021; 99.

12. Brossi C, Contreras-Castilho CJ, Amazonas EA, Menten JFM. Estresse térmico durante o pré-abate em frangos de corte. Cienc. Rural. 2009;39(4):1296-305.

13. Shakeri M, Cottrell JJ, Wilkinson S, Ringuet M, Furness JB, Dunshea FR. Betaine and antioxidants improve growth performance, breast muscle development and ameliorate thermoregulatory responses to cyclic heat exposure in broiler chickens. Anim. 2018;8(10).

14. Gonzalez-Rivas PA, Chauhan SS, Ha M, Fegan N, Dunshea FR, Warner RD. Effects of heat stress on animal physiology, metabolic, and meat quality: a review. Meat Sci. 2020;162:108025.

15. Yousaf A, Jabbar A, Rajput N, Azizullah M, Shahnawaz R, Mukhtar N, Farooq F, Abbas M, Khalil R. Effect of environmental heat stress on performance and carcass yield of broiler chicks. J World's Poult Res. 2019;9(1):26-30.

16. Odom TW, Harrison PC, Bottje WG. Effects of thermal induced respiratory alkalosis on blood ionized calcium levels in the domestic hen. Poult Sci. 1986;65(3):570-3.

17. Nascimento ST, Maia ASC, Gebremedhin KG, Nascimento CCN. Metabolic heat production and evaporation of poultry. Poult Sci. 2017;96(8):2691-8.

18. Linsley JG, Berger RR. Respiratory and cardiovascular responses in hyperthermic domestic roosters . Poult Sci. 1964;43(2):291-305.

19. Cottrell JJ, Liu F, Hung AT, DiGiacomo K, Chauhan SS, Leury BJ, Dunshea FR. Nutritional strategies to alleviate heat stress in pigs. Anim Prod Sci. 2015;55(12):1391-402.

20.Maia RC, Tavernari FC, Albino LFT, Petrolli TG, Barros VRSM, Carvalho BR. Formação e qualidade dos ovos. In: Albino LFT, Carvalho BR, Maia RC, Barros, VRSM. Galinhas poedeiras: criação e alimentação. 1.ed. Aprenda Fácil; 2017.

21.Nys Y, Gautron J, Garcia-Ruiz JM, Hincke MT. Avian eggshell mineralization: Biochemical and functional characterization of matrix proteins. C. R. Palevol. 2004; 3(6):549-562.

22.Medway W, Kare MR. Blood and plasma volume, hematocrit, blood specific gravity and serum protein electrophoresis of the chicken. Poult Sci. 1959;38(3):624-33.

23. Mitchell EB, Johns J. Avian hematology and related disorders. Vet Clin North Am Exot Anim Pract. 2008;11(3):501-22.

24. Capitelli R, Crosta L. Overview of psittacine blood analysis and comparative retrospective study of clinical diagnosis, hematology and blood chemistry in selected psittacine species. 2013;16(1):71-120.

25. Bounous DI, Roger WD, Penelope GS, Kilburn JV, Charlotte QF. Normal hematologic and serum biochemical reference intervals for juvenile wild turkeys. J Wildl Dis. 2000;36(2):393-6.

26.Harmon B. Avian heterophils in inflammation and disease resistance. Poult Sci. 1998;77(7):972-7.

27. Morgulis MS. Imunologia aplicada. In: Macari M, Furlan RL, Gonzales E. Fisiologia

aviária aplicada a frangos de corte. Jaboticabal: FunepP/Unesp; 2002.

28. Wang J, Zhu B, Wen J, Li Q, Zhao G. Genome-wide association study and pathway analysis for heterophil/lymphocyte (H/L) ratio in chicken. Gen. 2020;11(9):1005

29. Schmidt EMS, Santin E, Dittrich R, Paulillo AC. Clinical pathology in poultry – A tool to improve poultry health:A review. Arch Vet Sci. 2007;12(3):9-20.

30. Borges SA, Maiorka A, Silva AVF. Fisiologia do estresse calórico e utilização de eletrólitos em frangos de corte. Cienc. Rural. 2003;33(5):975-81.

31. Schmidt EMS, Paulillo AC, Santin E, Dittrich RL, Oliveira EG. Hematological and serum chemistry values for the ring-necked pheasant (*Phasianus colchicus*): Variation with sex and age. Int J Poult Sci. 2007;6(2):137-9.

32. Sturkie PD, Newman HJ. Plasma proteins of chickens as influenced by time of laying, ovulation, number of blood samples taken and plasma. Poult Sci. 1951;30(2):240-8.

33. Cardoso ALSP, Tessari ENC. Estudo dos parâmetros hematológicos em frangos de corte. Arq Inst Biol São Paulo. 2003;70(4):419-24.
34. Weiss DJ, Wardrop KJ, Schalm OW. Schalm's veterinary hematology. 6.ed. Wiley-Blackwell; 2010.
35. Brandt LW, Clegg RE, Andrews AC. The effect of age and degree of maturity on the serum proteins of the chicken. J Biol Chem. 1951;91(1):105-11.

36. Campbell TW, Dein FJ. Avian Hematology. The Basics. Vet Clin North Am Small Anim Pract. 1984;14(2):223-48.

37. Barbosa TS, Mori CK, Polônio LB, Ponsano EHG, Ciarlini PC. Serum biochemical profile of laying hens in the region of Araçatuba, SP. Cienc. Agr. 2011;32(4):1583-1588.

38. Ding H, Yue Q, Chang L, Xi J, Chen H, Li F, Wang D, Zhou R. Whole blood gas and biochemical reference intervals for Lohmann Silver layers. Poult Sci. 2021;100(9):101368.

39. Campbell TW. Hematology. In: Ritchie BW, Harrison GJ, Harrison LR. Avian Medicine: principles and application. Wingers Publishing; 1994.

40. Garcia P, Wang Y, Viallet J, Jikova ZM. The chicken embryo model: a novel and relevant model for immune-based studies. Front Immunol. 2021;12.

41. Franzini BD, Cruz LCF, Sampaio SA, Borges KF, Barros HSS, Santana FX de C, Minafra CS. Indicadores sanguíneos hematológicos e hormonais do estresse na avicultura. Res Soc Dev. 2022;11(3).

42 Habibu B, Kawu MU, Aluwong T, Makun HJ. Influence of seasonal changes on physiological variables, hematology and serum thyroid hormones profile in male Red Sokotoand Sahel goats. J Appl Anim Res. 2017;45(1):508-16.

43. Hassan S, Habashy W, Ghoname M, Elnaggar A. Blood hematology and biochemical of four laying hen strains exposed to acute heat stress. Int J Biometeorol. 2023;67(4):675-86.

44. Barton B, Schreck C, Barton L. Effects of chronic Cortisol administration and daily acute stress on growth, physiological conditions, and stress responses in juvenile rainbow trout. Dis Aquat Organ. 1987;2:173-85.

45. Chamblee TN, Morgan GW, Schultz CD. Effect of refeeding following short-term deprivation of feed or water, or both, on selected physiological parameters for broiler chickens. Poult Sci. 1989;68(12):1619-23.

46. Manning RO, Wyatt RD, Fletcher OJ. Effect of cold acclimation on the broiler chicks' resistance to dietary aflatoxin1. Poult Sci. 1990;69(6):915-21.

47. Sartoris FJ, Pörtner HO. Increased concentrations of haemolymph Mg2+ protect intracellular pH and ATP levels during temperature stress and anoxia in the common shrimp Crangon crangon. J Exp Biol. 1997;200(4):785-92.

48. Berrong SL, Washburn KW. Effects of genetic variation on total plasma protein, body weight gains, and body temperature responses to heat stress. Poult Sci. 1998;77(3):379-85.

49. Abbas AO, Alaqil AA, Mehaisen GM, El Sabry MI. Effect of organic selenium-enriched yeast on relieving the deterioration of layer performance, immune function, and physiological indicators induced by heat stress. Front Vet Sci. 2022;9:795704.

50. Tessari ENC, Oliveira CAF, Cardoso ALS, Ledoux DR, Rottinghaus GE. Effects of aflatoxin B1 and fumonisin B1 on body weight, antibody titres and histology of broiler chicks. Br Poult Sci. 2006;47(3):357-64.

51. Ding J, He S, Xiong Y, Liu D, Dai S, Hu H. Effects of dietary supplementation of fumaric acid on growth performance, blood hematological and biochemical profile of broiler chickens exposed to chronic heat stress. Braz J Poult Sci. 2020;22.

52. Nwaigwe CU, Ihedioha JI, Shoyinka SV, Nwaigwe CO. Evaluation of the hematological and clinical biochemical markers of stress in broiler chickens. Vet World. 2020;13(10):2294-2300.

53. Chovatiya R, Medzhitov R. Stress, inflammation, and defense of homeostasis. Mol Cell. 2014;54(2):281-8.

54. Mehaisen GMK, Eshak MG, Elkaiaty AM, Atta ARMM, Mashaly MM, Abass AO. Comprehensive growth performance, immune function, plasma biochemistry, gene expressions and cell death morphology responses to a daily corticosterone injection course in broiler chickens. PLoS One. 2017;12(2).

55. He X, Lu Z, Ma B, Zhang L, Li J, Jiang Y, Zhou G, Gao F. Effects of chronic heat exposure on growth performance, intestinal epithelial histology, appetite-related hormones and genes expression in broilers. J Sci Food Agric. 2018;98(12):4471-8.

56. Nawab A, Ibtisham F, Li G, Kieser B, Wu J, Liu W, Zhao Y, Nawab Y, Li K, Xiao M, An L. Heat stress in poultry production: Mitigation strategies to overcome the future challenges facing the global poultry industry. J Therm Biol. 2018;78:131-9.

57. Surai PF, Kochish II, Fisinin VI, Kidd MT. Antioxidant defence systems and oxidative

stress in poultry biology: An update. Antioxid. 2019;8(7):7.

58. Barcellos LJG, Kreutz LC, Souza C, Rodrigues LB, Fioreze I, Quevedo RM, Terra S. Hematological changes in jundiá (*Rhamdia quelen Quoy* and *Gaimard Pimelodidae*) after acute and chronic stress caused by usual aquacultural management, with emphasis on immunosuppressive effects. Aquac. 2004;237:229-36.

59. Falcon DR, Barros MM, Pezzato LE, Solarte WVN, Guimarães IG. Leucograma da tilápia-do-nilo arraçoada com dietas suplementadas com níveis de vitamina C e lipídeo submetidas a estresse por baixa temperatura. Braz Anim Sci. 2008;9(3).

60. Teixeira CP, Barros MM, Pezzato LE, Fernandes AC, Koch JFA, Padovani CR. Growth performance of Nile tilapia, Oreochromis niloticus, fed diets containing levels of pyridoxine and haematological response under heat stress. Aquac Res. 2012;43(8):1081–8.

Capítulo 23

DOI: 10.53934/agronfy-2025-05-23

COMPARAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DE ALIMENTOS DE ORIGEM VEGETAL DE CULTIVO ORGÂNICO E CONVENCIONAL

Maria Eduarda Rodrigues Moreno*; Emily Ripardo Sousa;Vitória Ripardo Feijó; Aline Mendes de Andrade; Maria Eduarda Oliveira da Silva; Raynara Paiva da Costa; Antônia Elaine Frutuoso Lima

**Autor correspondente (Corresponding author) – Email: eduarda.rodrigues07@aluno.ifce.edu.br*

Resumo: A preocupação com a qualidade dos alimentos impulsiona o consumo de produtos orgânicos, que dispensam substâncias sintéticas. O objetivo deste estudo foi avaliar as características físico-químicas de tomates longa vida, bananas prata e mamões formosa, orgânicos e convencionais, considerando atividade de água, pH, sólidos solúveis totais, acidez total titulável, vitamina C, ratio e cor. Os tomates orgânicos apresentaram pH de 4,64, SST de 4,00 ºBrix, ATT de 0,21% e vitamina C de 67,08 mg/100g, enquanto os convencionais tiveram pH de 4,21, SST de 3,90 ºBrix, ATT de 0,14% e vitamina C de 40,29 mg/100g. O ratio foi maior nos convencionais (27,07) que nos orgânicos (18,87). Nas bananas, os orgânicos apresentaram SST de 24,60 ºBrix, ATT de 0,85% e vitamina C de 65,92 mg/100g, ratio de 29,19 enquanto os convencionais tiveram SST de 22,23 ºBrix, ATT de 0,59% e vitamina C de 48,41 mg/100g e ratio de 37,48. Nos mamões, os orgânicos apresentaram SST de 12,63 ºBrix, ATT de 0,40%, vitamina C de 110,37 mg/100g e ratio de 31,23, enquanto os convencionais tiveram SST de 9,83 ºBrix, ATT de 0,34%, vitamina C de 112,28 mg/100g e ratio de 28,55. Os resultados indicam que os produtos orgânicos apresentam maiores valores de SST, ATT e vitamina C, refletindo diferenças sensoriais e nutricionais, reforçando seu potencial como alternativa saudável e de qualidade.

Palavras–chave: Agrotóxicos; alimento saudável; sustentabilidade

INTRODUÇÃO

A intensa utilização de agrotóxicos no sistema de cultivo convencional tem gerado impactos ambientais significativos e favorecido o surgimento de pragas e patógenos resistentes aos agroquímicos, aumentando a necessidade de sua aplicação contínua. Além disso, o uso excessivo de defensivos químicos tem causado prejuízos à saúde dos trabalhadores rurais e dos consumidores, resultando em um aumento gradual da demanda por alimentos orgânicos (1)(2).

A agricultura orgânica, baseada em princípios ecológicos, diferencia-se do cultivo convencional ao promover a saúde dos solos, dos ecossistemas e das pessoas. De acordo com a International Federation of Organic Agriculture Movements (3), esse sistema utiliza processos naturais, biodiversidade e ciclos adaptados às condições locais, evitando insumos com efeitos adversos.

No Brasil, para que um alimento seja comercializado como orgânico, é necessário atender às normas do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) e obter um selo de certificação que comprove a conformidade com os critérios da Lei nº 10.831, de 2003 (4). Entretanto, na venda direta ao consumidor, a certificação não é obrigatória desde que

os produtores estejam devidamente organizados e registrados no MAPA, que será responsável pelo controle direto do setor, assegurando a conformidade com as normas do sistema orgânico.

O consumo de produtos orgânicos tem crescido no Brasil, impulsionado pela busca por práticas agrícolas mais sustentáveis e alimentos saudáveis (5). No entanto, o consumo de orgânicos ainda é limitado no país devido à falta de informações sobre a agricultura orgânica, aos preços mais elevados em comparação aos produtos convencionais e à menor disponibilidade desses alimentos, que são produzidos em menor escala (5). Esses desafios são exacerbados pelo cenário agrário brasileiro, onde o modelo de agricultura empresarial, baseado em grandes propriedades de monocultura que utilizam intensivamente insumos químicos, agrotóxicos, sementes geneticamente modificadas e mecanização pesada, tem sido priorizado na agenda macroeconômica e na política agrícola interna, dificultando a promoção e o desenvolvimento de uma agricultura mais social e ambientalmente sustentável (6).

Apesar desses desafios, o crescimento do setor orgânico é evidente, com aumento do das vendas no varejo, expansão das áreas agrícolas destinadas à produção orgânica e o crescimento do número de agricultores envolvidos no setor indicam uma tendência de crescimento contínuo. Os produtos orgânicos estão cada vez mais associados a maiores níveis de segurança alimentar e benefícios à saúde, além de apresentarem menores impactos sociais e ambientais (5).

O objetivo deste estudo foi avaliar as características físico-químicas de produtos vegetais produzidos pelos sistemas orgânico e convencional, proporcionando uma compreensão sobre a influência das práticas agrícolas na qualidade desses alimentos.

MATERIAL E MÉTODOS

PREPARO DAS AMOSTRAS

Os produtos utilizados foram tomate (*Solanum lycopersicum*) longa vida, banana prata (*Musa sapientum*) e mamão formosa (*Carica papaya L.*), adquiridos em um mercado varejista local na cidade de Sobral-CE. Os tomates, a polpa das bananas e os mamões foram triturados, separadamente, em um mixer da marca Oster e, em seguida, encaminhados imediatamente para as análises.

ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS

ATIVIDADE DE ÁGUA (Aw)

A atividade de água foi determinada conforme o método descrito por Lima et al. (7),utilizando Analisador de Aw Portátil LabStart Novasina, operando a 23 °C. Para a análise, 15 g de amostra foram depositadas em copos específicos e posicionadas no equipamento, que realizou as medições automaticamente.

POTENCIAL HIDROGENIÔNICO (pH)

O pH das amostras foi medido em um peagâmetro de bancada Even, modelo PHS-3E. Para a análise, 3 g de amostra foram diluídos em 30 mL de água destilada e transferidos para béqueres de 50 mL. Com o equipamento previamente calibrado, as leituras foram realizadas sob agitação em um Agitador Magnético IKA KMO 2 BASIC, sem aquecimento.

SÓLIDOS SOLÚVEIS TOTAIS (SST)

A determinação dos sólidos solúveis totais foi realizada conforme as Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz (8), utilizando Refratômetro Digital para Índice de Refração e ºBrix da marca Hanna. Após a calibração do equipamento, as amostras foram depositadas na célula de amostra (composta por um anel de aço inoxidável e prisma de vidro), onde foram realizadas as leituras do teor de açúcar presente em cada amostra.

DETERMINAÇÃO DA ACIDEZ TITULÁVEL EXPRESSA EM ÁCIDO CÍTRICO

A acidez titulável, expressa em ácido cítrico, foi determinada conforme o método do Instituto Adolfo Lutz (9). Para a análise, 1 g da amostra foi pesado em um Erlenmeyer de 250 mL e diluído em 50 mL de água destilada, seguido de filtração com papel filtro e algodão. Ao filtrado, foram adicionadas duas gotas de solução alcoólica de fenolftaleína a 1% (p/v), seguidas de titulação com solução de hidróxido de sódio 0,1 M sob agitação constante, até o aparecimento de coloração rósea persistente por 30 segundos. Os resultados foram expressos em % de ácido cítrico.

DETERMINAÇÃO DE VITAMINA C

Para a determinação da vitamina C, conforme o método descrito por Pearson (10), pesou-se a quantidade de 1 g da amostra. Filtrou-se com ácido oxálico e transferiu-se para um balão volumétrico de 100 mL, completando o volume com o mesmo ácido. Pipetou-se uma alíquota de 5 mL desta solução no erlenmeyer de 150ml e se titulou com a solução de Tillmans, que descorou-se num rosa levemente claro.

DETERMINAÇÃO DO RATIO

O ratio foi calculado pela razão entre os valores de sólidos solúveis (°Brix) e a acidez titulável, expressa em ácido cítrico (11).

AVALIAÇÃO COLORIMÉTRICA

A análise de cor foi realizada utilizando um Colorímetro Portátil Delta Color, modelo Colorium 2, previamente calibrado, expressando resultados de L* (luminosidade), a* (escala variando de vermelho a verde), b* (escala variando de amarelo a azul), C* (saturação) e h* (ângulo do tom), Em seguida os resultados foram analisados no Software Lab7, seguindo os procedimentos descritos no manual do equipamento.

ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os dados obtidos, realizados em triplicata, foram submetidos à análise de variância (ANOVA), e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, utilizando o software ORIGIN 2024.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 1 demonstra os resultados das análises físico-químicas dos produtos vegetais orgânicos e convencionais comercializados em Sobral - CE.

Tabela 1 – Análises de atividade de água (AW), potencial hidrogeniônico (ph), sólidos solúveis totais (SST), acidez total titulável (ATT), vitamina C e ratio.

Amostra	AW	PH	SST (°Brix)	ATT	Vitamina C	Ratio
TC	0,94±0,00^{A}	4,21±0,02^{B}	3,90±0,00^{B}	0,14±0,01^{B}	40,29±0,00^{B}	27,07±2,71^{A}
TO	0,93±0,00^{B}	4,64±0,01^{A}	4,00±0,00^{A}	0,21±0,01^{A}	67,08±0,00^{A}	18,87±0,78^{B}
BC	0,93±0,01^{A}	4,34±0,03^{A}	22,23±0,12^{B}	0,59±0,05^{B}	48,41±0,00^{B}	37,48±3,28^{A}
BO	0,93±0,00^{A}	4,29±0,03^{A}	24,60±0,60^{A}	0,85±0,05^{A}	65,92±0,00^{A}	29,19±1,59^{B}
MC	0,93±0,00^{A}	4,93±0,01^{A}	9,83±0,06^{B}	0,34±0,06^{A}	112,28±0,00^{A}	28,55±2,40^{A}
MO	0,93±0,00^{B}	4,89±0,01^{B}	12,63±0,06^{A}	0,40±0,03^{A}	110,37±0,00^{B}	31,23±2,00^{A}

TC: Tomate Convencional; TO: Tomate Orgânico; BC: Banana Convencional; BO: Banana Orgânica; MC: Mamão Convencional; MO: Mamão Orgânico. Valores com letras diferentes na mesma coluna apresentam diferença significativa ($p < 0,05$).

Em relação à atividade de água, as amostras de tomate apresentaram valores de 0,94 e 0,93. Ferreira et al. (12) encontraram valores de 1,00 em tomates de cultivo orgânico e convencional, valores próximos aos obtidos neste experimento, sendo classificados como alimentos com alta atividade de água (>0,90). As amostras de banana obtiveram resultados de 0,93, sem diferença estatística entre si. Souza (13) investigou a atividade de água em tratamentos da biomassa de banana verde, encontrando um valor médio de 0,99, superior aos valores obtidos neste estudo. Os resultados obtidos para o mamão convencional e orgânico mostraram valores de 0,93, sem diferença estatística significativa. Valores semelhantes foram relatados por Arruda et al. (14), que encontrou um valor de 0,96. Estes resultados indicam que as amostras analisadas possuem alta perecibilidade, pois microrganismos tendem a se desenvolver em produtos com atividade de água superior a 0,90. Os valores de pH são inversamente proporcionais com a da acidez, ou seja, quanto maior o pH, menor a acidez.Os frutos possuem diferentes concentrações de ácidos que, em equilíbrio com os teores de açúcares, influenciam sua qualidade sensorial. No caso dos tomates, os valores de pH variaram entre 4,21 e 4,64 para os convencionais e orgânicos, respectivamente, apresentando uma diferença estatisticamente significativa ($p<0,05$). Isso indica que os tomates orgânicos possuem maior acidez. Casals et al. (15) e Dias et al. (16) encontraram valores de 4,20 e 4,21 para tomates cereja comerciais e cultivados em sistema hidropônico sob condições protegidas. A Instrução Normativa SDA nº 37, de 1º de outubro de 2018 (17), estabelece os parâmetros analíticos para sucos e polpas de frutas, além dos requisitos complementares aos padrões de identidade e qualidade. As amostras de banana apresentaram valores de pH de 4,34 para a polpa convencional e 4,29 para a polpa orgânica, não apresentando diferença significativa. Ambos os valores estão acima do mínimo de 4,1 estabelecido por esta normativa. Sousa, Feitosa e Figueirêdo (18) encontraram resultados de pH variando de 4,71 a 5,56 em bananas tratadas com diferentes revestimentos pós-colheita, valores superiores aos obtidos no presente estudo, que variaram de 4,29 a 4,34. Esses resultados podem ser influenciados por fatores como as condições de cultivo e tratamentos pós-colheita. Com relação ao mamão os valores variam de 4,93 a 4,89, para convencional e orgânico apresentando diferença significativa ($p<0,05$). De acordo com Chan Junior et al. (19), o mamão apresenta pH entre 4,5 e 6,0. Portanto, os valores encontrados no presente trabalho estão em conformidade com a Instrução Normativa N° 1, de 07 de janeiro de 2000 (20), que estabelece um valor mínimo de 4,0. De acordo com a classificação de pH, os alimentos podem ser classificados como: baixa acidez (pH 7 - 5,5),

média acidez (pH 5,5 - 4,5), ácidos (pH 4,5 - 3,7) e alta acidez (pH < 3,7) (21). Neste contexto, os tomates longa vida podem ser classificados como produtos de média acidez (orgânicos) e ácidos (convencionais), as bananas como ácidas, e os mamões como produtos de média acidez.

O teor de sólidos solúveis totais apresentou uma diferença estatística entre os tomates convencionais (3,9 °Brix) e os orgânicos (4,0 °Brix), indicando uma maior quantidade de açúcares nos tomates orgânicos. Esses resultados estão dentro da faixa de 3,56 a 7,60 °Brix, conforme relatado por Dantas et al. (22) em tomates cereja. As amostras de banana apresentaram valores de 22,23 °Brix para a polpa convencional e 24,60 °Brix para a polpa orgânica, próximos aos valores obtidos por Andrade et al. (23), que estudaram o impacto do revestimento comestível ativo sobre as características físico-químicas de bananas Prata Anã armazenadas à temperatura ambiente, com um valor médio de 25,51 °Brix no 6º dia de armazenamento. Sousa, Feitosa e Figueirêdo (18) relataram valores de 25,05 °Brix para bananas revestidas com gelatina e 26,30 °Brix para bananas com goma xantana. Ambos os valores obtidos neste estudo estão acima do mínimo de 18 °Brix estabelecido pela Instrução Normativa SDA Nº 37, de 01 de outubro de 2018 (17). A polpa orgânica apresentou maior doçura, com uma diferença estatística significativa em relação à polpa convencional. A comparação dos teores de sólidos solúveis totais (SST) dos mamões orgânico e convencional, conforme estabelecido pela Instrução Normativa Nº 4, de 22 de janeiro de 2010 (24), que exige um mínimo de 11º Brix, mostra que o mamão orgânico, com uma média de 12,63º Brix, está em conformidade com essa exigência, enquanto o mamão convencional, com 9,83º Brix, não atende ao requisito mínimo. Além disso, os valores obtidos no estudo para o mamão orgânico são superiores aos teores encontrados por Batista (25), que variaram entre 11,07 e 11,61 para o mamão Aliança e entre 10,23 e 10,80 para o mamão THB, indicando uma qualidade ainda mais elevada do que a registrada em variedades estudadas recentemente. A análise dos sólidos solúveis é importante na área de alimentos, especialmente na avaliação dos parâmetros de qualidade de produtos de origem vegetal, pois indica o grau de maturação dos frutos e a quantidade de substâncias, principalmente açúcares, presentes nesses alimentos (26)(27).

A análise da acidez total titulável revelou uma diferença significativa ($p < 0,05$) entre os tomates convencionais e orgânicos, com os tomates orgânicos apresentando uma acidez média de 0,21%, enquanto os tomates convencionais têm uma acidez média de 0,14%. Isso sugere que, sob as condições analisadas, os tomates orgânicos possuem um nível mais alto de ácidos tituláveis em comparação com os convencionais. Essa diferença pode estar relacionada a fatores como práticas de cultivo, tipo de solo ou fertilização, que influenciam o perfil ácido dos frutos. Nos frutos cítricos, a acidez do suco varia proporcionalmente ao teor de vitamina C, embora essa variação não seja linear, pois há outros ácidos envolvidos. Dantas et al. (22) encontraram valores entre 0,20% e 0,49% ao analisarem tomates cereja, enquanto Rosa et al. (28), ao estudarem tomates in natura cultivados em sistema orgânico, obtiveram valores de 0,27% a 0,41%, resultados semelhantes aos obtidos nesta pesquisa.

A Instrução Normativa SDA Nº 37 de 01 de outubro de 2018 (17) estabelece um valor mínimo de acidez de 0,2% para a polpa de banana. No presente estudo, os valores médios foram de 0,59% para a polpa convencional e 0,85% para a polpa orgânica, ambos superiores ao mínimo estipulado pela norma. Além disso, os valores diferiram estatisticamente, com a polpa orgânica apresentando maior acidez. Em comparação, Sousa, Feitosa e Figueirêdo (18) encontraram acidez variando entre 0,14% e 0,37% para bananas da variedade Prata, enquanto Pimentel et al. (29) relataram valores de 0,18% para bananas verdes e 0,69% para frutos maduros da variedade Prata-Anã. Os resultados deste estudo indicam um nível de acidez mais elevado, que pode estar relacionado ao acúmulo de ácidos orgânicos durante o processo respiratório das bananas (30).

Foram encontrados teores de acidez total titulável (ATT) de 0,34% para o mamão convencional e 0,40% para o mamão orgânico. No entanto, não foi observada diferença estatisticamente

significativa entre os dois tipos de mamão para esse parâmetro. Isso pode ser devido à presença de diferentes compostos ácidos, como ácido cítrico, ácido málico e ácido hidrociânico no mamão, que podem ter influenciado a acidez total titulável e, consequentemente, não permitiram uma alteração significativa entre os diferentes tratos culturais. Além disso, diversos fatores relacionados à pré e pós-colheita desempenham um papel crucial na expressão da qualidade das frutas e hortaliças, afetando sua acidez, composição química e sabor (31).

Os resultados da análise de vitamina C entre os tomates convencionais (40,29 mg/100g) e orgânicos (67,08 mg/100g) mostram uma diferença significativa, com os tomates orgânicos apresentando um teor substancialmente maior de vitamina C. Assim, é possível afirmar que o tomate orgânico possui vantagem nutricional, o que pode ser um atrativo para consumidores interessados em produtos com maior valor nutricional. Takahashi et al. (31) obtiveram resultados médios de 15,07 mg/100g e 18,02 mg/100g em tomates submetidos a diferentes manejos e concentrações de solução nutritiva em cultivo fertirrigado, valores inferiores aos encontrados na presente pesquisa. Gomes (33), ao estudar a vitamina C em tomates, encontrou no primeiro estudo valores entre 11,48 mg e 24,72 mg para o orgânico e entre 20,5 mg e 28,5 mg para o convencional. No segundo estudo, os resultados foram de 82,91 mg para o orgânico e 65,5 mg para o convencional, valores superiores aos obtidos neste trabalho. Os teores de vitamina C ao longo do período estudado por Borges et al. (34) apresentaram um valor médio de 15,33 mg/100 g, que é inferior aos valores encontrados na presente pesquisa, de 48,41 mg/100 g para a banana convencional e 65,92 mg/100 g para a banana orgânica. Os teores de vitamina C observados neste estudo foram de 48,41 mg/100 g para a banana convencional e 65,92 mg/100 g para a banana orgânica. Estes valores são superiores à média de 38,46 mg/100 g reportada por Amorim et al. (35) para diversos genótipos de banana, que variaram de 20,76 mg/100 g no triploide Ambei a 54,20 mg/100 g no diploide Lidi. Mesmo considerando o valor mais alto encontrado pelos autores para o diploide Lidi, que é 54,20 mg/100 g, os valores de vitamina C obtidos nesta pesquisa são mais elevados, sugerindo que as bananas estudadas possuem um teor de vitamina C ainda maior. Essa diferença pode estar relacionada a vários fatores, como as práticas de cultivo no sistema orgânico, que geralmente favorecem a maior produção de compostos antioxidantes. Esse fator pode ser explicado pela estratégia de autodefesa das plantas em ambientes de cultivo orgânico, em que não há disponibilidade de agroquímicos e fertilizantes artificiais. O uso reduzido de agroquímicos no cultivo orgânico pode estimular as plantas a produzirem mais compostos de defesa natural, como a vitamina C (36). Quanto ao mamão, os teores de vitamina C encontrados foram de 112,28 mg/100g para o convencional e 110,37 mg/100g para o orgânico, com uma diferença estatística significativa que indica um teor maior no mamão convencional. Esse resultado sugere que o mamão convencional pode ser mais viável de ser encontrado em supermercados devido à dificuldade em se encontrar produtos orgânicos. No estudo de Barradas et al. (31), que investigou compostos bioativos e vitamina C em diferentes frutas sob tratamentos convencional e orgânico, foram observados valores de 59,41 mg e 65,44 mg, ambos abaixo dos encontrados no presente estudo.

Os valores de ratio, obtidos pela relação entre o teor de sólidos solúveis (°Brix) e o teor de ácidos tituláveis, sendo um indicador utilizado para determinar o estágio de maturação das frutas, determinando o balanço do sabor doce e ácido (37). Quanto maior o ratio, maior a sensação de doçura dos frutos (38). A relação SST/ATT para os tomates resultou em 27,07 no sistema convencional e 18,87 no sistema orgânico, indicando uma excelente combinação de açúcar e ácido, o que se correlaciona com o sabor característico dos frutos. O tomate é considerado de excelente qualidade quando apresenta o ratio acima de 10 (39). Silva et al. (40) relataram ratios de 9,29 a 6,03 em híbridos de tomate cereja cultivados em condições experimentais em Juazeiro–BA, valores inferiores aos encontrados neste estudo. Santiago et

al. (41) determinaram um ratio de 13,03 em tomates cereja Dolcetto, enquanto Dantas et al. (22) encontraram valores entre 8,28 e 22,67, corroborando os resultados obtidos nesta pesquisa.

A banana convencional obteve um ratio de 37,48, enquanto a orgânica apresentou 29,19, com diferença estatística significativa. Estes valores são inferiores aos encontrados por Andrade et al. (23), que observaram ratios de 42,33 a 46,04 para amostras de banana ao final da estocagem, sem revestimento. Comparativamente, Viana et al. (42) reportaram uma média de 48,83, correspondente à banana Prata Anã no estádio 7 de maturação (casca amarela com pontos marrons), empregada na elaboração de banana-passa. Entretanto, os valores de ratio foram superiores a 20,00 (com médias de 37,48 e 29,19), praticamente o triplo do valor informado por Pimentel et al. (29), que reportaram uma média de 11,89 para a banana Prata Anã no estádio 2 de maturação. A relação SST/ATT para o mamão convencional foi de 28,55 e para o mamão orgânico foi de 31,23, valores inferiores aos encontrados por Junior et al. (43), para o cultivar Formosa, que apresentou uma média de 100,10, e para o cultivar S. Solo, que ficou em torno de 125,90. Viégas (44) também relatou valores elevados para o cultivar mamão Formosa.

A apresentação visual é o primeiro ponto de contato entre o consumidor e o produto, com ênfase na cor e na aparência. A cor é um dos atributos mais significativos na comercialização, servindo como principal critério para a aceitação ou rejeição de um produto, uma vez que o impacto visual da cor frequentemente supera outros aspectos (45). Os valores médios de cor obtidos por leitura colorimétrica estão apresentados na Tabela 2.

Tabela 2 – Valores de cor.

Amostra	L*	a*	b*	C*	h*
TC	62,02±0,78^{A}	18,64±0,23^{A}	19,68±0,96^{A}	20,15±0,71^{A}	24,95±0,43^{A}
TO	43,55±0,73^{B}	17,09±0,27^{B}	6,30±0,54^{B}	17,66±0,78^{B}	19,04±0,50^{B}
BC	99,43±0,00^{A}	-2,6±0,00^{A}	1,68±0,00^{A}	3,09±0,00^{A}	147,14±0,00^{A}
BO	99,43±0,00^{B}	-2,6±0,00^{B}	1,68±0,00^{B}	3,09±0,00^{B}	147,14±0,00^{B}
MC	46,49±0,02^{B}	18,28±0,05^{B}	16,22±0,06^{B}	26,52±0,07^{B}	46,44±0,04^{A}
MO	46,54±0,00^{A}	25,34±0,01^{A}	20,45±0,01^{A}	35,56±0,02^{A}	38,90±0,01^{B}

TC: Tomate Convencional; TO: Tomate Orgânico; BC: Banana Convencional; BO: Banana Orgânica; MC: Mamão Convencional; MO: Mamão Orgânico. Valores com letras diferentes na mesma coluna apresentam diferença significativa ($p < 0,05$).

O eixo L* representa a luminosidade, variando de 0 (preto) a 100 (branco). Com base nos resultados, os tomates convencionais apresentaram uma coloração mais clara em comparação aos tomates orgânicos. O valor L* de 99,43 indica uma coloração extremamente clara para as bananas, independentemente do tipo de cultivo. Em contraste, a diferença significativa na luminosidade entre os mamões convencionais (46,49) e orgânicos (46,54) indica que o tipo de cultivo pode afetar a clareza visual dos frutos, com o mamão orgânico apresentando uma luminosidade ligeiramente maior, o que pode refletir diferenças no estágio de maturação ou nas condições de cultivo. A variação nas condições de cultivo pode influenciar aspectos como textura e cor, mas as características visuais dos mamões e bananas mostram

que, apesar das diferenças nos métodos de cultivo, o nível de maturação e a qualidade visual podem ser comparáveis.

O eixo a* indica a intensidade da cor, variando do verde (-) ao vermelho (+). Ambos os tipos de tomate apresentaram uma tendência predominante para o vermelho, com tomates convencionais mostrando um valor de 18,64 e tomates orgânicos um valor de 17,09. Isso indica que os tomates convencionais têm uma inclinação um pouco mais forte para o vermelho em comparação com os orgânicos. No caso das polpas de banana, os valores obtidos foram de -2,6, indicando uma tendência levemente voltada para o verde. Para os mamões, os valores de a* foram 18,28 para o mamão convencional e 25,34 para o mamão orgânico, sugerindo que o mamão orgânico tem uma tendência mais pronunciada para a cor vermelha, enquanto o mamão convencional tende a ser um pouco menos avermelhado. As diferenças na intensidade da cor entre os mamões e tomates indicam que o método de cultivo pode influenciar a coloração dos frutos, refletindo variações nas características visuais associadas a cada tipo de cultivo.

A coordenada b* reflete as variações de cor entre o azul (-) e o amarelo (+). Todos os valores de b* para os tomates foram positivos, indicando uma maior reflexão da cor amarela. Os tomates convencionais apresentaram um tom mais amarelado (19,68) em comparação aos tomates orgânicos (6,30). No caso das polpas de banana, o valor de 1,68 demonstra uma leve tendência para o amarelo. Para os mamões, os valores de b* foram 16,22 para o mamão convencional e 20,45 para o mamão orgânico. Isso sugere que o mamão orgânico tem uma tendência mais pronunciada para o amarelo em comparação ao convencional.

A coordenada C* representa a distância em relação ao eixo de luminosidade (L*), onde valores positivos indicam maior saturação e valores negativos, menor saturação. Para os valores de Chroma (C*), as amostras de tomate apresentaram resultados positivos, com tomates convencionais mostrando uma saturação de cor mais alta (20,15) em comparação aos tomates orgânicos (17,66). Essa diferença significativa indica que os tomates convencionais têm uma saturação de cor mais pronunciada. As amostras de polpa de banana, tanto convencionais quanto orgânicas, obtiveram um valor de 3,09, indicando uma saturação moderada de cor. Para os mamões, os valores de C* foram 26,52 para o mamão convencional e 35,56 para o mamão orgânico, sugerindo que o mamão orgânico apresenta uma saturação de cor mais alta em comparação com o mamão convencional. As diferenças na saturação de cor entre os tipos de tomate e mamão indicam que o método de cultivo pode influenciar a intensidade e a vivacidade da cor dos frutos, refletindo variações nas características visuais associadas a cada tipo de cultivo.

A coordenada h* corresponde ao ângulo de tonalidade, que começa no eixo +a* e se move no sentido anti-horário, onde 0° representa o vermelho e 90° o amarelo. No caso dos tomates, as amostras apresentaram diferenças significativas, mas com valores entre 19° e 25°, indicando tonalidades predominantemente avermelhadas. Já as polpas de banana apresentaram um valor de 147,14°, o que indica uma tonalidade próxima ao verde, afastando-se bastante do vermelho. Para os mamões, os valores foram 46,44° para o mamão convencional e 38,90° para o mamão orgânico, sugerindo que ambos têm uma tonalidade mais próxima ao amarelo, com o mamão convencional apresentando uma tonalidade um pouco mais amarelada em comparação ao orgânico. A tonalidade pode ser afetada pela presença de outros pigmentos ou compostos que alteram a percepção da cor.

CONCLUSÕES

Nas condições avaliadas, foram observadas diferenças significativas nas características físico-químicas entre tomates longa vida, bananas e mamões convencionais e orgânicos. A composição química desses alimentos é influenciada por fatores como condições edafoclimáticas, genótipo, método de cultivo, período de colheita e processamento pós-colheita. A principal diferença observada foi o teor de vitamina C, com tomates e bananas

apresentando níveis significativamente mais altos em comparação aos convencionais, evidenciando uma vantagem nutricional dos produtos orgânicos. Os tomates orgânicos exibiram um pH ligeiramente mais alto e uma maior acidez total titulável, indicando um perfil ácido mais pronunciado. Apesar de apresentarem um teor um pouco maior de sólidos solúveis totais, sugerindo uma leve maior doçura, o ratio dos tomates convencionais é superior, refletindo uma combinação mais equilibrada de açúcar e ácido e um sabor mais suave. Para as bananas, as orgânicas mostram um pH mais baixo e uma maior acidez total titulável, destacando um perfil ácido mais acentuado, além de níveis superiores de sólidos solúveis totais e vitamina C, indicando maior doçura e valor nutricional superior. O ratio mais alto das bananas convencionais sugere uma combinação mais suave de açúcar e ácido. Nos mamões, os orgânicos apresentaram SST, ATT e ratio superiores aos convencionais. Em resumo, os produtos orgânicos tendem a apresentar maior acidez e níveis mais elevados de sólidos solúveis e vitamina C, enquanto os convencionais oferecem um equilíbrio mais acentuado entre açúcar e ácido. Para consumidores que buscam alimentos mais saudáveis, livres de agrotóxicos e com maior valor nutricional, os produtos orgânicos podem ser uma escolha vantajosa.

REFERÊNCIAS

1. Ribeiro LR, Oliveira LM, Silva SO, Borges AL. Caracterização física e química de bananas produzidas em sistemas de cultivo convencional e orgânico. Rev Bras Frutic. 2012;34(3):774-82.

2. Reis VEHL, Prado KAS. Aplicação de normas e segurança: trabalhadores rurais com contato a defensivos agrícolas. Trabalho de conclusão de curso (Curso Técnico em Segurança do Trabalho) - Etec Prof. Alfredo de Barros Santos, Guaratinguetá, SP; 2023. 10 p.

3. International Federation of Organic Agriculture Movements (IFOAM). Site corporativo [Internet]. Disponível em: https://www.ifoam.bio/en/organiclandmarks/definition-organic-agriculture. Acesso em: 23 nov. 2024.

4. BRASIL. Lei n. 10.831, de 23 de dezembro de 2003. Dispõe sobre a agricultura orgânica e outras providências. Diário Oficial da União. 24 dez 2003; Seção I.

5. Silva DA, Polli HQ. A importância da agricultura orgânica para a saúde e o meio ambiente. Rev Interface Tecnol. 2020;17(1):505-16.

6. Leite RM. Agroeconegócio: o impossível viés ecológico do agronegócio [tese]. São Cristóvão: Universidade Federal de Sergipe; 2023. 218 f.

7. Lima KTS, Correia RTS, Amaral VS, Fernandes FA, Holanda BB, Cardoso JW, et al. Physicochemical properties of modified starches obtained by anti-solvent precipitation containing anthocyanins from jambolan (*Syzygium cumini*) fruit. Starch-Stärke. 2021;73(3-4):2000221.

8. Instituto Adolfo Lutz. Métodos físico-químicos para análise de alimentos. 4. ed. São Paulo: IAL; 2008.

9. Instituto Adolfo Lutz. Normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz. Vol. 1: Métodos químicos e físicos para análise de alimentos. 5. ed. São Paulo: IMESP; 2004. p. 75–6.

10. Pearson D. Técnicas de laboratorio para el análisis de alimentos. 2. ed. Zaragoza: Acribia; 1986.

11. Instituto Adolfo Lutz (IAL). Métodos químicos e físicos para análise de alimentos. 3. ed. São Paulo: Nobel; 1985. 533 p. v. 1.

12. Ferreira MMA, Souza Barbosa KM, Medeiros RG, Silva GS, Viera VB, et al. Análise físico-química comparativa de tomates de cultivo orgânico e convencional provenientes de feira livre na cidade de Cuité–PB. Brazilian J Dev. 2020;6(6):33275-82.

13. Souza DAF, Benevenuto WCA, Benevenuto Júnior AA, Martins EMF, Silva RR, Stephani R. Obtenção e caracterização de biomassa de banana verde. Alimentos: Ciênc Tecnol Meio Amb. 2020;1(4):89-106.

14. Arruda GMP de. Efeito do pré-tratamento ultrassônico associado a etanol e secagem por infravermelho nos parâmetros de qualidade do mamão formosa (Carica papaya L.) [dissertação]. Recife: Universidade Federal de Pernambuco; 2021.

15. Casals J, Rivera A, Sabaté J, Romero del Castillo R, Simó J. Cherry and Fresh Market Tomatoes: Differences in Chemical, Morphological, and Sensory Traits and Their Implications for Consumer Acceptance. Agronomy. 2019;9(1):9. doi:10.3390/agronomy9010009.

16. Dias NS, Diniz AA, Morais PLD, Pereira GDS, Sá FVS, Souza BGA, Cavalcante LF, Ferreira Neto M. Yield and quality of cherry tomato fruits in hydroponic cultivation. Biosci J (Online). 2019;35(5):1470-1477.

17. BRASIL. Instrução Normativa SDA nº 37, de 1º de outubro de 2018. Estabelece os parâmetros analíticos de suco e de polpa de frutas e a listagem das frutas e demais quesitos complementares aos padrões de identidade e qualidade já fixados. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 8 out. 2018. Disponível em: https://www.in.gov.br/materia/-/asset_publisher/Kujrw0TZC2Mb/content/id/4430493/do1-2018-10-08-instrucaonormativa-n-37-de-1-de-outubro-de-2018-44304612. Acesso em: 23 nov. 2024.

18. Sousa S de F, Marques Feitosa R, Feitosa de Figueirêdo RM. Aplicação de diferentes revestimentos na conservação pós-colheita da banana cv. prata. NAT [Internet]. 5º de novembro de 2018 [citado 23º de novembro de 2024];6(6):563-8. Disponível em: https://periodicoscientificos.ufmt.br/ojs/index.php/nativa/article/view/5583.

19. Chan Jr HT, Chang TSK, Stanfford AE, Brekker JE. Nonvolatile acids of papaya. J Agric Food Chem. 1971;19(2):263-265.

20. BRASIL**.** Ministério da Agricultura e do Abastecimento. Instrução Normativa n° 1, de 7 de janeiro de 2000. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Poder Executivo, Brasília, n. 6, p. 57, 10 jan. 2000. Seção 1.

21. Public Health England. Determination of pH in food and water samples. 2. ed. 2017;2-17.

22. Dantas LO, Maia AG, Moreno MN, Melo NGM, Souza RP de, Souza R Áila T de, Martim SR. Physicochemical and microbiological analysis of cherry tomatoes (Solanum lycopersicum var. cesariforme) sold in emporiums in Manaus-AM. RSD [Internet]. 2021Nov.26 [cited 2024Nov.23];10(15):e527101523276. Disponível em: https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/23276.

23. Andrade, M. F.; Casaro, M. L. D. A.; Oliveira, M. L. P.; DE Lima, J. P.; Alves, E. E. Impacto do revestimento comestível ativo sobre características físico-químicas de banana prata anã estocada sob temperatura ambiente. In: VIEIRA, C. R. et al., organizadores. Tecnologia de alimentos: embalagens de alimentos, desenvolvimento e processamento de alimentos. Montes Claros, MG: ICA/UFMG; 2021.

24. BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento - MAPA. Instrução Normativa Nº 4, de 22 de janeiro de 2010. Estabelece o regulamento técnico do mamão, definindo o seu padrão oficial de classificação, com os requisitos de identidade e qualidade, a amostragem, o modo de apresentação e a marcação ou rotulagem na forma dos Anexos I, II e III à presente Instrução Normativa. Diário Oficial da União, v. 147, n. 16, seção 1, p. 3-5, 2010. Disponível em: http://sistemasweb.agricultura.gov.br/sislegis/action/detalhaAto.do?method=visualizarAtoPortalMapa&chave=1867613810. Acesso em: 23 nov. 2024.

25. Batista, D de VS. Bioatividade do óleo essencial de cravo (Syzygium aromaticum) e de revestimentos com fécula sobre a antracnose em mamão na pós-colheita. [tese]. Cruz das Almas: Universidade Federal do Recôncavo da Bahia; 2019.

26. Cavalcanti, AL, Oliveira, KF, Paiva, PS, Dias, MVR, Costa, SKP, Vieira, FF. Determinação dos sólidos solúveis totais (°Brix) e pH em bebidas lácteas e sucos de frutas industrializados. Pesquisa Brasileira em Odontopediatria e Clínica Integrada. 2006;6(1):57–64.

27. Carneiro, APG, Figueiredo, RW, Sousa, PHM. Rotulagem e estabilidade de suco de caju integral comercializado em supermercados de Fortaleza-CE. Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais. 2013;15(1):59–67.

28. Rosa, CL da S., Soares, AG, Freitas, D de G C, Rocha, MC, Ferreira, JCS, Godoy, RL de O. Caracterização físico-química, nutricional e instrumental de quatro acessos de tomate italiano (Lycopersicum esculentum Mill) do tipo 'Heirloom' produzido sob manejo orgânico para elaboração de polpa concentrada. Alimentos e Nutrição. 2011;22(4):649–56.

29. Pimentel, RMDA, Guimarães, FN, Santos, VMD, Resende, JCFD. Qualidade pós-colheita dos genótipos de banana PA42-44 e Prata-Anã cultivados no norte de Minas Gerais. Rev Bras Frutic. 2010;32:407–13.

30. Paliyath P, Murr DP, Handa KA, Lurie S. Postharvest biology and technology of fruits, vegetables, and flowers. Ames: Wiley-Blackwell; 2008. 482 p.

31. Barradas, AM. Características nutritivas e funcionais de frutas cultivadas no sistema convencional e orgânico [dissertação]. Teresina: Universidade Federal do Piauí; 2017.

32. Takahashi HW, Barzan RR, Bertoncelli DJ, Suzuki ABP, Fregonezi GADF, Sampaio et al. Manejo da solução nutritiva sobre a qualidade pós-colheita de tomate salada fertirrigado em areia. Braz J Food Technol. 2018;21:e2016144.

33. Gomes LF. Tomate orgânico e convencional: uma revisão sobre a qualidade nutricional [trabalho de conclusão de curso]. São Luiz Gonzaga: Universidade Estadual do Rio Grande do Sul; 2021.

34. Borges ADM, Pereira J, Silva Júnior A, Lucena EMPD, Sales JCD. Estabilidade da pré-mistura de bolo elaborada com 60% de farinha de banana verde. Ciência e Agrotecnologia. 2010;34:173-81.

35. Amorim EP, Cohen KDO, Paes NS, Santos-Serejo JA, Silva SDO. Compostos funcionais em genótipos de banana. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical; 2007. (Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical. Comunicado técnico, 123).

36. Sousa M, Machado M, Pinheiro A, Silva J, Caldas F. Efeito dos sistemas de cultivo orgânico e convencional na atividade antioxidante de hortaliças: uma revisão integrativa. Ciência e tecnologia de alimentos: O avanço da ciência no Brasil. Guarujá-SP: Científica Digital; 2022. p. 86-101.

37. Couto MAL, Canniatti-Brazaca SG. Quantificação de vitamina C e capacidade antioxidante de variedades cítricas. Food Sci Technol. 2010;30:15-9.

38. Iensen D, dos Santos IV, Quast E, Quast LB, Raupp D da S. Desenvolvimento de Geleia de Kiwi: Influência da Polpa, Pectina e Brix na Consistência. J Health Sci [Internet]. 2015 jul 2 [citado 2024 nov 23];. Disponível em: https://journalhealthscience.pgsscogna.com.br/JHealthSci/article/view/575.

39. Nascimento ASM, Silva LFD, Lima LKB, Costa LFD, Oliveira MCC, Ferreira FL, et al. Qualidade pós-colheita de tomate (Lycopersicon esculentum Mill) obtido de diferentes estabelecimentos na cidade de São Luís, Maranhão. Rev Foco. 2023;16(5):e1836-e1836.

40. Silva NC, Aragão CA, Dantas BF, Brandão MLP. Avaliação de híbridos de tomate cereja cultivados em vasos e com diferentes conduções de hastes. Res Soc Dev. 2020;9(12):1-23.

41. Santiago EJP, Oliveira GM, Ramos MDMVB, Carvalho Rocha R, Pereira AVA. Qualidade do tomate cereja cultivado sob lâminas de irrigação em ambiente protegido e campo aberto. Agrometeoros. 2018;26(1).

42. Viana EDS, Reis RC, Sena LDO, Júnior MBDS, da Silva PNR. Produção de bananas-passa com frutos de variedades melhoradas e avaliação da qualidade físico-química e sensorial. B. do CEPPA [Internet]. 2017 out 22 [citado 2024 nov 23];35(1). Disponível em: https://revistas.ufpr.br/alimentos/article/view/55944.

43. Júnior F, Torres LBDV, Campos VB, Oliveira A, Motas J. Caracterização físico-

química de frutos de mamoeiro comercializados na EMPASA de Campina Grande-PB. Rev Bras Prod Agroindustr. 2007;9(1):53-8.

44. Viégas PRA. Teores de nitrogênio em tecidos toliares, produção e qualidade de frutos do mamoeiro, em função da adubação nitrogenada. [tese]. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa; 1997. 62 f.

45. Tocchini L, Mercadante AZ. Extração e determinação, por CLAE, de bixina e norbixina em colorífícos. Food Sci Technol. 2001;21(3):310-3.

Capítulo 24

DOI: 10.53934/agronfy-2025-05-24

FRUTOS DA REGIÃO AMAZÔNICA NA NUTRIÇÃO ANIMAL: REVISÃO DE LITERATURA

Regina Tie Umigi*; Jayne Julia Zanchetta ; Ingrid Lemos Soares

**Autor correspondente (Corresponding author) – Email: regina.umigi@ufrr.br*

Resumo: O custo gerado pela alimentação é um dos grandes entraves na criação de animais de produção e a busca por alimentos alternativos se faz necessário. Portanto, objetivou-se com este trabalho, realizar uma revisão sobre o potencial nutricional de alimentos alternativos, existentes na região Amazônica, com a finalidade de utilização na alimentação de animais de interesse zootécnico. Avaliando a possibilidade de algumas frutas da região possam servir como alimentos alternativos, tais como: buriti, açaí, camu-camu, tucumã, cupuaçu, cacau e acerola; onde os seus resíduos possuem nutrientes que podem ser essenciais para a nutrição de animais, sendo utilizados de forma adequada na nutrição para assim evitar possíveis problemas, comprovando a eficácia de diferentes fontes alimentares. Ainda são poucos trabalhos publicados relacionados ao uso desses resíduos na nutrição animal e qual sua influência sobre o consumo, digestibilidade e seus parâmetros, porém foi possível analisar que a adição de subprodutos regionais proporciona benefícios para o uso na alimentação animal, considerando suas propriedades potenciais como forma de reduzir custos de produção, agregando valores econômico ao setor produtivo, além de se obter compostos bioativos dos alimentos alternativos em substituição aos alimentos convencionais (milho e farelo de soja).

Palavras–chave: alimento alternativo; desempenho produtivo; resíduos agroindustriais

INTRODUÇÃO

O Brasil se destaca por ser um dos maiores produtores e exportadores de carne de origem animal, com isso há grande procura por alimentos de qualidade para suprir suas necessidades nutricionais. Infelizmente, na região amazônica, o preço dos alimentos convencionais, como o milho e o farelo de soja, chega a ser mais alto, pois muitos desses produtos são importados de outras regiões do país e acabam onerando o custo de produção (1).

Uma saída seria oferecer para os animais alimentos alternativos com características e teores nutricionais adequados e de fácil acesso ao produtor. Nos últimos anos muitas pesquisas vêm sendo conduzidas a fim de verificar a possibilidade da utilização destes produtos alternativos, sem, contudo, prejudicar o desempenho animal (2; 3; 4).

A utilização desses subprodutos poderá proporcionar baixo custo nas dietas, porém, a sua incorporação pode apresentar algumas desvantagens devido à falta de controle de qualidade e podem apresentar variações nas composições químicas das dietas. Desta forma, isto passa a ser o principal desafio para os nutricionistas no momento da formulação da dieta adequada (5).Portanto, objetivou-se com esta revisão apresentar informações sobre os alimentos alternativos da região amazônica e que possuem potencial

de utilização na alimentação animal, por serem ricos em compostos bioativos, podem ter uma propriedade antimicrobiana e antioxidante.

1 REGIÃO AMAZÔNICA

A Amazônia Brasileira concentra 44% das 500 espécies de frutas nativas do país, o que torna o Brasil o segundo grande centro de origem de espécies frutíferas tropicais, ficando atrás apenas do Sudeste Asiático. Estudos mencionam a existência de 220 plantas produtoras de frutos comestíveis na região, mas ainda são poucas as cultivadas, vindo a maioria do extrativismo (6).

Pesquisas comprovam que as frutas nativas da região amazônica possuem excelentes teores nutricionais, porém o aproveitamento e o acesso para consumo *in natura* são dificultados devido a sazonalidade e a sua alta degradabilidade pós-colheita (7; 8; 9). Dessa forma, o conhecimento sobre as técnicas de processamento e pós-colheita dos frutos podem fazer com que eles sejam apreciados e fornecidos em outras regiões brasileiras ou até mesmo exportados (10) e torna importante a busca de técnicas de aproveitamentos que sejam viáveis para assim utilizar como alternativa voltados para a produção animal.

2 ALIMENTOS ALTERNATIVOS PARA ANIMAIS

Alimentos alternativos são considerados subprodutos obtidos após o processamento do alimento comestível, desde que os mesmos não contenham substâncias antinutricionais, não interfiram negativamente na digestibilidade e a absorção dos nutrientes, repondo de forma equivalente os nutrientes da dieta padrão (11).

Diante disto, muitas pesquisas são realizadas a fim de verificar a possibilidade de oferecer resíduos agroindustriais como alimentos alternativos com o objetivo de garantir a qualidade nutricional e consequentemente ter um bom desempenho a um custo mais baixo nas produções (12; 3; 13; 4).

Vale destacar que um dos fatores primordiais na escolha do ingrediente alternativo é a disponibilidade que esse alimento tem durante todo ano, o que torna importante buscar alimentos regionais que tenham potencial para uso na alimentação animal, como forma de valorizar a produção local, destinando assim os resíduos industriais e reaproveitando subprodutos, como alternativa de baixo custo para fomentar a produção em pequena e média escala (12).

Sabe-se que os alimentos principais das dietas de praticamente quase todos os animais tanto para monogástricos como para ruminantes, é o milho e a soja, excelentes fontes energética e proteica, respectivamente (14). Onde, por vezes são alimentos que chega a ter alto custo, o que gera uma grande problemática, com a dependência da viabilidade de produção, combustíveis/ transporte, armazenamento, crescimento das importações e da demanda interna e elevados preços (1).

Assim, o conhecimento do valor nutricional dos resíduos da agroindústria poderá possibilitar a sua utilização nas rações para os animais, de forma mais eficiente e como fontes estratégicas de alimentos em períodos críticos de escassez de volumoso, ou em substituição a alimentos tradicionais (15).

3 USO DE FRUTOS REGIONAIS PARA A ALIMENTAÇÃO ALTERNATIVA

Na Tabela 1 são apresentados a composição química dos resíduos agroindustriais alternativos para alimentação animal, os quais serão apresentados a seguir.

Tabela1. Composição química dos resíduos agroindustriais alternativos para alimentação animal.

Componentes	Farinha resíduo de buriti	Semente de açaí	Farinha de camu-camu	Farinha de tucumã	Torta da semente cupuaçu
MS (%)	91,39	56,99	13,69	89,78	-
PB (%)	6,63	2,86	0,79	9,33	14
EE (%)	13,72	0,78	0,58	12,66	15,81
FDN (%)	-	87,02	5,18	53,98	-
FDA (%)	-	72,25	2,38	38,63	-
CNF (%)	-	-	6,90	-	-
MM (%)	3,33	1,27	0,24	4,49	5,79
FB (%)	1,97	80,52	0,86	14,63	15,18
EB (kcal kg)	4.286,94	4.417	679,88	-	4.695
EM (kcal kg)	3.927,29	-	-	3.267	-
Autores	(16)	(12)	(17)	(18)	(19)

MS = matéria seca; PB = proteína bruta; EE = extrato etéreo; FDN = fibra em detergente neutro; FDA = fibra em detergente ácido; CNF= Carboidratos não fibrosos; MM= Matéria mineral; FB= fibra bruta; EB= energia bruta; EM= energia metabolizável

3.1 BURITI

O buritizeiro (*Mauritia flexuosa Mart*.) é uma palmeira da família *Arecaceae*, encontrada em toda região amazônica, principalmente nos estados de Roraima, Pará, Amazonas, Amapá e Rondônia. Ocorre naturalmente em áreas onde o solo perdura úmido durante todas as estações do ano, como em margens de rios, córregos, lagos e veredas (20). Conhecido também como miriti, coqueiro-buriti, buritizeiro, muriti, muritim, palmeira-dos-brejos, carandá-guaçu, carandaí-guaçu, entre outros (21).

A palmeira do buriti pode produzir cerca de 360 kg de frutos por ano, e o fruto possui em média 32% de polpa, podendo ser extraído 20% total de óleo de buriti. O óleo que é extraído da polpa do fruto é rico em ácido graxo oleico e palmítico, possui vitaminas C e E, e uma grande quantidade de β-caroteno (22) e alto teor de ácidos graxos insaturados (23).

A polpa de buriti contém quantidades consideráveis de carotenoides, polifenóis e ácido ascórbico, sua quantidade de β-caroteno (pigmento carotenoide antioxidante) é superior ao encontrado na couve e cenoura. Possuindo grandes quantidades de vitamina A, de aminoácidos sulfurados importantes, sendo também rica em fibras e dispõem da presença de diversos minerais (24).

Avaliando o desempenho produtivo e econômico da inclusão de níveis de farinha de resíduos de buriti (como fonte energética) em rações de poedeiras comerciais leves, (16) observaram que a farinha de buriti pode ser utilizada como aditivo. Todavia, até 25% de inclusão, houve aumento no consumo de ração e, consequentemente, no custo de produção e queda na rentabilidade.

Em outro estudo com a farinha do resíduo de buriti sobre a qualidade do ovo de poedeiras comerciais leves, (21) observou que é possível substituir em até 25% do milho por farinha do resíduo do buriti nas rações balanceadas para poedeiras comerciais leves sem alterar a qualidade do ovo.

Em pesquisa realizada por (25), sendo analisados o rendimento, composição centesimal da farinha da polpa de buriti e o desempenho zootécnico de juvenis de tambaqui (*Colossoma macropomum*), alimentados por 33 dias com dietas suplementadas

com três níveis de farinha da polpa de buriti (0, 5, 10 e 20%). Os autores verificaram que a polpa apresenta propriedades que a caracteriza como alimento funcional, tornando-se uma alternativa para a dieta e não prejudicando o desempenho zootécnicos dos animais, concluindo que a farinha da polpa de buriti, nas concentrações de inclusão testadas, é uma alternativa para a dieta de juvenis de tambaqui.

3.2 AÇAÍ

O açaí, fruto do açaizeiro, é classificada em duas espécies (*Euterpe precatória Mart.*) e (*Euterpe oleracea Mart.*), se destaca pela sua abundância e por produzir importante alimento para as populações na região Amazônica, nativo da região tropical brasileira com forte importância econômica, social e cultural para a região norte do Brasil (26; 27).

Os caroços de açaí limpos, ou seja, depois de retirada toda a polpa forma o subproduto, que podem ser utilizados na ração animal (12). Ainda mais que o caroço pode incrementar a participação de fibra nas dietas (28).

Ao avaliar o potencial da utilização do caroço de açaí na alimentação de suínos mestiços castrados em crescimento (56 dias), (26) elaboraram dietas com diferentes níveis de inclusão do subproduto (0; 7,5; 15 e 22,5%). Os autores não encontraram diferença significativa nos parâmetros de desempenho avaliados e concluíram que seu uso pode ser recomendado até o nível de 22,5%, em substituição ao milho, para suínos mestiços na fase de crescimento. Além disso (26) apontam que o uso deste subproduto é indicado em regiões produtoras de açaí, pois resulta em viabilidade econômica na produção animal em sistema agroecológico.

Utilizando o farelo de caroço de açaí em ração para frangos de crescimento lento, de 1 até 28 dias de idade, (12) evidenciaram que pode-se utilizar o nível de 10% de inclusão e mostrou-se economicamente viável, sendo uma alternativa de insumo na produção de frangos, contribuindo para a redução do impacto negativo gerado pelo resíduo do açaí no meio ambiente.

A inclusão de caroço de açaí em dietas para ruminantes possui resultados interessantes, sendo que, a inclusão de até 15% de caroço de açaí na dieta de ovinos aumenta o ganho de peso dos animais, o que mostra um subproduto com ótimas caraterísticas para as dietas em substituição ao volumoso (29).

3.3 CAMU-CAMU

O fruto de camu-camuzeiro (*Myrciaria dubia (Kunth) Mc Vaugh*) vem se destacando cada vez mais dentro da biodiversidade da região amazônica, é um arbusto da família *Mirtaceae*, conhecido também como "caçari" ou "araçá d'água", é de ocorrência natural da região amazônica que produz nos períodos de chuvoso, próximo a cursos de rios e lagos (30; 31).

O camu-camuzeiro é nativo da região amazônica e desperta a atenção dos pesquisadores devido que seu fruto é grande fonte de Vitamina C e possui teores de ácido ascórbico muito elevados, o qual podendo chegar até 6.000mg 100g-1 de fruta (peso fresco) (8; 32).

O fruto é encontrado nas margens de rios e lagos (33), sendo alimento para os peixes em épocas de produção, o que torna possível inclusão em uma alimentação alternativa. Como demonstraram (34), onde avaliaram o efeito da substituição da ração comercial por frutos de camu-camu sobre o desempenho produtivo de juvenis de pirapitinga (*Piaractus brachypomus*). Os autores afirmaram que é viável a substituição

em até 30% da ração comercial por frutos de camu-camu, visto que não prejudicou no crescimento durante a fase juvenil, onde a vitamina C encontrada no fruto favorece a formação óssea, contribui para se ter animais mais sadios, fortes, imunidade alta, demonstrando que os peixes apresentem todo o seu potencial produtivo.

Avaliando as respostas fisiológicas de juvenis de tambaqui (*Colossoma macropomum*) alimentados com ração comercial suplementada com diferentes concentrações de camu-camu (*Myrciaria dubia (Kunth) Mc Vaugh*), (35) observaram que os peixes alimentados com 15% e 30% de camu-camu obtiveram mais peso e melhor desempenho natatório, respectivamente. Onde os resultados para as concentrações superiores a 30% com camu-camu indicaram saturação nas propriedades intrínsecas na dieta denotando assim uma perda de nutrientes, reduzindo o desempenho produtivo e assimilação nutricional.

Ao analisar a farinha de camu-camu com fruto inteiro seco para juvenis de tilápia-do-Nilo da linhagem GIFT e a sua inclusão em substituição do milho como ingrediente alternativo em rações peletizadas, (17) observou em seu estudo que a farinha de camu-camu nos níveis de (0, 10, 20 e 30%) apresenta bons resultados para a digestibilidade aparente da matéria seca, extrato etéreo, proteína bruta e carboidratos não fibrosos, aumentando a deposição de proteína corporal. Já para os parâmetros de crescimento e peso final, foram afetados negativamente pelo camu-camu nas dietas. Mas apesar de não afetar a sobrevivência, resulta em redução do ganho de peso e desempenho produtivo dos peixes e assim, não recomenda a inclusão de camu-camu em dieta de alevinos de tilápia do Nilo.

3.4 TUCUMÃ

O tucumã (*Astrocaryum vulgare M.*), pertencente da família *Arecaceae*, também conhecido como tucumã-do-amazonas e tucumã-açu, é uma palmeira de grande importância socioeconômica da Amazônia. Possui fruto não suculento, com importantes propriedades nutricionais, com fibras, provitamina A (caroteno), baixo teor de açúcar, elevado conteúdo lipídico (fonte calórica), contribuindo consideravelmente para o seu elevado valor energético e lipídeos, especialmente do ácido graxo oleico (36).

A inclusão da farinha do resíduo de tucumã pode apresentar uma viabilidade econômica dento da produção, como afirmam (18), avaliando economicamente a inclusão de níveis de farinha do resíduo de tucumã (*Astrocaryum vulgare, Mart*), utilizada como fonte energética em rações para poedeiras comerciais Dekalb White, com 56 semanas. Concluíram que a farinha do resíduo de tucumã pode ser utilizada como ingrediente alternativo nas rações de poedeiras, onde o nível de inclusão de 5% apresentou maior rentabilidade e até o nível de 20% de inclusão o custo das rações foi menor.

Em pesquisa analisando a viabilidade econômica da farinha do resíduo de tucumã em rações para frangos de corte Cobb500 (de 01 dia até a fase de terminação 42 dias de vida). (37) concluíram que a farinha do resíduo de tucumã pode ser utilizada como alimento alternativo em rações para frangos de corte até 15% sem ocasionar alterações no desempenho e nos custos de produção.

Em um estudo com galinhas poedeiras (38) utilizando farinha do resíduo de tucumã, com o objetivo de avaliar o desempenho zootécnico e econômico da inclusão de níveis crescentes (0, 5, 10, 15 e 20%) da farinha, concluíram que com a inclusão de 20% da farinha de tucumã, não houve alteração na conversão alimentar por dúzia de ovos, conversão alimentar por massa de ovos e percentagem de albúmen. Ainda os autores relataram que o farelo do resíduo de tucumã é rico em extrato etéreo, com percentual

significativo de fibra e proteína bruta que são similares ao encontrado no milho de boa qualidade.

Avaliando o efeito da substituição do farelo de milho pela farinha de polpa do tucumã (*Astrocaryum aculeatum G. Mey.*) em dietas para juvenis de tambaqui (*Colossoma macropomum*), (39) observaram que em condições que ocorreram o experimento, afirmam que o farelo de milho pode ser substituído em até 25% pela farinha de torta de tucumã em dietas para juvenis de tambaquis em caixa d'água, sem que haja comprometimento das variáveis de desempenho zootécnico. Diante do exposto, fica evidenciado o seu potencial para compor dietas nutritivas para peixes frugívoro. Os autores enfatizam quem mesmo trazendo resultados positivos de inclusão, existe a necessidade de investigar o tipo de substituição em dietas alternativas para o tambaqui em outro sistema de cultivo.

Além disso, dentre esses estudos mostrou-se eficiente a maximização da rentabilidade associados aos desempenhos zootécnicos produtivos dos animais, demonstrando assim que a inclusão de resíduos de tucumã nas rações é eficiente sem prejudicar os índices zootécnicos dos frangos, como mostra nas pesquisas.

3.5 CUPUAÇU

O cupuaçu é um fruto oriundo do cupuaçuzeiro (*Theobroma grandiflorum, Schum*), é uma espécie arbórea nativa da região amazônica. Seu material residual é a semente, onde apresenta características nutricionais interessantes, que tornam um produto potencial para utilização na nutrição de animais, sendo esta descartada pelas agroindústrias de beneficiamento (40), porém, mais estudos devem ser realizados para verificar o aproveitamento de seus nutrientes na alimentação animal.

Do material residual pode ser feito a torta de semente de cupuaçu (TSC), que é o resultado final da retirada do óleo, ficando assim a sua composição fibrosa, portanto a fibra pode influenciar no desempenho dos animais. Em um experimento realizado com o intuito de avaliar os efeitos da inclusão da torta da semente de cupuaçu (TSC) nas dietas de frangos caipira, (19) concluíram que a utilização da TSC prejudica linearmente o desempenho dos frangos, reduzindo o consumo de ração e, consequentemente, o peso vivo, piorando a conversão alimentar, a eficiência alimentar e a viabilidade dos frangos. Fazendo assim que demore a atingir a capacidade de crescimento e o peso adequado de abate.

Avaliando os efeitos da suplementação de um complexo enzimático em dietas contendo torta de cupuaçu sobre o desempenho, rendimento de carcaça e viabilidade econômica de frangos caipiras de corte, (41) observaram que a inclusão da torta de cupuaçu afetou negativamente as características produtivas das aves, apesar de não afetar o consumo de ração, entretanto promoveu diminuição do peso vivo e piora da conversão alimentar.

Com o objetivo de avaliar o ganho de peso de alevinos de tambaqui (*Colossoma macropomum*) utilizando dietas contendo níveis crescentes de torta de cupuaçu (0%, 10%, 20% e 30%), (40) observaram que os peixes alimentados com a ração sem inclusão da torta de cupuaçu, obteve o melhor desempenho (sobrevivência e ganho de peso) que os peixes alimentados com os demais níveis. Concluindo que o aumento da inclusão interfere de forma negativa no desempenho zootécnico da espécie.

Um estudo realizado por (42), avaliando a digestibilidade aparente e o consumo da matéria seca e da matéria orgânica de dietas com diferentes níveis de inclusão de torta de cupuaçu utilizando vacas lactantes Holandês x Gir, utilizaram dietas à base de silagem de milho e concentrado com quatro níveis de inclusão de torta de cupuaçu (0, 10, 20 e

40%). Os autores concluíram que a inclusão de até 40% de torta de cupuaçu na dieta de vacas mestiças em lactação não altera a ingestão e a digestibilidade aparente da matéria seca e da matéria orgânica.

CONCLUSÕES

Tendo em vista os aspectos observados, a utilização de alimentos alternativos, como resíduos agroindustriais para alimentação de animais de interesse zootécnico se torna cada vez mais viável de forma que muitas vezes a destinação final de resíduos, que são gerados por não serem utilizados, possa trazer algum tipo de impacto ao meio ambiente.

Apesar do desenvolvimento de alguns trabalhos nos últimos anos sobre alimentações alternativas para animais, ainda são poucos os publicados relacionados à nutrição dos animais e qual a influência sobre o consumo, digestibilidade e seus parâmetros. Contudo, foi possível analisar que a adição de subprodutos da região amazônica proporciona benefícios para o uso na alimentação animal, considerando suas propriedades como forma de reduzir custos de produção, agregando valores econômico ao setor produtivo, além de se obter compostos bioativos dos alimentos alternativos em substituição aos alimentos convencionais.

REFERÊNCIAS

1. Valentim JK, Lima HJD, Bittencourt TM, Silva NEM, Burbarelli MFDC, Garcia RG, et al. Grãos Secos de Destilaria na Alimentação de Frangos de Corte. Ensaios e Ciência C Biológicas Agrárias e da Saúde. 2021;25(1):44–9.

2. Abubakr AR, Alimon AR, Yaakub H, Abdullah N, Ivan M. Growth, nitrogen metabolism and carcass composition of goats fed palm oil by-products. Small Ruminant Research. 2013;112(1-3):91–6.

3. Luz JB, Alves KS, Mezzomo R, Santos Neta ER, Gomes DI, Sampaio Oliveira LR, et al. Carcass characteristics and meat quality of lambs fed babassu cake (Orbignya speciosa) as a replacement for elephant grass silage. Tropical Animal Health and Production. 2016 Oct 6;49(1):113–9.

4. Santos Neta ER. Utilização de subprodutos para alimentação de ovinos na Região Amazônica [Tese]. Belém:Universidade Federal Rural da Amazônia; 2017.

5. Tardocchi CFT, Soares RTRN, Bonaparte TP, Cabral NO. Digestibilidade de resíduos agroindustriais para suínos na fase inicial. Revista Eletrônica NUTRITIME. 2014; 11:3770-80. [acesso em 2025 Jan 15]. Disponível em: https://www.nutritime.com.br/wp-content/uploads/2020/01/Artigo-280.pdf

6. Brandão ICD, Souza S. Amazônia é berço de frutas nativas de alto potencial comercial - Portal Embrapa [Internet]. 2016.[acesso em 2024 Dez 10]. Disponível em: https://www.embrapa.br/en/busca-de-noticias/-/noticia/14818376/amazonia-e-berco-de-frutas-nativas-de-alto-potencial-comercial

7. Canuto GAB, Xavier AAO, Neves LC, Benassi MT. Caracterização físico-química de polpas de frutos da Amazônia e sua correlação com a atividade anti-

radical livre. Revista Brasileira de Fruticultura. 2010; Dec 1;32(4):1196–205. [acesso em 2024 Dez 10]. Disponível em: https://doi.org/10.1590/S0100-29452010005000122

8. Rufino MSM, Alves RE, Brito ES, Pérez-Jiménez J, Saura-Calixto F, Mancini-Filho J. Bioactive compounds and antioxidant capacities of 18 non-traditional tropical fruits from Brazil. Food Chemistry. 2010; Aug;121(4):996–1002.

9. Souza VR, Pereira PAP, Queiroz F, Borges SV, Carneiro JDS. Determination of bioactive compounds, antioxidant activity and chemical composition of Cerrado Brazilian fruits. Food Chemistry. 2012 Sep;134(1):381–6.

10. Jacomino AP, Pinto PM, Gallon CZ. Bacuri— Platonia insignis. Elsevier eBooks. 2018; Jan 1;49–52. [acesso em 2024 Dez 20]. Disponível em: https://doi.org/10.1016/B978-0-12-803138-4.00008-3

11. Barbosa FJV, Nascimento MPSB, Diniz FM, Nascimento HTS, Araújo Neto RB. Sistema alternativo de criação de galinhas caipiras. Teresina : Embrapa Meio-Norte, 2007.[acesso em 2024 Dez 20]. Disponível em: https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/69408/4/sistemaproducao4.PDF

12. Arruda JCB, Fonseca LAB, Pinto LCP, Pinheiro HCO, Monteiro BTO, Manno MC, et al. Açaí seed bran in the feed of slow-growth broilers. Acta Amazonica [Internet]. 2018;48(4):298–303.[acesso em 2024 Dez 10]. Disponível em: https://doi.org/10.1590/1809-4392201703994

13. Camelo LCL, Lana GRQ, Santos MJB, Camelo YARP, Marinho AL, Rabello CBV. Inclusão de farelo de goiaba na dieta de codornas européias. Ciência Animal Brasileira. 2015 Sep;16(3):343–9. [acesso em 2024 Dez 05]. Disponível em: https://doi.org/10.1590/1089-6891v16i324342

14. Litz FH, Fernandes EA, Antunes RC, Girão LVC, Ferreira AMS, Limão VA, et al. Parâmetros zootécnicos e desenvolvimento da moela de frangos de corte em dietas de sorgo grão e a inclusão de carotenoides. Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia. 2020;72(2):607–14.

15. Silva AM, Oliveira RL, Ribeiro OL, Bagaldo AR, Bezerra LR, Carvalho ST, et al. Valor nutricional de resíduos da agroindústria para alimentação animal. Comunicata Scientiae. 2014;5(4):370–9.

16. Rufino JPF, Cruz FGG, Tanaka ES, Melo RD, Feijó, JC. Análise econômica da inclusão de farinha do resíduo de buriti na alimentação de poedeiras comerciais. Ciência Agronômica/Revista ciência agronômica. 2017;48(4): 732-38.

17. Silva ELC. Farinha do fruto amazônico camu – camu (*Myrciaria dubia*) em dietas para tilápia do nilo [dissertação]. Palotina:Universidade Federal do Paraná, Setor Palotina, Programa de Pós-graduação em Aquicultura e Desenvolvimento Sustentável; 2018.

18. Rufino JPF, Cruz FGG, Miller WPM, Melo RD, Feijó JC, Chagas EO. Análise econômica da inclusão de farinha do resíduo de tucumã (Astrocaryum vulgare, Mart) na alimentação de poedeiras comerciais. Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal. 2015;16:1–9.

19. Almeida e Silva JV, Gomes FA, Freitas HJ, Barbosa MJSS, Silva JCT. Níveis de inclusão da torta da semente de cupuaçu na dieta de frangos caipiras criados na amazônia ocidental. Arquivos de Ciências Veterinárias e Zoologia da UNIPAR. 2017; 20:1-7.

20. Sampaio MB. Boas práticas de manejo para o extrativismo sustentável do buriti. Brasília: Instituto Sociedade, População e Natureza; 2011.

21. Tanaka ES. Farinha do resíduo de buriti (*Mauritia flexuosa*, Mart) sobre a qualidade do ovo de poedeiras comerciais leves. Manaus:Universidade Federal Do Amazonas; 2013.

22. Barbosa RI, Lima AD, Mourão Júnior M. Biometria de frutos do buriti *Mauritia flexuosa* L. F. - *Arecaceae*): Produção de polpa e óleo em uma área de savana em Roraima. Amazônia Ciência & Desenvolvimento.2010; 5(10):71–85.

23. Albuquerque MLS, Guedes I, Alcantara Junior P, Moreira SGC, Barbosa Neto NM, Correa DS, et al. Characterization of Buriti (*Mauritia flexuosa* L.) oil by absorption and emission spectroscopies. Journal of the Brazilian Chemical Society. 2005; 16(6a).

24. Santos CA, Ribeiro RC, Silva EVC, Silva e Siilva N, Silva BA, Silva GF, et al. Elaboração de biscoito de farinha de buriti (*Mauritia flexuosa* L. f) com e sem adição de aveia (*Avena sativa* L.). Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial. 2011;5(1).

25. Costa RL, Guedes GG, Costenaro-Ferreira C, Costa DL, Hurtado FB. Farinha da polpa do fruto da *Mauritia flexuosa* em dietas para *Colossoma macropomum*. Revista em Agronegócio e Meio Ambiente. 2021;14(2):441-54.

26. Pacífico da Silva I, Martinelli SG, Silveira CF; Ritter, MA, Lima Filho, HA, Tadeu, HC. Caroço de açaí na alimentação de suínos criados no Sul do Amazonas. Cadernos de Agroecologia. 2020;15(2).

27. Yuyama LKO, Aguiar JPL, Silva Filho DFS, Yuyama K, Varejão MJ, Fávaro DIT, et al. Caracterização físico-química do suco de açaí de *Euterpe precatoria Mart.* oriundo de diferentes ecossistemas amazônicos. Acta Amazonica. 2011;41(4):545–52.

28. Townsend CR, Costa NL, Pereira RGA, Senger CCD. Características químico-bromatológica do caroço de açaí. [comunicado técnico 193]. EMBRAPA-CPAF Rondônia, ago./01, p.2-5. [acesso em 2025 Jan 20]. Disponível em: http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/983499

29. Gomes DI, Véras RML, Alves KS, Detmann E, Oliveira LRS, Mezzomo R, et al. Performance and digestibility of growing sheep fed with açai seed meal-based diets. Tropical Animal Health and Production. 2012;44(7):1751-57.

30. Azevedo L, Araujo Ribeiro PF, Carvalho Oliveira JA, Correia MG, Ramos FM, Oliveira EB, et al. Camu-camu (*Myrciaria dubia*) from commercial cultivation has higher levels of bioactive compounds than native cultivation (Amazon Forest) and presents antimutagenic effects in vivo. Journal of the Science of Food and Agriculture. 2019;99(2):624–31.

31. Fidelis M, Santos JS, Escher GB, Vieira do Carmo M, Azevedo L, Silva MC, et al. In vitro antioxidant and antihypertensive compounds from camu-camu (*Myrciaria dubia McVaugh, Myrtaceae*) seed coat: A multivariate structure-activity study. Food and Chemical Toxicology. 2018;120:479–90.

32. Yuyama K. A cultura de camu-camu no Brasil. Revista Brasileira de Fruticultura. 2011;33(2).[acesso em 2025 Jan 30]. Disponível em: https://doi.org/10.1590/S0100-29452011000200001

33. Maeda RN, Pantoja L, Yuyama LKO, Chaar JM. Determinação da formulação e caracterização do néctar de camu-camu (*Myrciaria dubia McVaugh*). Ciência e Tecnologia de Alimentos. 2006;26(1):70–4.

34. Santos GFD, Garcez JR, Nunes JRS. O camu-camu (*Myrciaria dubia*) como alimento alternativo para juvenis de pirapitinga (*Piaractus brachypomus*) em viveiros escavados. Revista de educação, ciência e tecnologia do IFAM. 2022;16(1).

35. Aride PHR, Oliveira AM, Batista RB, Ferreira MS, Pantoja-Lima J, Ladislau DS, et al. Changes on physiological parameters of tambaqui (Colossoma macropomum) fed with diets supplemented with Amazonian fruit Camu camu (Myrciaria dubia). Brazilian Journal of Biology. 2017;78(2):360–7.

36. Ferreira ES, Lucien VG, Amaral AS, Silveira CS. Caracterização físico-química do fruto e do óleo extraído de tucumã (*Astrocaryum vulgare Mart*). Alimentos e Nutrição Araraquara. 2008;19(4):427-33.

37. Costa APGC, Cruz FGG, Rufino JPF, Feijó JC, Melo RD. Viabilidade econômica da farinha do resíduo de tucumã na alimentação de frangos de corte. Agropecuária Técnica. 2017;38(4):225–33.

38. Miller WMP, Cruz FGG, Chagas EO, Silva AF, Assante RT. Farinha do resíduo de tucumã (Astrocaryum vulgare Mart.) na alimentação de poedeiras. Revista Acadêmica Ciência Animal. 2013;11(1):105-14.

39. XAVIER D, Xavier DTO, Soares PP, Rossetto JF, Souza HB, Brisqueleal JCP, et al. Substituição do farelo de milho por farinha de torta de tucumã em dietas para tambaqui. Pubvet [Internet].2019;13(09).[acesso em 2025 Fev 02] Disponível em: https://ojs.pubvet.com.br/index.php/revista/article/view/771

40. Xavier D, Brandão VMD, Silva FN, Brandão LV, Souza RAL. Torta de cupuaçu (*Theobroma grandiflorum*) em dietas para juvenis de tambaqui (*Colossoma macropomum* Cuvier, 1818). Pubvet [Internet]. 2016;10(11):795-803.[acesso em 2025 Jan 30]. Disponível em: https://ojs.pubvet.com.br/index.php/revista/article/view/1404

41. Nascimento AM, Gomes FA, Freitas HJ, Pires GA, Rodrigues SFC, Nascimento WR. Complexo enzimático em rações de frango de corte de linhagem caipira com inclusão de torta da semente de cupuaçu (*Theobroma grandiflorum*). Nativa. 2019; 7(2):232-38.

42. Salman AKD, Carvalho GA, Faria FR, Silva BUF, Santos MGR, Santos LD, et al. Digestibilidade aparente e consumo de dietas contendo torta de cupuaçu em vacas leiteiras. In: Anais do 13º Congresso Internacional do Leite; 13º Workshop de Políticas Públicas; 14º Simpósio de Sustentabilidade da Atividade Leiteira [Internet]; 2015; Porto Alegre. Anais... Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite [Internet]. 2015.[acesso em 2025 Fev 10]. Disponível em: https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/1023492/1/ResumoXIICIL1Digestibilidade.pdf

Capítulo 25

DOI: 10.53934/agronfy-2025-05-25

PARTÍCULAS ANTROPOGÊNICAS E MERCÚRIO TOTAL EM ESPÉCIES DE MEXILHÕES DE INTERESSE COMERCIAL

Fábio José Targino Moreira da Silva Júnior*; Ana Gabriela Barbosa Ramos; Verônica da Silva Santos Nepomuceno Ferraz; Kelly das Graças Fernandes Dantas; Tatianne Ferreira de Oliveira; Eliane Teixeira Márcico

**Autor correspondente (Corresponding author) – Email: fabiotargino@id.uff.br*

Resumo: A contaminação por microplásticos e mercúrio (HgT) em organismos marinhos representa uma preocupação ambiental crescente e um risco potencial à saúde humana. Mexilhões, como organismos filtradores, são utilizados como bioindicadores da qualidade ambiental devido à capacidade de acumular poluentes e contaminantes presentes na água. Objetivou-se, através deste estudo, avaliar a exposição às partículas antropogênicas, incluindo microplástico, e contaminação por mercúrio total (HgT) em amostras de mexilhões comerciais (*Perna* spp.) provenientes da Baía de Guanabara, RJ. Foram analisadas 44 amostras, sendo 17 amostras de mexilhão-marrom (*Perna perna*) analisadas para partículas antropogênicas e 27 amostras para HgT [22 amostras de mexilhão-marrom (*P. perna*) e 5 amostras de mexilhão verde asiático (*Perna viridis*)], coletadas entre junho e setembro de 2024. A análise de partículas antropogênicas foi realizada através de decomposição das amostras em solução de Hidróxido de Potássio (KOH) 10%, seguida de filtração e visualização das partículas em estereomicroscópio. O HgT foi determinado por Espectrometria de Absorção Atômica com Amalgamação e Decomposição Térmica (TDA-AAS) no Analisador Direto de Mercúrio ("Direct Mercury Analyzer") - DMA-80® (Milestone, Sorisole, Itália). Todas as amostras apresentavam acúmulo de partículas antropogênicas e contaminação por HgT. Foram identificadas 506 partículas antropogênicas, com média de 29,76 itens/amostra, sendo fragmentos (78,85%) a principal morfologia. O valor médio de HgT foi de 0,0073 $mg.kg^{-1}$ (mín-máx: 0,0011 – 0,0240 mg.kg-¹) nos mexilhões *Perna* spp. Os resultados para Hg se encontram abaixo do limite máximo permitido pela ANVISA de até (0,5 $mg.kg^{-1}$) em moluscos bivalves. Os resultados indicam contaminação generalizada por partículas antropogênicas, embora não existam valores de referência para avaliar o risco de ingestão. A presença de mercúrio em todas as amostras sugere a sua dissolução na coluna d'água da Baía de Guanabara. Esses achados são fundamentais para o monitoramento ambiental e estratégias de gestão da qualidade do pescado.

Palavras-chave: Contaminação química; Metal pesado; Microplástico; Pescado**;**

INTRODUÇÃO

Dentre as partículas antropogênicas presentes em alimentos, os microplásticos merecem destaque. De acordo com a *International Union of Pure and Applied Chemistry* (IUPAC), o plástico é termo genérico que designa materiais poliméricos os quais podem conter aditivos para melhorar suas propriedades, para redução de custo, e outros propósitos, como maleabilidade (1). Ao serem descartados no ambiente, as estruturas plásticas podem ser fragmentadas gerando partículas menores, denominadas de microplástico, que variam em tamanho de 0,1 µm a 5 mm; partículas maiores que 5 mm são classificadas como macroplásticos e, as menores, entre 1 e 100 nm são denominadas nanoplásticos (2).

O mercúrio (Hg) é um elemento-traço inorgânico altamente tóxico, amplamente utilizado em atividades como garimpo de ouro (para amalgamação), além de aplicações industriais, médicas e odontológicas (3). Esse elemento possui um ciclo biogeoquímico complexo, podendo se apresentar em diferentes formas: mercúrio metálico/elementar, mercúrio inorgânico e mercúrio orgânico (como metilmercúrio - MeHg). O MeHg é a forma mais preocupante, pois é altamente biodisponível e resulta da metilação do mercúrio por bactérias específicas, bem como de processos físicos e químicos no ambiente (4).

Pescado é uma terminologia genérica que se refere ao grupo de animais que, em algum momento do seu ciclo de vida, dependem da água. Além dos peixes, incluem-se crustáceos, moluscos bivalves, répteis, anfíbios e equinodermos, que sejam utilizados na alimentação humana (5). Por estarem diretamente associados ao ambiente aquático, e esse ambiente ser o mais impactado pela poluição plástica e ser via do ciclo biogeoquímico de muitos dos elementos traço inorgânicos tóxicos, como Hg, há um maior favorecimento aos processos de degradação, bioacumulação e translação, tornando o pescado uma via significativa de exposição humana a microplástico e ao mercúrio através dos alimentação (4).

Dentre do grupo do pescado, os moluscos bivalves são alvos de muitas pesquisas, pois, em decorrência de sua característica filtradora, esses animais costumam acumular poluentes e contaminantes e apresentar risco à saúde dos consumidores dependendo da origem, frequência e quantidade ingerida. Além dessa característica biológica, apresentam comportamento estático, facilitando sua condição de bioindicadores de contaminação e poluição ambiental (6) (7).

A produção de mexilhão faz parte da atividade de malacocultura, que compreende o cultivo de moluscos bivalves de interesse comercial, como: ostras, vieiras, mariscos e mexilhões. Pesquisa da Pecuária Municipal (PPM) do ano de 2023, conduzida pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) (8), revelou que a atividade de malacocultura produziu 8.729,164 toneladas no Brasil. Essa produção é concentrada no estado de Santa Catarina, que é responsável por 93% (8.132,2 toneladas) de toda produção nacional. Já o estado do Rio de Janeiro contribuiu com uma produção de 30,54 toneladas (8). Informações sobre a cadeia produtiva e de captura de mexilhões na Baía de Guanabara são desatualizadas, no entanto, relatos de 2007 indicam uma produção bem expressiva. Dados da Associação Livre dos Maricultores de Jurujuba (ALMARJ), publicados por Barroso e Wiefels (2010) (9), destacavam cerca de 6 toneladas/mês de mexilhões. Sobre o consumo, o mesmo relatório afirmava ser o mexilhão-marrom (*Perna perna)*, oriundo de criação (Jurujuba e Baía da Ilha Grande) ou do extrativismo (Ilhas Cagarras, Ilhas Maricás e Baía da Guanabara), a espécie mais consumida do grupo dos bivalves no Rio de Janeiro, numa produção total de 172 toneladas em 2007.

O consumo de mexilhões é mais frequente em regiões litorâneas e ocorre em diversas preparações culinárias, como ensopados, caldos, pratos com peixes e crustáceos, e preparações empanadas. Uma característica relevante é que os mexilhões são consumidos inteiros, o que aumenta a exposição a possíveis contaminantes presentes em seus tecidos.

Objetivou-se, através desse estudo, avaliar a presença de partículas antropogênicas, incluindo microplásticos, e a contaminação por mercúrio total (HgT) em mexilhões (*Perna* spp.) de interesse comercial coletados no município de Niterói, RJ. A escolha desta região baseia-se na importância econômica e cultural da maricultura local, bem como na necessidade de monitorar a qualidade desses alimentos em áreas potencialmente impactadas por atividades antropogênicas, visando assegurar a segurança alimentar e a saúde dos consumidores.

MATERIAL E MÉTODOS

As amostras de mexilhões (*Perna* spp.) foram coletadas no período entre junho até setembro de 2024, oriundas de sistema de criação ou capturadas em ambiente livre da região de Jurujuba, município de Niterói, estado do Rio de Janeiro, Brasil, conforme apresentado na Figura 1.



Figura 1 – Mapa da região da Baía de Guanabara, estado do Rio de Janeiro, destacando a localização da área de criação de mexilhões em Jurujuba, município de Niterói, estado do Rio de Janeiro, Brasil.

Os mexilhões foram coletados inteiros, com a presença das valvas, identificados de forma individual, e identificados em duas espécies: *Perna perna* e *Perna viridis*, a partir das características morfológicas, como apresentado na Figura 2: espécimes do mexilhão-marrom (*P. perna*), e na Figura 3: espécimes do mexilhão verde asiático (*P. viridis*).



Figura 2 – Espécimes do mexilhão-marrom (*Perna perna*) coletadas na região de Jurujuba, Baía de Guanabara, estado do Rio de Janeiro, Brasil.



Figura 3 – Espécimes do mexilhão verde asiático (*Perna viridis*) coletadas na região de Jurujuba, Baía de Guanabara, estado do Rio de Janeiro, Brasil.

As amostras, foram identificadas e armazenadas primariamente em recipientes de alumínio e secundariamente em recipientes isotérmicos, sendo transportadas sob refrigeração até o Laboratório de Controle Físico-Químico de Produtos de Origem Animal da Faculdade de Veterinária da Universidade Federal Fluminense (UFF) em Niterói-RJ. No laboratório, foi realizada a biometria individual dos mexilhões, com a medição do comprimento, altura e largura utilizando um paquímetro analógico (NOVE54) de aço carbono, com capacidade de medição de 0-200 mm e precisão de ±0,05

mm. O rendimento foi determinado por meio da avaliação do peso em balança analítica, considerando o Peso Inicial com as Valvas (PICV) e o Peso Final sem as Valvas (PFSV), conforme a seguinte equação:

Equação 1: Rendimento (%) = [(PFSV*100)/PICV]

A análise das partículas antropogênicas foi realizada em 17 amostras de *P. perna*, seguindo a metodologia descrita por Jankauskas *et. al.* (10) e Ribeiro *et. al.* (11), e consistiu em duas etapas.

Na 1ª etapa - Digestão química das amostras:

As amostras foram adicionadas inteiras em um béquer com adição de Hidróxido de Potássio (KOH) 10% previamente filtrado, em um volume médio equivalente de três vezes o volume da amostra. Os recipientes foram cobertos com folhas de alumínio (Al 99,5%, 0,02 mm de espessura) e incubados em estufa a 50 ºC por 96 horas, com inspeções visuais a cada 12 horas. Após a incubação, os digestatos foram filtrados através de um sistema de filtração, utilizando malha filtrante de aço inoxidável com abertura de 25 µm (0,025 mm).

Na 2ª etapa - Visualização das partículas:

Os filtros foram examinados através de estereomicroscópio binocular (Modelo B20, Marca Bioptika). As partículas identificadas foram classificadas de acordo com o formato e a cor.

Para garantir a confiabilidade dos resultados e minimizar contaminação ambiental durante as análises de partículas antropogênicas, foram adotadas as seguintes precauções: nenhum material de laboratório produzido com plástico foi utilizado; a água ultrapura utilizada no preparo das soluções e no enxágue das vidrarias foi previamente filtrada em malha de aço inoxidável de 25 µm; as análises foram realizadas em um ambiente exclusivo para a manipulação de amostras destinadas à detecção de microplásticos; filtrados brancos (controles sem amostra) foram incluídos no processo para monitorar e corrigir possíveis contaminações analíticas.

Das 27 amostras destinadas à análise de HgT, 22 eram da espécie *P. perna* e 5 da espécie *P. viridis*. As amostras foram submetidas a técnica de Espectrometria de Absorção Atômica com Amalgamação e Decomposição Térmica e (TDA-AAS) no Analisador Direto de Mercúrio (“Direct Mercury Analyzer”) - DMA-80® (Milestone, Sorisole, Itália). A análise de Hg através dessa técnica avalia todas as formas de Hg, denominando de mercúrio total, doravante: HgT. As amostras foram analisadas em triplicata. O material de referência utilizado para HgT foi o DORM-4, analisado em triplicata, e os valores detectados foram: 0,4853 $mg.kg^{-1}$; 0,3725 $mg.kg^{-1}$ e 0,3575 $mg.kg^{-1}$, com valor médio de 0,4051 $mg.kg^{-1}$, demonstrando a acurácia de 98%.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Em relação aos resultados da biometria, as amostras de mexilhão-marrom (*Perna perna*) apresentaram valores médios de comprimento, largura e altura de 6,59 cm, 3,27 cm e 2,33 cm, respectivamente. Já para o mexilhão verde asiático (*Perna viridis*), os valores médios foram de 12,68 cm de comprimento, 5,08 cm de largura e 3,56 cm de

altura. Quanto ao peso, os valores médios do Peso Inicial com as Valvas (PICV) foram de 25,94 g para *P. perna* e 100,65 g para *P. viridis*. O Peso Final sem as Valvas (PFSV) apresentou médias de 11,87 g para *P. perna* e 39,61 g para *P. viridis*. O rendimento médio geral foi de 42%, sendo 43% *P. perna* e 38,4% para o *P. viridis*.

Em relação às partículas antropogênicas, todas as amostras analisadas (17/17) apresentaram acúmulo de partículas, totalizando 506 partículas identificadas, com uma média de 29,76 itens por amostra. Quanto à morfologia, a maioria das partículas (78,85%; 399/506) consistia em fragmentos, conforme ilustrado na Figura 4, seguidas por esferas (16%; 82/506) e filamentos/fibras (5%; 25/506), como demonstrado na Figura 5. Em relação à distribuição das cores, a cor preta foi a mais prevalente, representando 91% (460/506) das partículas, seguida pelo azul (5%; 26/506), vermelho (2,8%; 14/506), roxo (0,8%; 4/506) e verde (0,4%; 2/506).

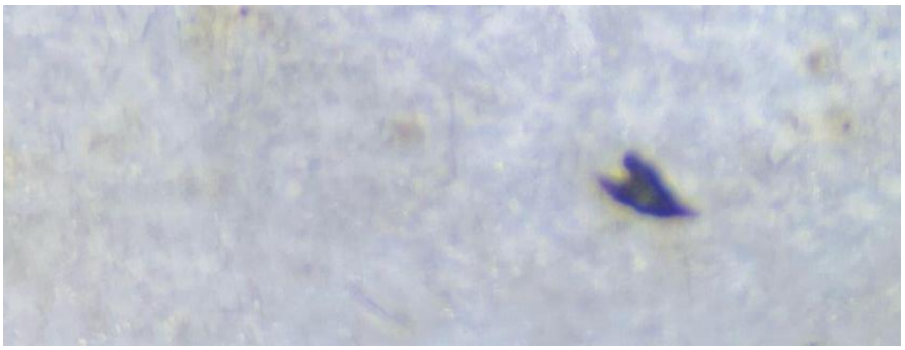


Figura 4 -Partícula antropogênica, tipo fragmento e coloração azul, extraída de Mexilhões (*P. perna*) coletados na Baía de Guanabara – RJ.

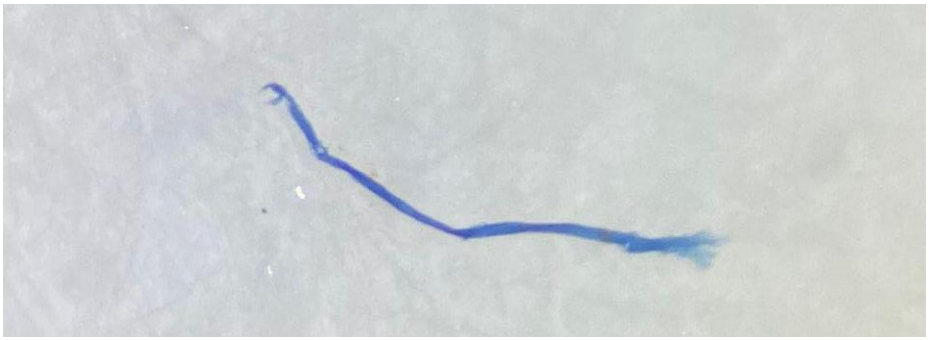


Figura 5 - Partícula antropogênica, tipo filamento/fibra e coloração azul, extraída de Mexilhões (*P. perna*) coletados na Baía de Guanabara – RJ.

Os pesquisadores Birnstiel, Soares-Gomes e Gama (2019) (12) investigaram a abundância de microplásticos em mexilhões (*Perna perna*) de captura e de criação na Baía de Guanabara, bem como a eficácia da depuração na redução desses poluentes. Em seu estudo, as amostras analisadas (n=40) apresentaram uma média de 31,2 ± 17,8 partículas de microplásticos por mexilhão, resultado que corrobora os dados deste trabalho, no qual foi observada uma média de 29,76 partículas antropogênicas por amostra. Por outro lado, o estudo conduzido por Bom, Brito e Sá (2022) (13) analisou amostras de mexilhões (*Perna perna*) em duas regiões do estado do Espírito Santo, no sudeste do Brasil, e reportou uma concentração média de 8,3 ± 1,0 partículas de microplástico por indivíduo. Além disso, os autores identificaram a cor preta e o formato de filamentos como as características morfológicas mais comuns das partículas. A

discrepância entre os resultados sugere uma possível variação regional na poluição por microplásticos, com a Baía de Guanabara apresentando níveis significativamente mais elevados em comparação com outras áreas.

A presença expressiva de microplásticos em mexilhões (*Perna perna*) na Baía de Guanabara, especialmente na região de Jurujuba, pode ser atribuída a uma combinação de fatores ambientais, geográficos e antrópicos. A Baía de Guanabara está localizada em uma região altamente urbanizada e industrializada, com uma população superior a 10 milhões de habitantes na região metropolitana do Rio de Janeiro. Essa densidade populacional gera grandes quantidades de resíduos sólidos, incluindo plásticos, que são frequentemente descartados de forma inadequada e acabam atingindo a baía. Além disso, a Baía de Guanabara recebe esgoto doméstico e industrial de grande parte da região metropolitana, agravando o problema. A gestão inadequada de resíduos sólidos contribui para o acúmulo de plásticos em rios, córregos e, eventualmente, na baía, onde se fragmentam em microplásticos devido à ação das águas pluviais e das correntes.

A circulação hídrica da Baía de Guanabara é complexa, com correntes que podem concentrar poluentes em áreas específicas, como Jurujuba. A baixa renovação de água em algumas partes da baía favorece o acúmulo de microplásticos e outros contaminantes. Apesar dessas condições adversas, a região de Jurujuba é um importante polo de maricultura, com cultivo de mexilhões. Devido à sua característica filtradora, esses organismos retêm partículas em suspensão na água, incluindo microplásticos. Assim, a alta concentração de microplásticos na água circundante resulta em uma maior acumulação nos tecidos desses organismos, refletindo os níveis elevados de poluição na região.

No Brasil ainda não há legislações que regulamentem limites máximos toleráveis de MPs no pescado. Além disso, alguns documentos de órgãos oficiais questionam o risco relacionado à exposição ao microplástico decorrente do consumo de pescado. A *Food and Agriculture Organization* (FAO) (2018) (14) discute dois principais aspectos: o não consumo de peixes inteiros, com poucas exceções de peixes pequenos e baixas concentrações de microplástico relacionados ao peso total desse poluente que seria ingerido. Embora o volume de microplástico consumido através do pescado possa não ser alto, o efeito cumulativo da ingestão contínua e crônica de poluentes e contaminantes podem representar um risco à saúde dos consumidores e serem causas das doenças não infecciosas da contemporaneidade.

A presença de microplásticos em mexilhões, como destacado nos estudos mencionados e discutidos, representa uma preocupação emergente para a segurança dos alimentos. Embora não haja valores de referência para a ingestão diária de microplásticos, o que impossibilita a realização de cálculos de Análise de Risco, a presença constante dessas partículas nesse importante recurso alimentar, pode representar uma ingestão contínua dessas partículas, além da possibilidade de parte destas partículas estar atrelada a diferentes concentrações de substâncias tóxicas, incluindo os elementos-traço inorgânicos tóxicos.

Em relação ao HgT, 100% (27/27) das amostras apresentaram contaminação, com concentrações médias de 0,0073 $mg.kg^{-1}$ (mín-máx: 0,0011 - 0,0239 $mg.kg^{-1}$) em *Perna perna* e de 0,0127 $mg.kg^{-1}$ (mín-máx: 0,0090 - 0,0159 $mg.kg^{-1}$) em *Perna viridis*. As concentrações encontradas estão abaixo do limite máximo permitido para moluscos

bivalves, que é de 0,5 mg.kg^{-1} de acordo com a Instrução Normativa (IN) nº 160 de 2022 da ANVISA (Agência Nacional de Vigilância Sanitária) (15)

Os níveis de HgT encontrados nas amostras de mexilhões analisadas (média de 0,0083 mg.kg-¹) estão abaixo do limite máximo permitido pela legislação brasileira (0,5 mg.kg-¹). Esses resultados são consistentes com estudos anteriores que também reportaram baixas concentrações de Hg em mexilhões nas regiões estuarinas do Rio de Janeiro (16) (17). No entanto, a detecção de Hg em todas as amostras analisadas sugere que o metal está presente na coluna d'água da Baía de Guanabara, mesmo em baixas concentrações. Isso reforça a necessidade de monitoramento contínuo, uma vez que o Hg é um metal tóxico que pode se bioacumular na cadeia alimentar, representando riscos à saúde humana a longo prazo.

As pesquisadoras Costa, Paiva e Moreira (2000) (18) realizaram um levantamento da contaminação mercurial em mexilhões (*Perna perna*) oriundo de áreas da Baía de Guanabara por 10 anos (1988 e 1998). Esse estudo revelou que as concentrações de Hg em mexilhões permaneceram relativamente constantes ao longo da década, com valores médios de 0,0278 mg.kg^{-1} no ano de 1988 e 0,0438 mg.kg^{-1} no ano de 1998. No entanto, a média de HgT encontrada em mexilhões nesse estudo, coletados entre junho e setembro de 2024, foi de 0,0073 mg.kg^{-1}, valor inferior aos reportados no estudo de 1988 e 1998. Essa diferença pode estar relacionada a variações metodológicas, mudanças nas fontes de poluição ou melhorias na qualidade da água ao longo das décadas. No entanto, ambos os estudos concordam que os níveis de Hg em mexilhões da Baía de Guanabara estão abaixo dos limites máximos permitidos para consumo humano, embora a presença constante do metal representa um risco crônico à saúde.

Ansari *et. al.* (2016) (17) realizaram avaliação da contaminação mercurial na Baía de Guanabara, analisando mexilhões (*Perna perna*), e incluíram também a espécie anêmona-do-mar (*Bunodosoma caissarum*), com intuito de avaliar o potencial bioindicador dessas espécies. Esses pesquisadores reportaram um intervalo de contaminação por Hg em *P. perna* entre 0,0035 a 0,0210 mg.kg^{-1}, valor que está dentro da faixa reportada no presente estudo. Essa consistência nos resultados indica que os níveis de Hg em mexilhões da Baía de Guanabara têm se mantido relativamente estáveis ao longo do tempo, corroborando a conclusão do estudo de que mexilhões são indicadores confiáveis para a contaminação por Hg.

A Baía de Guanabara representa um importante patrimônio natural para a população fluminense e brasileira, nesse sentido, a avaliação contínua da poluição e contaminação no pescado oriundo desta baía é fundamental para a segurança alimentar. As atividades antrópicas domésticas e industriais podem ser a causa da origem de poluentes e contaminantes na Baía de Guanabara.

CONCLUSÕES

Microplásticos são poluentes ambientais significativos, que podem estar presentes em diferentes etapas da cadeia de produção e comercialização do pescado. Avaliar o risco potencial à saúde dos consumidores devido à presença dessas partículas é fundamental, especialmente considerando sua bioacumulação na musculatura de peixes e outros organismos aquáticos.

É essencial o avanço na padronização de protocolos analíticos para análises das partículas antropogênicas, incluindo os microplásticos, em pescado. A heterogeneidade

dos métodos e procedimentos utilizados atualmente dificulta a comparação de resultados e o aprimoramento das análises, tornando necessária a implementação de técnicas mais harmonizadas e reprodutíveis.

A ingestão de pescado contaminado por microplásticos e/ou mercúrio pode ter impactos diretos na saúde humana, influenciando a longevidade e o bem-estar populacional. Esse tema está diretamente relacionado aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da Agenda 2030 da ONU, demandando ações coordenadas e integradas, incluindo políticas públicas sustentáveis, conscientização da sociedade e avanços na pesquisa científica, garantindo assim um futuro mais seguro e sustentável para todos.

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001. Além do financiamento através do Programa de Desenvolvimento da Pós-Graduação (PDPG) - Políticas Afirmativas e Diversidade (Código da proposta: PDPG-AFIRMATIVA2617437P).

Este estudo foi financiado pela FAPERJ - Fundação Carlos Chagas Filho de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro, Processo SEI 26003/011985/2024.

REFERÊNCIAS

1. Vert M, Doi Y, Hellwich K.H., Hess M, Hodge P, Kubisa P, et. al. Terminology for biorelated polymers and applications (IUPAC Recommendations 2012). Pure and Applied Chemistry, 2012;84:377-410.

2. Zhou Q, Zhang H, Fu C, Zhou Y, Dai Z, Li Y, et. al. The distribution and morphology of microplastics in coastal soils adjacent to the Bohai Sea and the Yellow Sea. Geoderma, 2018; 322:201-8.

3. Pozzetti V.C., Marques R.L.S., Lopes M.T.G., Seixas C.D.C. Uso de mercúrio na Amazônia brasileira: contaminação, problemas e legislação vigente. Revista Catalana de Dret Ambiental, 2022; 13(2):1-34.

4. Ma T. Biogeochemical cycle of mercury and other trace metals in aquatic systems. [Doutorado]. Bruxelas: Vrije Universiteit Brussel; 2024.

5. Brasil. Decreto nº 10.468, de 18 de agosto de 2020. Altera o Decreto nº 9.013, de 29 de março de 2017, que regulamenta a Lei nº 1.283, de 18 de dezembro de 1950, e a Lei nº 7.889, de 23 de novembro de 1989, que dispõem sobre o regulamento da inspeção industrial e sanitária de produtos de origem animal. Diário Oficial da União. 19 ago. 2020.

6. Rivera-Hernández J.R., Fernández B, Santos-Echeandia J, Garrido S, Morante M, Santos P, Albentosa M. Biodynamics of mercury in mussel tissues as a

function of exposure pathway: natural vs microplastic routes. Science of the total environment. 2019; 674:412-423.

7. Santos F.S., Neves R.A., Crapez M.A.C., Teixeira V.L., Krepsky N. How does the brown mussel *Perna perna* respond to environmental pollution? A review on pollution biomarkers. Journal of Environmental Sciences, 2022; 111:412-428.

8. IBGE. Pesquisa da Pecuária Municipal – PPM. Tabelas 2023. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística: 2023. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/agricultura-e-pecuaria/9107-producao-da-pecuaria-municipal.html?=&t=resultados> Acesso em: 13 de fev. de 2025.

9. Barroso R.M., Wiefels A.C. O mercado de pescado da região metropolitana do Rio de Janeiro – 2010. INFOPESCA, 2010. Disponível em: <https://www.infopesca.org/sites/default/files/complemento/publilibreacceso/287/mercado-rio-de-janeiro-final.pdf> Acesso em: 10 de fev. de 2025.

10. Jankauskas L, Pinho G.L.L, Sanz-Lazaro C, Casado-Coy N, Rangel D.F, Ribeiro V.V, Castro Í.B. Microplastic in clams: An extensive spatial assessment in south Brazil. Marine Pollution Bulletin, 2024; 201, 116203.

11. Ribeiro V.V, Casado-Coy N, Salaní S, De-la-Torre G.E, Sanz-Lazaro C, Castro Í. B. Microplastics in marine sponges (Porifera) along a highly urbanized estuarine gradient in Santos, Brazil. Marine Pollution Bulletin, 2024; 208, 117044.

12. Birnstiel S, Soares-Gomes A, Gama B.A. Depuration reduces microplastic content in wild and farmed mussels. Marine pollution bulletin, 2019; 140, 241-7.

13. Bom F.C., Brito W.V.F., Sá F. Microplastics concentration in bivalve of economic importance, a case study on the southeastern Brazilian coast. Regional Studies in Marine Science, 2022; 52:102346.

14. FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations. Microplastics in Fisheries and Aquaculture: A Summary1 of FAO's Study. Committee on Fisheries. 2018.

15. ANVISA - BRASIL. Instrução Normativa (IN) nº 160 de 1º de julho de 2022. Estabelece os limites máximos tolerados (LMT) de contaminantes em alimentos. DOU, nº126, de 6 de julho de 2022.

16. Kehrig H.A., Costa M, Moreira I, Malm, O. Total and methyl mercury in different species of molluscs from two estuaries in Rio de Janeiro State. Journal of the Brazilian Chemical Society, 2006; 17:1409-1418.

17. Ansari N.R, Fernandez M. A, Brito J. L, Vidal L. G, Andrade Costa E. S, Malm O. Assessing mercury contamination in a tropical coastal system using the mussel *Perna perna* and the sea anemone *Bunodosoma caissarum*. Environmental monitoring and assessment, 2016; 188:1-10.

18. Costa M, Paiva E, Moreira I. Total mercury in *Perna perna* mussels from Guanabara Bay—10 years later. Science of the total environment, 2000;261: 69-73.

Capítulo 26

DOI: 10.53934/agronfy-2025-05-26

MICÉLIO DE FUNGOS E SUAS APLICAÇÕES INDUSTRIAIS: UMA REVISÃO DE LITERATURA

Ester de Paula Amaral*; Ian Monteiro Rangel ; Monalisa Araujo Aziz; Jheyne Guerra; José Maria Rodrigues da Luz ; Marliane de Cássia Soares da Silva

**Autor correspondente (Corresponding author) – Email: ester.paula@ufv.br*

Resumo: À medida que a população se torna mais consciente sobre a sustentabilidade do planeta, cresce a busca por produtos que consideram o impacto ambiental e o bem-estar animal. Como alternativa, surgiram diversos biopolímeros sustentáveis produzidos de biomassa, a exemplo de micélio fúngico. Essa rede de hifas possui grande potencial biotecnológico e tem sido aplicada em diversos processos industriais. A produção tradicional do couro envolve processos químicos com impactos ambientais significativos, incluindo a emissão de gases poluentes e o consumo excessivo de água. Nesse contexto, o couro de micélio surge como uma excelente alternativa sustentável para substituir o couro animal. Na construção civil, materiais compostos de micélio podem substituir o poliestireno no desenvolvimento de isolantes térmicos e acústicos. Estes compósitos miceliares também podem substituir embalagens plásticas, contribuindo para solucionar um grande gargalo ambiental. Além disso, os micélios que são fontes de proteínas e compostos bioativos estão sendo utilizados no desenvolvimento de alimentos alternativos à carne bovina e podem contribuir para a redução das emissões de gases do efeito estufa produzidos nos confinamentos bovinos. Dessa forma, o micélio se destaca como um recurso versátil e sustentável, viabilizando soluções ecológicas para diferentes indústrias e contribuindo para um futuro mais sustentável. Assim, o objetivo desta revisão foi fazer um levantamento bibliográfico para mapear as inovações, os métodos e as empresas que adotam a biotecnologia dos micélios na produção industrial de embalagens, biopolímeros e alimentos.

Palavras–chave: Análogo à carne; couro; embalagens; materiais de composição; plástico

INTRODUÇÃO

O estilo de vida da sociedade contemporânea demanda uso intensivo de produtos plásticos, concreto, couros, combustíveis, energia e alimentos. Essa crescente demanda por produtos e serviços gera consequências significativas para o desenvolvimento sustentável do planeta. As soluções encontradas para redução e reutilização de materiais sólidos à base de plásticos, muitas vezes, apresentam técnicas insustentáveis de produção e descarte (1). A ideia de "reciclar 100% dos resíduos plásticos" ainda é uma solução distante da realidade. O desenvolvimento de plásticos biodegradáveis também está longe de ser uma solução eficaz. Além disso, esse processo de produto tem um alto custo financeiro e os biomateriais exigem condições específicas para sua degradação na

natureza (2). Portanto, é crucial explorar alternativas viáveis aos plásticos, visando facilitar a reciclagem e a degradação.

Outros produtos e processos industriais também geram impactos ambientais. Um exemplo é a produção de carne, cujo constante aumento do consumo intensifica a geração de resíduos sólidos, efluentes poluentes e gases do efeito estufa (3). Os resíduos do processamento da carne, o uso de equipamentos e as atividades de limpeza resultam na produção substancial de rejeitos poluentes (4).

O couro também é um subproduto de origem animal que apresenta impactos ambientais significativos. Os processos convencionais de processamento do couro empregam diversos produtos químicos. Cerca de 130 substâncias são utilizadas na etapa de curtimento para transformar peles cruas em couro acabado (5,6). Nesse cenário, torna-se essencial avaliar o potencial de outros materiais para substituir o couro de origem animal na fabricação de produtos para uso humano.

O uso de sistemas biológicos na ciência dos materiais pode ser uma alternativa viável no desenvolvimento de produtos reciclagem e biodegradáveis. O objetivo desse uso é o desenvolvimento de produtos mais sustentáveis e funcionais a partir de recursos renováveis (7). Nesse contexto, o micélio, uma rede complexa de hifas fúngicas, pode ser utilizada na produção de materiais ecológicos, alimentos e aditivos sustentáveis a partir da degradação fúngica de resíduos agrícolas. Pesquisadores têm produzido biomateriais de micélio cultivados em substratos orgânicos derivados de resíduos alimentares sob condições controladas, facilitando a economia circular. Além disso, o micélio se decompõe naturalmente sem causar danos ao meio ambiente, tornando-se uma inovação promissora para um futuro mais sustentável (1). Entretanto, ainda há poucas revisões que abordam os avanços no uso desse biomaterial em processos industriais. Assim, o objetivo desta revisão foi fazer um levantamento bibliográfico para mapear as inovações, os métodos e as empresas que adotam a biotecnologia dos micélios na produção industrial.

BIOLOGIA DO MICÉLIO

Os fungos são organismos eucarióticos que exibem uma notável diversidade em morfologia e estilos de vida, além de possuírem a capacidade de colonizar vastas áreas (8). Essa colonização ocorre por meio de estruturas filamentosas alongadas chamadas hifas, que crescem, absorvem nutrientes e formam uma complexa rede tridimensional (3D) entrelaçada, conhecida como micélio (9,10). A parede celular das hifas é uma estrutura robusta composta externamente por quitina e β-glucanos, enquanto internamente apresenta proteínas (Figura 1), conferindo suporte estrutural e funcional (1,11).

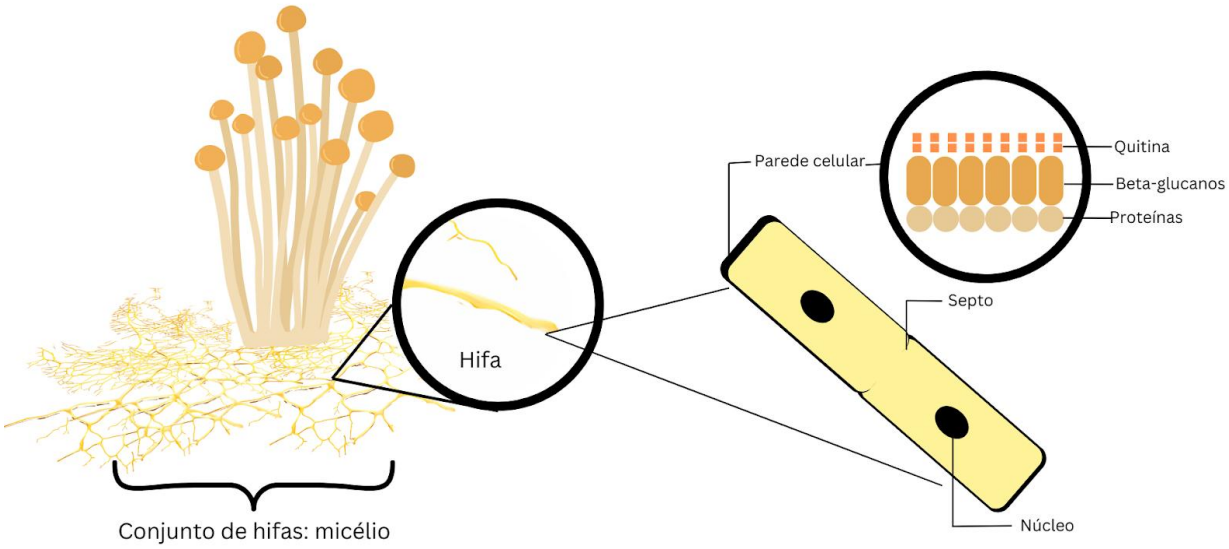


Figura 1- Representação esquemática das hifas, micélio, estruturas celulares e parede celular dos fungos. Fonte: Autores (2025)

O micélio é a parte vegetativa de um fungo, formado por finas cadeias filamentosas de 1 – 30 µm de diâmetro (12, 13, 14) que é metabolicamente ativo (15). A degradação de polímeros dos substratos para obtenção de energia e nutrientes acontece pela produção de enzimas extracelulares. Dentre muito substratos utilizados para o crescimento fúngico se destaca os materiais lignocelulósicos (16) que induz a produção de enzimas extracelulares para catálise de lignina (lacases, peroxidases de lignina, peroxidases de manganês, oxidase de álcool aril, desidrogenases de álcool aril ou redutases de quinona), hemicelulose e celulose (xilanase, celulases ou desidrogenase de celobiose) (17). Além disso, este processo de colonização de substrato é possível devido à extensão das hifas para otimizar a absorção de nutrientes, resultando em uma rede fibrosa compacta e coerente que são os micélios.

A anastomose ocorre pelo encontro e fusão de hifas durante o ciclo de vida. Esse processo é iniciado pelo reconhecimento de sinais químicos e resulta em conexões intercelulares (18). A formação de tubos de anastomose conidial (CATs), estruturas especializadas que promovem o contato entre hifas facilita o processo de anastomose. Após o contato, enzimas são liberadas para degradar a parede celular no ponto de junção, permitindo a germinação, o crescimento contínuo das hifas e a formação dos micélios (19).

APLICAÇÕES INDUSTRIAIS DE HIFAS/MICÉLIOS

COURO DE MICÉLIO

Com a crescente demanda por processos mais sustentáveis, principalmente na indústria têxtil, pesquisas tendem a substituir materiais derivados de fontes não renováveis para fontes mais sustentáveis. Assim, o micélio, um componente avançado na biotecnologia vem ganhando destaque em diversos setores da economia, como na medicina, indústria química e de alimentos e, em especial, na indústria têxtil, que encontra potencial nas propriedades que os biomateriais podem apresentar (20).

O primeiro estágio do processo de produção do couro tradicional começa no matadouro, onde os couros e peles são obtidos, o próximo estágio é o processamento e

curtimento da pele e dos couros crus no couro acabado, enquanto o terceiro estágio envolve a fabricação de diferentes produtos de consumo a partir do couro (21). Além disso, é importante destacar que esse processamento envolve processos físicos e químicos, vem sendo alvo de várias críticas ambientais e éticas por ser dependente de animais, contribuir para o desmatamento e emissão de gases de efeito estufa (22). Dados indicam que são usados aproximadamente 24,8–33,5 m^3/t de couro, e certamente afeta o ecossistema hídrico na região ao redor da unidade de produção, o que pode causar escassez de água (23,24). O couro dentro de um par de sapatos tem uma pegada de carbono de aproximadamente 10 kg CO_2 eq (25)

Diante desse cenário, visando reduzir o impacto ambiental na indústria têxtil, alternativas mais naturais e ecologicamente corretas ao couro animal foram desenvolvidas e incluem materiais de celulose bacteriana (26), fibra de tronco de bananeira (27), casca de laranja (28), fibras de manga (29) e micélio fúngico (30). Além disso, o uso de couro de micélio para fabricação de produtos de interesse humano tem sido observado no portfólio de algumas empresas (Tabela 1). A MycoWorks e a Bolt Threads estão liderando o movimento neste campo, usando micélio para criar materiais de alta qualidade semelhantes ao couro, que são sustentáveis e livres de crueldade (31).

Tabela 1 – Empresas que apresentam em seu portfólio produtos que utilizam couro de micélio

Nome da empresa	Portfólio	Site
MycoTech	Tênis, sandálias, bolsas, carteiras e pulseiras de relógio	https://mycl.bio/
Adidas	Tênis	https://www.adidas.com.br/blog/663481-comecando-do-zero-como-a-adidas-recriou-um-icone-usando-raizes-de-cogumelos
MycoWorks	Calçados, itens de automotiva e decoração	www.mycoworks.com
Bolt Threads	Biocouro	https://boltthreads.com

Existem diferentes abordagens para fabricação do couro de micélio, sendo as principais a fermentação submersa e a fermentação em estado sólido (31,32). O biopolímero criado pelo crescimento submerso não possui no substrato nenhum resíduo lignocelulósicos, a fonte de nutriente e as condições de crescimento são determinadas de acordo com as especificações de crescimento da espécie fúngica utilizada (32). Esse método é possível, visto que em um ambiente estático os fungos filamentosos desenvolvem uma esteira hifal em uma superfície líquida que, quando seca, produz materiais com várias características que imitam couro (32, 33). A estrutura semelhante a uma esteira formada durante o crescimento se torna um produto coriáceo quando tratada posteriormente com ácidos suaves (ácido tânico, genipina), álcoois e corantes, seguidos de compressão, secagem e estampagem (34). Na fermentação em estado sólido, uma camada de micélio plana ou semelhante a espuma cresce sobre um substrato lignocelulósico sólido. A biomassa fúngica pura é facilmente separada do substrato cortando a camada superior de micélio (33). Fungos da podridão branca, a exemplo de

Ganoderma sp., *Pleurotus* sp. e *Trametes* sp., são amplamente utilizados devido à sua alta taxa de colonização e capacidade de crescimento em diversos materiais orgânicos (35).

Assim, o couro micelial representa uma inovação promissora na indústria de biomateriais, oferecendo uma alternativa ecológica e funcional ao couro animal, com aplicações diversas na moda e design.

BIOMATERIAIS DE CONSTRUÇÕES CIVIL E BIOEMBALAGENS

O uso de fungos filamentosos e seu micélio no cotidiano humano remonta de tempos pré-históricos. Registros entre 3350 e 3110 a.C revelaram lascas do corpo de frutificação (cogumelos) de *Fomes fomentarius* e *Piptoporus betulinus* junto ao corpo de Ötzi, um ser humano que viveu no período Neolítico. Dados etnomicológicos indicam que especificamente *F. fomentarius*, popularmente denominado de "casco de cavalo", era bastante utilizado para iniciar fogueiras, porque seu corpo de frutificação, após tratamento, é transformado em um material altamente inflamável e capaz de manter brasas acesas por longos períodos (36).

O estudo da versatilidade desse tipo de microrganismo em seus usos biotecnológicos levanta um questionamento sobre as práticas utilizadas nas indústrias têxteis, de construção, na produção alimentícia e na produção de embalagens, que podem ser melhoradas. Principalmente visando uma maior eficácia no uso de recursos naturais e a diminuição na produção de poluentes (37). Apenas a produção de cimento para construção civil é responsável por cerca de 7% das emissões globais de carbono e, em 2022, foram produzidas no Brasil cerca de 63,543 milhões de toneladas de cimento com uma emissão média de 580 Kg de CO_2 por tonelada (38). Apesar de existirem movimentos e pesquisas em andamento para mitigar essas emissões e tornar todo o processo de produção dessa matéria prima mais eficiente, ainda não é suficiente para desacelerar o atual agravamento do efeito estufa e consequente aquecimento global.

Alternativamente existem pesquisadores que buscam novos materiais que sejam produzidos pela rede de hifa dos fungos (39,40). Os fungos filamentosos são altamente diversificados em suas formas de vida, isso também significa que seu micélio é uma estrutura adaptável a diferentes condições de crescimento. Tais propriedades o tornam um ótimo candidato para uso na construção civil e fabricação de embalagens, já que a depender do substrato onde crescem suas hifas adquirem maior rigidez, podem servir como isolantes térmico e acústico, além de gerar materiais leves (41).

Existem duas formas principais de fabricação de materiais compostos de micélio, denominados materiais de micélio composto (CMM) e materiais de micélio puro (PMM). O processo de produção dos CMM resulta normalmente em um produto final com características parecidas com o isopor (poliestireno). Neste caso é delimitado um molde que será preenchido com substrato orgânico, geralmente lignocelulósico (lascas de cânhamo, pinus, cana-de-açúcar) e o fungo é inoculado. Suas hifas atuam como uma cola, agregando o material e transformando-o em um bloco sólido, leve e biodegradável. Materiais PMM são constituídos apenas de micélio, em sua fabricação o fungo não entra em contato com o substrato diretamente. Essa estratégia pode ter uma gama maior de aplicações, seu produto final depende principalmente das características do organismo utilizado, o que pode gerar materiais que se assemelham a papel e couro (42). Após o crescimento, o processo mais típico é a secagem em estufa para eliminar água residual no substrato e micélio, resultando em espumas frívolas e de alta estabilidade (43).

O micélio do fungo *F. fomentarius* foi utilizado para a construção de uma escultura habitável, demonstrando que é possível construir utilizando micélio e como

fazê-lo (44). A escultura de 20 metros quadrados tem sua estrutura principal constituída por compensado de madeira, enquanto as paredes da habitação foram feitas utilizando moldes com lascas do caule de cânhamo colonizadas e parcialmente decompostas pelo fungo casco de cavalo (Figura 2).



Figura 2 - Construção do “MY-CO Space” publicada por Meyer et al. (44)

Outra aplicação para os CMM é na utilização como material para fabricação de embalagens. Embalar produtos serve como uma forma de prolongar a vida útil desses bens, facilitando seu transporte e manuseio até o consumidor final. Para isso, uma alternativa que melhorou consideravelmente a qualidade de vida da sociedade moderna foram embalagens derivadas do plástico, que apresentam grande versatilidade e fácil modelagem. Contudo, as vantagens dessas embalagens feitas com matéria-prima derivada do petróleo, atualmente são ofuscadas pelos seus impactos ambientais negativos, como a liberação de gases tóxicos durante sua queima (45,46).

O CMM surge como uma alternativa mais sustentável, com características muito semelhantes às do plástico, sendo leve e facilmente moldável. As matérias-primas necessárias para fabricação de embalagens derivadas de micélio e o consequente descarte dessas embalagens são relativamente baratas, sendo especialmente interessantes para pequenas e microempresas (47).

Holt et al. (48) identificaram uma lacuna na literatura e a necessidade de pivotar a estratégia utilizada na fabricação de embalagens atual. Utilizando o resíduo de plantações de algodão, os autores analisaram diferentes substratos para a fabricação de embalagens utilizando um fungo do gênero *Ganoderma* (Figura 3). Concluindo que esse tipo de produto é uma alternativa viável às embalagens de poliestireno.

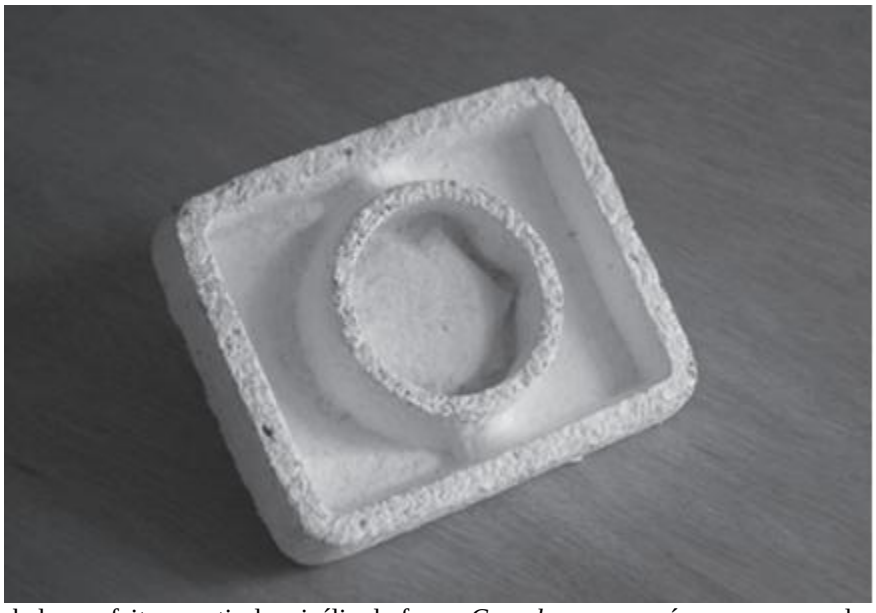


Figura 3: Embalagem feita a partir de micélio do fungo *Ganoderma* sp. após secagem, produzida por Holt et al. (48)

Devido às suas propriedades leves e não tóxicas, os materiais à base de micélio podem ser utilizados para uma variedade de implementações de embalagem, incluindo eletrônicos, objetos frágeis e o setor alimentício (43).

ALIMENTOS E SUPLEMENTOS ALIMENTARES À BASE DE MICÉLIOS

Cenários e projeções globais revelaram que a crescente população mundial exigiu que a produção de alimentos em 2021 aumentasse 50% em relação aos níveis de 2010 (49). Em paralelo, apesar da necessidade de crescimento tem-se a preocupação com uma expansão sustentável. Estima seque um terço dos gases de efeito estufa (GEE) antropogênico vêm dos sistemas alimentares globais (50). Para mitigar esse impacto, mudanças na dieta humana têm sido sugeridas, uma vez que alimentos de origem vegetal emitem apenas metade dos GEE comparados aos de origem animal (51).

Uma estratégia promissora seria substituir parcialmente a carne bovina por proteínas produzidas por microrganismos, o que pode reduzir emissões anuais de CO_2 e o desmatamento em mais de 50%, além de diminuir a produção de metano em 11% (52). Dentre os microrganismos usados na produção de alimentos análogos à carne, os fungos comestíveis são uma opção potencial como fonte de proteínas com vantagens ambientais e nutricionais. Dentre os benefícios nutricionais, pode-se destacar o fato da composição da proteína fúngica ser semelhante à proteína derivada de animais, conter mais aminoácidos contendo enxofre que são os principais precursores do sabor de carne, ser rica em minerais e vitaminas, baixos níveis de colesterol, textura próxima ao músculo, capacidade de retenção de água, e possuir vários compostos bioativos como antioxidantes, β-glucanos e ergosterol (53, 54, 55, 56, 57).

Recentemente, pesquisas com *Laetiporus sulphureus* demonstraram que esse fungo pode biossintetizar compostos que simulam o sabor e o aroma de carne, como o *E,Z*-2,4-decadienal, a partir de fontes vegetais (54). Stöppelmann et al. (58) exploraram essa capacidade do basidiocarpo utilizando cebola como substrato para a fermentação por *L. sulphureus*, obtendo um sobrenadante com aroma semelhante ao de carne e hambúrguer. Esse metabólito fúngico se mostra promissor diante dos desafios enfrentados pelos análogos à carne à base de plantas (PBMAs), que ainda apresentam

limitações em textura e sabor pouco realistas, além do amargor característico da proteína de soja (59).

A demanda crescente por alternativas à carne reflete uma preocupação com o bem-estar animal e a sustentabilidade (60). Embora o mercado de alternativas à base de plantas deve atingir US$ 3,5 bilhões até 2026 (61). Entretanto, para que isso seja possível, estratégias para aprimorar esses aspectos como textura, sabor e aroma devem ser implementados. Dentre essas estratégias inclui-se fermentação, adição de especiarias e reações de Maillard com açúcares redutores e aminoácidos (62). Contudo, sabores semelhantes aos da carne derivados de fontes vegetais ainda são um desafio, reforçando o potencial dos fungos como solução inovadora.

Zhang et al. (63) desenvolveram um análogo de carne bovina de plantas fritas, incorporando diferentes proporções de micélio de *Pleurotus ostreatus*. Os resultados indicaram melhorias significativas nos aspectos sensoriais, como intensificação do aroma e redução do amargor, além de benefícios físicos, incluindo maior elasticidade do produto. De maneira semelhante, Todorov et al. (64) utilizaram micélio fúngico após a fermentação de beterraba com *Lactococcus lactis* e *Levilactobacillus brevis*, obtendo avanços importantes, como o aumento da digestibilidade proteica e a formação de compostos voláteis essenciais para a qualidade sensorial.

Além do micélio ser útil como aditivo e ingrediente base dos PBMAs, produtores de aditivos como aromas, outra aplicação em produtos alimentícios é o uso como crioprotetores naturais. Por exemplo, polissacarídeos extraídos do micélio de *Flammulina velutipes* demonstraram alta atividade de inibição de recristalização de gelo, protegendo a qualidade de alimentos congelados (65). Métodos modernos, como a extração em autoclave, têm sido utilizados para aumentar a eficiência e bioatividade desses compostos (66). Esses polissacarídeos oferecem uma alternativa sustentável e saudável aos crioprotetores químicos, que apresentam limitações devido a potenciais efeitos adversos à saúde e alterações como reação de Maillard nos alimentos (67).

Diante dos estudos analisados, pode-se observar na Tabela 2, o potencial da aplicação dos micélios fúngicos para produção e melhoria de PBMAs, mas também como uma ferramenta versátil na inovação alimentar. Assim, as pesquisas devem explorar a otimização desses processos e a ampliação do uso de micélios fúngicos na indústria alimentícia, consolidando sua relevância na produção de alimentos sustentáveis e nutricionalmente equilibrados.

Tabela 2 - Diferentes fontes de micélio são usadas para produção e melhoria de produtos alimentícios

Nome popular	**Fonte**	**Potencial uso na indústria de alimentos**	**Referência**
Cogumelos ostras	*Pleurotus ostreatus*	Análogo de carne bovina. O micélio realçou o aroma semelhante à proteína animal e inibiu o sabor amargo e adstringente. Apresenta elasticidade, brilho e brancura semelhantes a carne.	Zhang et al. (2024) (53)

-	*Mucorracemosus fresenius*	Filmes de amido/álcool polivinílico com óleo essencial que pode ser aplicado em diferentes alimentos. Usado para carregar óleo essencial de cravo em filmes, apresentando atividade antioxidante e boa e liberação lenta quando aplicado em filmes de amido/álcool polivinílico.	Shen et al. (2025) (68)
Cogumelo ostra	*Pleurotus ostreatus*	Análogo a carne. Na produção dessa proteína, polpa de beterraba são fermentadas com bactérias do ácido láctico (*Lactococcus lactis* e *Levilactobacillus brevis*). O micelio é produzido nessa mistura fermentada. A digestibilidade do conteúdo de proteínas aumentou significativamente e houve aumento de vários voláteis importantes após o crescimento micelial.	Todorov et al. (2024) (64)
Cogumelo de agulha de ouro ou Enoki	*Flammulina velutipes*	Polissacarídeos de micélio que atuam como crioprotetores naturais em congelamento de géis de surimi, peixe picado Os polissacarídeos do micélio apresentaram atividade de inibição de recristalização de gelo, resultando nos géis de surimi congelados-descongelados matrizes mais uniformes e contínuas do que as de controle	Qin et al. (2022) (69)
Cogumelo de galinha ou dos bosques	*Laetiporus sulphureus*	Aroma semelhante ao da carne e gorduras. Esse produto foi produzido após fermentação submersa de cebola pelo basidiomiceto. Um aldeído insaturado, (*E,Z*)-2,4-decadienal, que confere um odor semelhante ao sebo e gorduroso, e um composto sulfuroso benzotiazol, com um odor semelhante ao caldo foram identificados, o que contribuiu bem	Stöppelmann et al. (2024) (58)

	para o odor característico do sobrenadante

CONCLUSÃO

O potencial biotecnológico dos micélios fúngicos é inegável. Suas aplicações resolvem diversos desafios ecológicos, incluindo a emissão de gases de efeito estufa e o uso excessivo de recursos não renováveis, como água e petróleo, além de outros aspectos que contribuem para um mundo mais sustentável. No entanto, é essencial que essa tecnologia seja mais difundida e que haja maiores investimentos em pesquisa e desenvolvimento, visando reduzir os custos e tornar esses produtos mais acessíveis à sociedade.

REFERÊNCIAS

1. Shankar MP, Hamza A, Khalad A, Shanthi G, Kuppireddy S, Kumar DS. Engineering mushroom mycelium for a greener built environment: Advancements in mycelium-based biocomposites and bioleather. Food Biosci. dezembro de 2024;62:105577.

2. Macheca AD, Mutuma B, Adalima JL, Midheme E, Lúcas LHM, Ochanda VK, et al. Perspectives on Plastic Waste Management: Challenges and Possible Solutions to Ensure Its Sustainable Use. Recycling. 13 de setembro de 2024;9(5):77.

3. Rezende VT, Nacimento RA, Ali S, Rodrigues GRD, Romanelli TL, Cyrillo JN dos SG, et al. Understanding nitrogen dynamics in the Brazilian beef industry: A comprehensive decadal analysis. Science of The Total Environment. abril de 2024;921:171045.

4. Garmyn AJ. More than meat: contributions of livestock systems beyond meat production. Animal Frontiers. 17 de maio de 2021;11(2):3–5.

5. Ugbede AS, Abioye OP, Aransiola SA, Oyewole OA, Maddela NR, Prasad R. Production, optimization and partial purification of bacterial and fungal proteases for animal skin dehairing: A sustainable development in leather-making process. Bioresour Technol Rep. dezembro de 2023;24:101632.

6. Hasan MJ, Haque P, Rahman MM. Protease enzyme based cleaner leather processing: A review. J Clean Prod. setembro de 2022;365:132826.

7. Manan S, Ullah MW, Ul-Islam M, Atta OM, Yang G. Synthesis and applications of fungal mycelium-based advanced functional materials. Journal of Bioresources and Bioproducts. fevereiro de 2021;6(1):1–10.

8. Ibrar M, Ullah MW, Manan S, Farooq U, Rafiq M, Hasan F. Fungi from the extremes of life: an untapped treasure for bioactive compounds. Appl Microbiol Biotechnol. 4 de abril de 2020;104(7):2777–801.

9. Manan S, Ullah MW, Ul-Islam M, Atta OM, Yang G. Synthesis and applications of fungal mycelium-based advanced functional materials. Journal of Bioresources and Bioproducts. fevereiro de 2021;6(1):1–10.

10. Jo C, Zhang J, Tam JM, Church GM, Khalil AS, Segrè D, et al. Unlocking the magic in mycelium: Using synthetic biology to optimize filamentous fungi for biomanufacturing and sustainability. Mater Today Bio. abril de 2023;19:100560.

11. Amobonye A, Lalung J, Awasthi MK, Pillai S. Fungal mycelium as leather alternative: A sustainable biogenic material for the fashion industry. Sustainable Materials and Technologies. dezembro de 2023;38:e00724.

12. Islam MR, Tudryn G, Bucinell R, Schadler L, Picu RC. Morphology and mechanics of fungal mycelium. Sci Rep. 12 de outubro de 2017;7(1):13070.

13. Fricker MD, Heaton LLM, Jones NS, Boddy L. The Mycelium as a Network. Em: The Fungal Kingdom. Washington, DC, USA: ASM Press; 2017. p. 335–67.

14. Yang L, Park D, Qin Z. Material Function of Mycelium-Based Bio-Composite: A Review. Front Mater. 30 de setembro de 2021;8.

15. Shao G, Zhang L, Xu D, Jin Y, Wu F, Yang N, et al. Green and sustainable bioboards: Biomanufacturing of mycelium-based composite boards with tunable properties. Chemical Engineering Journal. janeiro de 2025;503:158382.

16. Suwannarach N, Kumla J, Zhao Y, Kakumyan P. Impact of Cultivation Substrate and Microbial Community on Improving Mushroom Productivity: A Review. Biology (Basel). 8 de abril de 2022;11(4):569.

17. Carrasco J, Zied DC, Pardo JE, Preston GM, Pardo-Giménez A. Supplementation in mushroom crops and its impact on yield and quality. AMB Express. 18 de dezembro de 2018;8(1):146.

18. Fricker MD, Heaton LLM, Jones NS, Boddy L. The Mycelium as a Network. Em: The Fungal Kingdom. Washington, DC, USA: ASM Press; 2017. p. 335–67.

19. Mehta N, Patil R, Baghela A. Differential Physiological Prerequisites and Gene Expression Profiles of Conidial Anastomosis Tube and Germ Tube Formation in Colletotrichum gloeosporioides. Journal of Fungi. 25 de junho de 2021;7(7):509.

20. Hyde KD, Xu J, Rapior S, Jeewon R, Lumyong S, Niego AGT, et al. The amazing potential of fungi: 50 ways we can exploit fungi industrially. Fungal Divers. 3 de julho de 2019;97(1):1–136.

21. Omoloso O, Mortimer K, Wise WR, Jraisat L. Sustainability research in the leather industry: A critical review of progress and opportunities for future research. J Clean Prod. fevereiro de 2021;285:125441.

22. Amobonye A, Lalung J, Awasthi MK, Pillai S. Fungal mycelium as leather alternative: A sustainable biogenic material for the fashion industry. Sustainable Materials and Technologies. dezembro de 2023;38:e00724.

23. de Aquim PM, Hansen É, Gutterres M. Water reuse: An alternative to minimize the environmental impact on the leather industry. J Environ Manage. janeiro de 2019;230:456–63.

24. Kumar PS, Ngueagni PT, Woumfo ED, Vardhan KH. Water Footprint in Leather Tanning and Steel Production. Em 2021. p. 137–56.

25. Bahua H, Wijayanti SP, Putra AS, Ariyani NR, Isharyadi F, Nuha N, et al. Life cycle assessment (LCA) of leather-like materials from mycelium: Indonesian case study. Int J Life Cycle Assess. 31 de outubro de 2024;29(10):1916–31.

26. Yang F, Zhang Z, Yuan J, Xu J, Ji Q, Bai Y. Eco-friendly production of leather-like material from bacterial cellulose and waste resources. J Clean Prod. outubro de 2024;476:143700.

27. Patil H, Naik R, Paramasivam SK. Utilization of banana crop ligno-cellulosic waste for sustainable development of biomaterials and nanocomposites. Int J Biol Macromol. dezembro de 2024;282:137065.

28. Rimantho D, Chaerani L, Sundari AS. Initial mechanical properties of orange peel waste as raw material for vegan leather production. Case Studies in Chemical and Environmental Engineering. dezembro de 2024;10:100786.

29. Kuria MW, Matofari JW, Nduko JM. Physicochemical, antioxidant, and sensory properties of functional mango (Mangifera indica L.) leather fermented by lactic acid bacteria. J Agric Food Res. dezembro de 2021;6:100206.

30. Amobonye A, Lalung J, Awasthi MK, Pillai S. Fungal mycelium as leather alternative: A sustainable biogenic material for the fashion industry. Sustainable Materials and Technologies. dezembro de 2023;38:e00724.

31. Pavani C, Rao PA, Vishnu P, Raja H, Sriram, Sirisha N. Vegan Leather from Agricultural Waste: Exploring Sustainable and Cruelty-Free Alternatives. Em: From Waste to Wealth. Singapore: Springer Nature Singapore; 2024. p. 951–64.

32. Sharma M, Verma S, Chauhan G, Arya M, Kumari A. Mycelium-based biocomposites: synthesis and applications. Environmental Sustainability. 12 de abril de 2024;7(3):265–78.

33. Elsacker E, Vandelook S, Peeters E. Recent technological innovations in mycelium materials as leather substitutes: a patent review. Front Bioeng Biotechnol. 7 de agosto de 2023;11.

34. Kaiser R, Bridgens B, Elsacker E, Scott J. BioKnit: development of mycelium paste for use with permanent textile formwork. Front Bioeng Biotechnol. 14 de julho de 2023;11.

35. Manan S, Ullah MW, Ul-Islam M, Atta OM, Yang G. Synthesis and applications of fungal mycelium-based advanced functional materials. Journal of Bioresources and Bioproducts. fevereiro de 2021;6(1):1–10.

36. Peintner U, Pöder R. Ethnomycological remarks on the Iceman's fungi. Em: The Iceman and his Natural Environment. Vienna: Springer Vienna; 2000. p. 143–50.

37. Javadian A, Le Ferrand H, E. Hebel D, Saeidi N. Application of Mycelium-Bound Composite Materials in Construction Industry: A Short Review. SOJ Materials Science & Engineering. 22 de outubro de 2020;7(2):1–9.

38. Vargas PC, Diretor P, Jannuzzi B. SINDICATO NACIONAL DA INDÚSTRIA DO CIMENTO [Internet]. 2023 [citado 2 de fevereiro de 2025]. Disponível em: http://snic.org.br/assets/pdf/relatorio_anual/1732731328.pdf

39. Vandelook S, Elsacker E, Van Wylick A, De Laet L, Peeters E. Current state and future prospects of pure mycelium materials. Fungal Biol Biotechnol. 20 de dezembro de 2021;8(1):20.

40. Yang L, Park D, Qin Z. Material Function of Mycelium-Based Bio-Composite: A Review. Front Mater. 30 de setembro de 2021;8.

41. Haneef M, Ceseracciu L, Canale C, Bayer IS, Heredia-Guerrero JA, Athanassiou A. Advanced Materials From Fungal Mycelium: Fabrication and Tuning of Physical Properties. Sci Rep. 24 de janeiro de 2017;7(1):41292.

42. Vandelook S, Elsacker E, Van Wylick A, De Laet L, Peeters E. Current state and future prospects of pure mycelium materials. Fungal Biol Biotechnol. 20 de dezembro de 2021;8(1):20.

43. Verma N, Jujjavarapu SE, Mahapatra C. Green sustainable biocomposites: Substitute to plastics with innovative fungal mycelium based biomaterial. J Environ Chem Eng. outubro de 2023;11(5):110396.

44. Meyer V, Schmidt B, Freidank-Pohl C, Schmidts C, Pfeiffer S. MY-CO SPACE: An artistic-scientific vision on how to build with fungi. IOP Conf Ser Earth Environ Sci. 1º de setembro de 2022;1078(1):012070.

45. Rajendran RC. Packaging Applications of Fungal Mycelium-Based Biodegradable Composites. Em: Fungal Biopolymers and Biocomposites. Singapore: Springer Nature Singapore; 2022. p. 189–208.

46. Trajkovska Petkoska A, Daniloski D, D'Cunha NM, Naumovski N, Broach AT. Edible packaging: Sustainable solutions and novel trends in food packaging. Food Research International. fevereiro de 2021;140:109981.

47. Pohan JN, Kusumawati YA, Radhitanti A. Mushroom Mycelium-Based Biodegradable Packaging Material: A Promising Sustainable Solution for Food Industry. E3S Web of Conferences. 15 de setembro de 2023;426:02128.

48. Holt GA, Mcintyre G, Flagg D, Bayer E, Wanjura JD, Pelletier MG. Fungal Mycelium and Cotton Plant Materials in the Manufacture of Biodegradable Molded Packaging Material: Evaluation Study of Select Blends of Cotton Byproducts. J Biobased Mater Bioenergy. 1º de agosto de 2012;6(4):431–9.

49. van Dijk M, Morley T, Rau ML, Saghai Y. A meta-analysis of projected global food demand and population at risk of hunger for the period 2010–2050. Nat Food. 21 de julho de 2021;2(7):494–501.

50. Crippa M, Solazzo E, Guizzardi D, Monforti-Ferrario F, Tubiello FN, Leip A. Food systems are responsible for a third of global anthropogenic GHG emissions. Nat Food. 8 de março de 2021;2(3):198–209.

51. Xu X, Sharma P, Shu S, Lin TS, Ciais P, Tubiello FN, et al. Global greenhouse gas emissions from animal-based foods are twice those of plant-based foods. Nat Food. 13 de setembro de 2021;2(9):724–32.

52. Humpenöder F, Bodirsky BL, Weindl I, Lotze-Campen H, Linder T, Popp A. Projected environmental benefits of replacing beef with microbial protein. Nature. 5 de maio de 2022;605(7908):90–6.

53. Zhang Z, Zang M, Chen J, Zhang K, Wang S, Li D, et al. Effect of the mycelium of oyster mushrooms on the physical and flavor properties of a plant-based beef analogue. LWT. abril de 2024;198:116029.

54. Yuan X, Zhu X, Sun R, Jiang W, Zhang D, Liu H, et al. Sensory attributes and characterization of aroma profiles of fermented sausages based on fibrous-like meat substitute from soybean protein and Coprinus comatus. Food Chem. março de 2022;373:131537.

55. De Silva DD, Rapior S, Hyde KD, Bahkali AH. Medicinal mushrooms in prevention and control of diabetes mellitus. Fungal Divers. 4 de setembro de 2012;56(1):1–29.

56. Bohrer BM. An investigation of the formulation and nutritional composition of modern meat analogue products. Food Science and Human Wellness. dezembro de 2019;8(4):320–9.

57. Hamza A, Shankar MP, Chowdary US, Ghanekar S, Sahoo S, Krishnaiah CV, et al. Submerged production of mycelium biomass and bioactive compounds from P. ostreatus in a controlled fermentation medium. Food and Humanity. maio de 2024;2:100302.

58. Stöppelmann F, Chan LF, Hildebrand G, Hermann-Ene V, Vetter W, Rigling M, et al. Molecular decoding a meat-like aroma generated from Laetiporus sulphureus-mediated fermentation of onion (Allium cepa L.). Food Research International. setembro de 2024;192:114757.

59. Meinlschmidt P, Schweiggert-Weisz U, Brode V, Eisner P. Enzyme assisted degradation of potential soy protein allergens with special emphasis on the technofunctionality and the avoidance of a bitter taste formation. LWT - Food Science and Technology. maio de 2016;68:707–16.

60. Usman M, Swanson G, Chen B, Xu M. Sensory profile of pulse-based high moisture meat analogs: A study on the complex effect of germination and extrusion processing. Food Chem. novembro de 2023;426:136585.

61. Alcorta A, Porta A, Tárrega A, Alvarez MD, Vaquero MP. Foods for Plant-Based Diets: Challenges and Innovations. Foods. 1º de fevereiro de 2021;10(2):293.
62. He J, Liu H, Balamurugan S, Shao S. Fatty acids and volatile flavor compounds in commercial plant-based burgers. J Food Sci. 20 de fevereiro de 2021;86(2):293–305.

63. Zhang Y, Wang D, Chen Y, Liu T, Zhang S, Fan H, et al. Healthy function and high valued utilization of edible fungi. Food Science and Human Wellness. julho de 2021;10(4):408–20.

64. KAWAHARA H, MATSUDA Y, SAKAGUCHI T, ARAI N, KOIDE Y. Antifreeze Activity of Xylomannan from the Mycelium and Fruit Body of <i>Flammulina velutipes</i> Biocontrol Sci. 2016;21(3):153–9.

65. Abreu H, Zavadinack M, Smiderle FR, Cipriani TR, Cordeiro LMC, Iacomini M. Polysaccharides from Pleurotus eryngii: Selective extraction methodologies and their modulatory effects on THP-1 macrophages. Carbohydr Polym. janeiro de 2021;252:117177.

66. Cen K, Huang C, Yu X, Gao C, Yang Y, Tang X, et al. Quinoa protein Pickering emulsion: A promising cryoprotectant to enhance the freeze-thaw stability of fish myofibril gels. Food Chem. maio de 2023;407:135139.

67. Shen L, Chen C, Xie J. Development and characterization of starch/polyvinyl alcohol active films with slow-release property by utilizing Mucorracemosus Fresenius mycelium to load with clove essential oil. Int J Biol Macromol. março de 2025;295:139610.

68. Todorov SK, Tomasikova F, Hansen M, Shetty R, Jansen CL, Jacobsen C, et al. Using pre-fermented sugar beet pulp as a growth medium to produce Pleurotus ostreatus mycelium for meat alternatives. Int J Food Microbiol. dezembro de 2024;425:110872.

69. Qin L, Fu Y, Yang F, Chang Z, Zou C, Gao H, et al. Effects of polysaccharides autoclave extracted from Flammulina velutipes mycelium on freeze-thaw stability of surimi gels. LWT. novembro de 2022;169:113941.

Capítulo 27

DOI: 10.53934/agronfy-2025-05-27

ELABORAÇÃO E AVALIAÇÃO DO ÓLEO ESSENCIAL DE ORÉGANO (*Origanum vulgare L.)* EM HAMBURGUER DE CARNE *BLEND* SUÍNA E BOVINA

Mayara Ribeiro*[1]; Josilene Lima Serra[2]; Millena Casadei Silva Pinto[1]; Filipe Lima Silva[1]

**Autor correspondente (Corresponding author) – Email: mayararibeiro@acad.ifma.edu.br*

[1]Graduados em Tecnologia em Alimentos, Instituto Federal do Maranhão – Campus São Luís/Maracanã

[2]Professora Doutora do curso de Tecnologia em Alimentos, Instituto Federal do Maranhão – Campus São Luís/Maracanã

Resumo: Os hambúrgueres estão entre os produtos industrializados mais consumidos no mercado na era *fastfood*, devido à sua praticidade e acessibilidade. Este estudo teve como objetivo elaborar um *blend* de hambúrguer com carne bovina e suína, incorporando óleo essencial de orégano (*Origanum vulgare L.*) como conservante natural e avaliar suas características físico-químicas e microbiológicas. O óleo essencial foi extraído por hidrodestilação e incorporado em três formulações: FC (controle, sem conservantes); F1 (0,05% sal de cura, 0,5% ácido ascórbico); e F2 (0,1% óleo essencial de orégano). Foram realizadas análises físico-químicas (pH, umidade, cor, rendimento e capacidade de retenção de água), microbiológicas (*Escherichia coli* e bactérias psicrotróficas) e de atividade antibacteriana pelos métodos de difusão em disco e microdiluição. Os testes demonstraram que o óleo essencial apresentou halos de inibição de 13 mm e 12 mm sobre *E. coli* (ATCC 25922) e *S. aureus* (ATCC 25923), respectivamente. Os microrganismos testados apresentaram sensibilidade ao óleo essencial em uma concentração de 0,1%. Verificou-se que os hambúrgueres apresentaram parâmetros físico-químicos dentro dos padrões estabelecidos pela legislação e literatura. Além disso, os parâmetros de cor apresentaram um perfil reduzido similar à formulação controle após 15 dias de armazenamento sob congelamento, indicando que a adição do óleo não interferiu na oxidação da mioglobina. Em relação ao crescimento de *E. coli*, verificou-se que a presença do óleo reduziu o crescimento desse patógeno após 15 dias, de 43,8 na FC para 38,4 Log10 (UFC/g), contudo, não exerceu ação bactericida sobre essa bactéria. O mesmo efeito foi observado para as bactérias psicrotróficas, que variaram de 7 a 3,83 Log10 (UFC/g). Esses dados demonstram que a concentração de 0,1% de óleo essencial de orégano pode ser uma alternativa viável para a conservação de hambúrgueres artesanais, contribuindo para a manutenção da qualidade microbiológica e físico-química do produto sem o uso de conservantes sintéticos.

Palavras–chave: conservantes naturais*; Escherichia coli*

Abstract: Hamburgers are among the most consumed industrialized products in the fast-food era due to their convenience and affordability. This study aimed to develop a hamburger *blend* using beef and pork, incorporating oregano essential oil (*Origanum vulgare L.*) as a natural preservative, and to evaluate its physicochemical and microbiological characteristics. The essential oil was extracted by hydrodistillation and incorporated into three formulations: FC (control, without preservatives); F1 (0.05% curing salt, 0.5% ascorbic acid); and F2 (0.1% oregano essential oil). Physicochemical analyses (pH, moisture, color, yield, and water-holding capacity), microbiological analyses (*Escherichia coli* and psychrotrophic bacteria), and antibacterial activity tests using the disk diffusion and microdilution methods were conducted. The tests showed that the essential oil exhibited inhibition zones of 13 mm and 12 mm against *E. coli* (ATCC 25922) and *S. aureus* (ATCC 25923), respectively. The tested microorganisms demonstrated sensitivity to the essential oil at a concentration of 0.1%. The hamburgers presented physicochemical parameters within the standards established by legislation and literature. Additionally, the color parameters showed a reduced profile similar to the control formulation after 15 days of frozen storage, indicating that the oil did not interfere with myoglobin oxidation. Regarding *E. coli* growth, the presence of the oil reduced the pathogen's growth after 15 days from 43.8 in FC to 38.4 Log10 (CFU/g), although it did not exert a bactericidal effect. A similar effect was observed for psychrotrophic bacteria, which ranged from 7 to 3.83 Log10 (CFU/g). These findings suggest that a 0.1% concentration of oregano essential oil can be a viable alternative for preserving artisanal hamburgers, contributing to the maintenance of the product's microbiological and physicochemical quality without synthetic preservatives.

Keywords: natural preservatives; *Escherichia coli*

1 INTRODUÇÃO

Os hambúrgueres são consumidos em grande escala por serem práticos e acessíveis, especialmente nos dias atuais [1]. No entanto, o uso excessivo de aditivos sintéticos e a contaminação por patógenos, como *Escherichia coli*, têm gerado preocupações com relação à segurança alimentar e à saúde pública [2].

Devido essa preocupação, surge a necessidade de alternativas mais naturais e seguras para a conservação de alimentos, levando ao crescente interesse por conservantes naturais, como os óleos essenciais [3]. Estes compostos, obtidos a partir de plantas medicinais, apresentam propriedades antioxidantes e antimicrobianas que podem prevenir ou retardar as alterações causadas por microrganismos e processos enzimáticos, tornando-se uma opção promissora para substituir aditivos químicos [4]. Entre esses compostos, destaca-se o óleo essencial de orégano (*Origanum vulgare L.*), que se destaca por sua comprovada eficácia antimicrobiana contra microrganismos patogênicos, tornando-se uma alternativa natural promissora para substituir aditivos químicos na preservação de alimentos.

Este estudo tem como objetivo investigar as propriedades antibacterianas do óleo essencial de orégano em hambúrgueres artesanais à base de carne bovina e suína, avaliando seu impacto na qualidade microbiológica, estabilidade da cor e demais características físico-químicas do produto. O foco principal é determinar a viabilidade da substituição de conservantes sintéticos por alternativas naturais, promovendo a produção de alimentos cárneos mais seguros e alinhados às tendências de consumo saudável e sustentável. Dessa forma, o estudo contribui para o desenvolvimento de estratégias

inovadoras no setor alimentício, atendendo à crescente demanda por produtos livres de aditivos químicos, com maior valor nutricional e menor impacto à saúde e ao meio ambiente.

2 MATERIAL E MÉTODOS

As pesquisas deste estudo foram conduzidas em laboratórios especializados do IFMA Campus São Luís/Maracanã, com cada etapa realizada em instalações específicas. A extração do óleo essencial de orégano, as análises microbiológicas, a avaliação de cor e pH, bem como a formulação dos hambúrgueres, foram executadas no Laboratório de Tecnologia e Qualidade de Alimentos Cárneos**.**

As análises físico-químicas, incluindo rendimento e capacidade de retenção de água (CRA) dos produtos, foram realizadas no Laboratório de Análise de Bebidas. A infraestrutura disponibilizada permitiu uma investigação abrangente e detalhada das formulações, garantindo a conformidade com os padrões de qualidade e segurança alimentar estabelecidos.

2.1 Obtenção do óleo essencial de orégano

As folhas de orégano desidratadas foram adquiridas em uma feira livre na cidade de São Luís/MA. Para o processo de extração, 408 g de folhas secas e trituradas, foram transferidas para um balão de fundo redondo com capacidade de 5 L. Em seguida, foi adicionada água filtrada na proporção de 1:10 (massa: volume), ou seja, para cada 1 g de biomassa**,** adiciona-se 10 ml de água**.** A extração do óleo essencial foi realizada por hidrodestilação, utilizando um aparelho de *Clevenger*, sob temperatura controlada de 100°C, durante 4 horas (Figura 1).

Figura 3 – Fluxograma da obtenção do óleo essencial de orégano.



Fonte: Autoria Própria

O volume de óleo essencial de orégano extraído foi de 0,5 ml a partir de 408 g de biomassa vegetal, resultando em um rendimento de 0,1225%, arredondando-se para 0,1% (Eq.1).

$$To = Vo \times \frac{100}{Bm} \quad \text{Eq. (1)}$$

Onde, To = Teor de óleo essencial % (ml de óleo em 100 g de biomassa); Vo = Volume de óleo essencial extraído; Bm = Biomassa vegetal seca; 100 = Fator de conversão para %.

Ao término do processo, o óleo essencial obtido foi coletado e armazenado em frasco adequado para posterior análise.

2.2 Atividade antibacteriana e concentração inibitória mínima do óleo essencial

A atividade antibacteriana do óleo essencial de orégano foi analisada por dois métodos: difusão em discos e diluição em caldo. No método de difusão, foi avaliada a ação contra *Escherichia coli* e *Staphylococcus aureus* com suspensão bacteriana em caldo BHI (10^7 UFC/g). Discos de papel filtro impregnados com o óleo foram colocados em Ágar Muller Hilton e incubados a 37°C por 24 horas. Os halos de inibição foram medidos e classificados em resistente (R) (≤12 mm), intermediário (I) (13-14 mm) e sensível (S) (≥15 mm). No método de diluição [8], a concentração inibitória mínima (CIM) foi determinada em caldo BHI com 0,1% de óleo essencial, em diluições de 0,1% a 1,0%. A CIM foi a menor concentração que impediu o crescimento bacteriano. Os resultados demostraram que o óleo essencial de orégano foi eficaz, especialmente contra *Escherichia coli*.

2.2.1 Composição química dos óleos essenciais por cromatografia gasosa-cg-ms

As análises cromatográficas foram realizadas na Central Analítica da Universidade Federal de São Paulo, com o objetivo de identificar os constituintes do óleo essencial de orégano, utilizando a técnica de Cromatografia Gasosa acoplada à Espectrometria de Massas (CG-EM). Para a identificação dos compostos presentes nas amostras, foram consultadas as bases de dados de espectros de massas NIST105, NIST21 e WILEY139.

2.3 Elaboração do hambúrguer artesanal com *blend* de carne bovina e suína

Para a formulação do *blend* de carnes para hambúrguer, a carne bovina e suína foi rigorosamente manipulada, seguindo as boas práticas de fabricação. O processamento ocorreu sob temperatura controlada de -14°C para preservar a qualidade microbiológica e físico-química da matéria-prima.

Foram desenvolvidas duas formulações: Formulação 1, com 0,05% de conservante sintético e 0,5% de ácido ascórbico; e Formulação 2, com 0,1% de óleo essencial de orégano.

O *blend* foi preparado com cortes de chã de dentro e filé mignon, passando por limpeza manual para remoção do excesso de gordura e moagem em disco de 5 mm para uniformizar a textura. As concentrações detalhadas dos ingredientes estão na Tabela 1.

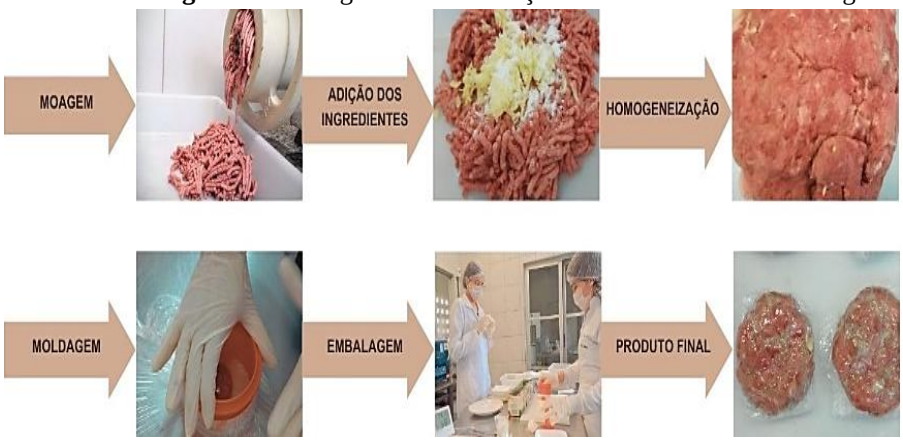
Tabela 2 - Proporções dos ingredientes (em %) utilizadas nas formulações de carne *blend* de hambúrguer bovino e suíno.

INGREDIENTES	**FORMULAÇÕES**	
	F1 (%)	**F2 (%)**
Toucinho	38	38
Carne bovina e suína	360	360
Sal	6,4	6,4

Alho	1,0	1,0
Óleo essencial de orégano	-	0,4
Ácido ascórbico	2,0	-
Sal de cura	0,2	-

Após a completa homogeneização dos ingredientes, os hambúrgueres foram prensados e moldados utilizando um modelador manual com diâmetro de 11 cm, resultando em porções de *blend* com peso líquido de 30 g cada. Os produtos finalizados foram embalados em sacos de polietileno e armazenados em freezer a -18°C (Figura 2), garantindo a preservação de suas características físico-químicas e microbiológicas.

Figura 4 - Fluxograma de elaboração de carne *blend* de hambúrguer



Fonte: Autoria Própria

2.3.1 Análises microbiológicas das formulações de hambúrguer *blend* de carne bovina e suína

O estudo avaliou a qualidade microbiológica de hambúrgueres artesanais com óleo essencial de orégano como conservante natural. As análises microbiológicas seguiram a Instrução Normativa nº 161 [7], com a identificação de *Salmonella sp.*, quantificação de *Escherichia coli* e contagem de bactérias aeróbias mesófilas. A quantificação de *E. coli* foi feita pelo método do Número Mais Provável (NMP), com contagem de coliformes e isolamento em Ágar EMB e TSA. A contagem de bactérias aeróbias mesófilas foi realizada em Ágar Padrão de Contagem [8], e a pesquisa de *Salmonella sp.* envolveu etapas de pré-enriquecimento, enriquecimento seletivo e isolamento em Ágar Hecktoen. As análises foram feitas após 10 dias de armazenamento a -18°C.

2.4 Análises físico-químicas

As análises físico-químicas foram conduzidas em triplicata para as formulações de hambúrguer com antioxidante e com óleo essencial de orégano, seguindo o Instituto Adolfo Lutz [9].

2.4.1 Umidade

A umidade foi determinada pelo método de secagem em estufa a 105ºC. Os cadinhos foram previamente tratados e pesados em balança analítica, adicionando-se 2 g

da amostra. Após secagem por 4 horas, as amostras foram resfriadas em dessecador e pesadas novamente. A umidade foi calculada conforme a equação (2):

$$\text{Umidade}\% = \frac{100\text{xN}}{\text{p}} \quad \text{Eq. (2)}$$

Onde, N= perda de massa (g); p= Massa da amostra (g)

2.4.1.1 Cinzas

As cinzas foram determinadas por incineração em forno mufla a 600ºC por 4 horas. Os cadinhos, após pesagem inicial, receberam 2 g da amostra e foram resfriados em dessecador antes da pesagem final. O teor de cinzas foi calculado conforme a equação (3):

$$\text{Cinzas}\% = \frac{100\text{xN}}{\text{p}} \quad \text{Eq. (3)}$$

Onde, N= Número de gramas de cinzas; p= Número de gramas em amostras

2.4.1.2 Lipídios

A extração de lipídeos foi realizada pelo método *Soxhlet*, utilizando éter de petróleo como solvente. As amostras (0,7 g) foram acondicionadas em papel filtro, secas em estufa a 105ºC por 3 horas e transferidas para o extrator por 6 horas. Após a remoção do solvente, os resíduos foram secos a 105ºC por 1 hora, resfriados em dessecador e pesados.

2.4.1.3 Proteínas

A determinação de proteínas seguiu o método *Kjeldahl*. As amostras (0,1 g) foram digeridas com sulfato de potássio, selênio e ácido sulfúrico a 360ºC. Após resfriamento, a digestão foi destilada com hidóxido de sódio 40% e coletada em ácido clorídico 0,02N. A titulação utilizou NaOH 0,02N até mudança de coloração. O teor de proteínas foi calculado (Eq. 4) com fator de conversão 6,25:

$$\textit{P}\text{roteínas}\% = \frac{\text{vx0,028xf}}{\text{p}} \quad \text{Eq. (5)}$$

Onde, V = diferença entre o nº de ml de ácido sulfúrico 0,05 M e o nº de ml de hidróxido de sódio 0,1 M gastos na titulação; p= nº de gramas da amostra; f = fator de conversão

2.5 Determinação de pH

O pH das amostras foi medido em 0, 5, e 15 dias de armazenamento usando um pHmetro digital (Asko). Os valores foram comparados com os padrões de qualidade para carnes: pH entre 5,8 e 6,2 indica boa condição para consumo; pH de 6,4 é o limite crítico, adequado para consumo imediato; e pH superior a 6,4 sinaliza início de decomposição.

2.5.1 Análise de cor

A análise de cor, foram medidos os parâmetros do espaço de cor CIELAB, utilizando o espectrofotômetro digital (Delta Vista 450G). Onde L* indica luminosidade e o a* (+a indica vermelho e -a indica verde) e b* (+b indica amarelo e -b indica azul), são as coordenadas cromáticas

2.6 Análise estatística

Os dados foram analisados por ANOVA, seguido do teste de *Tukey* (5% de significância), utilizando o software Past 4.07b.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Óleo essencial de orégano

3.1.1 Rendimento do óleo essencial de *Origanum vulgare L*.

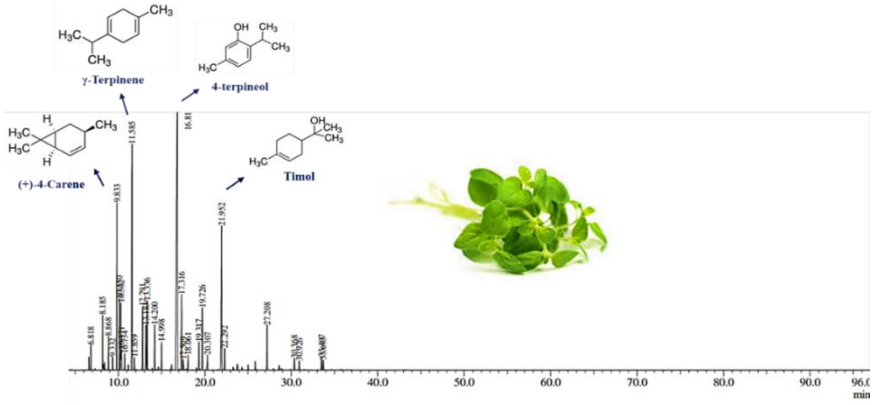
O óleo essencial de orégano, extraído por hidrodestilação, apresentou um baixo rendimento de apenas 0,1% em base úmida. Resultados semelhantes foram encontrados em pesquisas anteriores, que relataram um rendimento de 0,1% [11]. Contudo, outras investigações observaram um rendimento significativamente maior, de 0,73% [12]. Essas variações no rendimento do óleo essencial de orégano podem ser atribuídas a fatores como o genótipo da planta, o tipo de extração utilizado, os cuidados no armazenamento das folhas desidratadas antes da extração, bem como diferenças relacionadas à época de colheita, ao tipo de solo, ao clima da região e à umidade relativa do ar no dia da coleta [13].

3.1.2 Composição química dos óleos essenciais por cromatografia gasosa-CG-MS

Um total de 26 compostos foram encontrados no óleo essencial de orégano extraído, sendo 48% constituídos por monoterpenos, incluindo 4-terpineol, γ-terpineno, timol e (+) -4-careno (Figura 3). O 4-terpineol apresenta uma atividade antimicrobiana e contribui para a redução da degradação lipídica, prolongando a vida útil dos alimentos. O γ-terpineno atua na estabilização de produtos com alto teor de gordura e favorece o aroma característico do orégano. O timol, amplamente utilizado como conservante natural, possui ação antibacteriana e inibe o crescimento de patógenos alimentares. Já o (+) -4-careno também estar associado ao aroma marcante do óleo essencial.

O óleo essencial (OE) de orégano contém diversos terpenos, como carvacrol, timol, terpineol, linalol, *p*-cimeno e *β*-cariofileno, com predominância de carvacrol, *γ*-terpineno e timol, compostos responsáveis por sua atividade antimicrobiana eficaz contra patógenos e agentes deteriorantes [12]. Os compostos fenólicos presentes no OE de *Origanum vulgare L*., demonstram forte ação antimicrobiana, inibindo bactérias Gram-positivas, Gram-negativas e fungos [13]. Essa ação ocorre pela interação dos compostos com a membrana celular dos microrganismos, promovendo degradação e desestabilização da estrutura lipídica, resultando em atividade inibitória no citoplasma celular [14]. Devido ao aumento da resistência bacteriana aos antimicrobianos convencionais, os óleos essenciais se apresentam como alternativas promissoras, com propriedades antissépticas, antimicrobianas, analgésicas, calmantes e anti-inflamatórias.

Figura 5 - Cromatograma dos compostos identificados no óleo essencial de orégano por Cromatografia gasosa (CG-MS).



Fonte: Autores, 2023

3.2 Atividade antibacteriana e concentração inibitória mínima do óleo essencial

O óleo essencial de orégano demonstrou atividade antibacteriana contra *Escherichia coli* e *Staphylococcus aureus*, avaliadas pelos métodos de difusão em disco e diluição em caldo. Os halos de inibição obtidos foram de 13 mm para *E. coli* e 12 mm para *S. aureus*, indicando ação antimicrobiana significativa. Comparativamente, a gentamicina, utilizada como controle positivo, apresentou halos de 17 mm para *E. coli* e 18 mm para *S. aureus*, evidenciando maior eficácia (Tabela 2).

No entanto, a baixa concentração inibitória mínima (CIM) do óleo essencial ressalta seu potencial como agente antimicrobiano natural. Esses resultados reforçam a viabilidade do óleo essencial de orégano como alternativa promissora para controle microbiológico, especialmente na substituição de conservantes sintéticos.

Tabela 3 - Atividade antibacteriana e concentração inibitória mínima (CIM) do óleo essencial de orégano

Bactérias	**Halo de inibição (mm)**		**CIM**	
	Óleo orégano	Gentamicina (10 µg/g)	**(%)**	**(mg/L)**
E. coli ATCC 25922	13	17 (S)	1	9
S. aureus ATCC 29213	12	18 (S)	0,5	4,5

Fonte: Autores, 2023

O óleo essencial de orégano possui significativa atividade antimicrobiana, com halos de inibição entre 9 e 14 mm indicando sensibilidade [18]. Estudos anteriores mostraram halos maiores contra *Escherichia coli* (18,33 mm), *Staphylococcus aureus* (16,33 mm) e *Salmonella sp.* (20,33 mm), evidenciando sua eficácia. A ação foi mais intensa contra bactérias Gram-positivas, como *S. aureus* (27,7 mm), devido à maior permeabilidade de sua parede celular [16]. Baixas concentrações do óleo (1% para *E. coli* e 0,5% para *S. aureus*) foram eficazes na inibição bacteriana. A hidrofobicidade dos compostos fenólicos facilita a ação bactericida, destacando o óleo como uma alternativa viável no controle microbiológico de patógenos alimentares [17].

3.3 Hambúrguer artesanal com *blend* de carnes (bovina e suína)

3.3.1 Análise microbiológicas

A Tabela 3 apresenta os resultados das análises microbiológicas dos hambúrgueres artesanais formulados com *blend* de carne suína e bovina, realizadas após 10 dias de armazenamento. Os resultados demonstraram a ausência de coliformes totais (g), *Salmonella sp.* (25 g) e *Escherichia coli* (g) em todas as formulações testadas, evidenciando a conformidade do produto com os padrões estabelecidos pela legislação vigente [20]. Esses resultados indicam que os hambúrgueres foram elaborados sob condições higiênico-sanitárias adequadas, assegurando sua qualidade microbiológica e segurança para o consumo.

Tabela 4 - Resultados das análises microbiológicas realizadas nas três formulações de hambúrguer artesanal com *blend* de carne bovina e suína.

Parâmetros microbiológicos	**Hambúrguer *blend***		**Legislação****	
	F1	**F2**	**m**	**M**
Coliformes totais/g	<3	<3	-	-
Salmonella/25g	Aus	Aus	Aus	-
E. coli/g, para carne bovina	Aus	Aus	10	10^2
E. coli/g, para carne suína	Aus	Aus	10^2	10^3
Fungos	<10	<10	-	-

Fonte: Autora (2023)

Legenda: **(BRASIL, 2024); m: mínimo; M: máximo; F1 (Formulação de hambúrguer com adição de 0,05% de conservante sintético e 0,5% de ácido ascórbico); e F2 (Formulação de hambúrguer com adição de 0,1% do óleo essencial de orégano).

Em relação aos critérios microbiológicos, os resultados das análises mostraram que todas as amostras de hambúrguer com *blend* de carnes, tanto na formulação com conservante sintético (F1) quanto na formulação com óleo essencial de orégano (F2), atenderam aos padrões estabelecidos pela legislação. Não foram detectados coliformes totais, *Salmonella* e *Escherichia coli* nas amostras analisadas, com valores de fungos inferiores a 10 UFC/g, indicando um controle microbiológico eficiente.

No que diz respeito aos parâmetros específicos para *Escherichia coli* em carnes bovina e suína, as amostras apresentaram ausência dessa bactéria, atendendo aos limites definidos pela legislação vigente [20]. Para carne bovina, a legislação permite até 10 UFC/g (m) e 100 UFC/g (M), e para carne suína, os limites são de 100 UFC/g (m) e 1.000 UFC/g (M). Assim, as amostras de hambúrguer, independentemente da formulação, estão em conformidade com os requisitos normativos, o que reforça a eficácia das práticas de conservação, incluindo a utilização do óleo essencial de orégano como alternativa natural para o controle microbiológico.

A escolha de utilizar 0,1% de óleo essencial de orégano na formulação de hambúrguer com *blend* de carnes foi fundamentada em dois fatores principais: o baixo rendimento do óleo em concentrações elevadas e seu forte odor característico.

Em concentrações mais altas, o aroma poderia comprometer as características sensoriais do produto, impactando diretamente na aceitação pelos consumidores. Estudos em produtos de origem animal indicam que, para manter o equilíbrio entre eficácia antimicrobiana e aceitação sensorial, é crucial adotar concentrações mais baixas [21].

Ao avaliar o potencial antibacteriano do óleo essencial de orégano aplicado a hambúrguer artesanal na concentração de 0,8%, observou-se uma leve inibição de *Salmonella enteritidis* após 48 horas de armazenamento refrigerado, com uma redução de aproximadamente 1,0 Log (UFC/g) em relação à população inicial de 4,5 Log (UFC/g) [22]. No entanto, quando utilizado na concentração de 1,2% em carne moída, o óleo demonstrou uma ação bactericida mais eficiente, eliminando a população de *Salmonella* em 24 horas [23].

Em uma pesquisa, foi utilizado 1,5% de óleo essencial de orégano em uma massa cárnea embutida, mostrando eficácia bactericida contra *Salmonella enteritidis* e S*almonella typhimurium*. No entanto, a análise sensorial revelou uma aceitação negativa devido ao odor intenso e à instabilidade do produto em contato com oxigênio, luz e temperatura [25]. Isso ressalta as limitações do uso de óleos essenciais em concentrações altas, que afetam as propriedades sensoriais e a estabilidade do produto. Assim, o uso de 0,1% de óleo essencial de orégano em hambúrgueres demonstrou boa ação antimicrobiana, mas exige um equilíbrio entre eficácia bactericida e qualidade sensorial [25].

3.4 Análise físico-químicas

Os resultados das análises físico-químicas das amostras do hambúrguer *blend* de carne bovina e suína estão apresentados na tabela 4.

Tabela 5 – Composição centesimal das formulações de hambúrguer *blend* de carne bovina e suína

Parâmetros	**Hambúrguer com *blend* de carnes**	
	F1	**F2**
Umidade (%)	74,6±8,7	73,4±1,2
Proteínas (%)	27,76±2,45	23,54±3,24
Lipídios (%)	31,95±0,43	26,28±0,99
Cinzas (%)	0,83±11	0,84±0,13

Fonte: Autores (2023)

Legenda: Médias±Desvio Padrão; F1 (Formulação de hambúrguer com adição de 0,05% de conservante sintético e 0,5% de ácido ascórbico); e F2 (Formulação de hambúrguer com adição de 0,1% do óleo essencial de orégano).

Os valores de umidade dos hambúrgueres com *blend* de carnes variaram de 73,4% a 74,6%, sendo superiores ao valor de 63,6% registrado pela Tabela Brasileira de Composição de Alimentos (TACO) para hambúrgueres frescos [24]. Essa diferença pode ser atribuída à composição específica das formulações, que influencia a retenção de água nas amostras. A análise de cinzas apresentou variação de 0,83% a 0,84%, indicando pouca diferença entre as formulações. Embora a legislação brasileira [10] não defina parâmetros específicos para umidade e cinzas em hambúrgueres, esses dados fornecem uma base importante para comparações futuras em termos de qualidade e composição mineral.

Em relação aos demais parâmetros, o teor de proteína variou de 23,54% (F2) a 27,76% (F1), sendo que a formulação F1, que contém conservantes sintéticos e ácido ascórbico, apresentou o maior teor de proteína. Já o teor lipídico variou de 26,28% (F2)

a 31,95% (F1), com a formulação F2, que contém óleo essencial de orégano, apresentando o menor teor lipídico.

Os resultados obtidos indicam que a escolha de conservantes e aditivos influencia diretamente a retenção de água e a composição nutricional dos hambúrgueres. O óleo essencial de orégano, em particular, demonstrou um menor teor lipídico, evidenciando seu potencial como uma alternativa eficaz para o desenvolvimento de formulações mais equilibradas e nutritivas.

3.5 Análise de cor e determinação de pH

Os resultados da análise de cor e pH avaliados durante o período de 0, 5 e 15 dias estão expressas nas tabelas para as três formulações de hambúrguer *blend* de carne bovina e suína armazenadas sobre refrigeração e congelamento.

Tabela 6 - Determinação de cor das três formulações de hambúrguer com *blend* de carnes bovina e suína durante o armazenamento sob congelamento (-10°C).

Parâmetros	**Amostras**	**Tempo de armazenamento**		
		0 dias	**5 dias**	**15 dias**
L*	F1	85,74±0,76	76,88±12,5	67,00±0,3
	F2	83,46±0,99	83,46±0,0	71,50±0,99
Média		83,60[a]	69,06 [b]	75,77 [a]
a*	F1	10,53±0,57	13,64±4,16	13,64±2,13
	F2	12,90±0,96	11,93±1,67	11,93±0,96
Média		11,11[a]	11,74 [a]	14,90 [b]
b*	F1	26,19±1,18	24,23±2,35	20,26±2,09
	F2	24,17±1,75	24,17±0,0	22,10±1,75
Média		24,70[a]	20,92[b]	22,06[a]

Fonte: Autores (2023)

Legenda: Médias±Desvio Padrão. Valores com letras minúsculas iguais não diferem na análise de variância-ANOVA e Teste de Tukey (p>0,05); F1 (Formulação de hambúrguer com adição de 0,05% de conservante sintético e 0,5% de ácido ascórbico); e F2 (Formulação de hambúrguer com adição de 0,1% do óleo essencial de orégano).

As análises de cor (L*, a*, b*) comparando as formulações F1 e F2 durante o armazenamento destacam a maior estabilidade da F2. Na luminosidade (L*), a F1 apresentou uma queda significativa, de 85,74 para 67,00 após 15 dias, indicando perda considerável de brilho. Já a F2 teve uma diminuição mais moderada, de 83,46 para 71,50, sugerindo maior estabilidade visual ao longo do tempo. No parâmetro a*, que mede a tonalidade vermelha, a F1 exibiu um aumento expressivo, de 10,53 para 18,37, o que pode afetar a aceitação sensorial. Em contraste, a F2 manteve a cor vermelha mais estável, com valores que variaram pouco (12,90 para 11,93), contribuindo para uma aparência mais uniforme. Quanto ao parâmetro b*, a F1 mostrou uma queda acentuada, de 26,19 para 20,26, indicando possível alteração na percepção de frescor. A F2 teve uma redução mais suave, de 24,17 para 22,10, demonstrando uma melhor preservação da cor amarela-azul. Em geral, a F2 apresentou maior estabilidade em todos os parâmetros, indicando que o óleo essencial de orégano ajudou a manter a aparência visual do produto durante o armazenamento.

Figura 6 – Imagem da análise de cor das formulações: A) F1(adição de 0,05% de conservante sintético e 0,5% de ácido ascórbico) e B) F2 (0,1% do óleo essencial de orégano), no tempo 0 a 15 dias.



Fonte: Autoria Própria

De modo geral, os resultados indicam que a formulação F2 (0,1% do óleo essencial de orégano) se manteve mais estável em todos os parâmetros de cor analisados, com variações menos pronunciadas e uma maior consistência nas características cromáticas ao longo do tempo. Isso é particularmente relevante para a indústria de alimentos, pois a estabilidade visual de um produto é crucial para sua aceitação pelo consumidor. Assim, a formulação com uso de óleo essencial de orégano se apresenta como uma opção vantajosa em termos de estabilidade cromática durante o armazenamento, o que pode ser um indicativo de maior durabilidade e aceitação sensorial do produto final.

O pH é um parâmetro essencial para avaliar a qualidade e segurança de produtos cárneos ao longo do armazenamento. Valores entre 5,8 e 6,2 indicam condições ideais para consumo, enquanto um pH de 6,4 representa o limite crítico, exigindo consumo imediato. Acima desse valor, há risco de deterioração. Este estudo analisou a evolução do pH nas formulações F1 e F2 sob diferentes temperaturas e períodos de estocagem.

A F2 demonstrou maior estabilidade, com pH 5,65 ± 0,02 após 15 dias a -18°C, mantendo-se segura para consumo. Em refrigeração (5°C por 5 dias), o pH reduziu ligeiramente para 5,39 ± 0,02, sem comprometer a qualidade. No início do experimento (0 dias a 25°C), apresentou 5,65 ± 0,10, confirmando um perfil equilibrado. Embora a F1 tenha permanecido dentro dos limites aceitáveis, mostrou variações mais expressivas, iniciando com 5,38 ± 0,20 e alcançando 5,70 ± 0,08 no congelamento.

Os dados reforçam a eficiência da F2 na preservação da qualidade microbiológica e química, favorecendo maior vida útil e segurança alimentar. Sua estabilidade a torna uma opção promissora para produtos cárneos que exigem conservação prolongada (Tabela 6). A estabilidade do pH observada na F2 pode ser atribuída às propriedades do óleo essencial de orégano, que, além de seus efeitos antimicrobianos, pode ter influenciado a preservação das características físico-químicas do hambúrguer.

Tabela 7 - Valores médios de pH e parâmetros de cor (L, a e b) das formulações de hamburguer *blend* de carne suína e bovina armazenadas sob refrigeração e congelamento durante um período de 0 a 15 dias.

Amostras	**pH**		
	0 dias	**5 dias**	**15 dias**
	T=25°C	**T=5°C**	**T=-18°C**

F1	$5,38 \pm 0,20^{aA}$	$5,45 \pm 0,05^{bA}$	$5,70 \pm 0,08^{cA}$
F2	$5,65 \pm 0,10^{aA}$	$5,39 \pm 0,02^{bA}$	$5,65 \pm 0,02^{cA}$

Fonte: A autora (2023)

Legenda: Médias±Desvio Padrão. Valores com letras minúsculas iguais na mesma linha e valores com letras maiúsculas na mesma coluna, não diferem na análise de variância-ANOVA e Teste de Tukey (p>0,05); F1(adição de 0,05% de conservante sintético e 0,5% de ácido ascórbico) e F2 (0,1% do óleo essencial de orégano).

Esses resultados indicam que a adição de óleo essencial de orégano contribui para uma maior estabilidade do pH nas formulações de hambúrguer, o que pode ser vantajoso não apenas para a conservação do produto, mas também para a manutenção de suas propriedades sensoriais e microbiológicas durante o armazenamento.

4 CONCLUSÕES

Os resultados deste estudo confirmam que o óleo essencial de orégano é uma alternativa natural e eficaz para hambúrgueres de carne bovina e suína, mantendo suas características físico-químicas e microbiológicas, como coloração, pH e controle do crescimento de *E. coli*, além de aumentar a durabilidade do produto. O óleo se mostrou uma opção sustentável e econômica, substituindo conservantes artificiais. Futuras pesquisas podem explorar diferentes concentrações do óleo em várias matrizes alimentícias e avaliar sua eficácia em outros produtos de origem animal e vegetal, ampliando seu potencial como conservante natural.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus; à minha mãe, pelo amor e apoio incondicional; ao meu namorado, Markus, pela paciência e incentivo constantes; à minha orientadora, Prof.ª Josilene Lima, pelas orientações valiosas; aos amigos de curso e à Dona Ray, pelo companheirismo ao longo desta jornada; e à FAPEMA, pelo financiamento da bolsa BIC-12515/22, que contribuiu significativamente para a realização desta pesquisa.

REFERÊNCIAS

1. Vessoni, N. G. *et al*. Pesquisa de consumo de carne bovina, produtos cárneos, hambúrguer e alimentos funcionais. Fag journal of health (fjh), v. 1, n. 4, p. 25–37, 20 dez. 2019.
2. Pateiro, M. *et al*. Application of essential oils as antimicrobial agents against spoilage and pathogenic microorganisms in meat products. International Journal of Food Microbiology, v. 337, 16 jan. 2021.
3. Altun, m.; Yapici, B. M. Determination of chemical compositions and antibacterial effects of selected essential oils against human pathogenic strains. In: Anais da Academia Brasileira de Ciências. n. 94, v.1, 2022. DOI 10.1590/0001-3765202220210074.
4. Oliveira D.F *et al*. Alternativas para um produto cárneo mais saudável: uma revisão**.** Brazilian Journal of Food Technology, v. 16, n. 3, p. 163-174, Jul./set. 2013.

5. Laborclin**.** Manual de Antibiograma 2019 Manual elaborado pela equipe técnica da Laborclin destinado à orientação para execução do teste de sensibilidade a antimicrobianos , segundo o CLSI / 2019 . Laborclin Produtos para Laboratórios Ltda. [s.l: s.n.].
6. Cavalcanti, y. W.; Almeida, f. L. D.; Padilha, w. W. N. Atividade Antifúngica de Três Óleos Essenciais Sobre Cepas de Cândida. Revista Odontológica Brasileira Central, v. 20, n. 52, 2011.
7. Anvisa. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Instrução Normativa - IN nº 161, de 1º de julho de 2022. Brasília: ANVISA. Diário Oficial da União, Brasília, 2022.
8. APHA. American Public Health Association. Compendium of Methods for the Microbiological Examination of Foods. 4th ed. Washington, 2001.
9. Instituto Adolf Lutz. Métodos físico-químicos para análise de alimentos. 5. ed. São Paulo: [s.n.], 2008.
10. Brasil. Instrução normativa n° 20, de 21 de julho de 1999. Oficializa os métodos analíticos para controle de produtos cárneos e seus ingredientes-Métodos físico-químicos. Diário Oficial da União, Brasília, 1999.
11. Barbosa, L. N. Propriedade antimicrobiana de óleos essenciais de plantas condimentares com potencial de uso como conservante em carne e hambúrguer bovino e testes de aceitação. Dissertação de mestrado. Universidade Estadual Paulista, Botucatu, SP, Brasil, 2010. 121p.
12. Santos, J. R.N.; Teles, A. M.; Mouchreck, A. N. Avaliação da atividade bactericida e antioxidante do óleo essencial e do extrato hidroalcoólico de orégano (*Origanum vulgare*). Research, Society and Development, v. 9, n. 10, e7829108410, 2020.
13. Millezi, A. F. *et al*. Caracterização e atividade antibacteriana de óleos essenciais de plantas condimentares e medicinais contra *Staphylococcus aureus* e *Escherichia coli*. Revista brasileira de plantas medicinais, v. 15, p. 373-379, 2013.
14. Barbosa, L. N. Propriedade antimicrobiana de óleos essenciais de plantas condimentares com potencial de uso como conservante em carne e hambúrguer bovino e testes de aceitação. Dissertação de mestrado. Universidade Estadual Paulista, Botucatu, SP, Brasil, 2010. 121p.
15. De Campos, A. C. L. P. *et al*. Antimicrobial effect of *origanum vulgare (L.)* essential oil as an alternative for conventional additives in the minas cheese manufacture. LWT, Paraná, v. 157 p. 1-7, 2022.
16. Kluge, Gustavo Gall; FRANCISCO, Rafael de Oliveira. Aplicação de óleo essencial de cravo-da-índia como conservante natural em produto cárneo. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2022.
17. Silva, Janine Passos Lima *et al*. Óleo essencial de orégano: interferência da composição química na atividade frente a *Salmonella Enteritidis*. Ciência e Tecnologia de Alimentos, v. 30, n. 1, p. 183-189, 2010.
18. Brasil. Portaria SDA nº724, de 23 de dezembro de 2022. Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade do Hambúrguer. Ministério da Agricultura e do Abastecimento Secretaria de Defesa Agropecuária – MAPA. Diário Oficial da União, Brasília, 2022.
19. Brasil. Ministério da Saúde. Surtos de Doenças de Transmissão Hídrica e Alimentar. Informe, mar., 2024. [Acesso em 11 Dez 2024]. Disponível em: https://www.gov.br/saude/pt-br/assuntos/saude-de-a-a-z/d/dtha/publicacoes/surtos-de-doencas-de-transmissao-hidrica-e-alimentar-no-brasil-informe-2024.
20. Anvisa. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Macrotema de alimentos. Perguntas&Respostas. Padrões Microbiológicos. Gerência-geral de alimentos: Gerência

de Avaliação de Risco e Eficácia de Alimentos. 4ª edição Brasília, DF, agosto de 2021. [Acesso em 11 Dez 2024]. Disponível em: https://www.gov.br/anvisa/pt-br/centraisdeconteudo/publicacoes/alimentos/perguntas-e-respostas-arquivos/padroes-microbiologicos.pdf.
21. Araújo, L. S.; Araújo, R. S.; Serra, J. L.; Nascimento, A. R. Composição química e susceptibilidade do óleo essencial de orégano (*Origanum vulgare L., família Lamiaceae*) frente às cepas de *Escherichia coli, Staphylococcus aureus* e *Salmonella choleraesuis*. Boletim do Centro de Pesquisa e Processamento de Alimentos, Curitiba, v. 33, n .1, jan. /fev. 2015. Print.
22. Serra, Josilene Lima. Efeito inibitório do óleo essencial de orégano sobre o crescimento de *Staphylococcus aureus* em queijo tipo coalho. Em: Anais do 15° SLACAN - Simpósio Latino-Americano de Ciência de Alimentos e Nutrição; Campinas.SP.BR. Campinas: Galoá; 2023. [Acesso em 11 Dez 2024]. Disponível em: https://proceedings.science/slacan-2023/trabalhos/efeito-inibitorio-do-oleo-essencial-de-oregano-sobre-o-crescimento-de-staphyloco?lang=pt-br.
23. Vivian, Patrícia Gomes. Atividade Antimicrobiana de Óleos Essenciais de *Origanum vulgare L.* (orégano) e *Ocimum basilicum* (manjericão) e sua Aplicação em Massa para Embutido Cárneo. Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Nutrição e Alimentos da Faculdade de Nutrição da Universidade Federal de Pelotas, 2017.
24. Taco. Tabela Brasileira de Composição de Alimentos/Núcleo de Estudo e Pesquisas em Alimentação _ NEPA, UNICAMP. 4. ed. revisada e ampliada. Campinas: NEPA-UNICAMP, 2011. 161p.
25. Leão, Luana Lemos *et al*. Uso de antioxidantes naturais em carnes e seus subprodutos. Caderno de Ciências Agrárias, v. 9, n. 1, p. 94-100, 2017.

Capítulo 28

DOI: 10.53934/agronfy-2025-05-28

VIABILIDADE ECONÔMICA DO VOLUMOSO SUPLEMENTAR NA ATIVIDADE LEITEIRA

Nathaly Soares Rodrigues; Jéssica Coutinho Mezzomo da Silva; Geovanna Carolina Sementino de Souza; Anna Cláudia Cardoso Paimel; Camila Fernandes Domingues Duarte; Carlos Eduardo Avelino Cabral*; Carla Heloisa Avelino Cabral

**Autor correspondente (Corresponding author) – Email: carlos.cabral@ufr.edu.br*

Resumo: A produção de leite no Brasil está entre as principais atividades do setor agropecuário, responsável pela geração de bilhões de reais anuais e de milhares de empregos no meio rural. Porém, a acentuada sazonalidade durante a produção das pastagens influenciada pelos fatores climáticos, se torna um desafio para o setor leiteiro, principalmente no período seco, afetando a produção de leite. Com este estudo, objetivou-se avaliar a viabilidade econômica do uso do volumoso suplementar na produção de leite. O experimento foi conduzido durante os meses de julho a setembro, utilizando 12 vacas leiteiras multíparas, com aproximadamente 90 dias de lactação. Os tratamentos foram: concentrado (tratamento controle), concentrado e silagem de milho (substituição de 50% da MS do pasto), concentrado e silagem de sorgo (substituição de 50% da MS do pasto) e concentrado e casca de soja (substituição de 35% da MS do pasto). O delineamento experimental adotado foi quadrado latino (4x4). Para análise econômica, foram calculados os custos operacionais variáveis e fixos, o custo total, a receita total e o lucro. O tratamento com casca de soja apresentou a maior produção de leite, com um aumento de 20,3% em comparação ao tratamento controle, além do maior lucro por litro de leite produzido e do menor custo por litro. O custo do volumoso suplementar foi de R$ 554,04, R$ 1.321,26 e R$ 528,87 por tonelada para casca de soja, silagem de milho e silagem de sorgo, respectivamente. Os animais suplementados com casca de soja demonstraram melhor viabilidade econômica, evidenciando a vantagem desse ingrediente sobre as silagens devido à sua composição nutricional e à maior facilidade de transporte, armazenamento e fornecimento.

Palavras-chaves: Casca de soja, lucro, silagem de milho, silagem de sorgo.

INTRODUÇÃO

O leite é um dos mais completos alimentos, essencial ao crescimento, formação e manutenção de uma vida saudável. Produzido e consumido globalmente, sua produção anual atinge bilhões de litros em diversos países. No Brasil, a produção leiteira é uma das

principais atividades do setor agropecuário, gerando bilhões de reais por ano e empregando milhares de trabalhadores no meio rural.

A cadeia produtiva do leite no Brasil passou por grandes transformações nas últimas décadas. A produção leiteira cresceu a uma taxa média de quase 5% ao ano nos últimos 30 anos, tornando a balança comercial do setor positiva. Com isso, o país passou a suprir praticamente toda a demanda do mercado interno e exportar o excedente.

Em 2021, a produção leiteira brasileira alcançou 35,3 bilhões de litros, distribuídos por quase todo o território nacional. Percebe-se que essa produção é advinda das regiões Sudeste, Centro-Oeste e Sul, com maior destaque, para Minas Gerais, responsável por quase um terço da produção nacional, seguido por Goiás, Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul (1).

A cadeia produtiva do leite no **estado do Mato Grosso passa por desafios, uma redução ano a ano da captação deste produto, saiu de 8° maior** produtor de leite, para 11º no ano de 2022 e, no primeiro trimestre de 2021, recuou para o 12º lugar (2).
Socialmente é uma prática predominante entre pequenos e médios produtores. Mais de 50% do leite no Brasil provém de propriedades que se enquadram na Lei 11.326 de 2006, externa para a Agricultura Familiar (3). O setor desempenha um papel fundamental na distribuição de renda dentro do contexto agrícola, garantindo uma fonte de sustento para muitas comunidades rurais e gerando empregos locais. Além disso, a produção leiteira se destaca pela alta produtividade por área, superando a criação de gado para corte.

O perfil dos produtores de leite geralmente se caracteriza por baixa escala de produção diária, sazonalidade com maior oferta na estação chuvosa e variações na qualidade do produto final. Embora os produtores se preocupem com o preço de venda do leite, muitos desconhecem os custos reais de produção. A pequena escala de produção diária pode comprometer a viabilidade econômica da atividade, impactando diretamente a permanência dos produtores no setor. Diante da complexidade da produção leiteira, o conhecimento técnico, a gestão eficiente e a análise econômica são essenciais para garantir a sustentabilidade da atividade.

Neste contexto, este estudo teve como objetivo avaliar a influência do volumoso suplementar sobre a viabilidade econômica da produção leiteira.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado em uma propriedade rural, localizada no município de Rondonópolis-MT, a uma altitude de 314 metros, latitude 16º23’05.1” S e longitude 54º35’32.7” O, durante os meses de julho a setembro, correspondendo ao período seco do ano (Figura 1).

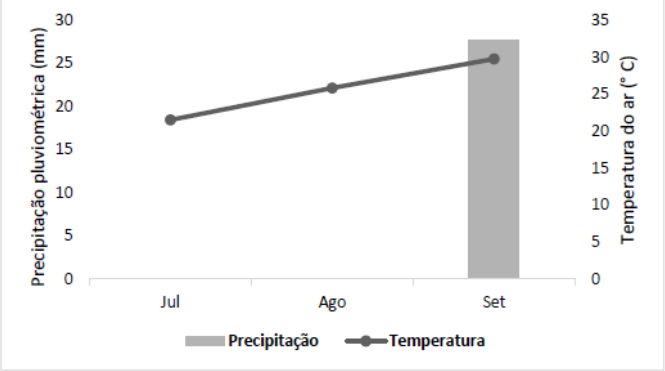


Figura 1. Médias mensais de precipitação pluviométrica (mm) e de temperatura do ar (°C) de julho a setembro de 2021.
Fonte: Estação Agrometeorológica Padre Ricardo Remetter (9 DISME/INMET).

Foram utilizadas 12 vacas mestiças Holandês-Zebu, multíparas, com peso corporal de 460±9,60 kg, no terço médio da lactação, cuja produção média estimada foi de 15 kg de leite/dia, distribuídas em três quadrados latinos (QL) 4 × 4, de acordo com a produção de leite.Os animais foram mantidos em sistema de pastejo com lotação contínua em *Urochloa brizantha* cv. Marandu.

1) apenas concentrado (tratamento controle); (2) concentrado + silagem de milho (substituição de 50% da MS do pasto); (3) concentrado + silagem de sorgo (substituição de 50% da MS do pasto); e (4) concentrado + casca de soja (substituição de 35% da MS do pasto). A quantidade dos volumosos a serem ofertados foi calculada a partir da equação de predição de consumo do NRC (2001) para vacas leiteiras com produção média estimada de 15 kg/leite/dia^{-1} (Tabela 1).

Tabela 1. Dietas experimentais para os tratamentos pasto e concentrado (PC); pasto, silagem milho e concentrado (P/SM/C); pasto, silagem sorgo e concentrado (P/SS/C); pasto, casca de soja e concentrado (P/CS/C)

Alimentos	PC	P/SM/C	P/SS/C	P/CS/C
	kg de MS			
Concentrado	5.0	5.0	5.0	5.0
Volumoso	0.0	3.5	3.5	2.4
Pasto	7.0	3.5	3.5	4.5

As dietas isoprotéicas (136 g/kg de PB) foram elaboradas contendo 220 g/kg de PB para o tratamento com casca de soja e 240 g/kg de PB para os demais tratamentos (Tabela 2).

O experimento foi dividido em 4 períodos experimentais de 20 dias, sendo os 14 primeiros destinados para adaptação e 6 para à coleta de dados. Os suplementos concentrados e volumosos foram disponibilizados duas vezes ao dia em cochos individuais, permitindo a alimentação simultânea de todos os animais às 6he 16h, imediatamente após a ordenha.

A produção de leite foi registrada individualmente no 18º e 19º dia de cada período experimental, nas duas ordenhas diárias (06h e 16h). Durante a distribuição da alimentação, o concentrado e o volumoso foram combinados manualmente no comedouro. As quantidades não consumidas foram pesadas e registradas diariamente.

Tabela 2. Composição dos concentrados experimentais (% da matéria natural)

Ingredientes	Proteína Bruta (g/kg)	
	220	240
Milho	44,0	43,2
DDG	18,0	18,0
Casca de soja	17,8	17,8
Farelo de algodão	11,8	11,8
Uréia/Sulfato de amônio	2,2	3,0
Fosfato bicálcico	2,5	2,5
Carbonato de cálcio	3,5	3,5
Núcleo[1]	0,2	0,2

Para a avaliação econômica, foram obtidas cotações dos custos relacionados a equipamentos, instalações e insumos na região onde o experimento foi conduzido, durante o mês de junho de 2023.

De acordo com Ferreira et al. (2004) (4), as variáveis de avaliação levantadas incluem o custo operacional variável total (COpVT), custo variável total (CVT), custo operacional fixo total (COpFT), custo alternativo ou de oportunidade (CA), custo fixo total (CFT), custo total (CT), renda total (RT) e lucro (L).

Os custos operacionais variáveis (COpVT) referem-se aos gastos diretos para aquisição de insumos, como volumoso, concentrado, vacinas e mão-de-obra contratada. O custo variável total (CVT) consiste na soma do COpVT com o custo alternativo, acrescido de impostos, taxas e custos de manutenção de toda a infraestrutura da propriedade (equipamentos e benfeitorias). Já o custo operacional fixo total (COpFT) é o somatório das depreciações de equipamentos, benfeitorias e animais.

O procedimento para calcular a depreciação (DP) foi conduzido da seguinte forma (4):

$$DP = (VT – VR) / VU$$

Onde:

VT (valor total): valor investido nos equipamentos e benfeitorias;

VR (Valor Residual): valor que resta do bem após o término de sua vida útil;

VU (vida útil): tempo médio estimado de utilização de determinado bem.

O CA, utilizado para remunerar o capital médio investido, foi determinado por uma taxa proporcional de 8% ao ano sobre o VT e os COpVT, utilizados no cálculo do CFT e do CVT, respectivamente. Para calcular o CA da terra, foi considerado o valor do arrendamento da área.

CFT corresponde à soma do COpFT com o CA. O CT foi determinado com a somatória do CFT proporcional ao tempo de uso com o CVT. A RT é constituída por todas as entradas monetárias provenientes da venda do leite produzido pelas vacas leiteiras nos diferentes tratamentos. L é obtido subtraindo-se o CT da RT. O lucro por litro de leite foi estimado pela divisão de L pela produção de leite em cada tratamento, enquanto o custo do volumoso por litro de leite foi calculado dividindo o custo diário com o volumoso pela produção de leite correspondente a cada tratamento.

Essas análises consideraram uma remuneração proporcional dos custos e da receita total para um período experimental de 80 dias.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Ao avaliar a viabilidade econômica, observou-se que os animais suplementados com casca de soja apresentaram o maior lucro por litro de leite produzido, além de um menor custo com o volumoso suplementar por litro de leite, resultando em um aumento de 44,3% no lucro em comparação ao tratamento controle (Tabela 3).
Entre os tratamentos avaliados, a casca de soja gerou a maior receita total, o maior lucro absoluto e o maior lucro por litro de leite produzido, sendo, portanto, considerada o volumoso suplementar com melhor viabilidade econômica.

Tabela 3. Custo fixo total (CFT), custo variável total (CVT), custo total (CT), receita total (RT), lucro (L), lucro/litro de leite e custo do volumoso suplementar por litro de leite, em função dos diferentes tratamentos.

Item	Tratamentos			
	Controle	Casca de soja	Silagem de milho	Silagem de sorgo
CFT	R$ 2.140,59	R$ 2.140,59	R$ 2.140,59	R$ 2.140,59
CVT	R$ 2.703,39	R$ 3.420,77	R$ 4.739,09	R$ 3.554,96
CT	R$ 4.843,98	R$ 5.561,36	R$ 6.879,68	R$ 5.695,55
RT	R$ 6.278,88	R$ 7.559,04	R$ 6.705,60	R$ 6.035,04
L	R$ 1.434,90	R$ 1.997,68	R$ - 174,08	R$ 339,49
Lucro/Litro de leite	R$ 0,58	R$ 0,67	R$ - 0,07	R$ 0,14
Custo/Litro de leite	R$ 1,96	R$ 1,87	R$ 2,61	R$ 2,40

Os gastos com a aquisição do volumoso suplementar (matéria natural) no estudo foram de R$ 554,04 para casca de soja, R$ 1.321,26 para a silagem de milho e R$ 528,87 para a silagem de sorgo. Esses valores representam 16,2 %, 27,9% e 14,9% do custo variável total, respectivamente.
Embora a silagem de milho também apresente um dos maiores valores de renda total (RT), sua viabilidade foi negativa, devido ao fato ~~dos~~ de que os animais do grupo suplementado com silagem de milho não tiveram um desempenho produtivo suficiente para justificar o aumento dos custos com o volumoso suplementar. Portanto, um grande erro administrativo que costuma ocorrer é a avaliar um empreendimento considerando apenas a RT, o que pode levar a problemas financeiros futuros.

A análise da viabilidade econômica, portanto, deve ir além da simples consideração da RT, levando em conta o desempenho animal e os custos envolvidos no uso dos volumosos suplementares. Embora a silagem de milho apresente altos valores de RT, seu desempenho insatisfatório no grupo de animais compromete a rentabilidade, uma vez que os custos adicionais não são compensados pelo aumento no desempenho produtivo. Em contrapartida, a casca de soja, frequentemente subestimada como fonte de fibras, se destaca por seu elevado teor energético, o que, combinado a característica de degradação da fibra, torna-se uma alternativa mais viável economicamente, favorecendo o desempenho e, consequentemente, a rentabilidade no longo prazo.

A casca de soja apresenta alta digestibilidade da fibra e é classificada como uma fonte de fibra não forrageira de fibra para animais ruminantes (5). Essas características, combinadas à crescente disponibilidade no mercado e aos preços competitivos, têm impulsionado o aumento da utilização desse alimento em dietas de ruminantes, seja como substituto de grãos ou como componente forrageiro.

Assim, as características nutricionais da casca de soja, combinadas à sua crescente disponibilidade no mercado, preços competitivos, comercialização como material seco na forma peletizada, além da maior facilidade de transporte, armazenamento, manuseio e mistura da dieta demonstram sua vantagem em relação às silagens. Houve maior produção de leite para os animais alimentados com casca de soja (Tabela 4), com um aumento de 20,3%, em comparação ao tratamento controle.

Tabela 4. Produção do leite em função dos diferentes tratamentos.

Parâmetro	Controle	Casca de soja	Silagem de milho	Silagem de sorgo	EPM
Produção de leite					
PL[1] (kg/d)	10,3 C	12,4 A	11,0 B	9,9 C	0,16

[1]PL: Produção de leite.

A maior produção pode estar relacionada ao aumento no consumo de matéria-seca MS, proteína bruta PB, extrato etéreo EE e fibra de detergente neuto FDN, provenientes da casca de soja., fibra em detergente neutro indigestível (FDNi), a maior gravidade específica (6) e a alta digestibilidade da fibra (7) resultam em uma taxa de passagem mais elevada, sendo digerida rapidamente e interferindo na eficiência da utilização dos nutrientes presentes na dieta. Entretanto, essas condições podem causar desequilíbrios na microbiota do rúmen, o que pode levar a problemas de saúde e redução na eficiência alimentar das vacas leiteiras. Diante disso, é essencial monitorar ~~o~~ adequadamente a inclusão da casca de soja na dieta das vacas leiteiras para assim, garantir uma oferta equilibrada com outros ingredientes para maximizar a eficiência alimentar e a produção de leite.

Os animais alimentados com silagem de sorgo apresentaram a mesma produção de leite semelhante àqueles que não consumiram volumoso suplementar de leite em relação àqueles que não consumiram volumoso suplementar (tratamento controle), resultado da menor aceitabilidade do volumoso, refletindo em seu baixo consumo. dos animais, visto que houve baixo consumo deste volumoso.

A silagem de sorgo é uma alternativa viável para a alimentação de vacas leiteiras, especialmente em regiões com limitações de cultivo de milho. No entanto, vacas alimentadas com silagem de sorgo granífero apresentaram menor produção de leite em comparação às alimentadas com silagem de milho (8). Além disso, a aceitabilidade da silagem de sorgo pelos animais pode ser um fator limitante, pois a menor ingestão voluntária desse volumoso pode comprometer o desempenho produtivo das vacas leiteiras. Portanto, é essencial considerar tanto o valor nutritivo quanto a palatabilidade da silagem de sorgo ao formular dietas para vacas leiteiras, a fim de otimizar a produção de leite e garantir a saúde e o bem-estar dos animais. ao formular dietas para vacas leiteiras, é essencial considerar tanto o valor nutritivo quanto a palatabilidade da silagem de sorgo, visando otimizar a produção de leite e garantir a saúde e o bem-estar dos animais.

CONCLUSÕES

A suplementação com casca de soja apresentou a melhor viabilidade econômica para a atividade leiteira, resultando em maior produção de leite e maior lucratividade por litro produzido. Por outro lado, o uso de silagem de milho e silagem de sorgo mostrou-se

menos vantajoso, pois os custos adicionais com esses volumosos não foram compensados pelo aumento na produção de leite, tornando-os alternativas menos eficientes em comparação ao pasto.

REFERÊNCIAS

1. Hott, M.C.; A, R.G.; Magalhães Jr, W.C.P. Produção de leite no Brasil por Estados e Regiões. ANUÁRIO LEITE 2023. Leite baixo carbono. Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite, 118 p. 2023. Disponível em: https://www.embrapa.br/busca-depublicacoes/https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1154264/anuario-leite-2023-leite-baixo-carbono/publicacao/1154264/anuario-leite-2023-leite-baixo-carbono.

2. Moura, A.; Patrioni, L. Diagnóstico da Cadeira Leiteira de Mato Grosso mostra oportunidades e desafios na atividade. Canal Rural, 2023. Disponível em: https://www.canalrural.com.br/agricultura/diagnostico-da-cadeia-leiteira-de-mt-mostraoportunidades-e-desafios-na-atividade/. Acesso em: 15/nov. 2023.

3. Gimenes, H. Leite da Manhã abre atividades do Seminário Estadual na ALEMS. Assembleia Legislativa do Mato Grosso do Sul, 2023. Disponível em: https://al.ms.gov.br/Noticias/137244/leite-da-manha-abre-atividades-do-seminarioestadual-na-alems. Acesso em: 13/dez. 2023.

4. Ferreira EM, Pires AV, Susin I, Mendes CQ, Queiroz MAA, Araujo RC, Gentil RS, Loerch SC. 2011. Apparent digestibility, nitrogen balance, and ruminal constituents in ram lambs fed high-concentrate dietas containing soybean hulls. Journal of Animal Science; v. 89: p. 4127- 4133. Acesso em: 06/dez. 2023.

5. Ribas MN, Pôssas FP. 2010. Utilização de casca de soja em dietas de ruminantes. Disponível em: http://www.cptcursospresenciais.com.br/artigos/bovinos/nutricaodebovinos/utilizacao-de-casca-de-soja-em-dietas-de-ruminantes, publicado em 2010. Acesso em: 29/jan de 2024.

6. Araujo RC, Pires AV, Susin I, Urano FS, Mendes CQ, Rodrigues GH, Packer IU. 2008. Apparent digestibility of diets with combinations of soybean hulls and coastcross (*Cynodon* sp.) hay offered to ram lambs. Scientia Agricola, v.65, n.6, p.581-588. Acesso em: 29/jan. 2024.

7. Urio GS. 2022. Dietas de fontes de fibra não forrageira com redução de amidos para bovinos confinados. 47 pg. Dissertação (Mestrado em Zootecnia, Área de Concentração: Produção Animal) – UFGD, Dourados/MS. Acesso em: 20/jan. 2024.

8. Nascimento, W.G.; Prado, I.N.; Jobim, C.C.; Emile, J.C.; Surault, F.; Huyghe, C. 2008. Valor alimentício das silagens de milho e de sorgo e sua influência no desempenho de vacas leiteiras. R. Bras. Zootec., v.37, n.5, p.896-904, 2008.

Capítulo 29

DOI: 10.53934/agronfy-2025-05-29

TOLERÂNCIA DO CAPIM-SABIÁ AO ESTRESSE HÍDRICO

Rafael Pombal e Silva; Jackeline Souza Santana; Dhovane Oliveira Araújo; Eildson Souza de Oliveira Silva; Camila Fernandes Domingues Duarte; Carla Heloisa Avelino Cabral; Carlos Eduardo Avelino Cabral*

**Autor correspondente (Corresponding author) – Email: carlos.cabral@ufr.edu.br*

Resumo: A seleção de capins com tolerância ao estresse hídrico é essencial para lidar com a estacionalidade forrageira e as áreas sujeitas a alagamentos temporários. No entanto, existem poucos estudos sobre o desempenho de híbridos de *Brachiaria spp.* em condições de estresse hídrico. Assim, este trabalho teve como objetivo avaliar a tolerância do capim-sabiá (*Brachiaria ruziziensis* × *Brachiaria brizantha*) ao estresse hídrico, considerando diferentes condições de disponibilidade de água e sua capacidade de recuperação após o estresse. O experimento foi conduzido em casa de vegetação na Universidade Federal de Rondonópolis, utilizando um delineamento inteiramente casualizado, com três tratamentos e quatro repetições, totalizando 12 unidades experimentais. Os tratamentos consistiram em três condições hídricas: déficit hídrico (sem irrigação após o corte de uniformização), sem estresse hídrico (solo na capacidade máxima de retenção de água) e alagamento (lâmina d'água de 2 cm acima do solo). O período de estresse durou 30 dias, seguido por um período de recuperação de 60 dias, onde todas as plantas foram mantidas com 100% da capacidade de retenção de água no solo. As variáveis analisadas incluíram número de perfilhos, número de folhas, massa seca da forragem, número de folhas por perfilho e filocrono. Os dados foram analisados por análise de variância e teste de Tukey ($p<0,05$). Os resultados indicaram que o excesso de água retardou a emissão de folhas, evidenciado pelo aumento do filocrono no tratamento de alagamento. O déficit hídrico impactou severamente o crescimento, impedindo o capim-sabiá de atingir 15 cm de altura para o novo corte, demonstrando que o híbrido é mais vulnerável à seca do que ao alagamento. Durante o período de estresse, o alagamento reduziu o número de folhas em 68%, enquanto o déficit hídrico reduziu o perfilhamento em 63% em relação ao tratamento sem estresse. Contudo, durante a recuperação, as plantas alagadas apresentaram melhor capacidade de regeneração, com um aumento de 35% no número de folhas em comparação ao período de estresse. Conclui-se que o capim-sabiá possui baixa tolerância ao estresse hídrico, sendo mais sensível à seca extrema. No entanto, entre os tratamentos testados, o híbrido demonstrou maior capacidade de recuperação sob condições de alagamento.

Palavras–chave: Alagamento; estresse; déficit hídrico.

INTRODUÇÃO

O Brasil alcançou o melhor desempenho registrado nas exportações de carne bovina durante o primeiro semestre de 2024. As exportações de carne bovina totalizaram 1,29 milhão de toneladas, representando um crescimento de 27,3% em relação ao mesmo período de 2023. Esse aumento gerou uma receita de US$5,69 bilhões, um incremento de 17% comparado ao primeiro semestre de 2023 (1).

A pecuária, por sua vez, é realizada de forma extensiva, sendo que a pastagem representa o principal sistema de criação dos animais. Embora os pastos não possuam um valor econômico direto e não sejam consideradas commodities, desempenham um papel essencial na sustentação e desenvolvimento do rebanho nacional, tanto as pastagens naturais quanto as cultivadas são essenciais para a pecuária brasileira (2).

As forrageiras do gênero *Brachiaria* têm um papel considerável na agropecuária brasileira, pois observa-se que as braquiárias (*Brachiaria spp.*) têm tolerância a acidez do solo, baixo teor de nutrientes e adaptação ao déficit hídrico e até mesmo ao alagamento. Essas características facilitam o manejo e por isso, é necessário agregar essas várias características em um único cultivar, o que pode ser possível por meio de hibridizações dos capins (3). Segundo Sobrinho *et al.* (4), deve-se buscar híbridos com melhor adaptação às diferentes condições ambientais.

A hibridização de capins ocorre a partir do cruzamento de duas ou mais espécies de capins, como por exemplo o capim-sabiá, que foi desenvolvido pela Barenbrug, por meio do cruzamento da *Brachiaria brizantha* x *Brachiaria ruziziensis*. Por ser um cultivar de lançamento recente, no mercado se tem poucas informações sobre o desenvolvimento ao decorrer das estações do ano e diante de estresse hídrico (5).

Dessa forma, a seleção de híbridos tolerantes ao estresse hídrico é fundamental, tanto para lidar com a estacionalidade forrageira quanto para o manejo de áreas sujeitas a alagamento temporário. Compreender essa estacionalidade é essencial para o planejamento forrageiro em propriedades pecuárias. Assim, este estudo teve como objetivo avaliar a tolerância do capim-sabiá ao estresse hídrico.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa de vegetação na Universidade Federal de Rondonópolis. O delineamento utilizado foi inteiramente casualizado, com três tratamentos e quatro repetições, totalizando 12 unidades experimentais. Os tratamentos consistiram no cultivo do capim-sabiá sob três disponibilidades hídricas: déficit hídrico, sem estresse hídrico e alagamento, avaliadas em dois momentos (estresse e recuperação após o estresse). No tratamento de déficit hídrico, as plantas não receberam irrigação após o corte de uniformização; no tratamento sem estresse hídrico, o solo foi mantido em sua capacidade máxima de retenção de água; e no tratamento de alagamento, as plantas foram submetidas a uma lâmina d'água de 2 cm acima do solo.

Durante a fase de recuperação, todas as unidades experimentais foram mantidas com 100% da capacidade de retenção de água no solo. O solo utilizado foi um Latossolo Vermelho (Tabela 1), coletado em uma área experimental na camada de 0-20 cm de profundidade, peneirado em malha de 4 mm e seco por três dias. Em seguida, os vasos foram preenchidos com 5,5 dm^3 de solo seco.

Tabela 1 - Caracterização química e granulométrica do Latossolo Vermelho coletado na camada de 0 a 20 cm, em área experimental, na região de Rondonópolis-MT

pH	P	K	Ca+Mg	Al+H	CTC	V	m	M.O	Areia	Silte	Argila
$CaCl_2$	mg dm^3		cmolc dm^3			%		g kg^1			

4,9	4,4	171	4,3	3,0	7,7	60,7	0,0	24,0	515	110	375

CTC: Capacidade de troca de cátions. V: Saturação por bases. m: Saturação por alumínio. M.O: Matéria orgânica.

Após o enchimento dos vasos, foi realizado o teste gravimétrico para determinar da máxima capacidade de retenção de água no solo. Para isso, três vasos foram colocados em uma caixa com água, adicionada até próximo da borda do vaso. Como os vasos possuíam furos no fundo, aguardou-se a saturação completa dos poros por capilaridade, o que foi confirmado com o aparecimento de uma lâmina de água na superfície do solo. Após a saturação, os vasos foram removidos da caixa d'água e submetidos à drenagem da água gravitacional. No final do processo, os vasos foram pesados para determinar a capacidade máxima de retenção de água do solo.

O solo foi então adubado com fósforo granulado, utilizando o superfosfato simples como fonte, na dose recomendada de 100 mg de P_2O_5/dm³. Após a aplicação da adubação fosfatada, procedeu-se a semeadura do capim-sabiá (híbrido de *Brachiaria brizantha* x *Brachiaria ruziziensis*). Aos 15 dias, foi realizado o desbaste das mudas, e aos 50 dias após a semeadura, aplicou-se a primeira adubação nitrogenada, na dose de 100 mg.

Aos 42 dias após a semeadura, foi realizado o corte de uniformização dos capins (Figura 1 A) quando as plantas apresentavam uma altura média de 25cm. Em seguida, aplicou-se a segunda adubação nitrogenada, utilizando a mesma dosagem da primeira aplicação, juntamente com a implementação dos tratamentos. Diante da escassez de informações sobre o capim-sabiá, optou-se por adotar o corte de uniformização a 15 cm de altura (Figura 1B), seguindo a recomendação utilizada para *Brachiaria brizantha* cv. Marandu (6) em estudos anteriores. Após essa etapa, iniciaram-se os tratamentos de estresse hídrico (Figura 1C).

Figura 1 – Medição da altura (A), colheita do capim com a manutenção do resíduo a 15 cm (B) e vista geral das unidades experimentais do capim-sabiá (C)



Fonte: Jackeline Souza Santana (2023).

O período de estresse hídrico nas unidades experimentais durou 30 dias ~~trinta dias~~. Após esse período, foram avaliadas as seguintes variáveis: número de perfilhos, número de folhas, massa seca da forragem, número de folhas por perfilho e filocrono. O corte do capim-sabiá foi realizado com uma altura de resíduo de 15 cm.

A massa de forragem foi determinada pela soma da massa seca de folhas e dos perfilhos. O filocrono, medido em graus Celsius por dia por folha (°C dia folha^{-1}), representa o intervalo de tempo entre o surgimento de folhas consecutivas em uma planta, ou seja, o período necessário para que uma nova folha se desenvolva (7). Essa estimativa foi obtida através do inverso da taxa de aparecimento das folhas em cada tratamento do experimento (Taxa de aparecimento^{-1}).

Após a contagem dos perfilhos e das folhas, estas foram cortadas e armazenadas em sacos identificados de acordo com seus respectivos tratamentos. Em seguida, as amostras foram pesadas e secas em estufa de circulação forçada de ar a 55ºC por 72 horas, a fim de obter a massa seca.

No dia seguinte à colheita da forragem, todos os vasos foram mantidos com 100% da capacidade de retenção de água no solo, com o objetivo de avaliar o potencial de recuperação da forrageira após o estresse hídrico. Nesse mesmo dia, foi realizada a ~~segunda~~ terceira adubação nitrogenada, utilizando a mesma dose aplicada anteriormente. Após a adubação, os tratamentos nas unidades experimentais foram retomados e continuaram até a segunda avaliação.

Sessenta dias após o corte de uniformização, que marcou o início da recuperação do capim-sabiá, foi realizado o segundo corte na mesma altura de resíduo. Nessa ocasião, foram avaliados o número de perfilhos, o número de folhas, a massa seca da forragem, o número de folhas por perfilho, a taxa de filocrono, a massa seca do resíduo e a massa seca das raízes. Os resultados da análise estatística foram obtidos por meio de análise de variância e teste de Tukey, com uma margem de erro de 5%.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A escassez de água influenciou todas as variáveis analisadas, demonstrando que os diferentes ~~graus~~ níveis de estresse hídrico tiveram um impacto significativo no crescimento e na produção deste híbrido (Tabela 2). Os capins cultivados sem restrição hídrica apresentaram maior quantidade de perfilhos, número de folhas, massa seca da forragem, número de folhas por perfilho e menor filocrono.

O híbrido Sabiá, quando submetido ao alagamento, apresentou um ~~maior~~ filocrono mais longo (Tabela 2), indicando que o excesso de água retarda a emissão de folhas. Sob condições de déficit hídrico, esse desenvolvimento foi interrompido devido à falta de umidade no solo. Em contrapartida, a cultivar Sabiá sem estresse hídrico mostrou um desenvolvimento foliar regular.

A falta de oxigênio causada pelo alagamento faz com que as plantas passem por um processo de adaptação metabólica e fisiológica para sobreviver em ambientes adversos para sua espécie (8). Em solos alagados, a planta fecha seus estômatos para evitar a perda de água pelas folhas, o que contribui para manter o equilíbrio hídrico no vegetal (9).

Ao comparar os tratamentos sob estresse hídrico, foi observado que o capim Sabiá, quando alagado, apresentou um maior número de perfilhos (Tabela 2). É importante destacar que o perfilhamento desempenha um papel crucial no crescimento, na produção e na renovação do capim, uma vez que a produção de forragem depende diretamente da dinâmica de produção de folhas em cada perfilho e da capacidade de rebrotar novos perfilhos, substituindo aqueles que foram colhidos ou que morreram (10).

Tabela 2 – Características fitométricas e produtivas da cultivar-sabiá (híbrido de *Brachiaria brizantha* x *Brachiaria ruziziensis*) ao estresse hídrico

Variáveis	Déficit hídrico	Sem estresse hídrico	Alagamento	CV(%)
Perfilhos (nº vaso^{-1})	18 C	49 A	31 B	20,20
Folhas (nº vaso^{-1})	0 C	88 A	28 B	19,51
NF/NP	0,0 C	1,8 A	0,9 B	26,59
MF (g vaso^{-1})	0,0 B	4,7 A	0,8 B	22,13
Filocrono	*	16,6 B	38,0 A	54,92

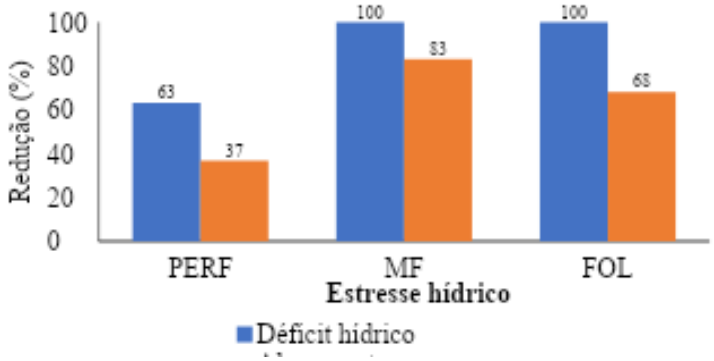
Médias seguidas de mesma letra não diferem pelo teste Tukey (P>0,05). MF: massa de forragem. NF/NP: número de folha por número de perfilho.
*: não foi possível estimar o filocrono, pois não houve emissão de folhas.

Após o corte de uniformização, o capim-sabiá ~~que foi~~ submetido ao déficit hídrico não conseguiu atingir a altura de 15 cm necessária para a realização do corte, o que evidencia que o híbrido é mais vulnerável em condições de seca extrema.

A falta de água no solo pode reduzir significativamente a produção e, em casos extremos, levar à morte da planta (11). Isso ocorre porque o crescimento das gramíneas depende da umidade do solo, necessária para que a planta absorva a quantidade adequada de água durante os processos de crescimento celular (12).

Nos tratamentos sob estresse hídrico, observou-se uma redução no perfilhamento e nas características produtivas do capim Sabiá em comparação ao tratamento sem estresse hídrico. No caso do tratamento de alagamento, o perfilhamento foi reduzido em aproximadamente 37%. Já sob déficit hídrico, o número de perfilhos diminuiu em 63% em relação ao híbrido irrigado, que estava com sua capacidade máxima de retenção de água no solo (Figura 2).

Figura 2 - Redução de perfilhamento (PERF), massa seca de forragem (MF) e número de folhas (FOL) da cultivar Sabiá (híbrido de *Brachiaria brizantha* x *Brachiaria ruziziensis*) submetido ao estresse hídrico



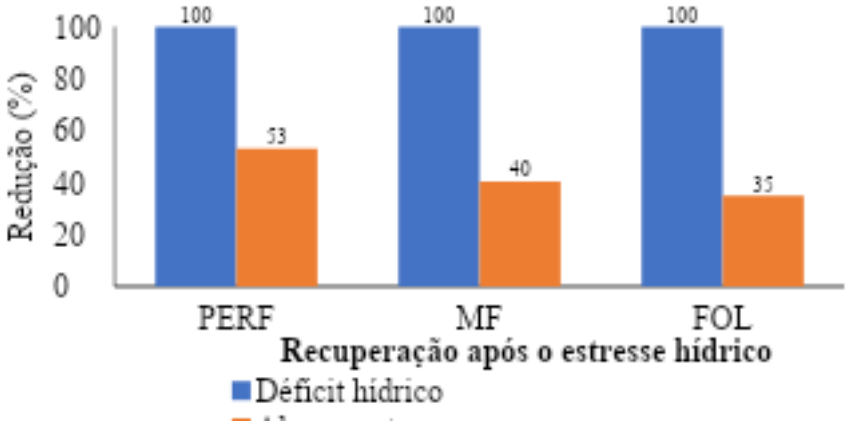
As plantas submetidas a condições de alagamento mostraram uma diminuição de 68% no número de folhas em comparação com aquelas que enfrentaram déficit hídrico (Figura 3). Vários estudos indicam que a taxa de alongamento e o surgimento de novas

folhas reduzem em situações de excesso de água devido à diminuição ou ausência de oxigênio nas raízes das plantas (13).

Em condições de estresse hídrico, o híbrido Sabiá possui maior resistência ao alagamento quando comparado com o déficit hídrico, mas ainda recebe muita influência em sua produção com relação ao tratamento sem estresse.

Por outro lado, o capim-sabiá mostrou recuperação em condições de alagamento, com uma redução de 35% no número de folhas em comparação ao tratamento sem estresse hídrico (Figura 3). Para referência, a redução no número de folhas durante o período de estresse hídrico foi de 68% (Figura 2).

Figura 3 - Redução de perfilhamento (PERF), massa seca de forragem (MF) e número de folhas (FOL) da cultivar Sabiá (híbrido de *Brachiaria brizantha* x *Brachiaria ruziziensis*) após período de recuperação do estresse hídrico.



Após o período de estresse hídrico, não foram observadas alterações nas variáveis entre os resultados de estresse (Tabela 2) e a recuperação no tratamento de déficit hídrico (Tabela 3). Isso sugere que o capim Sabiá não conseguiu suportar o déficit hídrico severo, resultando em sua morte.

O capim Sabiá submetido ao alagamento apresentou menor taxa de filocrono (Tabela 3). A massa seca de resíduo foi maior sem estresse hídrico, enquanto entre os tratamentos sob estresse hídrico foram estatisticamente iguais (Tabela 3).

O capim-sabiá exposto ao alagamento apresentou uma produção de massa seca de forragem superior durante o período de recuperação do estresse hídrico em comparação ao tratamento sem estresse hídrico. A produção de massa seca sob alagamento foi quase cinco vezes maior do que a amostra coletada após o período de estresse, enquanto o híbrido sem estresse hídrico teve uma massa seca de forragem 131,91% maior em relação ao período de estresse hídrico.

Tabela 3 – Características fitométricas e produtivas do capim-sabiá (híbrido de *Brachiaria brizantha* x *Brachiaria ruziziensis*) após período de recuperação do estresse hídrico

Variáveis	Déficit hídrico	Sem estresse hídrico	Alagamento	CV(%)
Perfilhos (n° vaso^{-1})	0 C	64 A	30 B	20,95
Folhas (n° vaso^{-1})	0 C	103 A	67 B	22,80

NF/NP	0 C	1,6 B	2,3 A	10,63
Filocrono	*	18,8 A	13,2 B	12,14
MF (g vaso^{-1})	0,0 C	6,2 A	3,7 B	27,84
MRES (g vaso^{-1})	7,7 B	21,9 A	10,4 B	21,61
MRAIZ (g vaso^{-1})	4,1 B	17,9 A	10,0 AB	59,67

Médias seguidas de mesma letra não diferem pelo teste Tukey (P>0,05). MF: massa seca de forragem. NF/NP: número de folhas por número de perfilho. MRES: Massa seca de resíduo. MRAIZ: Massa seca de raiz. *: não foi possível estimar o filocrono, pois não houve emissão de folhas.

Durante o período de recuperação, ao comparar os tratamentos de estresse hídrico, o cultivar Sabiá submetido ao alagamento apresentou um aumento no número de folhas e manteve a estabilidade no número de perfilhos. Como resultado, teve uma densidade de folhas por perfilho superior tanto à amostra pós-estresse quanto ao tratamento sem estresse. Isso evidencia a capacidade de recuperação do híbrido em condições de solo encharcado.

A massa seca de raízes da cultivar Sabiá foi maior no tratamento sem estresse hídrico, sem diferenças estatísticas em relação ao alagamento (Tabela 3). A redução mais significativa na massa seca de raízes ocorreu no tratamento com déficit hídrico (Figura 4).

Segundo Kozlowski e Pallardy (14), o alagamento afeta o desenvolvimento das raízes, comprometendo a formação e ramificação, além de promover a decomposição do sistema radicular. Santos *et al*. (1) observaram que, em condições de escassez hídrica, as raízes tendem a se concentrar em maiores profundidades do solo devido à necessidade de buscar umidade.

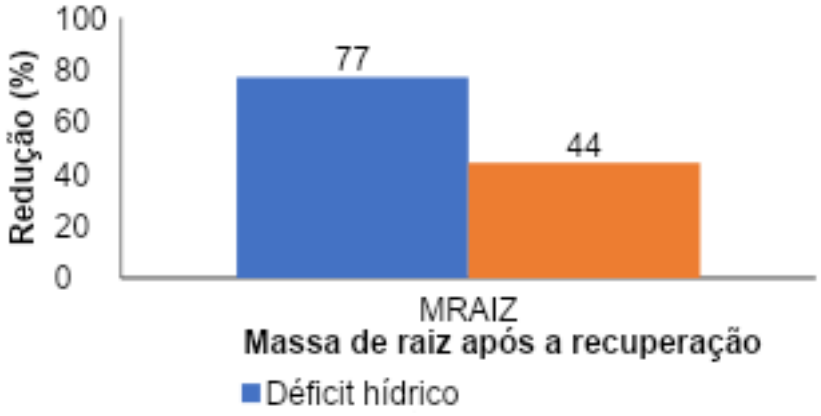


Figura 4 - Redução da massa seca de raiz (MRAIZ) da cultivar Sabiá (híbrido de *Brachiaria brizantha* x *Brachiaria ruziziensis*) após período de recuperação do estresse hídrico.

No entanto, como o presente estudo foi conduzido em vasos, as raízes dos vasos submetidos ao déficit hídrico não tiveram a oportunidade de se aprofundar em busca de umidade, o que difere das condições encontradas no campo. Por outro lado, as raízes em

condições de alagamento mostraram maior produção devido ao acúmulo de nutrientes após a adubação, uma vez que os vasos utilizados para o tratamento em encharcamento não possuíam furos de drenagem.

No estudo conduzido por Gomes *et al.* (3), os híbridos de Brachiaria spp. Camello, Cayana e Cayman foram submetidos a estresse hídrico, juntamente com a Brachiaria humidicula cv. Llanero, que serviu como referência. Observou-se que a massa de raízes dos híbridos Cayana e Cayman, bem como da referência Llanero, foi maior em condições de alagamento do que sob déficit hídrico.

CONCLUSÕES

O capim-sabiá demonstrou baixa tolerância ao estresse hídrico, sendo altamente sensível ao déficit hídrico severo, o que pode comprometer sua sobrevivência. Entre os diferentes tratamentos avaliados, o híbrido apresentou melhor capacidade de recuperação quando submetido ao alagamento, evidenciando maior resiliência a essa condição em comparação à seca extrema.

REFERÊNCIAS

1. Associação Brasileira de Indústrias Exportadoras de Carne. Semestre tem resultados históricos para as exportações de carne bovina [Internet]. 2024 [acesso em 22 jul. 2024]. Disponível em: https://www.abiec.com.br/semestre-tem-resultado-historico-para-as-exportacoes-de-carne-bovina.

2. Santos PM, Cruz PG, Araújo LC, Pezzopane JRM, Valle CB, Pezzopane CG. Response mechanisms of Brachiaria brizantha cultivars to water deficit stress. Rev Bras Zootec. 2013;42(11):767–773.

3. Gomes LD, Lima KLL, Alves Silva GB, Borges LCO, Righi RSM, Duarte CFD, Cabral CHA, Cabral CEA. Tolerância de híbridos de braquiária ao estresse hídrico. Sci Electron Arch. 2023;16(10).

4. Sobrinho SS, Lêdo FJS, Kopp MM. Estacionalidade e estabilidade de produção de forragem de progênies de Brachiaria ruziziensis. Cienc Agrotec. 2011;35(4):686.

5. Peixoto IF. Perfilhamento de híbridos de Brachiaria durante o inverno, primavera e verão [trabalho de conclusão de curso]. Uberlândia: Universidade Federal de Uberlândia; 2023. 31 f.

6. Teixeira RNV, Pereira CE, Kikuti H, Deminicis BB. Brachiaria brizantha (Syn. Urochloa brizantha) cv. Marandu sob diferentes doses de nitrogênio e fósforo em Humaitá-AM, Brazil. Pesq Apl Agrotec. 2018;11(2):35–41.

7. Streck NA, Bellé RA, Heldwein AB, Buriol GA, Schuh M. Estimating the phyllochron in lily (Lilium longiflorum Thunb.). Rev Bras Agrometeorol. 2004;12(2):355–358.

8. Ramos TJN, Souza CMA, Carvalho CJR, Vieira IMS. Respostas fisiológicas e metabólicas de gramíneas ao alagamento. Rev Ciênc Agrár. 2011;54:78–84.

9. Mollard FPO, Striker GG, Ploschuk EL, Vega AS, Insausti P. Flooding tolerance of Paspalum dilatatum (Poaceae: Paniceae) from upland and lowland positions in a natural grassland. Flora - Morphol Distrib Funct Ecol Plants. 2008;203(7):548–556.

10. Cecato U, Skrobot VD, Fakir GR, Branco AF, Galbeiro S, Gomes JAN. Perfilhamento e características estruturais do capim-Mombaça, adubado com fontes de fósforo, em pastejo. Acta Sci Anim Sci. 2008;30(1):1–7.

11. Pezzopane CDG, Santos PM, Cruz PG, Altoé J, Ribeiro FA, Valle CB. Estresse por deficiência hídrica em genótipos de Brachiaria brizantha. Cienc Rural. 2015;45(5):871–876.

12. Santos JCC, Silva CH, Santos CS, Silva CS, Melo EB, Barros AC. Análise de crescimento e evapotranspiração da cultura do rabanete submetido a diferentes lâminas de água. Rev Verde Agroecol Desenvolv Sustentável. 2014;9:151–156.

13. Mattos JLS, Gomide JA, Huaman CAM. Crescimento de espécies do gênero Brachiaria, sob déficit hídrico, em casa de vegetação. Rev Bras Zootec. 2005a;34(3):746–754.

14. Kozlowski TT, Pallardy SG. Growth Control in Woody Plants. Physiological Ecology Series. San Diego: Academic Press; 1997. 641 p.

Capítulo 30

DOI: 10.53934/agronfy-2025-05-30

AVALIAÇÃO MICROBIOLÓGICA E DO TEMPO DE PRATELEIRA DE BISCOITOS COOKIES ELABORADOS COM FARINHAS DE CASCAS DE ABACAXIS E MESOCARPO DE BABAÇU

Jociléia Ribeiro Mendonça; Layane Santos Leal*; Maristella dos Santos Monteles; Maria Clara dos Santos Corrêa; João Vitor Silva Privado; Audirene Amorim Santana; Djavania Azevêdo da Luz Silva

**Autor correspondente (Corresponding author) – Email: layane.leal@discente.ufma.br*

Resumo: O crescente desperdício de alimentos e a negligência com os recursos naturais exigem soluções sustentáveis urgentes, que aliem inovação tecnológica à transformação de resíduos agroindustriais em valor agregado. Este estudo teve como objetivo avaliar a qualidade microbiológica e a vida de prateleira de biscoitos tipo "cookies" enriquecidos com farinhas obtidas das cascas de abacaxis das variedades Turiaçu e Pérola, acrescidas da farinha do mesocarpo de babaçu. Foram elaboradas cinco formulações de biscoitos e realizadas análises microbiológicas para coliformes termotolerantes (ausência em todas as amostras) e bolores e leveduras (ausência em todas as amostras), evidenciando a segurança microbiológica dos produtos. Para a avaliação da vida de prateleira, os biscoitos foram monitorados por 90 dias com análises quinzenais de pH e acidez titulável. Os valores médios de pH variaram de 5,50 a 6,40, sendo mantidos dentro de uma faixa segura para consumo. Já a acidez titulável variou de 0,30 a 0,90 g de ácido cítrico/100g, indicando que a acidez natural das cascas de abacaxi contribuiu para a conservação dos biscoitos ao inibir o crescimento microbiano. Além disso, o uso de resíduos agroindustriais, como cascas de abacaxi e mesocarpo de babaçu, oferece uma alternativa sustentável para a indústria de alimentos, contribuindo para a economia circular e a redução do desperdício de alimentos.

Palavras–chave: alimentos; produto inovador; resíduo agroindustrial

INTRODUÇÃO

Devido aos problemas emergidos em decorrência da ação antrópica, e dada a importância da natureza geradora e reguladora da vida, houve a necessidade de se preocupar com a sua preservação. Nesta perspectiva, pesquisas vêm sendo desenvolvidas visando ao aproveitamento de resíduos gerados a partir de processos da ação humana, na perspectiva de criação de novos produtos e metodologias baseados em princípios da química verde (1). No Brasil, parte significativa dos alimentos de origem vegetal é desperdiçada, e o problema é ainda mais acentuado no caso das frutas devido à sua alta perecibilidade e sazonalidade, além das perdas ocorridas durante o processo produtivo, desde o plantio até a chegada a mesa consumidor (2). O descarte de resíduos alimentares é uma questão alarmante no ponto de vista ambiental e nutricional, uma vez que muitos

dos resíduos descartado possuem alto valor nutritivo (3). O aproveitamento integral do abacaxi é uma solução para utilizar subproduto como a casca e o cilindro central para o desenvolvimento de novos produtos alimentares (4).

Neste contexto, pesquisas na área de alimentos, aproveitando-se desses resíduos, vem ganhando destaque devido a sua gama de aplicações, como, por exemplo, no desenvolvimento de novos produtos alimentícios, enriquecimento nutricional, produção de ingredientes funcionais, melhoria da sustentabilidade da cadeia produtiva, redução de desperdícios e impactos ambientais, além de contribuir para a economia circular. A resolução RDC n° 263 da Agência Nacional de Vigilância Sanitária define biscoito ou bolacha como os produtos obtidos pela mistura de farinha(s), amido(s) ou fécula(s) com outros ingredientes, submetidos a processos de amassamento e cocção, fermentados ou não. Podem apresentar cobertura, recheio, formato e textura diversos (5). De acordo com Pareyt et al. (6) e Gökmen et al. (7), cookies são um tipo biscoitos à base de cereais que possuem altos níveis de açúcar e de gordura e baixos níveis de água.

No Maranhão, as variedades de abacaxis mais cultivadas são a Turiaçu e a Pérola que geram uma quantidade significativa de resíduo, como talos e cascas, que por sua vez, são ricos em compostos bioativos e fibras, o que os tornam ideais para reaproveitamento na produção de alimentos funcionais e saudáveis. Em contrapartida, o babaçu, outro recurso nativo da região, também desempenha um importante papel na economia local. Nesse sentido, o mesocarpo de babaçu, popularmente conhecido como farinha de babaçu, extraído de uma palmeira encontrada na região, contém alto teores de fibras, amido e de propriedades nutricionais e funcionais que podem ser exploradas na indústria alimentícias (8).

Sendo assim, o objeto desta pesquisa envolve a investigação do potencial tecnológico e alimentício dos resíduos gerados por esses frutos, tendo-se por finalidade a elaboração de biscoitos tipo “cookies” a partir das cascas dos abacaxis (Turiaçu/Pérola) enriquecidos com a farinha do mesocarpo de babaçu, assim como caracterizar suas propriedades microbiológicas e realizar o teste de prateleira. Dessa forma, ao valorizar esses recursos nativos e sustentáveis, a pesquisa não apenas contribui para o desenvolvimento de novos produtos com valor agregado, mas também incentiva o aproveitamento de ingredientes regionais e promove práticas sustentáveis no setor alimentício.

MATERIAL E MÉTODOS

Obtenção das farinhas das cascas de abacaxis (“Turiaçu” e Pérola)

As farinhas das cascas dos abacaxis dos cultivares “Turiaçu” e Pérola empregadas nesta pesquisa foram adquiridas de um estudo paralelo. Após a avaliação de seu potencial nutricional e microbiológico, elas foram empregadas na formulação dos biscoitos.

Elaboração dos biscoitos “cookies”

Os biscoitos foram elaborados nos laboratórios de Análises de Alimentos do PCQA – UFMA. Ressalta-se que as formulações finais foram obtidas após vários testes preliminares.

Foram estudadas cinco formulações de biscoitos tipo “cookie”: FBR (formulação de referência, sem adição de farinha de resíduo ou farinha do mesocarpo de babaçu); F1BFP (com 30 g de farinha da casca de abacaxi e 20 g de farinha do mesocarpo de babaçu); F2BFT (com 30 g de farinha da casca de abacaxi e 10 g de farinha do mesocarpo

de babaçu); F3BFTP (com 20 g de farinha da casca de abacaxi e 10 g de farinha do mesocarpo de babaçu). Essas formulações foram testadas para os dois tipos de farinha provenientes dos cultivares Turiaçu (FCAT) e Pérola (FCAP).

A Tabela 1, demostra a composição para cada biscoito "cookie" elaborado.

Tabela 1 – Composição das formulações de biscoitos tipo "cookie" adicionados de farinha da casca de abacaxi "Turiaçu" e Pérola e farinha do mesocarpo de babaçu

Ingredientes	**FBR**	**F1BFP**	**F2BFT**	**F3BFTP**
Farinha de trigo sem fermento (g)	100	50	60	70
Farinha FCAT/FCAP (g)	0	30	30	20
Farinha mesocarpo de babaçu (g)	0	20	10	10
Açúcar cristal (g)	10	10	5	10
Açúcar mascavo (g)	15	15	15	15
Manteiga sem sal (g)	35	35	35	35
Essência de baunilha (mL)	5	5	5	5
Fermento em pó (g)	4	4	4	4
Sal (g)	0,5	0,5	0,5	0,5
Gotículas de chocolate (g)	100	100	100	100

FBR = Formulação do Biscoito Referência; F1BFP = Formulação 1 do Biscoito da Farinha do Pérola; F2BFT = Formulação 2 do Biscoito da Farinha do Turiaçu; F3BFTP = Formulação 3 do Biscoito da Farinha do Turiaçu e Pérola; FCAT/P = Farinha da Casca do Abacaxi Turiaçu/Pérola.

Os ingredientes foram inicialmente separados e pesados utilizando uma balança digital convencional. Em seguida, o açúcar e a manteiga foram misturados manualmente em uma vasilha plástica com o auxílio de uma colher do mesmo material, até atingirem uma consistência uniforme e esbranquiçada. Posteriormente, as farinhas foram adicionadas nas proporções estabelecidas para cada formulação, sendo a mistura homogeneizada até a completa incorporação dos ingredientes. Após essa etapa, foram adicionados o sal, a essência de baunilha e as gotas de chocolate. Com a massa adquirindo a consistência desejada, moldaram-se manualmente bolinhas de aproximadamente 20 g cada, as quais foram dispostas em uma forma antiaderente revestida com papel manteiga. A cocção foi realizada em forno convencional pré-aquecido a 200ºC por 20 minutos. Após o resfriamento dos biscoitos à temperatura ambiente, estes foram armazenados em embalagens herméticas para posterior realização das análises nutricionais e testes de estabilidade em prateleira. Todos os ingredientes especificados na tabela 1 foram obtidos em comércio local, exceto as farinhas de casca de abacaxi das variedades Turiaçu e Pérola, que foram processadas nos laboratórios de Análises de Alimentos do PCQA – UFMA, e a farinha de mesocarpo de babaçu, fornecida por doação pela cooperativa "Mulheres Mão de Fibra", situada na Comunidade Serra, em Tufilândia, MA. A Figura 1 demonstra os biscoitos tipo "cookie" de cada formulação após o processo de cocção.

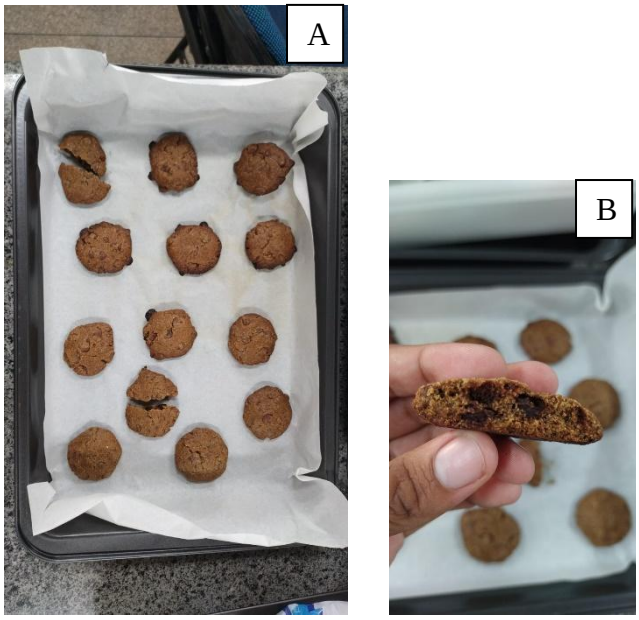


Figura 1 – Biscoitos tipo “cookie” (A) e etapa da cocção (B)

Análises microbiológicas dos “cookies”

Tomou-se como base para estas análises os critérios microbiológicos estabelecidos na legislação brasileira, regida pela Resolução de Diretoria Colegiada - RDC nº 724, de 1º de julho de 2022 (9), da Agência Nacional de Vigilância Sanitária – ANVISA. Nas análises de bolores e leveduras e coliformes (Figura 2), foram retirados 25 g das amostras, para cada análise e misturados com 225 mL de solução salina a 0,85% e homogeneizados, seguindo o Manual de Microbiologia de Alimentos (10).


Figura 2 – Salinização das amostras dos biscoitos tipo “cookies” para as análises de coliformes e bolores e leveduras

Coliformes termotolerantes

Para a determinação de coliformes termotolerantes (45°C), foram preparadas diluições decimais (10^{-1}, 10^{-2} e 10^{-3}) das amostras. Alíquotas de 1 mL de cada diluição foram transferidas para tubos de ensaio contendo caldo Lauril Sulfato de Sódio e tubos de Durham invertidos, em triplicata. Os tubos foram incubados a 36 ± 1°C por 48 horas (ou 24 horas). Após esse período, tubos positivos (com gás no Durham) foram repicados para Caldo EC, seguido de incubação a 44,5 ± 0,2°C por 24 horas. Resultados positivos para coliformes termotolerantes foram confirmados pela presença de turvação e produção de gás no tubo de Durham. A Figura 3 ilustra o fluxograma desta técnica.

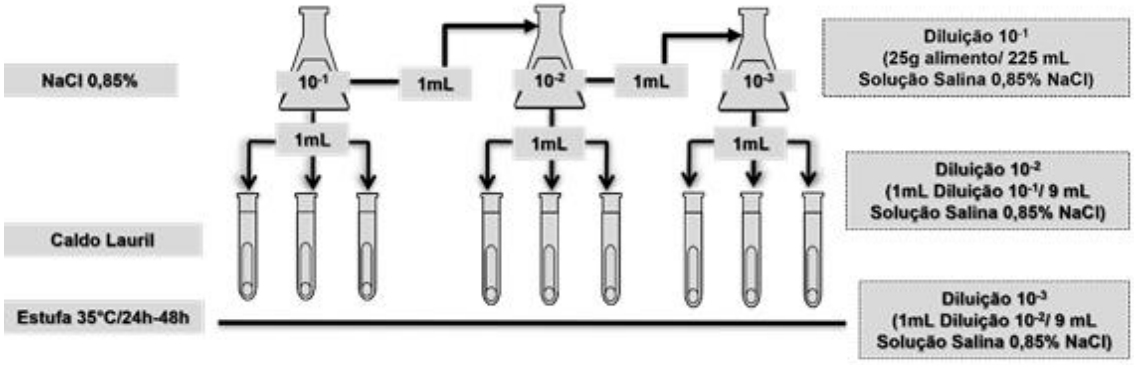


Figura 3 – Fluxograma da técnica dos tubos múltiplos

Bolores e Leveduras

A contagem de bolores e leveduras foi realizada pelo método de contagem padrão em placas, no qual 25 g da amostra foram homogeneizados em 225 mL de água peptonada e submetidos a diluições seriadas. Em seguida, determinou-se o número de Unidades Formadoras de Colônias por grama (UFC/g) por meio da inoculação em ágar batata dextrose acidificado com solução de ácido tartárico a 10%, seguido de incubação a 25 ± 1°C por 5 a 7 dias, conforme metodologia descrita pela Embrapa. A Figura 4 ilustra o fluxograma desta análise.

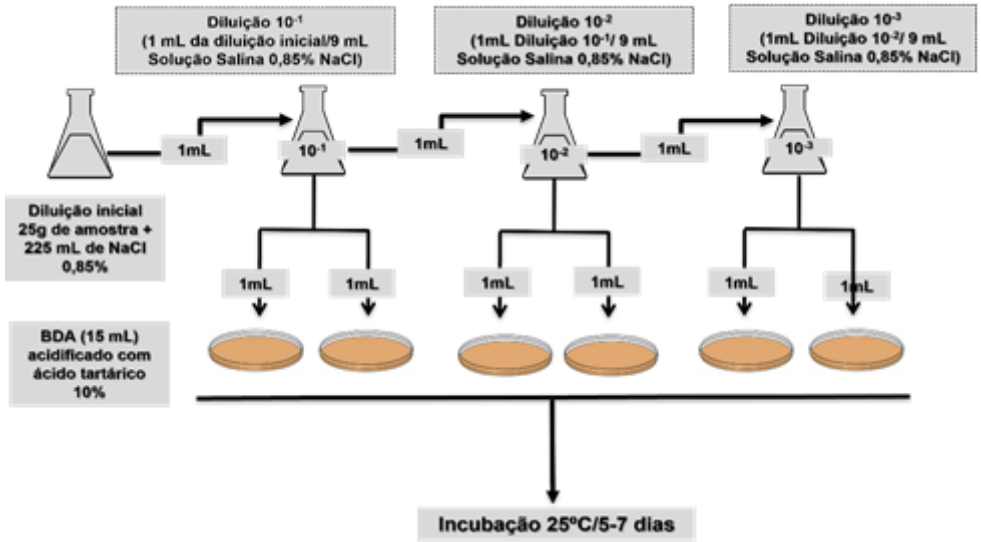


Figura 4 – Fluxograma do procedimento de contagem de bolores e leveduras

Testes de Prateleira

Após a elaboração dos biscoitos e das análises microbiológicas, foi necessário realizar um monitoramento de vida útil de prateleira destes produtos, a fim de avaliar sua durabilidade e qualidade em bancada, por um período de 90 dias. Para tanto, cada produto passou inicialmente pelas análises físico-químicas de pH e acidez titulável, seguindo as recomendações propostas pelo Instituto Adolfo Lutz (11).

Potencial Hidrogeniônico (pH)

Para determinação de pH fez-se o uso de um peagâmetro previamente calibrado com soluções tampões de 4,0 e 7,0. A seguir diluiu-se em 100 mL de água destilada, 10 g de cada amostra pesadas em béquer de 100 mL, em seguida houve a homogeneização com o auxílio de um bastão de vidro. Logo após, as amostras foram levadas ao equipamento para leitura dos resultados.

Acidez titulável

Na determinação de acidez usou-se o método de titulação. Pesou-se 2,5 g de cada amostra e transferiu-se para erlenmeyer de 125 mL com o auxílio de 50 mL de água destilada. Adicionou-se 3 gotas de solução de fenolftaleína (1%) e realizou se a titulação com solução de hidróxido de sódio (0,1 M), padronizado, até coloração rósea. Em seguida, realizou-se os cálculos. Os resultados foram expressos em g de ácido cítrico por cento m/v, através da equação 2.

Cálculo:

$$ATT = \frac{V\ x\ F\ x\ M\ x\ PM}{10\ x\ P\ x\ n} \qquad \text{(Equação 2)}$$

Onde: V = volume da solução de hidróxido de sódio gasto na titulação em mL; M = molaridade da solução de hidróxido de sódio; P = massa da amostra em g; PM = peso molecular do ácido cítrico em g; n = número de hidrogênios ionizáveis; F = fator de correção da solução de hidróxido de sódio.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Análise microbiológica

Na tabela 2 estão apresentados os resultados das análises microbiológicas dos biscoitos tipo “cookie” enriquecidos com as farinhas das cascas dos abacaxis (FCA) “Turiaçu” e Pérola.

Tabela 2 – Contagem das análises microbiológicas dos biscoitos “cookies”

Parâmetros	FBR	F2BFT	F3BFT	F1BFP	F3BFP	RDC nº 724 (2022)
Coliformes a 45°C (NMP/g)	Aus.	Aus.	Aus.	Aus.	Aus.	$< 10^2$

Bolores e Leveduras (UFC/g)	Aus.	Aus.	Aus.	Aus.	Aus.	$< 10^4$

Aus. = Ausência;

Os resultados das análises microbiológicas demonstraram que as formulações estão em conformidade com os parâmetros de segurança para o consumo, evidenciando a ausência de coliformes termotolerantes a 45°C, bolores e leveduras. Considerando a otimização das formulações de biscoitos tipo "cookie" com as farinhas dos abacaxis, buscou-se identificar aquelas com maior estabilidade microbiológica, garantindo maior segurança alimentar e vida útil prolongada. Dessa forma, os biscoitos elaborados com farinha das cascas de abacaxi (FCA) apresentaram-se seguros para consumo, de acordo com as condições microbiológicas favoráveis observadas.

Teste de prateleira

As tabelas 3 e 4 ilustram os resultados obtidos nos testes de prateleira de pH e acidez titulável respectivamente, para os biscoitos elaborados por um período de 3 meses, analisados quinzenalmente.

Tabela 3 – Teste quinzenal do pH dos biscoitos “cookies”

Período	**FBR[1]**	**F2BFT[1]**	**F3BFT[1]**	**F1BFP[1]**	**F3BFP[1]**
0	6,70 ± 0,02	5,74 ±0,01	6,02 ± 0,01	6,30 ± 0,10	6,00 ± 0,02
15	6,50 ± 0,10	5,95 ± 0,03	6,01 ± 0,01	6,25±0,04	6,20 ± 0,10
30	6,44 ± 0,03	5,82 ± 0,01	5,96 ± 0,01	6,20 ± 0,10	5,90 ± 0,10
45	6,55 ± 0,02	5,91 ± 0,02	5,99 ± 0,01	6,30 ± 0,10	5,98 ± 0,04
60	6,90 ± 0,10	5,60 ± 0,10	5,57 ± 0,01	6,25±0,03	6,23 ± 0,01
75	6,30 ± 0,10	5,80 ± 0,10	6,12 ± 0,03	5,72±0,01	5,69 ± 0,01
90	6,40 ± 0,10	5,50 ± 0,10	5,37 ± 0,01	5,57±0,01	5,31 ± 0,03

[1]Resultados apresentados em valores médios ± desvio padrão

Tabela 4 – Teste quinzenal da acidez (g de ácido cítrico/100g) dos biscoitos “cookies”

Semana	**FBR[1]**	**F2BFT[1]**	**F3BFT[1]**	**F1BFP[1]**	**F3BFP[1]**
0	0,40 ± 0,3	0,40 ± 0,2	0,50 ± 0,1	0,80 ± 0,2	0,50 ± 0,7
15	0,40 ± 0,2	0,60 ± 0,3	0,60 ± 0,1	0,60 ± 0,3	0,40 ± 0,5
30	0,35 ± 0,05	0,50 ± 0,2	0,40 ± 0,3	0,60 ± 0,4	0,60 ± 0,4
45	0,45 ± 0,05	0,30 ± 0,2	0,30 ± 0,2	0,50 ± 0,3	0,40 ± 0,3
60	0,40 ± 0,1	0,60 ± 0,3	0,40 ± 0,2	0,80 ± 0,1	0,70 ± 0,2
75	0,40 ± 0,2	0,60 ± 0,4	0,50 ± 0,1	0,90 ± 0,1	0,60 ± 0,2
90	0,40 ± 0,1	0,70 ± 0,3	0,70 ± 0,1	0,60 ± 0,1	0,50 ± 0,2

[1]Resultados apresentados em valores médios ± desvio padrão.

A partir dos resultados obtidos na tabela 3 com análise de pH dos biscoitos, pode-se observar que houve uma variação inicial entre 5,74 e 6,02 nos “cookies” do Turiaçu, já entre os “cookies” do Pérola foi entre 6,00 e 6,30. O biscoito referência inicialmente apresentou pH na faixa do 6,70 e se manteve até 6,40 com algumas variações no decorrer das análises. Apesar dos valores serem considerados altos, que reflete os valores de acidez titulável na tabela 4. Os biscoitos enriquecidos com a farinha da casca do Pérola ao longo da leitura quinzenal também se mantiveram numa faixa de valores de acidez aceitáveis, apesar do pH mais alto a ser atingido nas leituras serem de 6,30. Feitosa et al. (12) encontrou em seus estudos valores de pH que variaram de 5,43 a 5,63 para seus cookies elaborados também com farinhas das cascas de abacaxi Turiaçu e Pérola e farinha do mesocarpo de babaçu, segundo este pesquisador o pH poderá variar de acordo com a quantidade dos ingredientes utilizados no preparo dos biscoitos e do pH destes ingredientes / matérias-primas. Já nos estudos feitos por LIMA et al. (13) com farinha de resíduos de fruta (uma delas é o abacaxi), os resultados do pH foram maiores numa faixa entre 6,01 e 6,36. Em Santos et al. (14), que também apresentaram resultados na faixa de pH acima de 6 nas formulações dos biscoitos salgados enriquecidos com farinha de cenoura, constataram que o pH se reduz progressivamente com o aumento da incorporação de farinhas ricas em fibras.

Em relação a acidez titulável observada na tabela 4, os valores variaram inicialmente para os “cookies” do Turiaçu numa faixa entre 0,5 e 0,4, já para os cookies do Pérola variaram inicialmente numa faixa entre 0,8 e 0,5 e para o biscoito de referência a acidez incialmente encontrada foi de 0,4. Os valores encontrados neste trabalho assim como nos apresentados por Feitosa et al. (12) entre 0,23 e 0,48, mostram que as formulações criadas com farinha de resíduos de frutas geraram biscoitos com teores de acidez maiores por conta do teor de ácido cítrico onde o grau de maturação dos frutos também afeta este teor, à medida que ocorre o amadurecimento, o teor de ácido cítrico diminui (15). A análise de acidez é, também, de suma importância, pois sendo a matéria prima uma fruta cítrica, a mesma apresenta elevado teor de acidez, o que pode comprometer o produto final sensorialmente, é necessário quantificar tal componente e avaliar até que ponto o mesmo é aceitável para o biscoito tipo “cookie” (16).

Portanto, ao estudar os valores de pH e acidez quinzenalmente por um período de três meses, com o teste de prateleira, pode-se considerar que a maioria dos biscoitos elaborados por esta pesquisa apresentaram valores para estes parâmetros dentro da faixa ainda considerada ácida, logo, supõem-se, que há uma probabilidade muito baixa ou de difícil crescimento microbiano nestes, visto que o nível de acidez é um importante parâmetro na avaliação do estado de conservação dos alimentos (17). Segundo os resultados obtidos por Feitosa et al. (12) com 180 dias de monitoramento reforçam que as variações no pH e na acidez foram consistentes, indicando que a acidez do abacaxi dificulta a proliferação de microrganismos e contribui para a estabilidade do produto.

CONCLUSÕES

As formulações enriquecidas com farinha da casca do abacaxi Turiaçu demonstraram conformidade com os padrões de segurança microbiológica, evidenciando a ausência de coliformes termotolerantes, bolores e leveduras. Os testes de prateleira, realizados ao longo de 90 dias, avaliaram o pH e a acidez dos biscoitos, mostrando que as formulações mantiveram-se dentro dos padrões aceitáveis durante todo o período de

armazenamento. Além disso, verificou-se que a acidez natural do abacaxi atuou como barreira contra o crescimento microbiano, contribuindo para a estabilidade do produto.

A estabilidade observada reforça o potencial desses biscoitos como uma alternativa viável para o mercado de produtos alimentícios, agregando valor a ingredientes subutilizados e promovendo o uso sustentável de resíduos agroindustriais. Essa característica é fundamental para garantir segurança, qualidade e aceitação do produto pelo consumidor, além de atender às exigências regulatórias.

Dessa forma, os resultados indicam uma oportunidade de inovação, oferecendo um produto sustentável e funcional, alinhado às demandas por alimentos seguros e com menor impacto ambiental.

AGRADECIMENTOS

Aos laboratórios de Ensino e Pesquisa de Engenharia Química (LEPEQ), de Pesquisa e Aplicação de Óleos Essenciais (LOEPAV/UFMA) e de Controle de Qualidade de Alimentos e Águas – PCQA – CCET/UFMA. À Cooperativa Mulheres Mão de Fibra, pela doação das farinhas do mesocarpo do babaçu (AVESOL).

REFERÊNCIAS

1. Jacques AC, Azeredo IF. Estudo do desperdício alimentar e aproveitamento de resíduos alimentícios: uma revisão integrativa Brasil versus Portugal. REPE. 2022;1(1):1–18.

2. Lima ABM. Obtenção de farinha de abacaxi a partir de secagens dos resíduos agroindustriais da fruta para aplicação em formulações de cookies [Trabalho de Conclusão de Curso]. Natal: Universidade Federal do Rio Grande do Norte; 2019 [acesso em 2024 Jan 11]. Disponível em: https://repositório.ufrn.br/handle/123456789/38725

3. Moreno JS. Obtenção, caracterização e aplicação de farinha de resíduos de frutas em cookies [Dissertação]. Itapetinga: Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia; 2016.

4. Oliveira AS. Elaboração de farinha de polpa, casca e cilindro central de abacaxi cv. Pérola para produção de bolo [Tese]. Campina Grande: Universidade Federal de Campina Grande; 2016.

5. Brasil. Resolução RDC nº 263, de 22 de setembro de 2005. Aprova o regulamento técnico para produtos de cereais, amidos, farinhas e farelos. Diário Oficial da União. 2005.

6. Pareyt B, Delcour JA. The role of cookie structure and texture in consumer acceptance. Food Res Int. 2009;42(6):844–52. DOI: https://doi.org/10.1016/j.foodres.2009.01.012

7. Gökmen V, Şenyuva HZ, Acar J. Changes in antioxidant properties of cookies during baking. Food Chem. 2008;109(1):122–8. DOI: https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2007.12.028

8. Albiero D, et al. Proposal of harvest's babaçu machine (Orbignya phalerata Mart.) for the small farms. Acta Amazon. 2007;37(3):337–46.

9. Brasil. Instrução Normativa nº 161, de 1º de julho de 2022. Diário Oficial da União. 2022 [acesso em 2024 Jan 11]. Disponível em: https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/instrucao-normativa-in-n-161-de-1-de-julho-de-2022-413366880

10. Siqueira RS. Manual de microbiologia de alimentos. Brasília (DF): Embrapa-SPI; Rio de Janeiro: Embrapa-CTAA; 1995.

11. Instituto Adolfo Lutz (IAL). Métodos físico-químicos para análise de alimentos. 4. ed. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz; 2008.

12. Feitosa ACL, Leal LS, Pinheiro RA, Ferreira AGS, Santana AA, Silva DAL, et al. Potencial nutricional de biscoitos tipo "cookies" elaborados com farinhas de cascas de abacaxi Pérola e farinha de mesocarpo de babaçu. In: Andson J, et al. Ciência e tecnologia de alimentos: pesquisas e avanços. Vol. 5. [S.l.: s.n.]; 2024. Cap. 31 [acesso em 2024 Jan 11]. Disponível em: https://agronfoodacademy.com/wp-content/uploads/2024/05/Livro-CTA-5.pdf

13. Lima ARN, Câmara GB, Oliveira TKB, Alencar WD, Vasconcelos SH, Soares TC, et al. Caracterização físico-química e microbiológica de biscoitos confeccionados com farinha de resíduos de frutas. Res Soc Dev. 2019;8(11):e198111452.

14. Santos AK, Rodrigues E, Hernandes T, Oliveira AP. Caracterização física e química de biscoito salgado enriquecido com farinha de resíduos do processamento da cenoura e especiarias. Rev Bras Tecnol Agroindustrial. 2017.

15. Dantas RL, Rocha APT, Araujo AS, Rodrigues MSA, Maranhão KL. Perfil da qualidade de polpas de fruta comercializadas na cidade de Campina Grande/PB. Rev Verde Agroecol Desenvolv Sustent. 2010;5:61–6.

16. Bauer E, Ziani J. Elaboração e caracterização de biscoitos tipo cookie com adição de farinha de casca de abacaxi. São Miguel do Oeste: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina; 2018 [acesso em 2024 Jan 11]. Disponível em: https://repositorio.ifsc.edu.br/bitstream/handle/123456789/2608/PI%20Emily.pdf?Sequence=1&isallowed=y

17. Barros LS, Ribeiro NLA, Ferreira WCO, Nobre MLM, Alvez TL, Lima ACS, et al. Utilização de farinha de resíduo de abacaxi aromatizada na produção de cookies. Braz J Dev. 2019;5(10):21926–37.

‘

Capítulo 31

DOI: 10.53934/agronfy-2025-05-31

PERCEPÇÃO DA POPULAÇÃO DE RONDONÓPOLIS SOBRE O MITO DA UTILIZAÇÃO DE HORMÔNIOS EM FRANGOS DE CORTE

Anna Cláudia Cardoso Paimel; Maria Vitória Inocência de Morais; Paula Eduarda de Lima Gazzola; Eildson Souza de Oliveira Silva; Camila Fernandes Domingues Duarte; Carlos Eduardo Avelino Cabral*; Carla Heloisa Avelino Cabral

**Autor correspondente (Corresponding author) – Email: carlos.cabral@ufr.edu.br*

Resumo: A carne de frango é amplamente consumida pela população brasileira. Devido ao rápido desenvolvimento dos frangos criados em granja, que é consequência do aperfeiçoamento do manejo nutricional e melhoramento genético, criou-se o mito da utilizaçãode hormônios para reduzir o ciclo das aves. Esteo trabalho teve como principal objetivo realizar uma pesquisa no município de Rondonópolis-MT, com o intuito de saber o conhecimento da população sobre a proibição do uso de hormônios na produção de frangos de corte. Apesquisa foi realizada em diversos bairros do município, incluindo a Universidade Federal de Rondonópolis. Foi elaborado um questionário com perguntas de fácil entendimento, paragarintir maior agilidade no procedimento. O questionário incluía perguntas sobre a crença de que se utiliza hormônio na criação de frangos de corte, e, se a população tem o conhecimento da lei que proíbe essa prática. Quando questionada sobre acreditar na aplicação de hormônios em frangos de corte em granjas, 60% da população responderam que sim. Dos indivíduos entrevistados, 95% responderam negativamente quando perguntados se deixam de consumir carne de frango porque acreditavam que se utiliza hormônios usados na produção. Quando perguntado sobre o conhecimento da lei que proíbe a adição de hormônios, 65% dos indivíduos afirmaram desconhecê-la. A lei brasileira proíbe o uso, de qualquer forma, de substâncias que são usadas para aumentar o crescimento e melhorar a alimentação das aves. Embora a maioria dos entrevistados acredite no uso de hormônios na produção, o consumo não diminui.

Palavras-chave: avicultura, frango de corte, mitos

INTRODUÇÃO

A origem do mito sobre a adição de hormônios na produção de aves remonta a meados do século XX (1). Durante esse período, a indústria avícola passou por transformações significativas impulsionadas por avanços em práticas de manejo, melhoramento genético e nutrição. Esses progressos resultaram em um aumento notável na produtividade, levando muitos consumidores a especularem sobre a adição de hormônios estavam sendo adicionados às dietas das aves para explicar tamanha eficiência.

Essa suspeita foi reforçada por estratégias de marketing adotadas por algumas empresas, que sugeriam melhorias exageradas nos produtos derivados de aves. Isso levou

‘

à associação equivocada de que tais resultados só poderiam ser alcançados mediante a utilização de hormônios. Além disso, a falta de transparência e comunicação sobre as práticas de produção agrícola contribuiu para que os consumidores desenvolvessem desconfiança em relação aos métodos utilizados pelos produtores. Outro fator que alimentou o mito foi a crescente preocupação com a saúde e o bem-estar dos animais e pessoas, assim como os receios de que a utilização de hormônios pudesse ter efeitos adversos tanto para as aves quanto para os consumidores. Essa preocupação, associada à falta de conhecimento sobre as práticas modernas de produção, perpetuou a ideia de que os hormônios eram utilizados na criação de frangos e produção de ovos.

Com a disseminação de informações incorretas por meio das redes sociais e outras plataformas de comunicação, o mito se fortaleceu, contribuindo para a perpetuação dessa crença equivocada entre os consumidores. É importante ressaltar que, na prática, a utilização de hormônios na avicultura é desnecessária devido aos avanços em melhoramento genético e nutrição, que já garantem uma produção eficiente e de qualidade (2).

No Brasil, o uso de hormônios na produção de aves é estritamente proibido (3). A legislação brasileira é rigorosa quanto à segurança alimentar e ao bem-estar animal, regulamentando as práticas permitidas na criação de aves e produção de ovos. A fiscalização é realizada por órgãos competentes, como o Ministério da Agricultura, Pecuária (MAPA), que asseguram o cumprimento das normas e regulamentos estabelecidos. As principais legislações que tratam do uso de hormônios na produção de aves incluem a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998, conhecida como Lei de Crimes Ambientais, que estabelece penalidades para práticas que causem danos ao meio ambiente e à saúde pública. Além disso, o Regulamento da Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal (RIISPOA), aprovado pelo Decreto nº 9.013, de 29 de março de 2017, determina que o uso de substâncias hormonais para fins de crescimento em aves é proibido.

A Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) também atua na regulamentação e fiscalização de produtos de origem animal, garantindo que não haja a presença de substâncias proibidas nos alimentos consumidos pela população. Qualquer detecção de hormônios em produtos avícolas é rigorosamente investigada e pode resultar em sanções severas para os produtores envolvidos.

Para combater o mito da adição de hormônios, é essencial que as autoridades e a indústria avícola trabalhem juntos na divulgação de informações corretas e acessíveis. Campanhas de conscientização que contribuam com a educação do consumidor e maior transparência nas práticas de produção são fundamentais para desmistificar a ideia de que hormônios são utilizados na avicultura brasileira. Esses passos são importantes para erradicar de vez esse mito e promover a confiança nos produtos avícolas nacionais (4).

A carne de frango é uma fonte de proteína de alta qualidade, essencial para o crescimento e reparo dos tecidos corporais. Ela contém todos os aminoácidos essenciais que o corpo humano não pode produzir por conta própria. Além disso, a carne de frango é uma fonte rica de vitaminas e minerais, como as vitaminas do complexo B (B3, B6 e B12), fósforo, selênio e zinco. Esses nutrientes desempenham papéis cruciais no metabolismo energético, na função imunológica, na saúde óssea e na proteção antioxidante (5).

Outro benefício significativo do consumo de carne de frango é o seu teor reduzido de gorduras saturadas em comparação com outras carnes vermelhas. Substituir carnes

‘

ricas em gorduras saturadas por carne de frango pode ajudar a reduzir os níveis de colesterol LDL (o "mau" colesterol) no sangue, contribuindo para a saúde cardiovascular. A carne de frango também contém ácidos graxos ômega-3, que são benéficos para a saúde do coração e a função cognitiva. (6).

Além dos benefícios nutricionais, a carne de frango é uma escolha econômica e acessível para muitas famílias, especialmente em países como o Brasil, onde a avicultura é uma indústria importante. O consumo de frango pode ajudar a diversificar a dieta, oferecendo uma alternativa saudável e saborosa a outras fontes de proteína (7).

Portanto, a seguinte pesquisa teve como objetivo dimensionar o conhecimento que a população tem em relação a adição de hormônios na carne de frango e, se já deixaram de consumir por acreditarem que é feita a adição, além de promover a desmitificação.

MATERIAL E MÉTODOS

A elaboração do questionário foi planejada, com o objetivo de garantir que as perguntas fossem claras, objetivas e de fácil compreensão, a fim de e agilizar o processo de resposta pelos participantes. A aplicação do questionário ocorreu em diversos bairros de Rondonópolis, incluindo o bairro Vila Operária, no qual está localizada a Escola Estadual Silvestre Gomes Jardim, a instituição de ensino médio vinculada ao projeto, além da comunidade acadêmica da Universidade Federal de Rondonópolis (UFR).

O total de 183 indivíduos foram entrevistados, estabelecendo uma amostra representativa para a análise proposta. Após a coleta dos dados, os resultados foram organizados e tabulados utilizando o software Microsoft Excel, permitindo a posterior realização das análises estatísticas e a interpretação dos dados obtidos.

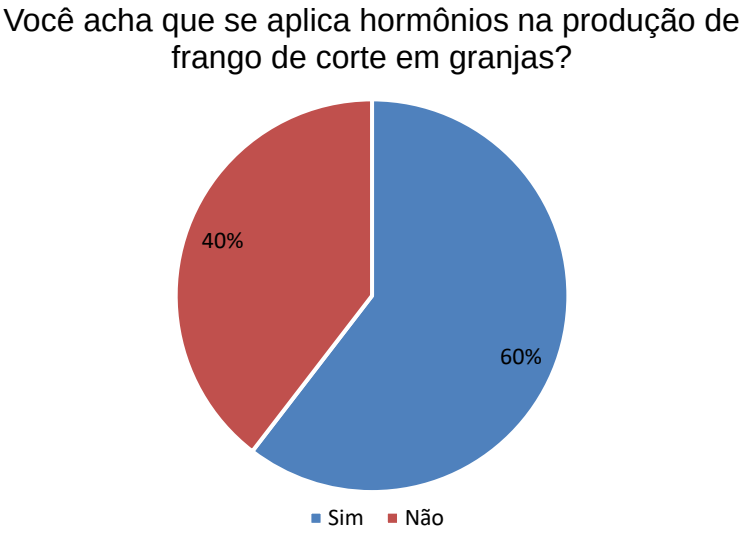
O número de participantes foi determinado conforme as orientações de amostragem apresentadas por Arkin e Colton (8), estabelecendo um total de 162 entrevistas. Esse tamanho amostral foi considerado apropriado para garantir a robustez estatística e a representatividade dos dados obtidos. Após a coleta, os dados foram submetidos a uma análise estatística descritiva.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Quando questionado à população sobre acreditarem na aplicação de hormônios em frangos de corte em granjas, 60% das pessoas responderam que sim, 40% afirmaram que não (Figura 1). Pelos resultados encontrados na pesquisa, percebe-se que a maioria dos entrevistados acredita que atualmente os hormônios são utilizados na produção de frangos de corte. Portanto, há falta de divulgação de notícias em fontes confiáveis ou falsa divulgação na cadeia produtiva, principalmente por pessoas que não têm conhecimento adequado sobre o assunto.

‘

Figura 1. Opinião da população sobre o mito de que se aplica hormônio na criação de frangos de corte

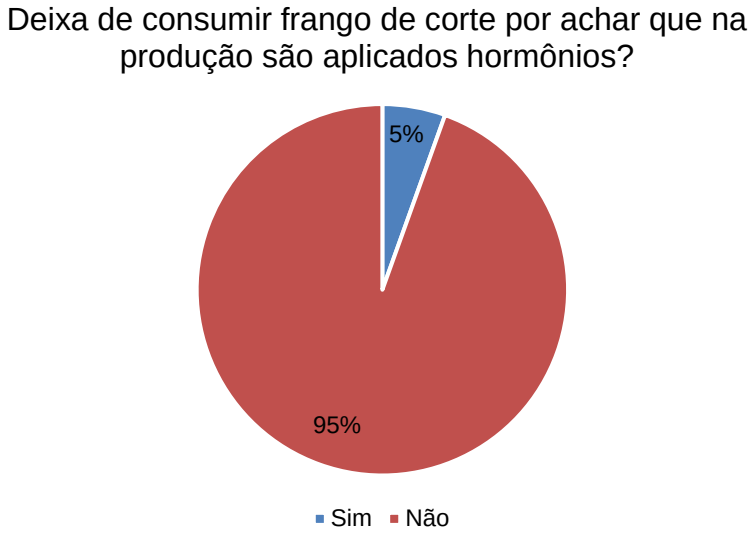


A crença da maioria da população nesse mito está frequentemente enraizada na transmissão geracional, ou pela disseminação de informações falsas que são divulgadas na internet

Porém, quando as pessoas que acreditam na aplicação de hormônios foram questionadas se deixariam de consumir a carne de frango por causa do mito, 95% responderam que não, enquanto 5% dos entrevistados responderam que deixariam de consumir a carne (Figura 2). Diante disso, é evidente que as pessoas são influenciadas por informações difundidas. Alguns entrevistados afirmaram que não deixam de consumir mesmo acreditando na aplicação, sendo assim existem pessoas que acreditam e ainda sim consomem.

Figura 2. Redução no consumo de carne de frango em virtude da crença sobre o uso de hormônios na criação de frangos de corte.

‘



Somado a isso, quando perguntado sobre a lei que proíbe a adição de hormônios em alimentos para animais, 65% dos entrevistados responderam que não tinham o conhecimento, e 35% responderam que tinham (Figura 3). Tendo em vista que a lei assegura pontos importantes como a segurança alimentar, fiscalização, transparência e confiança, é de extrema importância que a população tenha o conhecimento sobre sua existência e relevância na proteção da saúde pública.

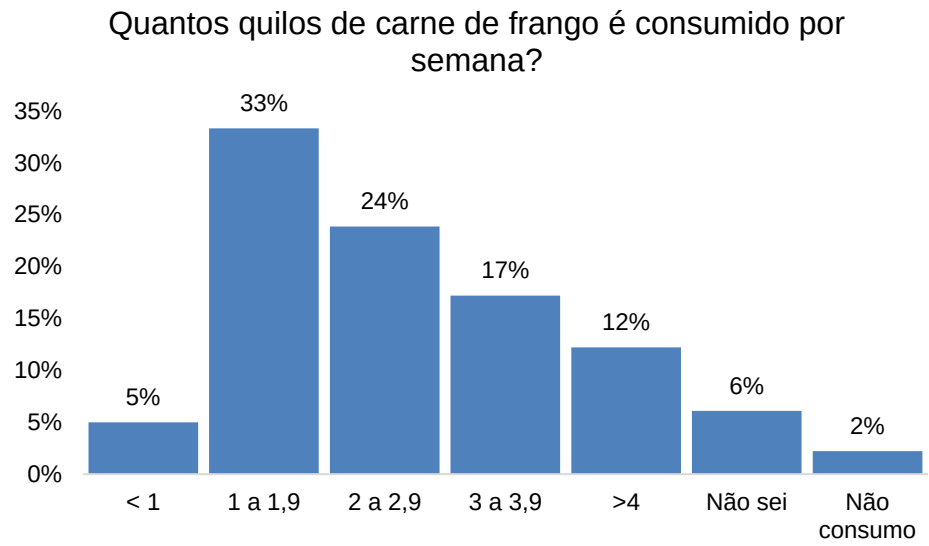
Figura 3. Conhecimento sobre a lei que proíbe o uso de hormônios na criação de frangos de corte



A carne de frango é muito consumida pois é mais acessível economicamente que as outras carnes, como a bovina e a suína, para várias famílias. Em relação ao consumo semanal de carne de frango, 33% dos entrevistados consomem de 1 a 1,9 quilos por semana, enquanto 2% não consomem carne de frango (Figura 4).

‘

Figura 4. Consumo semanal de carne de frango



CONCLUSÕES

A maior parte da população acredita na utilização de hormônio na criação de frangos de corte por desconhecer a lei que proíbe o uso, mas o consumo deste produto não é reduzido por esta crença.

REFERÊNCIAS

1. Carvalho TB, Freitas ES. O conhecimento dos alunos do centro universitário FAG, sobre a utilização de hormônios em frangos. Arquivos Brasileiros de Medicina Veterinária
2. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento - MAPA. Instrução Normativa n° 17 de 18 de junho de 2014.
3. Turra F. Controle Nacional de Resíduos do Governo comprova que o frango brasileiro não contém adição de hormônios, ABPA, 2013.
4. MAPA. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 17, de 18 de junho de 2004.
5. Bossolani ILC, Bitencourt, DA, Pinto,MF. Avaliação do perfil de consumidores de carne de frango no município de Araçatuba-SP. Veterinária e Zootecnia, v. 19, n. 2, p. 131, 2012.
6. Brito JMS, Coelho RMD. Microbiological characteristics of chicken meat: a narrative review. Brazilian Journal of Development, Curitiba, v.7, n.6, p. 62781-62795 jun. 2021.

‘

7. Alves MGM, Albuqerque LFA, Batista ASM. Qualidade da carne de frango de corte. Essentia, Sobral, v. 17, n. 2, p. 64-86, 2016.
8. Jesus Junior C, De Paula SRL, Ormond JGP, Braga NM. A cadeia da carne de frango: tensões, desafios e oportunidade. BNDES Setorial, Rio de Janeiro, n. 26, p. 191-232, set. 2007.

Capítulo 32

DOI: 10.53934/agronfy-2025-05-32

ESTUDO DE LEVEDURAS E BOLORES EM FARINHAS ELABORADAS DE RESÍDUOS DE ABACAXI TURIAÇU E PÉROLA, CULTIVADOS NOS MUNICÍPIOS DO MARANHÃO

Layane Santos Leal*; Camila dos Santos Silva; Hafisa Oliveira Barroso; Jociléia Ribeiro Mendonça; João Vitor Silva Privado; Audirene Amorim Santana ; Djavania Azêvedo da Luz Silva

**Autor correspondente (Corresponding author) – Email: layane.leal@discente.ufma.br*

RESUMO

A indústria brasileira de frutas gera uma carga significativa de resíduos, que são descartados em sua maioria de forma irregular, contribuindo para a poluição urbana. Diante desse contexto, esta pesquisa teve como objetivo principal agregar valor a um resíduo agroindustrial, elaborando farinhas a partir das cascas de abacaxis de dois cultivares (Turiaçu e Pérola). Os frutos de ambos os abacaxis foram obtidos na Central de Abastecimento (CEASA) da cidade de São Luís – MA, oriundos dos municípios Turiaçu e de São Domingos do Maranhão. As farinhas elaboradas foram identificadas como: FCAT (cascas do abacaxi Turiaçu) e FCAP (cascas do abacaxi Pérola). Os resultados obtidos para as análises microbiológicas de leveduras e bolores mostraram que ambas as farinhas elaboradas estão dentro dos limites estabelecidos pela Anvisa, sendo possível concluir que os padrões higiênico-sanitários foram executados corretamente durante todo o processo de elaboração e manipulação das farinhas.

Palavras-chave: resíduos agroindustriais; farinhas; segurança de alimentos.

INTRODUÇÃO

O abacaxi é uma das principais frutas brasileiras e está presente o ano todo para o consumidor (1). O abacaxizeiro (*Ananas comosus L. Merril*) pertence ao gênero Ananas, que é o mais importante da família Bromeliaceae (2). Provavelmente nativo do Sul e América do Sul, o abacaxi foi carregado por toda a América até a região da América Central e do Caribe muito antes da chegada dos europeus (3). O abacaxi é uma fruta tropical, possui alta concentração de açúcares, vitaminas e minerais, e é produzido em larga escala no Brasil (4).

O Brasil é um país de dimensões e condições climáticos continentais que favorecem a fruticultura, com destaque para a região Nordeste, por reunir condições ideais para o plantio de diversas culturas, dentre elas o abacaxi (5). Segundo levantamento do IBGE (6), o Nordeste teve uma participação de 34,9% na produção nacional de abacaxi, sendo o maior desempenho regional. Entre os estados da região Nordeste, o Maranhão ocupa a terceira posição no cultivo de abacaxi; já no ranking nacional, o estado aparece como oitavo maior produtor do país.

Na figura 1 tem-se o mapa do Maranhão, onde aparece em destaque os 5 maiores produtores de abacaxi do estado. O município de São Domingos do Maranhão, com uma

área de mais de 1400 hectares dedicadas ao cultivo de abacaxi, é o maior produtor do estado, e recebeu o título de “capital do abacaxi”, em 2022 (7).



Figura 7. Maiores produtores de abacaxi do estado do Maranhão (2022)
Fonte: IBGE (6), adaptado pelos autores.

Já o abacaxi produzido no munícipio de Turiaçu tem grande destaque no mercado consumidor do Estado, principalmente pelo seu sabor diferenciado e sem acidez (8). O sucesso desse abacaxi é resultado da combinação de vários fatores importantes, tais como: a genética superior da variedade, a relativa riqueza química do solo em nutrientes minerais (potássio e magnésio) e a facilidade de adaptação ao macroclima local, propiciando a maturação dos frutos em períodos secos do ano, dos meses de agosto a novembro, com a baixa umidade relativa e temperatura elevadas, produzindo assim frutos de sabor doce e agradável (9).

O descarte de resíduos é uma preocupação mundial tanto em questão ambiental, como também no desperdício de partes de alimento com elevado conteúdo nutricional (10). Os resíduos de casca de frutas, que responde por até 50% do peso total dos frutos, são simplesmente descartados nos lixos ou incinerados, portanto, a utilização posterior desses subprodutos pode ajudar a reduzir o desperdício e os problemas ambientais. Este material tem grande potencial para ser aplicado em produtos de planificação, pois contém uma quantidade considerável de compostos bioativos, açúcares, minerais, fibras e fenóis, o que possibilita atividades nutricionais significativas (11). Dentro desse contexto, as cascas de abacaxi apresentam-se como um grande potencial de aproveitamento, por sua carga nutricional, ser rica em: açúcares, vitaminas, sais minerais e fibras (12). Em decorrência disso, uma alternativa reaproveitamento dos resíduos do processamento dessa fruta seria a utilização da casca, resíduo que concentra a maior parte dos nutrientes da fruta, para a

elaboração de farinha, a qual seria um ingrediente alternativo de alto potencial nutritivo e de fácil adição em diversos tipos de massas (13).

Tendo em vista a importância do aproveitamento de resíduos de frutas, quanto a sustentabilidade e o aporte nutricional, objetivou-se, com o desenvolvimento deste trabalho, obter farinhas provenientes dos resíduos de cascas de abacaxis de dois cultivares ("Turiaçu" e Pérola) e avaliá-las quanto aos parâmetros microbiológicos de leveduras e bolores.

MATERIAL E MÉTODOS

Coleta das amostras

Os abacaxis do cultivar Turiaçu (*Ananas comosus* var. *comosus* (*L*.)) e do cultivar Pérola (*Ananas comosus* var. *comosus (L*.) *Merr*.), oriundos dos municípios de Turiaçu e São Domingos do Maranhão, respectivamente, foram adquiridos no Centro Estadual de Abastecimento (CEASA) da cidade de São Luís, Maranhão. Os frutos foram transportados em caixas térmicas até os laboratórios de análises de alimentos do PCQA-UFMA.

Elaboração das Farinhas

Para a elaboração das farinhas, seguiram-se algumas etapas fundamentais, descritas a seguir:

A primeira etapa consistiu na higienização, onde inicialmente, retirou-se as coroas de todos os frutos, em seguida foi feita uma primeira lavagem com água corrente, escova e detergente neutro. Posteriormente, os frutos foram submetidos à assepsia com solução de hipoclorito de sódio a 5 ppm, por 10 minutos; depois os frutos passaram por uma segunda lavagem somente com água corrente para retirada do excesso de hipoclorito de sódio. Após a etapa de higienização, seguiu-se para a retirada das cascas. Com o auxílio de uma faca de aço inoxidável todas as cascas foram retiradas e armazenadas em sacos plásticos. As cascas foram transportadas até o Laboratório de Ensino e Pesquisa de Engenharia Química (LEPEQ – UFMA) onde foram acomodadas em um desidratador de alimentos (Marca: PARDAL) por um período de 90 h sob temperatura de 60 °C. A figura 2 apresenta o fluxograma com a sequência das atividades realizadas.

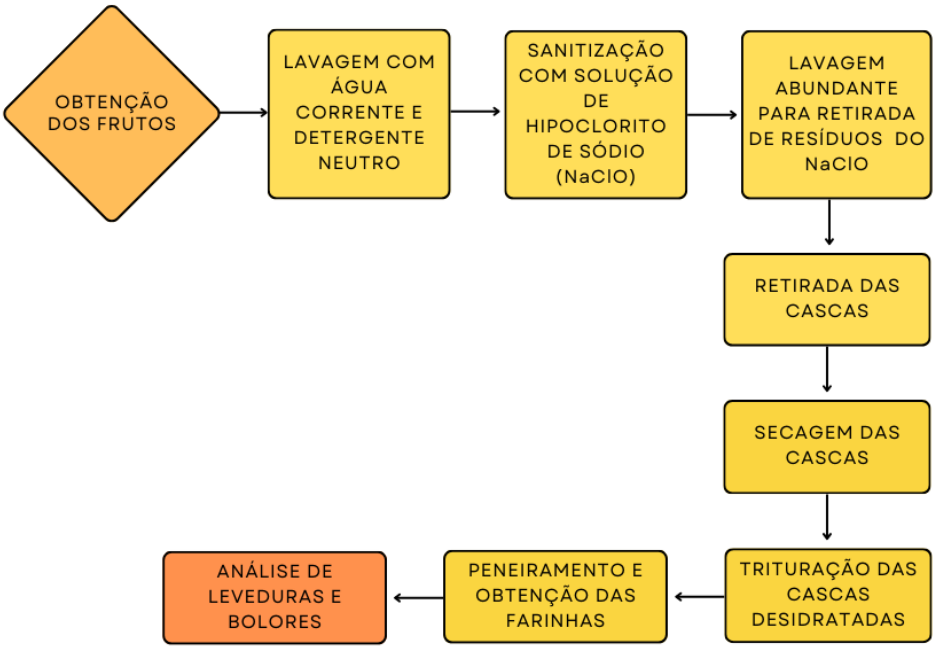


Figura 8. Fluxograma do processo de obtenção das farinhas das cascas dos abacaxis Turiaçu e Pérola.
Fonte: Autoria Própria.

Depois de transcorrido o tempo necessário para a desidratação, as cascas foram trituradas em liquidificador doméstico e peneiradas em peneiras comerciais com trama bem fininha. As farinhas elaboradas (Figura 3) foram armazenadas em embalagens plásticas, temperatura ambiente e em local seco até o momento das análises microbiológicas.



Figura 3. Farinhas elaboradas a partir das cascas dos abacaxis Turiaçu (FCAT) e Pérola (FCAP).
Fonte: Autoria Própria.

Avaliação de Leveduras e Bolores

A contagem de bolores e leveduras foi realizada através do método de contagem padrão em placas, na qual, ocorreu a homogeneização de 25 g da amostra em 225 mL de água peptonada com consequentes diluições seriadas. E assim, foi determinado o número de

Unidades Formadoras de Colônias por grama (UFC/g) pela inoculação em meio ágar batata dextrose acidificado com solução de ácido tartárico a 10% em temperatura de 25 ± 1 °C, por 5 a 7 dias, seguindo metodologia da Embrapa (14). A Figura 5 ilustra a sequência desta análise.

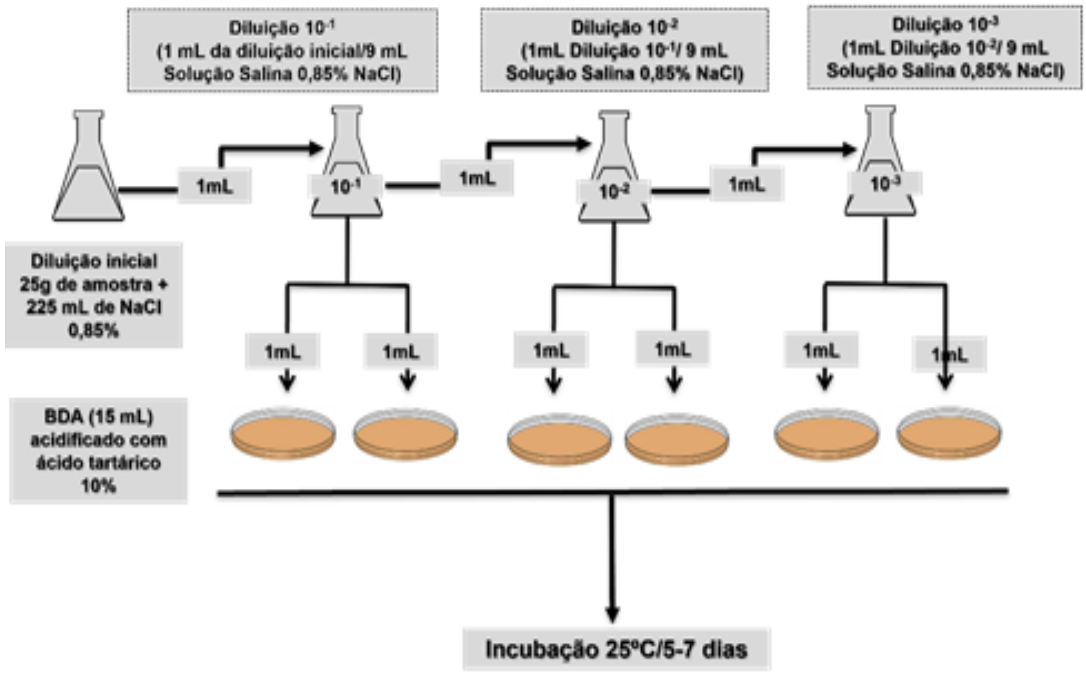


Figura 4. Fluxograma da técnica para contagem de leveduras e bolores.
Fonte: Autoria Própria.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados da qualidade microbiológica das farinhas obtidas das cascas dos abacaxis das variedades Turiaçu (FCAT) e Pérola (FCAP) estão apresentados na tabela 1. Os valores encontrados foram comparados com os parâmetros estabelecidos pela Instrução Normativa Nº 161 de 1º de julho de 2022, da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) (15).

Tabela 1. Análises microbiológicas das farinhas elaboradas

Microrganismo	FCAT	FCAP	ANVISA
Bolores e leveduras (UFC/g)	$2,0 \times 10^1$	10^1	10^3

UFC = unidade formadora de colônia/grama.
Fonte: Autoria Própria.

Os bolores e leveduras constituem grande grupo de microrganismos, a maioria originária do solo ou ar. E são bastante resistentes às condições adversas, como pH ácido e atividade de água baixo (16). Para a análise de bolores e leveduras neste estudo, os valores encontrados para as farinhas foram de 2,0 x 10^1 para a FCAT e 10^1 para a FCAP, enquadrando-se no padrão determinado pela legislação, pois conforme a legislação brasileira vigente, o valor aceitável para bolores e leveduras é de até 10^3 UFC/g (Brasil, 2022) (15).

CONCLUSÕES

Nos testes microbiológicos realizados, as farinhas mostraram-se seguras, apresentando valores que estão em conformidade com os parâmetros estipulados pela legislação brasileira vigente. Sendo possível concluir que os padrões higiênico-sanitários foram executados corretamente durante todo o processo de elaboração e manipulação das farinhas. Pode-se concluir que o objetivo de estudo desta pesquisa, que foi a elaboração de farinhas a partir de um resíduo agroindustrial e as análises de leveduras e bolores, foi alcançado com êxito.

AGRADECIMENTOS

A FAPEMA, pela bolsa concedida para a realização desta pesquisa; A UFMA, aos Laboratórios de Ensino e Pesquisa de Engenharia Química (LEPEQ) e de Controle de Qualidade de Alimentos e Águas – PCQA – CCET/UFMA.

REFERÊNCIAS

1. Barreiro, N. Obtenção De Farinha De Casca De Abacaxi E Aplicação Em Sorvete. Trabalho de Conclusão de Curso. Curso Engenharia de Alimentos. Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Campus Medianeira.

2. Leonel, S.; Leonel, M.; Smpaio, A. C. Processamento de Frutas de Abacaxizeiro cv Smoth Cayenne: Perfil de Açúcares e Ácidos dos Sucos e Composição Nutricional de Farinha de Cascas**.** Rev. Bras.[internet] Frutic., Jaboticabal-SP. v 36, n 2, p. 433-439, Junho, 2014. [acesso em: 15 de Ago de 2024]. DOI: http://dx.doi.org/10.1590/0100-2945/13. Disponível em: https://www.scielo.br/j/rbf/a/kgjx4NcnBYrKjWzqYKb8LNP/?lang=pt.

3. Unb – Universidade De Brasília. História do abacaxi [Internet]. 2016. [acesso em 10 de Ago. de 2024]. Disponível em: http://web.unb.br/2016-07-22-12-22-22.

4. Oliveira, A. A. N. Avaliação da oxidação lipídica em hambúrguer de carne bovina adicionado de farinha da casca do abacaxi (*Ananas comosu*s (L.) Merril) como antioxidante natural. 2018. 66p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos). Instituto de Tecnologia, Departamento de Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2018.

5. Oliveira, A. da S. Elaboração de farinha de polpa, casca e cilindro central de abacaxi cv. Pérola para produção de bolo. Doutorado, 186 f. (Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Processos). Universidade Federal de Campina Grande -UFCG – PB, 2016.

6. Instituto Brasileiro De Geografia e Estatística. Produção de Abacaxi No Brasil [Internet]. 2023 [acesso em 5 de Set de 2024]. Disponível em: https://www.ibge.gov.br/explica/producao-agropecuaria/abacaxi/ma.

7. Agência Sebrae De Notícias. Produtores de abacaxi em São Domingos do Maranhão aumentam a produtividade com ajuda do Sebrae. [Internet]. 2023 [acesso em 02 de Set. de 2024]. Disponível em: https://ma.agenciasebrae.com.br/cultura-empreendedora/produtores-de-abacaxi-em-sao-domingos-do-maranhao-aumentam-a-produtividade-com-ajuda-do-sebrae/#:~:text=Com mais de 1400 hectares,2022%2C através da lei estadual.

8. Governo Do Maranhão. Cultivo de abacaxi de Turiaçu recebe apoio da Fapema para melhoramento genético com foco na exportação. [Internet]. 2023 [acesso em 01 de Set. de 2024] Disponível em: https://www.ma.gov.br/noticias/cultivo-de-abacaxi-de-turiacu-recebe-apoio-da-fapema-para-melhoramento-genetico-com-foco-na-exportacao.

9. Fapema. Fundação De Amparo À Pesquisa E Ao Desenvolvimento Científico E Tecnológico Do Maranhão. Sucesso do abacaxi de Turiaçu alcança o país e é objeto de pesquisa. [Internet]. 2023 [acesso em 02 de Set. de 2024] Disponível em: https://www.fapema.br/sucesso-do-abacaxi-de-turiacu-alcanca-o-pais-e-e-objeto-de-pesquisa/.

10. Moreno, J. de S. Obtenção, caracterização e aplicação de farinha de resíduos de frutas em cookies. 2016. 82 f. Dissertação (Mestrado em Ciência de Alimentos) -Programa de pós-graduação em engenharia e ciência de alimentos, Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Itapetinga, 2016.

11. Hanani, Z. A. N.; Husna, A. B. A.; Syahida, N.; Khaizura, M. A. B.; Jamilah, B. Efeito de diferentes cascas de frutas sobre as propriedades funcionais de filmes de bicamada de gelatina / polietileno para embalagem ativa. Food Pack aging and Shelf Life, v. 18, n. 3, p. 201-211, 2018.

12. Araújo, P.C. Desenvolvimento de Biscoitos tipo Cookie a partir da substituição percentual de farinha. Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Instituto Federal Goiano – Campus Morrinhos, 2019.

13. Bauer E. T.; Ziani, J. S.; Kroth, L. T. Elaboração e caracterização de biscoitos topo cookie com adição de farinha de casca de abacaxi**.** Trabalho de conclusão de curso (curso técnico em Agroindústria) - Instituto Federal de Santa Catarina – Campus São Miguel do Oeste, 2018.

14. Embrapa. Manual de microbiologia de alimentos. Centro Nacional de Pesquisa de Tecnologia Agroindustrial de Alimentos. Brasília: EMBRAPA-SPI. Rio de Janeiro: EMBRAPA-CTAA, 1995

15. Brasil. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Instrução Normativa nº 161 de 1 de Julho de 2022. Estabelece padrões microbiológicos dos alimentos. [Internet]. 2022

[acesso em 10 de Ago. de 2024] Diário Oficial da União. Brasília, 2022. Disponível em: https://antigo.anvisa.gov.br/documents/10181/2718376/IN_161_2022_.pdf/b08d70cb-add6-47e3-a5d3-fa317c2d54b2.

16. Silva, N. et al. Manual de Métodos de Análise Microbiológica de Alimentos e Água. 5 ed. são Paulo: Blucher, 2017. 560p.

Capítulo 33

DOI: 10.53934/agronfy-2025-05-33

ESTRATÉGIAS DE SUPLEMENTAÇÃO NO PERIODO SECO

Nathaly Soares Rodrigues; Kássia Ellen da Silva Almeida; Leandro Soares Martins; Anna Cláudia Cardoso Paimel; Camila Fernandes Domingues Duarte; Carlos Eduardo Avelino Cabral*; Carla Heloisa Avelino Cabral

**Autor correspondente (Corresponding author) – Email: carlos.cabral@ufr.edu.br*

Resumo: A pecuária bovina baseada exclusivamente no pasto é historicamente relevante no Brasil, contribuindo significativamente para o comércio do setor. No entanto, este sistema enfrenta desafios, especialmente durante o período seco, quando a produção forrageira é limitada. Nesse contexto, a suplementação nutricional surge como uma estratégia de qualidade para maximizar o desempenho, independentemente da fase de desenvolvimento. O presente estudo teve como objetivo avaliar os efeitos de diferentes estratégias de suplementação sobre o desempenho de novilhos Nelore no período seco. O experimento foi conduzido em Pedra Preta – MT, utilizando 477 machos não castrados da raça Nelore, com peso médio inicial de 278±1,79kg. Os tratamentos consistiram em suplemento proteico de baixo consumo (0,1% do peso corporal (PC)), suplemento proteico de alto consumo (0,5% do PC) e dieta de confinamento ("sistema de resgate") com consumo médio estimado de 1,8% do PC. Os resultados indicaram que os animais suplementados com o regime de alto consumo (PAC) apresentaram o maior ganho médio diário (GMD), enquanto os submetidos ao suplemento de baixo consumo (PBC) tiveram o menor desempenho, com um incremento de aproximadamente 200% no GMD do grupo PAC em relação ao PBC. Conclui-se que a suplementação proteica de alto consumo é uma alternativa eficiente para melhorar o desempenho produtivo no período seco, especialmente em condições de restrição de forragem ou quando há necessidade de aumentar a taxa de lotação do pasto.

Palavras-chaves: nelore, suplementação proteica, desempenho animal, confinamento, período seco

INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, a cadeia produtiva da carne bovina tem incorporado tecnologias avançadas para otimizar a eficiência e impulsionar a produção, em resposta às demandas da globalização e à intensificação da competitividade com outras cadeias de proteína animal. A pecuária extensiva a pasto desempenha um papel significativo no comércio de bovinos no Brasil, contudo, seu maior tempo de ciclo produtivo gera perdas econômicas, o que reduz seu resultado financeiro final (1).

Segundo Oaigen et al. (2008) (2), a pecuária de ciclo longo, caracterizada por baixa produtividade e qualidade, tem se tornado cada vez mais inviável. Isso ocorre porque, com o aumento da concorrência, o mercado exige produção de qualidade com custos mais baixos. Além disso, o sistema de criação a pasto é

fortemente influenciado pelo clima, com a produção de forragem concentrando-se em torno de 80% no período de águas e 20% no período seco, embora essa distribuição possa variar conforme o nível de intensificação do manejo das pastagens (3).

Essa distribuição desigual de forragem entre as estações resulta em uma discrepância no peso dos animais, com ganhos no período chuvoso e perdas no período seco. Dado esse efeito de sazonalidade das pastagens, é fundamental buscar alternativas que melhorem o desempenho dos animais durante o período seco (4).

Nesse contexto, a suplementação surge como uma estratégia essencial para maximizar a produtividade individual dos animais, otimizando o aproveitamento da forragem em todas as fases de desenvolvimento. Essa abordagem contribui para a redução do tempo de abate, o aumento da taxa de aproveitamento do rebanho e a aceleração do giro de capital. Para que essa estratégia seja eficaz, no entanto, é essencial compreender a composição química e as variações sazonais das pastagens, o que permite a formulação de suplementos que melhorem a digestibilidade e otimizem o consumo de forragem, com o objetivo de aprimorar o desempenho animal (5).

Adicionalmente, a suplementação não apenas melhora os índices produtivos, mas também favorece os índices reprodutivos, promovendo um crescimento mais uniforme dos animais e atenuando os impactos negativos do déficit nutricional característico do período seco. Estratégias nutricionais bem planejadas permitem um melhor aproveitamento da pastagem disponível, minimizando desperdícios e proporcionando uma alimentação mais eficiente, o que se reflete diretamente em uma maior taxa de ganho de peso e melhor conversão alimentar.

Nesse contexto, o confinamento de bovinos durante o período seco, conhecido como "resgate", torna-se uma prática estratégica, permitindo que os pecuaristas mantenham a produtividade do rebanho quando as pastagens apresentam baixa qualidade e disponibilidade. Esse sistema possibilita a engorda dos animais em instalações controladas, com dietas balanceadas, até que as condições das pastagens melhorem com a chegada das chuvas.

A quantidade de suplemento ou os níveis de inclusão podem variar de acordo com os custos do suplemento e da arroba, bem como com os objetivos do produtor. Dessa forma, busca-se estabelecer um sistema de produção de bovinos de corte equilibrado, que proporcione ao produtor um controle eficaz sobre o processo de criação. Assim, o objetivo deste trabalho é avaliar o desempenho de novilhos submetidos a diferentes estratégias de suplementação durante o período seco do ano.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado de maio a setembro em uma propriedade rural, localizada no município de Pedra Preta – MT. Foram utilizados 477 machos não castrados da raça Nelore, com peso médio inicial de 278 ± 1,79kg. No início os animais foram identificados com brincos do Sistema Brasileiro de Identificação e Certificação de Origem de Bovinos e Búfalos (SISBOV) e pesados.

Os tratamentos consistiram em suplemento proteico de baixo consumo (0,1% do peso corporal - PC), suplemento proteico de alto consumo (0,5% do PC) e dieta de confinamento ("resgate") com consumo médio estimado de 1,8% do PC.

A área experimental, com 170,85 hectares, foi composta por seis módulos, totalizando vinte e seis piquetes. Os módulos 1, 2, 3, 4 e 5 foram utilizados para

acomodar os animais que receberam suplementos proteicos, enquanto o módulo 6 foi destinado aos animais confinados (Tabela 1).

Tabela 1: Alocação dos animais dos respectivos tratamentos nos módulos experimentais e área experimental.

Módulo	Tratamentos*	Quantidade piquetes	Área média por piquete	Área total
1	PAC	8	4,16	33,26
2	PBC	8	4,43	35,45
3	PBC	3	6,00	18,00
4	PBC	5	6,93	34,64
5	PAC	1	21,27	21,27
6	Confinamento	1	28,23	28,23
TOTAL		26		170,85

* PBC = suplemento proteico de baixo consumo (0,1% do peso corporal (PC)); PAC = suplemento proteico de alto consumo (0,5% do PC); Confinamento = dieta de confinamento ("resgate") com consumo médio estimado de 1,8% do PC.

A suplementação foi realizada diariamente no período da tarde, seguindo as quantidades recomendadas para cada lote, em cochos de concreto, com duplo acesso. O acesso à água foi irrestrito. Diariamente, foram pesados os suplementos, a dieta fornecida e as sobras para, posteriormente, estimar o consumo real.

Os suplementos proteicos de baixo e alto consumo eram de origem comercial. A dieta dos animais confinados foi balanceada para um ganho médio de peso de 700 g/dia, com ajustes ao longo do experimento, conforme apresentado na tabela 2. As dietas foram modificadas da seguinte forma: Dias 1 a 12 – Dieta 1; Dias 13 a 39 – Dieta 2; Dias 40 a 78 – Dieta 3; Dias 79 a 114 – Dieta 4.

Tabela 2 – Dietas experimentais dos animais confinados.

Ingredientes	% MS	MS (%)
Dieta 1		
Casca de Soja	34,0	90,0
DDG Ouro	44,5	88,0
Casca de Caroço de Algodão	20,0	92,0
Suplemento Mineral	1,50	98,0
Dieta 2		
Casca de Soja	34,0	90,0
Bagaço de cana	10,0	59,0
DDG Ouro	44,5	88,0
Casca de Caroço de Algodão	10,0	92,0
Suplemento Mineral	1,5	98,0
Dieta 3		

DDGS	24,5	90,0
Casca de Soja	34,0	90,0
Bagaço de cana	10,0	59,0
DDG Ouro	15,0	88,0
Casca de Caroço de Algodão	10,0	92,0
Suplemento Mineral	1,5	98,0
Dieta 4		
DDGS	24,5	90,0
Casca de soja	39,0	90,0
DDG Ouro	15,0	88,0
Casca de caroço de Algodão	20,0	92,0
Suplemento Mineral	1,5	98,0

Os animais foram pesados ao início e fim do experimento, após jejum de 14 horas de sólidos e líquidos, para reduzir os erros referente ao enchimento do trato digestivo. O ganho de peso corporal médio diário (GMD) foi calculado como segue: GMD (g/dia) = ((PCF – PCI)/ND) x 1000 ; onde: PCF = Peso Corporal Final (kg); PCI = Peso Corporal Inicial (kg); ND = Número de Dias Experimentais.

O experimento foi analisado em um delineamento inteiramente casualizado com três tratamentos. As médias foram comparadas pelo teste Tukey, e adotou-se 0,05 como nível crítico de probabilidade para o erro tipo I, e o peso corporal inicial foi utilizado como covariável.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os animais apresentavam PCI diferentes, pois as diferentes estratégias de suplementação visam atender momentos específicos do ciclo de produção (Tabela 3), sendo os animais do PAC de menor PCI. Contudo, observou-se PCF iguais para os animais que receberam PBC e PAC.

Tabela 3 – Peso corporal Inicial (PCI), peso corporal final (PCF) e ganho de peso corporal médio diário (GMD) de acordo com os tratamentos.

Tratamento	PBC	PAC	CONF	CV (%)
PCI (kg)	293 a	243 b	292 a	11,02
PCF (kg)	319 b	322 b	357 a	10,86
GMD (g/dia)	234 c	700 a	576 b	29,23

Os animais do tratamento PBC consumiram 0,263 kg de suplemento por animal.dia^{-1}, o que corresponde a 0,1% do peso corporal (PC). Já os animais do tratamento PAC consumiram 2,43 kg de suplemento por animal.dia^{-1}, ou 0,8% do PC, e os animais confinados consumiram 6,19 kg de matéria seca (MS) por animal.dia^{-1}, equivalente a 1,9% do PC.

O maior ganho médio diário (GMD) foi observado nos animais do tratamento PAC, enquanto o menor desempenho foi verificado para os animais do tratamento PBC (Tabela 3), com um incremento de aproximadamente 200% em relação ao grupo PBC. É importante destacar que os animais do tratamento PBC devem ser mantidos em sistemas com quantidade de forragem suficiente para atender às suas demandas de consumo de MS.

Durante o período seco, além da redução da disponibilidade de forragem disponível, há uma queda drástica no teor de proteína das pastagens e um aumento na lignificação da parede celular. Nesse contexto, Reis et al. (2011) (6) enfatizam que, no período seco, as pastagens tropicais comprometem a eficiência fermentativa das bactérias ruminais, o que resulta em redução do consumo e da digestão da forragem.

A forragem é considerada uma fonte econômica de nutrientes para os animais. No entanto, devido à variação pluviométrica, é impossível garantir ganhos consistentes ao longo do ano sem a adoção de suplementação estratégica. A escolha do manejo nutricional deve ser guiada pela meta de ganho de peso dos animais no sistema de produção e pela massa de forragem disponível. Paulino et al. (2008) (7) ressaltam a sazonalidade da produção "qualitativa-quantitativa" das forrageiras tropicais, observando que, durante a estação seca, os impactos da diferenciação morfológica e da senescência das plantas devem ser minimizados para garantir a sustentabilidade da produção.

Porto et al. (2011) (8) demonstraram que a suplementação de tourinhos em fase de recria durante o período seco reduziu a dependência do pasto como fonte de energia à medida que a quantidade de suplemento fornecido aumentava. Isso sugere que ofertas menores de suplemento, especialmente aqueles com altos teores de proteína bruta (PB) e baixo consumo, promovem maior utilização da forragem como fonte de energia.

Para sistemas de produção que buscam otimizar o aproveitamento das forrageiras tropicais, minimizando o efeito substitutivo do pasto pelo suplemento, o PBC é recomendado (9). A quantidade de energia presente no suplemento pode ser uma ferramenta útil no manejo das pastagens, assim se o objetivo é estimular a ingestão de forragem, deve-se optar por suplementos com níveis energéticos mais baixos (PBC), mas quando a meta é aumentar a taxa de lotação, é recomendado o uso de suplementos com níveis energéticos mais elevados (PAC) (9).

O confinamento durante a recria representa uma estratégia eficiente, pois permite fornecer os nutrientes essenciais para que os animais mantenham um crescimento contínuo, mesmo durante o período crítico do ano. Essa abordagem pode melhorar o ganho de peso, especialmente em momentos em que os animais, sem suplementação, tenderiam a perder peso. Com essa estratégia de manejo, é possível corrigir dois problemas, intensificar a criação dos animais e melhorar as condições do pasto, reduzindo o tempo necessário para o abate (10).

O confinamento de bovinos durante o período seco, denominado "resgate", configura-se como uma prática estratégica no manejo de rebanhos. Essa abordagem visa garantir a continuidade da produtividade animal em condições adversas, quando as pastagens apresentam redução na qualidade nutricional e na disponibilidade de forragem. Assim, o "resgate" representa uma medida eficaz para otimizar a eficiência produtiva em períodos críticos, e na recria intensiva de bezerros de corte essa estratégia pode ser especialmente eficaz durante o período de seca, pois reduz a pressão de pastejo nas pastagens e acelera o ganho de peso dos animais (11).

CONCLUSÕES

Os animais suplementados com PAC apresentaram um desempenho produtivo superior durante o período seco, destacando-se como uma estratégia eficiente para sistemas com restrição na produção forrageira. Além disso, essa suplementação mostrou-

se uma alternativa viável para aumentar a taxa de lotação do pasto, otimizando a utilização dos recursos disponíveis e garantindo maior eficiência produtiva.

REFERÊNCIAS

1. Moreira, FS et al. Desempenho produtivo e econômico de três grupos genéticos de bovinos recriados a pasto com suplementação e terminados em confinamento. Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia, v. 67, p. 140-148, 2015.
2. Oaigen, RP et al. Melhoria organizacional na produção de bezerros de corte a partir dos centros de custos. Revista Brasileira de Zootecnia, v. 37, p. 580-587, 2008.
3. Euclides, VPB. et al. Diferimento de pastos de braquiária cultivares Basilisk e Marandu na região do Cerrado. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v.42, n.2, p.273-280, fev. 2007.
4. Hoffmann A, Moraes, EHBK, Mousquer CJ, Simioni, TA, Gomes FJ, Ferreira VB, Silva HM. Produção de bovinos de corte no sistema de pasto-suplemento no período seco. Nativa, v.2, n.2, p.119-130, 2014. LAGIP/UFG – Laboratório de processamento de imagens e geoprocessamento. Atlas das Pastagens. https://lapig.iesa.ufg.br/p/38972-atlas-das-pastagens. Acesso em: 01/12/2023.
5. Sampaio RL. Estratégias de suplementação na recria e terminação de bovinos de corte. 2011.
6. Reis AR, Oliveira AA, Siqueira RG. &Gatto, E. Semi –confinamento para produção intensiva de bovinos de corte. I Simpósio Matogrossense de bovinocultura de corte. 2011 Reis, R. A.; Barbero, R. P.; Hoffmann, A. Impactos da qualidade da forragem em sistemas de produção de bovinos de corte. Informe Agropecuário, Belo Horizonte, v. 37, n. 292, p. 36-53, 2016.
7. Paulino, M. F., E. Detmann, and S. C. Valadares Filho. 2008. Functional cattle in the tropics. In: Symposium of Beef Cattle Production, 6. International Symposium of Beef Cattle Production, 2. University Federal of Viçosa, Viçosa, MG, Brazil. pp. 275-305.
8. Porto, MO, Paulino MF, Detmann, E, Valadares filho SC, Sales MFL, Cavali J, Nascimento JC, Macedo TS. Ofertas de suplementos múltiplos para tourinhos Nelore na fase de recria em pastagens durante o período da seca: desempenho produtivo e características nutricionais. Revista Brasileira de Zootecnia, Viçosa, MG, v. 40, n. 11, p. 2548-2557, 2011.
9. Santos ARM, Cabral CHA, Cabral CEA, Barros, LV, Pires DF, Rosa AS, Alves GR, Coutinho MPS. Energy supplementation as strategy of pasture management. Acta Scientiarum. Animal Sciences, v. 44, e55761, 2022.
10. Barroso DS. Recria e terminação de novilhos, sob diferentes níveis de suplementação em pastagens. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Itapetinga, Bahia, Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, 2018.
11. Batistelli IC, Batistelli, JCOR, Bess BL, Menezes FL, Moraes KAK, Moraes EHBK. Recria intensiva em confinamento como estratégia de manejo em bovinos de corte - revisão de literatura. Research, Society and Development, v. 11, n. 2, e1611225179, 2022.

Capítulo 34

DOI: 10.53934/agronfy-2025-05-34

CONSUMIR CARNE VERMELHA TODOS OS DIAS FAZ MAL?

Gustavo Barbosa Alves Silva; Ana Beatriz Viana Melo; Giovanna Pimentel Lima Peloi; Anna Cláudia Cardoso Paimel ; Camila Fernandes Domingues Duarte; Carlos Eduardo Avelino Cabral*; Carla Heloisa Avelino Cabral

**Autor correspondente (Corresponding author) – Email: carlos.cabral@ufr.edu.br*

Resumo: Este estudo investigou a relação da população de Rondonópolis-MT com o consumo de carne vermelha por meio de um questionário qualitativo e de uma revisão bibliográfica sobre seus benefícios, mitos e impactos à saúde. O questionário abordou frequência de consumo, percepção de riscos cardiovasculares e câncer, comparação com a dieta vegetariana e quantidade consumida semanalmente. Os resultados mostraram que 90% dos entrevistados consomem carne diariamente, 76% não associam seu consumo a doenças e 76% não consideram a dieta vegetariana mais benéfica. Quanto ao consumo semanal, 34% ingerem mais de 4 kg, enquanto 7% não souberam informar. Conclui-se que a carne bovina se mantém como uma das principais fontes de proteína na alimentação local.

Palavras–chave: bovinocultura; composição da carne; valor nutritivo da carne

INTRODUÇÃO

O consumo de produtos de origem animal remonta a períodos pré-históricos. Evidências arqueológicas indicam que há mais de dois milhões de anos esses produtos já integravam da dieta humana. Entre 40 mil e 50 mil anos atrás, a prática da caça se intensificou, e os produtos de origem animal passaram a representar até 80% da energia consumida, evidenciando que a carne sempre foi um componente essencial da alimentação humana (1). Esse hábito alimentar evoluiu junto o desenvolvimento das civilizações, tornando-se essencial na composição dietética de diversas culturas ao longo da história.

A carne vermelha, em particular, é uma importante fonte nutricional e energética, essencial para o bom funcionamento do organismo. Sua composição inclui uma vasta gama de nutrientes, como proteínas de alto valor biológico, vitaminas do complexo B (especialmente B12), ácidos graxos essenciais e minerais como ferro e zinco, que desempenham papéis cruciais em diversos processos metabólicos. O ferro heme presente na carne bovina, por exemplo, possui alta biodisponibilidade sendo mais facilmente absorvido pelo organismo em comparação ao ferro encontrado em fontes vegetais. Dessa forma, a inclusão da carne vermelha na alimentação tem sido associada à prevenção de anemias e à manutenção da saúde muscular, neurológica e imunológica.

No entanto, mudanças nos padrões alimentares da população têm refletido uma preocupação crescente com a saúde. Esse movimento foi impulsionado pela descoberta dos tipos de colesterol, HDL ("bom colesterol") e LDL ("mau colesterol"), além da classificação das gorduras em boas (insaturadas, presentes em vegetais) e ruins (saturadas, encontradas em carnes, laticínios e ovos). A mídia, juntamente com profissionais de saúde, tem enfatizado, nem sempre com comprovação científica, a

associação entre o consumo de carne vermelha e o aumento do risco de doenças cardiovasculares e cânceres (2). Além disso, fatores como a industrialização dos alimentos, o aumento do consumo de proteínas vegetais e as preocupações ambientais e éticas associadas à pecuária têm levado muitas pessoas a reduzir ou substituir a carne vermelha em sua dieta.

Diante desse cenário, este estudo teve como objetivo avaliar se a população de Rondonópolis inclui carne vermelha em sua alimentação e se associa seu consumo a riscos à saúde. Além disso, busca-se esclarecer a importância da carne bovina na dieta humana destacando seus ~~e os~~ benefícios nutricionais e contrapondo-se a discursos que frequentemente associam seu consumo a impactos negativos sem considerar os aspectos nutricionais e históricos dessa prática alimentar.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo seguiu o cronograma estabelecido no Plano de Trabalho, contemplando a revisão de literatura, a elaboração do questionário qualitativo e sua aplicação em diferentes bairros de Rondonópolis. Todas as etapas foram conduzidas de forma meticulosa, garantindo que os dados coletados fossem representativos e contribuíssem para a compreensão do perfil de consumo de carne bovina na cidade.

Inicialmente, foi realizada uma revisão bibliográfica abrangente, utilizando fontes acadêmicas e artigos especializados sobre o consumo de carne bovina e suas implicações para a saúde humana. O objetivo dessa etapa foi embasar teoricamente o desenvolvimento das perguntas do questionário, assegurando que as questões formuladas refletissem aspectos relevantes do tema investigado. O material consultado incluiu estudos científicos sobre a relação entre o consumo de carne vermelha e doenças cardiovasculares e câncer, bem como pesquisas que destacam os benefícios nutricionais da carne bovina, como sua contribuição para a ingestão de proteínas de alto valor biológico, ferro heme e vitaminas do complexo B (3; 4). Além disso, foram analisados relatórios sobre o impacto econômico da carne bovina no Brasil e seu papel na segurança alimentar, considerando que o país é um dos maiores produtores e consumidores mundiais desse tipo de proteína.

Com base nas informações obtidas na revisão de literatura, foi elaborado um questionário composto por perguntas claras e objetivas, estruturadas de maneira a garantir que as respostas fossem precisas e compreensíveis para os entrevistados. O processo de formulação do questionário considerou aspectos metodológicos importantes, como a escolha de perguntas fechadas e abertas para possibilitar tanto análises estatísticas quanto interpretações qualitativas das percepções dos participantes. As questões elaboradas foram:

- Você tem o hábito de consumir carne diariamente?
- Você acha que o consumo de carne leva ao surgimento de doenças cardiovasculares ou ao desenvolvimento de câncer?
- Você acredita que a introdução de uma alimentação vegetariana traria mais benefícios do que uma alimentação baseada na ingestão de carne?
- Quantos quilogramas de carne bovina sua família consome semanalmente?
- Existe algum vegetariano ou vegano na sua família?

A aplicação dos questionários ocorreu em diferentes bairros da cidade e em instituições de ensino de Rondonópolis, como o Instituto Federal de Mato Grosso (campus Rondonópolis), a Universidade Federal de Rondonópolis (UFR) e a Escola

Estadual Silvestre Gomes Jardim. A seleção desses locais foi estratégica, visando alcançar um público diversificado em termos de faixa etária, nível de escolaridade e contexto socioeconômico, proporcionando uma amostra mais representativa da população local.

Ao todo, 182 pessoas participaram do estudo, fornecendo informações valiosas sobre seus hábitos alimentares e percepções acerca do consumo de carne bovina. Os dados coletados foram organizados e tabulados em planilhas do Excel, permitindo a geração de gráficos e tabelas para facilitar a análise dos resultados. Esse tratamento estatístico possibilitou a identificação de padrões e tendências, contribuindo para uma interpretação mais clara do perfil alimentar dos entrevistados e das possíveis influências externas sobre suas escolhas, como fatores culturais, socioeconômicos e informações veiculadas na mídia sobre a relação entre carne vermelha e saúde.

Além da análise quantitativa, foram consideradas observações qualitativas fornecidas pelos participantes, que relataram suas motivações para manter ou modificar o consumo de carne bovina. Esse aspecto enriqueceu a compreensão dos resultados, permitindo não apenas quantificar a frequência do consumo, mas também entender os fatores subjetivos que impactam as decisões alimentares da população de Rondonópolis.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Quando os entrevistados foram questionados sobre o hábito de consumir carne diariamente, 90% responderam que sim, enquanto 10% afirmaram que não. Isso demonstra que a maioria da população de Rondonópolis inclui a carne vermelha em sua dieta. Esse hábito contribui para que, em 2022, a carne vermelha representasse uma parcela significativa do total consumido pelos brasileiros. De acordo com (5), a carne bovina correspondeu a 9,4% da ingestão total de energia na dieta brasileira, exercendo influência tanto na qualidade nutricional quanto no impacto ambiental do consumo alimentar no país.



Figura 01. Porcentagem das pessoas que tem o hábito de consumir carne vermelha diariamente.

Quando questionados sobre se acreditavam que o consumo de carne poderia levar ao surgimento de doenças cardiovasculares ou ao desenvolvimento de câncer, 76% dos entrevistados disseram que não, enquanto 24% afirmaram que sim, acreditando que o consumo de carne está relacionado ao surgimento dessas doenças. O motivo principal

para essa discordância entre os grupos pode estar associado a informações nem sempre corretas ou mal interpretadas transmitidas pelos meios midiáticos sobre a relação entre o colesterol e o consumo de carne vermelha. A carne vermelha é frequentemente associada ao aumento dos níveis de colesterol, com ênfase no aumento do LDL (colesterol "ruim") no sangue, o que pode gerar preocupações infundadas sobre os riscos à saúde (6).

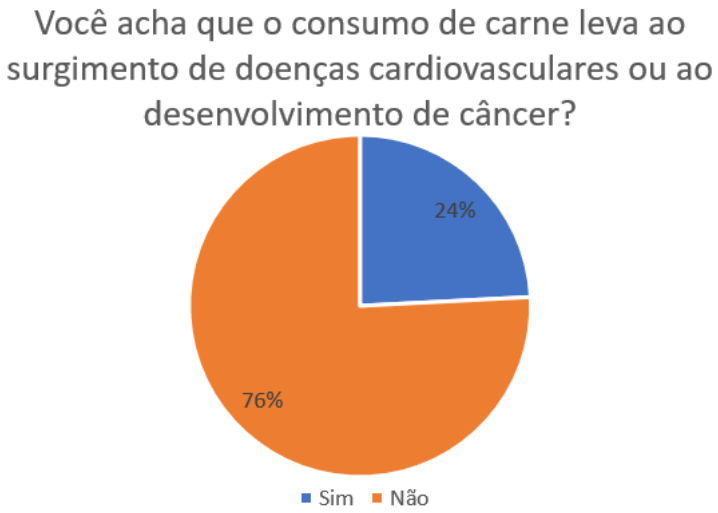


Figura 02. Porcentagem das pessoas que acreditam que o consumo de carne leva ao surgimento de doenças cardíacas e ao desenvolvimento de cânceres.

Quando questionados se os entrevistados se acreditam que uma alimentação vegetariana traz mais benefícios do que uma dieta baseada na ingestão de carne, 76% dos entrevistados responderam que não, enquanto 28% responderam que sim. Embora a grande maioria da população de Rondonópolis acredite que a dieta baseada na carne seja mais benéfica, uma minoria acredita que a dieta vegetariana oferece mais vantagens.

Esse fato pode estar relacionado à falsa premissa de que a adoção de uma dieta exclusivamente vegetariana reduziria os níveis de colesterol LDL, uma vez que os vegetais, como frutas e verduras, contêm níveis significativamente mais baixos de gorduras saturadas do que as carnes vermelhas. No entanto, estudos demonstram que o consumo de carne é de extrema importância para o organismo humano, pois ela é rica em nutrientes essenciais, como proteínas de alta qualidade, ferro e vitaminas, que são fundamentais para a manutenção da saúde (7; 8).

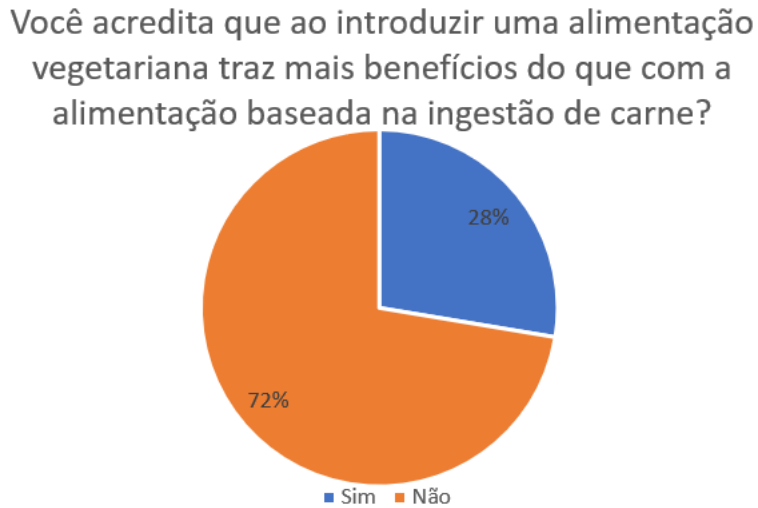


Figura 03. Porcentagem das pessoas que acreditam que a introdução de uma alimentação vegetariana traz mais benefícios do que a alimentação baseada na ingestão de carne vermelha.

Ao perguntar os entrevistados sobre a presença de algum vegetariano ou vegano na família dos entrevistados, 91% responderam que não, 3% responderam que existe 1 pessoa, 2% disseram que existem 2 pessoas, 1% respondeu que há mais de 2 pessoas e 3% disseram não saber. Esse padrão pode refletir a baixa adesão a dietas vegetarianas ou veganas em algumas regiões do Brasil, onde o consumo de carne continua sendo predominante na alimentação familiar (9).

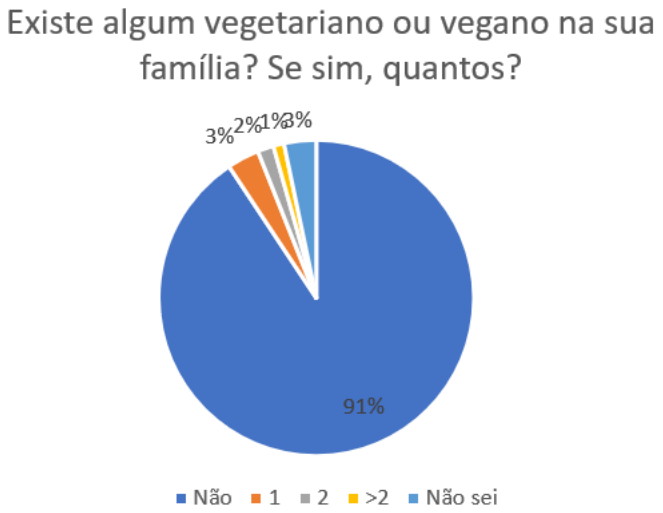


Figura 04. Porcentagem das pessoas que possuem algum vegetariano ou vegano em suas famílias.

Em relação ao consumo semanal de carne bovina nas famílias dos entrevistados, 1% declarou consumir menos de 1 kg, 11% consomem entre 1 a 1,9 kg, 28% consomem entre 2 a 2,9 kg, 18% consomem entre 3 a 3,9 kg, 34% consomem mais de 4 kg, 7% não sabem e 1% não consome carne vermelha semanalmente.

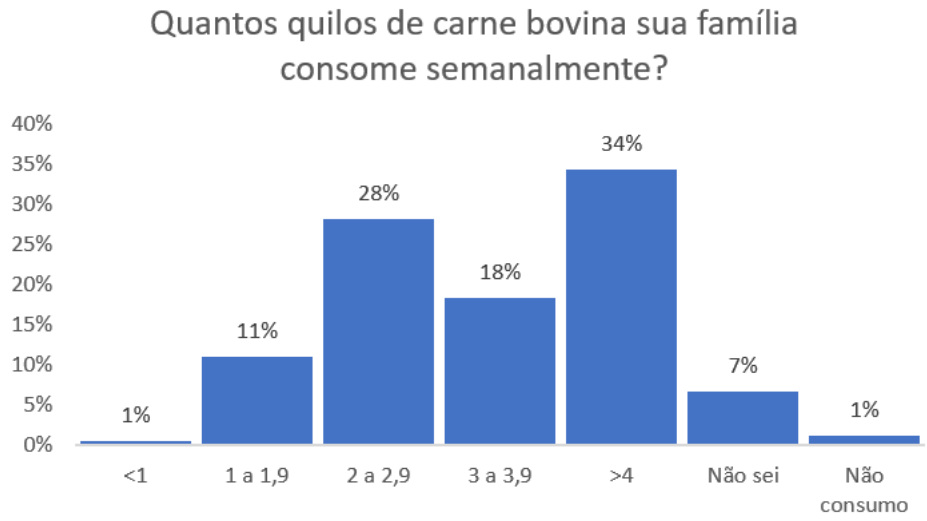


Figura 05. Porcentagem da quantidade, em quilogramas, do consumo de carne bovina nas famílias semanalmente.

Esses dados indicam que a frequência de consumo semanal de carne bovina em Rondonópolis é elevada, sendo uma das principais fontes de proteína animal para a

população. Esse padrão pode estar relacionado a fatores culturais e econômicos da região mato-grossense, onde a pecuária é uma atividade de grande importância econômica e cultural. A carne bovina tem sido tradicionalmente valorizada como uma fonte de nutrientes essenciais, como proteínas, ferro e zinco, o que pode contribuir para a preferência e alta demanda por esse alimento na dieta local (10; 11).

CONCLUSÕES

A pesquisa revelou que a maioria da população de Rondonópolis consome carne vermelha diariamente, enquanto uma parcela menor acredita que a dieta vegetariana é mais benéfica. Além disso, a maioria dos dos entrevistados não associa o consumo de carne bovina ao desenvolvimento de câncer ou doenças cardiovasculares. Esses resultados destacam a importância da carne bovina como fonte de proteína na dieta local e sugerem a necessidade de maior divulgação de informações baseadas em evidências sobre seus impactos nutricionais e à saúde.

REFERÊNCIAS

33. Valle JA. Evidências arqueológicas e o papel da carne na alimentação humana. Rev Bras Antropol. 2000;25(3):123-134.
34. Garzillo JMF, Poli VFS, Leite FHM, Martinez-Steele E, Machado PP, Louzada MLC, et al. Consumo alimentar no Brasil: influência da carne bovina no impacto ambiental e na qualidade nutricional da dieta. Rev Saude Publica. 2022;56:102. doi:10.11606/s1518-8787.2022056004830
35. Silva ACF, Motta ALB, Casemiro JP, eds. Alimentação e nutrição na atenção básica: reflexões cotidianas e contribuições para prática do cuidado [online]. Rio de Janeiro: EDUERJ; 2021. 174 p. ISBN: 978-65-87949-11-6. doi:10.7476/9786587949116
36. Petribú MMV, Cabral PC, Arruda IKG. Estado nutricional, consumo alimentar e risco cardiovascular: um estudo em universitários. Rev Nutr. 2009;22(6):837-46. doi:10.1590/S1415-52732009000600005
37. Garzillo JMF, Poli VFS, Leite FHM, Martinez-Steele E, Machado PP, Louzada MLC, et al. Food consumption in Brazil: influence of beef on environmental impact and nutritional quality of the diet. Rev Saúde Pública [Internet]. 2022;56:102. Available from: https://doi.org/10.11606/s1518-8787.2022056004830
38. Izar MC de O, Lottenberg AM, Giraldez VZR, Santos Filho RD, Machado RM, Bertolami A, et al. Posicionamento sobre o Consumo de Gorduras e Saúde Cardiovascular – 2021. Arq Bras Cardiol [Internet]. 2021 Jan;116(1):160-212. Available from: https://doi.org/10.36660/abc.20201340
39. Villaron VP, Araújo CCM, Silva MC. O impacto da nutrição vegetariana e vegana na saúde sob um ponto de vista holístico e suas repercussões na microbiota intestinal. Res Soc Dev. 2022;11(9):e17011931691. Available from: https://doi.org/10.33448/rsd-v11i9.31691
40. Campos Burin P, de Souza Fuzikawa IH, Alves Souza K, Mendes Fernandes AR, Tonissi RH, de Goes B. Características nutracêuticas da carne e sua importância

na alimentação humana. REVET. Rev Electron Vet [Internet]. 2016;17(12):1-15. Recuperado de: https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=63649052001
41. Carvalho RC de, Moreira JM. Níveis de Concordância com Regras Descritivas sobre Comportamentos Alimentares entre Veg(etari)anos. Psico-USF [Internet]. 2020 Jul;25(3):533–45. Available from: https://doi.org/10.1590/1413-82712020250311
42. Dias LDB, Isernhagen L, Brumatti RC, Faria FJC, Franco GL, Kiefer C, Ítavo CCBF. Estudo sobre o padrão de consumo da carne bovina na cidade de Campo Grande, MS, Brasil. B Indústria Anim. 2015;72(2):148–54.
43. Blank JT, Helena ET de S, Damasceno NRT, Santos RD, Markus MRP, Azevedo LC de. Consumo de carnes por adultos e idosos de uma cidade de colonização alemã do sul do Brasil: estudo de base populacional. Ciênc saúde coletiva [Internet]. 2023Jan;28(1):243–55. Available from: https://doi.org/10.1590/1413-81232023281.01932022

Capítulo 35

DOI: 10.53934/agronfy-2025-05-35

AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DE MISTURA COM USO DE MICROTRACER

Nathaly Soares Rodrigues; Wanessa Keller Leão Borges; Maria Clara Costa da Silva; Dhovane Oliveira Araújo; Carlos Eduardo Avelino Cabral*; Camila Fernandes Domingues Duarte; Carla Heloisa Avelino Cabral

**Autor correspondente (Corresponding author) – Email: carlos.cabral@ufr.edu.br*

Resumo: A qualidade dos produtos destinados à alimentação animal é fundamental para garantir o desempenho adequado dos animais, e para isso é necessário que os produtos apresentem uma composição homogênea. O processo de mistura, essencial para a uniformidade da composição, deve ser avaliado utilizando indicadores, como os microtracers, partículas de ferro recobertas com corantes alimentícios, não tóxicas e facilmente detectáveis. O objetivo deste estudo foi avaliar a qualidade de mistura e a contaminação cruzada em um misturador horizontal operando por 60 segundos na produção de suplemento mineral para bovinos de corte. O experimento foi realizado em uma indústria de alimentação animal localizada em Rondonópolis-MT, em 11 de setembro de 2018. Para a avaliação, foi utilizado o Microtracer F-Red como indicador, com 10 amostras coletadas por batida, em 5 batidas consecutivas do suplemento mineral. As 4 primeiras batidas receberam o indicador, enquanto a quinta foi isenta dele. A qualidade da mistura foi analisada com base no coeficiente de variação (CV%) e na taxa de recuperação (TR%) do indicador. A contaminação cruzada foi avaliada pela proporção de recuperação do indicador na quinta batida. Os resultados mostraram que, na primeira batida, a mistura foi homogênea (CV% de 9,34 e TR% de 104,85). Contudo, nas batidas 2 e 3, a mistura foi classificada como mediana (CV% = 12,26 e 11,96, respectivamente), e na batida 4, a mistura foi considerada não homogênea (CV% = 18,57). A análise da taxa de recuperação (TR%) indicou valores inadequados nas batidas 2 (62,16%), 3 (67,24%) e 4 (74,71%), demonstrando queda na eficiência da mistura ao longo do processo. A contaminação cruzada foi de 1,90%, valor abaixo do limite máximo de 4% estabelecido pela IFF (International Flavors & Fragrances), indicando uma quantidade tolerável de resíduo após a descarga do misturador. Com base nos resultados, conclui-se que o tempo de mistura de 60 segundos não é suficiente para garantir a homogeneidade do suplemento mineral. Recomenda-se aumentar o tempo de mistura e realizar verificações periódicas do desgaste e aterramento do misturador para evitar segregação de partículas.

Palavras-Chave: contaminação cruzada, homogeneidade, traçador.

INTRODUÇÃO

A alimentação animal representa um dos maiores custos na produção pecuária mundial, correspondendo a aproximadamente 70% a 80% do custo total, sendo que os concentrados constituem a principal parcela desse valor, desempenhando um papel essencial no atendimento às demandas nutricionais dos rebanhos (1,2).

O aprimoramento genético dos animais ao longo dos anos tem possibilitado ganhos significativos em produtividade, resultando, contudo, em exigências nutricionais mais rigorosas. Esse cenário impulsionou a expansão e a modernização do setor de produção de rações no Brasil, visando maior eficiência no balanceamento das dietas. Entretanto, apesar do avanço das indústrias de nutrição animal, ainda persistem desafios, especialmente relacionados à uniformidade da composição das rações e à sua real absorção pelos animais.

Os nutricionistas frequentemente lidam com três diferentes composições de ração ao longo do processo produtivo: (i) a ração calculada (formulada com base em exigências nutricionais), (ii) a ração efetivamente produzida e ofertada aos animais e (iii) a ração realmente consumida, podendo haver variações significativas entre elas devido a fatores inerentes ao processamento e ao manejo alimentar.

A produção de rações segue um fluxo de operações interdependentes, incluindo recepção e armazenamento de matérias-primas, transporte, moagem, pesagem, mistura e distribuição do produto final. A conformidade e eficiência desse fluxo são regulamentadas por normativas técnicas, como a Instrução Normativa Nº 04 (3), que estabelece critérios higiênico-sanitários e boas práticas de fabricação para estabelecimentos do setor.

Entre as etapas críticas do processo, a mistura desempenha um papel fundamental na garantia da homogeneidade da ração, assegurando que os ingredientes sejam distribuídos uniformemente na formulação final (4). A eficiência dessa etapa depende de diversos fatores, incluindo o tipo de misturador utilizado (vertical de uma ou duas roscas, horizontal de pás ou helicoides), as características físico-químicas dos ingredientes e o tempo de mistura adequado.

A determinação do tempo ótimo de mistura baseia-se na avaliação da distribuição de um elemento traço chamado indicador, sendo os microtracers amplamente empregados para esse propósito. Essas partículas recobertas com corantes alimentícios possibilitam a quantificação da uniformidade da mistura e a identificação de potenciais problemas, como segregação de ingredientes ou acúmulo de partículas devido a fatores eletrostáticos.

Diante desse cenário, o presente estudo teve como objetivo avaliar a qualidade da mistura e a ocorrência de contaminação cruzada em um misturador horizontal operando por 60 segundos na produção de suplemento mineral para bovinos de corte.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi conduzido, uma indústria especializada na fabricação de rações, concentrados e suplementos para animais, localizada no município de Rondonópolis - MT. A indústria conta com duas linhas de produção independentes: 1) Linha branca: destinada à produção de suplemento mineral, premix e núcleo; 2) Linha farelados: voltada para a fabricação de rações, concentrados, suplemento mineral proteico e suplemento mineral proteico energético.

O ciclo de produção é automatizado, sendo o acionamento dos equipamentos realizado por meio do software SisProd® (Sistema de Formulação e Controle de Produção – versão 3.0.0126). O produto avaliado foi um Suplemento Mineral de Pronto Uso para Bovinos de Corte, conforme classificação dada pelo Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (MAPA) na Instrução Normativa Nº12 (5). O produto avaliado foi um Suplemento Mineral de Pronto Uso para Bovinos de Corte, classificado conforme

a Instrução Normativa Nº 12 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) (5). Sua formulação inclui calcário calcítico, fosfato bicálcico, enxofre ventilado, sulfato de cobre, sulfato de cobalto, óxido de magnésio, cloreto de sódio (sal comum), iodato de cálcio, sulfato de manganês, selenito de sódio, fosfato bicálcico, sulfato de zinco, salinomicina (Posistac®) e cromo orgânico, com níveis de garantia apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Níveis de garantia do Suplemento Mineral de Pronto Uso para Bovinos de Corte.

Nutriente	Valor	Teor	Unidade
Cálcio	Mínimo	80	g/kg
Cálcio	Máximo	125	g/kg
Enxofre	Mínimo	25	g/kg
Fosforo	Mínimo	60	g/kg
Cobre	Mínimo	1200	mg/kg
Cobalto	Mínimo	120	mg/kg
Magnésio	Mínimo	8000	mg/kg
Sódio	Mínimo	110	g/kg
Iodo	Mínimo	1000	mg/kg
Manganês	Mínimo	600	mg/kg
Selênio	Mínimo	12	mg/kg
Flúor	Máximo	76	mg/kg
Zinco	Mínimo	5000	mg/kg
Salinomicina	Mínimo	1000	mg/kg
Cromo	Mínimo	20	mg/kg

O processo de mistura é composto pelas etapas de carregamento, mistura e descarga, sendo o tempo de mistura correspondente à etapa de mistura. As etapas de carregamento e descarga do misturador ocorrem em 30 segundos e 150 segundos, respectivamente. O misturador utilizado foi tipo horizontal com eixo único e pás, com capacidade e tempo de mistura de 1290 kg e 60 segundos. Esse tempo foi adotado conforme a logística da empresa.

Para a avaliação da qualidade de mistura e contaminação cruzada, utilizou-se como indicador o Microtracer F-RED. Foram coletadas 10 amostras por batida totalizando 5 (cinco) batidas do suplemento mineral e um total de 50 amostras. As batidas foram identificadas sequencialmente como 01, 02, 03, 04 e 05.

O Microtracer F-RED foi adicionado nas batidas 01, 02, 03 e 04, após o carregamento do misturador, na proporção de 50 gramas por tonelada de suplemento mineral. Para inclusão do indicador, inicialmente realizou-se a pré-mistura com calcário calcítico. Posteriormente, esta pré-mistura foi adicionada ao misturador juntamente com a adição do premix, no momento de carregamento do misturador.

As amostras foram coletadas na saída do misturador, no momento da descarga, em intervalos regulares de 15 segundos. Cada amostras, com aproximadamente 100g foram identificadas com o número da batida e da amostra e, posteriormente, enviadas para o laboratório. Na batida 05 não houve adição do indicador, entretanto obedeceu-se aos mesmos critérios de coleta, identificação e envio das amostras.

A análise laboratorial da concentração do Microtracer F-RED foi realizada conforme as indicações da Microtracers Inc. (2013) com o uso de Detector Rotatório (6). Foram pesadas 80 gramas de cada amostra, que foram individualmente adicionadas ao Detector Rotatório (Rotary Detector), juntamente com um papel filtro Whatman nº 1, círculos de 7 cm com furos de 1/8" no centro, para capturar as partículas de ferro presentes nas amostras.

Em seguida retirou-se o papel filtro pequeno com o material magnético isolado pelo aparelho e transferiu-se para uma placa dourada de alumínio. Após isso, o material passou pelo desmagnetizador, e promovendo a transferência das partículas para um filtro Whatman n.º 1 de 15 cm.

No papel filtro de maior gramatura, foi borrifada uma solução alcoólica (70% etanol) para revelar a coloração das partículas. Após a revelação, o filtro foi colocado em uma estufa para secagem e posteriormente, realizou-se a contagem dos pontos de partículas que apareceram no filtro. maior. Esse procedimento foi repetido para as 50 amostras.

Para a avaliação da qualidade de mistura utilizou-se o coeficiente de variação e a taxa de recuperação calculados a partir da contagem do número de partículas do indicador nas batidas 01, 02, 03 e 04.

O coeficiente de variação (CV%) foi calculado pela seguinte fórmula:

$$CV\% = [(S/ \bar{M}) \times 100]$$

Onde: S: Desvio Padrão; $\bar{M}$: Média dos valores obtidos na amostra.

A taxa de recuperação (TR%) foi obtida pela fórmula:

$$TR\% = [(\bar{M} \text{ experimental} / \bar{M} \text{ teórica}) \times 100]$$

Onde: $\bar{M}$ experimental = Média dos valores analisados; $\bar{M}$ teórica = relação entre amostra processada em laboratório (80 g) e concentração de partículas do indicador (1g de Microtracer F-RED possui em média 25000 partículas).

A verificação de contaminação cruzada ocorreu na quinta batida, pois nesta não houve a inclusão de Microtracer F-RED e utilizou-se a estimativa como segue:

Contaminação Cruzada = ((NPI) ÷ NA) ÷ NPIE) ÷100

Onde: NPI = Número de pontos de indicador no total de amostras coletadas; NA = número de amostras coletadas na batida sem adição do indicador; NPIE = Número de pontos de indicador esperado quando este foi adicionado na proporção de 50g/ton.

De acordo com Herman e Behnke (1994), a avaliação da homogeneidade da mistura foi baseada no coeficiente de variação, sendo que valores inferiores a 10% indicam uma mistura homogênea, enquanto valores entre 10,1% e 15% indicam uma mistura de homogeneidade mediana, e valores superiores a 15,1% indicam uma mistura não homogênea. Para a análise da taxa de recuperação, os valores esperados devem estar entre 80% e 120%. Em relação à contaminação cruzada, foi adotado um limite máximo de 4%, conforme os padrões estabelecidos pela IFF - International Flavors & Fragrances.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O uso do Microtracer F-RED para avaliação da qualidade de mistura para suplemento mineral produzido em misturador horizontal com eixo único e pás com tempo

de mistura de 60 segundos demonstrou que apenas na primeira batida houve homogeneidade da mistura, os valores de CV% de 9,34 e TR% de 104,85 (Tabela 2).

Tabela 2. Qualidade de mistura com o uso do marcador Microtracer F-RED.

Variáveis	Batidas			
	1	2	3	4
Coeficiente de variação	9,34%	12,26%	11,96%	18,57%
Taxa de recuperação	104,85%	62,16%	67,24%	74,71%

O suplemento mineral utilizado neste estudo contém ingredientes com características geométricas e granulométricas semelhantes. Assim, a falta de homogeneidade na mistura pode ser atribuída, principalmente, à formação de cargas eletrostáticas e à higroscopicidade dos ingredientes.

Em relação às propriedades eletrostáticas das partículas, durante o processo de mistura, as partículas tendem a se carregar estaticamente devido às colisões entre si ou com as paredes e pás do misturador. Segundo Oliveira et al. (2012) (8), as partículas finas são mais propensas a acumular cargas eletrostáticas, uma vez que possuem maior área superficial de contato, o que facilita o acúmulo de carga. Essas partículas carregadas podem aderir às partes metálicas do equipamento, como as pás e as paredes do misturador, comprometendo a eficiência do processo. O aterramento adequado dos equipamentos, especialmente do misturador, é essencial para o controle da qualidade da mistura, uma vez que as cargas eletrostáticas podem ocasionar a segregação das partículas.

A higroscopicidade é outro fator relevante durante o processo de mistura, uma vez que ela pode alterar as propriedades físicas das partículas. Esse fenômeno resulta na aglomeração das partículas em grumos, reduzindo o número de partículas finas e aumentando o tamanho médio das partículas. Como consequência, a capacidade de mistura é prejudicada, comprometendo a homogeneidade e a qualidade do produto final.

A manutenção preventiva dos equipamentos é fundamental (9), e sua ausência pode resultar em perdas de material por vazamento, falta de homogeneidade devido ao desgaste das pás ou tempo de mistura inadequado por falhas no motor. O resíduo após a descarga do misturador deve ser, no máximo, 0,2% da capacidade do equipamento. O desgaste das pás, helicoides ou do corpo do misturador pode dificultar o atingimento desse parâmetro, além de vazamentos na comporta, que devem ser verificados diariamente.

Partículas de alta densidade, como minerais, têm maior tendência a se acumular na base do misturador. Ingredientes como vitaminas e antibióticos, por sua vez, podem apresentar certa capacidade estática quando em contato com as paredes do misturador, podendo ficar aderidos a elas. No presente estudo, não foi observado excesso de resíduo após a descarga do misturador, como evidenciado pelo valor de 1,90% de contaminação cruzada. Também não foi identificado desgaste nas pás, no entanto, foi registrado vazamento no misturador, o que pode explicar parcialmente a baixa taxa de recuperação.

O tempo de mistura adequado é crucial para garantir a qualidade da mistura e do produto final. O tempo ótimo de mistura deve ser ajustado conforme o tipo e modelo do misturador utilizado no processo de produção da ração. Para misturadores verticais, o tempo recomendado varia entre 12 e 15 minutos, enquanto para misturadores horizontais, o tempo ideal é de 3 a 5 minutos após a adição de todos os ingredientes (9). No presente estudo, utilizou-se um misturador horizontal de eixo único e pás, com um tempo de mistura de 60 segundos, conforme as práticas industriais.

Os coeficientes de variação observados nas batidas 01, 02 e 03 indicam a necessidade de realizar novos testes de mistura com maior duração. O uso de tempos de mistura adequados, conforme as recomendações do fabricante do misturador, pode reduzir o custo por quilograma de ração produzida e aumentar a eficiência do sistema (10).

Quanto à contaminação cruzada, Toso (2003) (11) sugere duas abordagens para evitá-la, a primeira consiste em adotar uma sequência adequada de mistura para evitar a contaminação mútua entre os produtos, e a segunda, envolve a realização de limpeza química nos equipamentos e na linha de produção, o que, por sua vez, exige um tempo adicional para a preparação e troca de produção.

A realização de testes de homogeneidade de mistura nas indústrias de ração é essencial para assegurar a uniformidade na distribuição de ingredientes e aditivos, garantindo a qualidade e segurança dos produtos destinados à alimentação animal. Conforme estabelecido pela Portaria SDA nº 798, de 10 de maio de 2023 (12), que aprova o Regulamento Técnico sobre os Procedimentos para a Fabricação e o Emprego de Produtos Destinados à Alimentação Animal com Medicamento de Uso Veterinário, é imprescindível que os estabelecimentos fabricantes de rações implementem práticas que assegurem a qualidade do produto final, incluindo a realização de testes de homogeneidade de mistura.

CONCLUSÕES

O tempo de 60 segundos no misturador horizontal não garantiu a homogeneidade adequada da mistura do suplemento mineral, evidenciando a necessidade de aumentar o tempo de mistura e monitorar o desgaste das pás e o aterramento do equipamento. A contaminação cruzada, com índice de 1,90%, foi considerada aceitável, estando abaixo do limite de 4% estabelecido pela IFF, mas recomenda-se avaliações periódicas para garantir a segurança do processo.

Este estudo reforça a importância da otimização dos parâmetros de mistura, da manutenção preventiva e do controle de qualidade rigoroso para garantir a eficiência e segurança do suplemento mineral.

REFERÊNCIAS

1. CABRAL, C. P. Tecnologia mais limpa para produção de mel seco de cana e sua inclusão em rações de frango de corte. 2006. 113p. Tese (Doutorado em Engenharia Química) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Rio Grande do Norte.
2. CARVALHO, F. de M.; FIUZA, M. A.; LOPES, M. A. Determinação de custos como ação de competitividade: estudo de um caso na avicultura de corte. In: Ciência Agrotécnica, v. 32, n. 3, p. 908-913, 2008.
3. BRASIL. Ministério da Agricultura. Instrução Normativa N.º 04, de 23 de fevereiro de 2007. Regulamento técnico sobre as condições higiênico-sanitárias e de boas práticas de fabricação para estabelecimentos fabricantes de produtos destinados à alimentação animal e o roteiro de inspeção. Diário Oficial da União, Brasília, DF. 05 de março de 2007. Seção 01, páginas 1-17.
4. COUTO, H. P. Fabricação de Rações e Suplementos para Animais: gerenciamento e tecnologias. Viçosa, MG: CPT, 2008. 263p.
5. BRASIL. Ministério da Agricultura. Instrução Normativa N.º 12, de 30 de novembro de 2004. Regulamento técnico sobre fixação de parâmetros e das

características mínimas dos suplementos destinados a bovinos. Diário Oficial da União, Brasília, DF. 02 de dezembro de 2004. Seção 01, páginas 1-8.
6. MICROTRACERS INC. (A-2) Detector Rotatorio – Microtracer. Disponível em: < http://microtracers.wpengine.com/wp-content/uploads/2017/05/A-2-Detector-Rotatorio8-6-13-ZE.pdf>. Acesso em: 14 ago 2019.
7. BRITO, M. N.; JUNIOR, A. P. O.; POLESE, L.; SANTOS, R. C. T.; RIBEIRO, L. M. Avaliação da exatidão e da precisão de métodos de análise de resíduos de pesticidas mediante ensaios de recuperação. Pesticidas: R. Ecotoxicol. e Meio Ambiente, Curitiba, v. 12, p. 155-168, 2002.
8. OLIVEIRA, R.; NOVAES, A. S.; SOUZA, A. C. B.; SALLES, M. A. M.; SANTO, G. F. E. JUNIOR PINTO, D. M. Processo de produção de ração: um estudo de caso na ração São Gotardo. In: Trabalho apresentado no IX Convibra Administração – Anais... Congresso Virtual Brasileiro de Administração, 2012.
9. TEIXEIRA, M. M.; RIZZO, R. L.; DETMANN, E.; GOMES, R. M.; SASSAKI, R. S. Avaliação da qualidade da mistura de ração em misturador horizontal considerando a homogeneidade dos ingredientes. Enciclopédia biosfera, 2012.
10. MELLO, R. C. A.; PUPA, J. M. R.; HANNAS, M. I. Mistura de rações: um ponto chave no sistema de produção animal. In: Revista Allnutri, Viçosa, v. 3, n. 1, p. 1-4, 2003.
11. TOSO, V. A. E. Otimização do problema integrado de dimensionamento e sequenciamento de lotes: estudo de caso na indústria de rações. Universidade Federal de São Carlos, dissertação de mestrado. 2003.
12. BRASIL. Portaria SDA nº 798, de 10 de maio de 2023. Aprova o Regulamento Técnico sobre os Procedimentos para a Fabricação e o Emprego de Produtos Destinados à Alimentação Animal com Medicamento de Uso Veterinário. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 10 maio 2023. Disponível em: https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=445358. Acesso em: 15 fev. 2025.

Capítulo 36

DOI: 10.53934/agronfy-2025-05-36

ÁREA DE OCUPAÇÃO E A ALTURA DE PRÉ-PASTEJO DO CAPIM BRS TAMANI

Anna Cláudia Cardoso Paimel; Luiz Felipe Borges Montalvão; Jaredlamec Pereira dos Santos; Paula Eduarda de Lima Gazzola; Carla Heloisa Avelino Cabral; Camila Fernandes Domingues Duarte; Carlos Eduardo Avelino Cabral*

**Autor correspondente (Corresponding author) – Email: carlos.cabral@ufr.edu.br*

Resumo: A lotação rotativa exige reposição adequada de nutrientes, especialmente nitrogênio, além do correto dimensionamento do sistema, considerando a área de ocupação e as alturas de controle do pastejo. O experimento foi conduzido na Universidade Federal de Rondonópolis, entre outubro 2019 a abril de 2021, em delineamento de blocos casualizados, com cinco tratamentos (doses de nitrogênio: 0, 40, 80, 120 e 160 kg/ha) e sete repetições. Foram realizadas medições semanais da altura do dossel forrageiro e da interceptação luminosa de *Panicum maximum* cv. BRS Tamani, enquanto a colheita da forragem ocorreu quando o dossel atingiu 95% da interceptação da radiação fotossinteticamente ativa. A análise estatística foi conduzida por regressão, considerando um nível de significância de 5%. Os resultados indicaram que o aumento das doses de nitrogênio reduziu a área de ocupação, elevando a capacidade de suporte da pastagem. A altura do dossel que corresponde a 95% de interceptação luminosa foi de 50 cm. Na ausência de adubação nitrogenada, o dossel não atingiu 95% da radiação fotossinteticamente ativa, devido à redução no perfilhamento e no tamanho das folhas. Conclui-se que a adubação nitrogenada influencia diretamente a área de ocupação e a produtividade do *Panicum maximum* cv. BRS Tamani, sendo recomendado um manejo com altura de pré-pastejo de 50 cm para otimizar a eficiência da pastagem.

Palavras chaves: altura de entrada; interceptação luminosa; lotação intermitente; lotação rotativa; adubação nitrogenada

INTRODUÇÃO

A lotação rotativa pode trazer vantagens ao produtor, pois aumenta a eficiência de colheita de pasto pelos animais e torna o dossel forrageiro mais uniforme, resultando na diminuição das perdas de pasto (1). Em contrapartida, torna-se necessário investimento na divisão em piquetes, além disso, aumenta-se a diferença de produção entre a seca e o período chuvoso, o que exige maior cuidado no preparo para a seca. Além disso, o uso de fertilizantes é crucial para garantir a rápida rebrota da forrageira, demandando adequação no manejo dos períodos de ocupação.

Em sistemas com baixo uso de fertilizantes e baixas taxas de acúmulo de forragem e de lotação baixas, o período de ocupação pode ser maior. Conforme aumenta o uso de fertilizantes, elevam-se as taxas de acúmulo de forragem e de lotação, reduzindo o período

de ocupação, pois há uma maior chance de os animais consumirem a rebrota do pasto (2). Para obter bons resultados, é importante o rigoroso manejo do dossel forrageiro considerando a altura.

O manejo do pastejo por altura, especialmente a altura de entrada, é uma prática fundamental, pois influencia diretamente a qualidade da forragem, a rebrota da planta e a capacidade de suporte da pastagem. Pastos em subpastejo apresentam colmos maiores e mais espessos, tornando a planta menos nutritiva. Observa-se também um maior número de folhas senescentes e uma maior probabilidade de decapitação do meristema apical, responsável pela formação de novas folhas. Este problema torna-se mais grave com o uso de capins de hábito ereto ou cespitosos, como os cultivares de *Panicum maximum*.

Apesar dos cultivares de *Panicum maximum* apresentarem excelentes características agronômicas, eles exigem alta fertilidade e têm baixa tolerância a solos acidificados, quando comparados às braquiárias (3). Esses cultivares apresentam menor flexibilidade ao pastejo em comparação com gramíneas do gênero *Brachiaria*, sendo altamente rigorosos no manejo de pastejo (4). No entanto, os cultivares de *Panicum maximum* de porte baixo possuem menos problemas relacionados ao manejo do pastejo.

O manejo do pastejo tem tido uma importância significativa para práticas adequadas de manejo, resultando em incrementos consideráveis na produção e na produtividade animal. Dentre os métodos de pastejo existentes, o pastejo em lotação rotativa é uma das mais e utilizadas devido à sua maior facilidade de condução e controle no processo de pastejo (5). Por outro lado, o pastejo em lotação contínua resulta em alta variabilidade da vegetação, sendo comum que ocorra desuniformidade no pastejo devido à maior oportunidade de os animais expressarem seu comportamento seletivo (6).

Vale ressaltar que devido à maior eficiência na utilização da forragem e ao aumento de exportação de nutrientes a lotação intermitente necessita de um manejo de adubação de manutenção para que se possa ter uma maior longevidade da pastagem. Embora se tenha um maior controle sobre a intensidade e a frequência do pastejo o que favorece a uniformidade desse processo, a lotação intermitente demanda de mais piquetes, cercas e bebedouros, o que acareta um maior custo operacional e econômico (7).

A medição da altura das pastagens é o parâmetro mais utilizado e recomendado para se fazer o manejo do pastejo. Existe diferença na altura de entrada e saída para as diferentes espécies forrageiras, determinada por meio de experimentação. É possível determinar a altura das pastagens por meio do comportamento dos animais e por meio da taxa de lotação (8). Outra forma de se fazer a medição da altura da pastagem é por meio da Interceptação Luminosa que quando atinge 95% de interceptação coincide com a altura ideal para a entrada dos animais (9).

Para que se possa medir a Interceptação Luminosa, utiliza-se um aparelho chamado ceptômetro, tendo o modelo ACCUPAR como o mais conhecido. Ele é utilizado para determinar a interceptação de luz, medindo a interceptação fracionária e o coeficiente da cultura, ele utiliza medições de radiação e outros parâmetros para calcular precisamente o Índice de Área Foliar (IAF) (10).

O capim-tamani foi um híbrido lançado em 2015 pela EMBRAPA com apoio da Associação para Fomento à Pesquisa de Melhoramento de Forrageiras (UNIPASTO). Este capim origina-se do cruzamento entre uma planta sexual S12 e o acesso apomítico T60 (BRA-007234). É um cultivar considerado de crescimento cespitoso e ~~com~~ porte baixo, com alta emissão de lâminas foliares e alto valor nutritivo, além de apresentar

colmos finos e sem cerosidade, boa produtividade e vigor, e ~~possui~~ resistência moderada a cigarrinhas das pastagens. Algumas características que podem ser atribuídas ao capim-tamani é a baixa tolerância ao encharcamento do solo e uma maior persistência a condições de baixas temperaturas quando comparado aos cultivares Massai e Tanzânia, sendo semelhante ao capim-mombaça (11).

A adoção de práticas de manejo como altura de pré e pós-pastejo junto com a adubação nitrogenada pode fazer gerar com que se tenha resultados positivos na produção (kg MS ha-1). Entretanto, quando realizada de forma inadequada, o uso da adubação nitrogenada quando realizada com um manejo inadequado das pastagens pode causar sérios problemas como, crescimento excessivo e desequilibrado fazendo com que o capim tenha um aumento no seu teor de lignina que é menos digestível e palatável aos animais, quando realizada de forma inadequada, a adubação nitrogenada pode causar sérios problemas, como crescimento excessivo e desequilibrado, levando a um aumento do teor de lignina, que é menos digestível e palatável para os animais. Além disso, pode ocorrer perda da qualidade da forragem pois o excesso de nitrogênio na planta pode resultar em forragem com menor teor de fibra e maior teor de água tornando-a menos palatável e nutritiva, além de causar acidificação do solo.

Diante dessas características, o capim BRS Tamani (Panicum maximum BRS Tamani) se destaca por seu porte baixo, abundância de folhas e perfilhos, alta produtividade, valor nutritivo, resistência à cigarrinha-das-pastagens e facilidade de manejo. Assim, objetivou-se identificar a área de ocupação e a altura de pré-pastejo para o capim BRS Tamani, visando aprimorar o manejo dessa forrageira em sistemas de produção animal.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado na Universidade Federal de Rondonópolis, em delineamento de blocos casualizados, com cinco tratamentos e sete repetições. Os tratamentos consistiram em doses de nitrogênio após cada desfolha do capim BRS Tamani: 0, 40, 80, 120 e 160 kg/ha.

As parcelas experimentais tiveram 16 m² com o capim BRS Tamani (*Panicum maximum* cv. BRS Tamani. sin. Megathyrsus *maximus* cv. BRS Tamani). As amostras de solo serão retiradas para a caracterização química e granulométrica do solo. Para a amostragem serão retiradas duas amostras de solo por parcela experimental, na profundidade de 0-10 cm, utilizando-se trato holandês. Estas amostras simples foram homogeneizadas, por tratamento, em uma única amostra composta, na qual foram estimados os teores de macronutrientes e a granulometria do solo.

Com base na análise de solo, em outubro, com o início das chuvas constantes, foi realizada a adubação de manutenção e o corte de uniformização do capim, com altura de resíduo de 25 cm. Em seguida, foi realizada a adubação nitrogenada nas doses estabelecidas, utilizando nitrato de amônio (29% N).

De outubro a abril, duas vezes por semana foi realizada a mensuração da altura do dossel forrageiro e a interceptação luminosa. A altura foi medida em quatro pontos por parcela experimental, utilizando-se régua graduada e a interceptação luminosa foi mensurada em seis pontos, por meio do equipamento AccuPAR LP-80 Decagon. Quando o dossel forrageiro de um tratamento, em média, interceptar 95% da luz incidente, foram

realizadas as avaliações de produção e composição morfológica do pasto. Em seguida, todas as forrageiras foram cortadas a 25 cm utilizando-se roçadeira costal.

Após cada corte das forrageiras, foi realizada a adubação nitrogenada conforme o tratamento estabelecido. O mesmo procedimento foi repetido todas as vezes que o dossel atingiu a altura de pré-pastejo. Assim, por meio da mensuração de altura e interceptação luminosa, determinar o momento que o dossel forrageiro intercepta 95% de luz, que corresponde à altura de pré-pastejo. A partir dos dados de massa de forragem, a área de ocupação (m^2 UA^{-1} dia^{-1}) foi estimada conforme a metodologia adaptada de Martha Júnior et al. (2003).

A análise estatística foi composta pelo teste de F para identificação dos modelos de regressão e teste de t para a significância dos componentes dos modelos de regressão, ambos a 5% de probabilidade de erro.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foi constatado que a área de ocupação teve um declínio à medida que foi aumentando as doses de nitrogênio (Figura 1), no experimento quando foi aumentando as doses de nitrogênio a área de ocupação teve o seu tamanho reduzido.

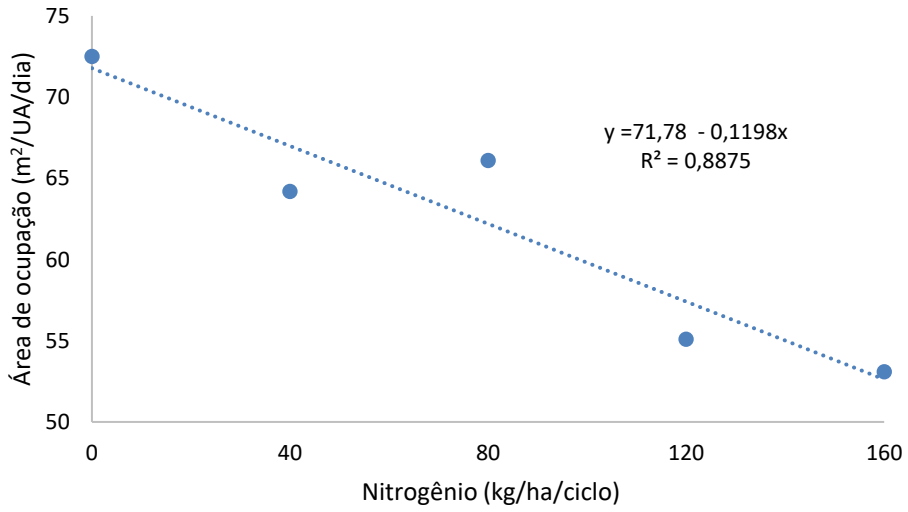


Figura 9 - Área de ocupação do BRS Tamani submetido a doses de nitrogênio.

Quanto maior a quantidade de nitrogênio aplicada, maior a capacidade de suporte, pois uma menor área para a alimentação de um animal, uma vez que na ausência de adubação é necessário 88,75% para alimentar uma unidade animal. Isso ocorre porque o nitrogênio proporciona aumento no acúmulo de massa de forragem, bem como na taxa de lotação (12). A adubação nitrogenada no capim marandu fez com que se tivesse um aumento na taxa de lotação e ganho de peso corporal dos animais (13).

Quando a altura do dossel forrageiro de capim Tamani atingiu a 95% de interceptação luminosa foi de 50 cm (Figura 2). De modo similar a este trabalho observou a altura de pré-pastejo do BRS Tamani de 50,43 cm (9). No capim Massai conclui-se que a altura média de pré-pastejo foi de 35,7 cm quando manejados com uma alta intensidade

de pastejo e 35,4 cm quando manejos com uma baixa intensidade de pastejo (14). De forma semelhante, foi observado que, no capim massai manejado sob lotação rotativa, a altura de 35 cm apresentou uma maior produção de matéria seca total e lâmina foliar (15).

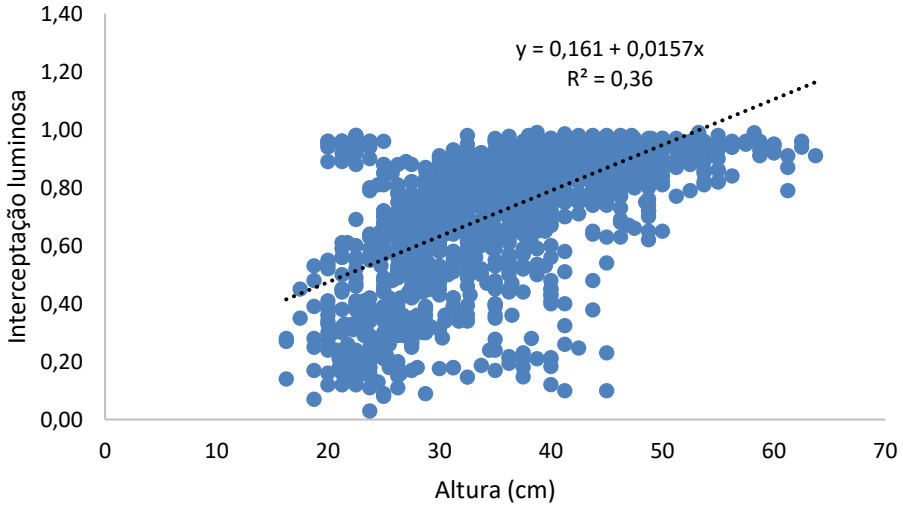


Figura 10 - Relação entre a altura e a interceptação luminosa do capim Tamani adubado com nitrogênio.

Não se deve manejar o capim Tamani em altura superior a que 50 cm, pois acima desse limite, observa-se aumento de senescência, resultando na redução da taxa de bocados (16). Além disso, ocorre aumento na proporção de colmo, que resulta em redução no valor nutritivo, aumento no tempo de pastejo e redução no desempenho animal (17).

Na ausência de adubação nitrogenada o dossel forrageiro não interceptou 95% da radiação fotossintética, de modo que na altura de 50 cm verificou-se 66,7% de interceptação. Essa alteração na interceptação de luz ocorre porque a ausência de nitrogênio reduz o perfilhamento (18) e o tamanho das folhas (19), o que acarreta impacto no processo de degradação, uma vez que favorece o desenvolvimento de plantas invasoras.

CONCLUSÕES

Com base nos dados apresentados, conclui-se que a adubação nitrogenada influencia diretamente a área de ocupação do capim BRS Tamani. Observou-se que, à medida que as doses de nitrogênio aumentam, a área de ocupação diminui, resultando em maior eficiência no uso da pastagem. Esse efeito contribui para o aumento da capacidade de suporte da pastagem, permitindo um melhor aproveitamento da forragem. Além disso, determinou-se que a altura ideal de pré-pastejo para o BRS Tamani é de 50 cm, garantindo um manejo mais eficiente e produtivo.

REFERÊNCIAS

1. Taura, quais são as principais vantagens do pastejo rotacionado? 12 de fevereiro de 2019. Disponível em: < https://blog.grupotaura.com/quais-sao-asprincipais-vantagens-do-pastejo-rotacionado-2/>. Acesso em, :12 de ago de 2024.
2. Embrapa - BRS Tamani, forrageira híbrida de Panicum maximum. Embrapa Gado de Corte. 2015. Disponível em https://www.embrapa.br/busca-de-pulicacoes/-/publicacao/1011507/brs-tamani-forrageira-hibrida-de-panicum-maximum. Acesso em: 29 Jun. 2024
3. Silva VR. Uma Proposta para Automatização do Monitoramento da Interceptação Luminosa em Pastagens Utilizando uma Rede de Sensores sem Fio de Baixo Custo. Dissertação (mestrado), Programa de Pós-Graduação do Instituto de Informática, Universidade Federal de Goiás, 2014.
4. Pedreira BC, Pedreira CGS.; Da silva SC. Estrutura do dossel e acúmulo de forragem de *Brachiaria brizantha* cultivar Xaraés em resposta a estratégias de pastejo. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.42, n.2, p.281-287, 2007.
5.Silva SC. Fundamentos para o manejo do pastejo de plantas forrageiras dos gêneros Brachiaria e Panicum. Simpósio sobre manejo estratégico da pastagem, v. 2, p. 347-385, 2004.
6. Santos MER. O controle do pasto engorda o gado: manejo do pasto em lotações contínuas e intermitentes. Uberlândia, MG. Ed. do Autor, p. 328. 2023.
7. Braga GJ, Ramos AKB.; Maciel GA, Fernandes, FD, Carvalho MA.; Fonseca. CEL. Métodos de Pastejo e Estimativas para o Ajuste do Número de Bovinos na Pastagem. Planaltina. EMBRAPA. 2020.
8. Flores RS. Desempenho animal, produção de forragem e características estruturais dos capins marandu e xaraés submetidos a intensidades de pastejo. Revista brasileira de Zootecnia, v. 37, p. 1355-1365, 2008.
9. Silva SC. Fundamentos para o manejo do pastejo de plantas forrageiras dos gêneros brachiaria e panicum. simpósio sobre manejo estratégico da pastagem, v. 2, p. 347-385, 2004.
10.Menegatti D. ACCUPAR – Medidor de IAF. Disponível em: https://metergroup.com.br/agraria/produtos/accupar/. Acesso em: 29 Jun. 2024
11. Pereira AV, Paciullo DSC, Gomide CAM, Lédo FJS. Catálogo de forrageiras recomendados pela embrapa. Brasília, Embrapa, 2016
12. Gimenes FMA. Ganho de peso e produtividade animal em capim-marandu sob pastejo rotativo e adubação nitrogenada. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v. 46, p. 751-759, 2011.
13. Marinho, IR. Produção de forragem e comportamento ingestivo de ovelhas em pastejo de capim tamani em monocultivo e consórciado com leguminosas. 2023.
14. Tesk CRM. Indicadores qualitativos e reservas orgânicas de *Panicum maximum* cvs. Quênia e Tamani, sob intensidades de pastejo. 2018.
15. Cardoso RR. Altura pré-pastejo para o capim massai sob lotação rotativa com ovinos no trópico úmido brasileiro no período chuvoso. 2018.
16. Palhano AL. Caraterísticas do processo de ingestão de forragem por novilhas holandesas em pastagens de capim-mombaça. Revista Brasileira de Zootecnia, v. 36, p. 1014-1021, 2007.
17. Gontijo neto MM Consumo e tempo diário de pastejo por novilhos Nelore em pastagem de capim-tanzânia sob diferentes ofertas de forragem. Revista Brasileira de Zootecnia, v. 35, p. 60-66, 2006.

18. Martuscello JA. Adubação nitrogenada em capim-massai: morfogênese e produção. Ciência Animal Brasileira, v. 16, p. 1-13, 2015.
19. Martuscello JA. Características morfogênicas e estruturais de capim-massai submetido a adubação nitrogenada e desfolhação. Revista brasileira de Zootecnia, v. 35, p. 665-671, 2006

Capítulo 37

DOI: 10.53934/agronfy-2025-05-37

ADUBAÇÃO FOSFATADA NA IMPLANTAÇÃO DE BRAQUIÁRIAS

Luis Carlos Oliveira Borges; Daiane Pereira Crepaldi; Gustavo Barbosa Alves Silva; Anna Cláudia Cardoso Paimel; Camila Fernandes Domingues Duarte; Carla Heloisa Avelino Cabral; Carlos Eduardo Avelino Cabral

Autor correspondente (Corresponding author) – Email: carlos.cabral@ufr.edu.br

Resumo: As braquiárias são gramíneas de baixa a média exigência em fertilidade do solo, mas a omissão de nutrientes, como o fósforo, pode comprometer seu estabelecimento. Este estudo teve como objetivo avaliar o impacto da ausência de fósforo no desenvolvimento de diferentes cultivares de braquiária e identificar aqueles mais tolerantes à escassez desse nutriente. O experimento foi conduzido em casa de vegetação, utilizando em delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial 2×4, com oito tratamentos e três repetições. Foram avaliados dois manejos de adubação de implantação (com e sem fósforo) e quatro cultivares de braquiária: três de *Brachiaria brizantha* (Marandu, Xaraés e Piatã) e um híbrido (*B. brizantha* × *B. ruziziensis*, cv. Ipyporã). A ausência de fósforo reduziu significativamente a altura das plantas, exceto no híbrido Ipyporã. Dessa forma, a ausência da adubação fosfatada comprometeu o estabelecimento de todas as braquiárias testadas embora o Ipyporã tenha apresentado crescimento mais lento em relação aos cultivares de *B. brizantha*.

Palavras–chave: *Brachiaria* spp.; estabelecimento da pastagem; adubação fosfatada

INTRODUÇÃO

A adubação é uma etapa fundamental na implantação de pastagens, especialmente em solos com baixo teor de nutrientes, onde a maior ênfase recai sobre a aplicação dos macronutrientes primários: nitrogênio, fósforo e potássio (NPK).

Todos estes nutrientes possuem sua devida importância na formação da forrageira e quando utilizados de maneira correta é possível alcançar maior produtividade das forrageiras (1). Como os solos brasileiros, em sua maioria, possuem baixos teores de nutrientes, o que inclui o fósforo, sendo que deficiência deste nutriente limita a produção de gramíneas forrageiras (2).

Devido a importância de fertilização do solo, o fósforo é um nutriente com elevada interação no solo (5) e, por isso, um dos macronutrientes de maior relevância na implantação da forrageira. Este nutriente influencia diretamente o sistema radicular dos capins, o que pode comprometer a absorção de outros nutrientes. Além disso, a escassez deste nutriente na implantação afeta o desenvolvimento da planta, levando a redução na massa de forragem, número de perfilhos, número de folhas e altura das gramíneas, entre as quais estão as braquiárias (6).

Os cultivares de braquiárias (*Brachiaria* spp.) ocupam mais de 70% das áreas de pastagens do Brasil (7), por ser um dos gêneros com maior tolerância a solos com baixa fertilidade e elevada acidez, como os Latossolos, que são os solos predominantes no cerrado. No entanto, quando cultivadas em solos pobres em nutrientes, essas forrageiras apresentam menor produtividade de massa, reduzindo a vida útil da pastagem e resultando em degradação, necessidade de reimplantações frequentes e custos elevados.

Dessa forma, a fertilização é essencial para garantir o adequado estabelecimento e a capacidade produtiva das forrageiras. Com base nisso, este experimento teve como objetivo avaliar o impacto da ausência de fósforo no estabelecimento de cultivares de braquiária e identificar quais apresentam maior tolerância à escassez desse nutriente.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na casa de vegetação da Universidade federal de Rondonópolis, de janeiro a fevereiro de 2021, durante 45 dias. Utilizou-se o delineamento inteiramente casualizado, com oito tratamentos, esquema fatorial 4x2 e quatro repetições. Foram testados quatro capins, sendo três cultivares de *B. brizantha* (Marandu, Xaraés e Piatã) e um híbrido de Brachiaria spp. cv. Ipyporã (cruzamento de *B. brizantha* e *B. ruziziensis*) e duas estratégias de adubação fosfatada de semeadura (com e sem fósforo).

Cada parcela experimental consistiu em vasos com capacidade de 5,0 dm^3 compostos por cinco plantas. O solo utilizado foi o Latossolo Vermelho, coletado na camada de 0-20 cm, após, peneirado, transferido para os vasos e realizado análise química e granulométrica (Tabela 1). A irrigação foi realizada diariamente, considerando a máxima capacidade de retenção de água no solo, mantendo os vasos com 80% de retenção de água, que foi determinado conforme Cabral et al. (8).

Tabela 1 - Caracterização química e granulométrica de Latossolo vermelho argiloso proveniente de Cerrado

pH	P	K	Ca+Mg	Al+H	CTC	V	m	M.O	Areia	Silte	Argila
$CaCl_2$	mg dm^3		cmolc dm^3			%		g kg^1			
4,9	4,4	171	4,3	3,0	7,7	60,7	0,0	24	515	110	375

CTC: capacidade de troca de cátions; M.O: matéria orgânica; V%: saturação por bases; m: saturação por alumínio.

No experimento, a adubação fosfatada foi realizada junto com a semeadura, sendo utilizada a dose de 300 mg P_2O_5 dm^{-3}, aplicada na forma de superfosfato simples. Logo semeou-se com 20 sementes por vaso e após 10 dias realizou-se o desbaste, mantendo as cinco plantas por vaso com melhor desenvolvimento. Após o desbaste, aplicou-se nitrogênio na forma de ureia com a dose de 100 mg dm^{-3}.

Trinta dias após o desbaste, foram mensurados a altura das plantas e o índice de clorofila, contabilizados o número de perfilhos e de folhas. A altura foi medida com régua graduada. O índice de clorofila foi avaliado três folhas expandidas por parcela experimental com clorofilômetro ótico portátil ClorofiLOG Falker® O número de perfilhos foram contabilizados em cada parcela experimental e o mesmo aos números de folhas presente acima da altura de resíduo. Realizou-se o corte da forrageira a 20cm do

solo (altura de resíduo) e a massa colhida foi armazenada em sacos de papel e submetidas à secagem em estufa de circulação de ar a 55±5ºC por 72 horas e, posteriormente, pesadas.

A redução na massa de forragem e número de perfilhos foi calculada conforme a equação:

Redução (%) = [(variável com P – variável sem P) / variável com P] x 100

O modelo estatístico adotado foi:

$y_{ijk} = \mu + C_i + A_j + C_i*A_j + \varepsilon_{ijk}$;

em que:
y_{ijk} = resposta esperada;
μ = média;
C_i = efeito do capim i;
A_j = efeito da adubação j
C_i*A_j = interação entre o capim i e a adubação j
ε_{ijk} = erro experimental associado ao capim i, adubação j e repetição k.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Observou interação significativa entre os capins e a adubação em todas as variáveis, exceto número de folhas e índice de clorofila (Tabela 2). O número de folhas foi influenciado somente pela adubação e o índice de clorofila por nenhum dos fatores testados (Tabela 2). Não houve efeito sobre o índice de clorofila porque neste pigmento não há presença de fósforo, uma vez que a fórmula molecular da "clorofila a" é dada por $C_{55}H_{72}O_5N_4$ Mg e difere da "clorofila b" pela presença de um grupo funcional aldeído ao invés de um grupo metila no átomo de carbono 7 (9). Pela presença de nitrogênio na molécula, é mais comum evidenciar estudos do efeito da adubação nitrogenada sobre o índice de clorofila (10, 11 e 12).

A omissão de fósforo no estabelecimento reduziu a altura de todos os capins, com exceção do capim-ipyporã (Tabela 3). Este efeito sobre o capim-ipyporã está associado ao lento estabelecimento, visto que houve redução no filocrono em 65%, enquanto os demais capins observou-se redução de apenas 38% (Figura 1). O estabelecimento lento é uma característica identificada em híbridos de *Brachiaria* (13 e 14).

Tabela 2 – Síntese da análise de variância com descrição dos efeitos isolados de capins e adubação, bem como a interação entre fatores

EPM = erro padrão da média

Variáveis	Capim	Adubação	Capim*Adubação	EPM
Altura	<0,0001	<0,0001	<0,0001	1,2162
Perfilhos	<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,6400
Folhas	0,4861	<0,0001	0,7090	5,5833
Massa de forragem	<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,7112
Filocrono	<0,0001	0,0009	0,0117	2,8587
Índice de clorofila	0,1113	0,7471	0,0995	0,8562

Tabela 3 - Altura, número de perfilhos, massa de forragem e filocrono de braquiárias implantadas na ausência e presença de fósforo

Médias seguidas de mesma letra maiúscula, na linha, e minúscula, na coluna, não diferem pelo teste de Tukey (p>0,05).

Tratamentos	Marandu	Xaraés	Piatã	Ipyporã
	Altura (cm)			
Sem P	26 bA	25 bA	20 bAB	16 aB
Com P	32 aB	49 aA	49 aA	19 aC
	Perfilhos (nº vaso^{-1})			
Sem P	8 bB	9 bB	10 bB	22 bA
Com P	23 aC	33 aB	31 aB	56 aA
	Massa de forragem (g vaso^{-1})			
Sem P	2,5 bA	2,3 bA	1,8 bA	1,1 bA
Com P	12,8 aB	25,6 aA	25,3 aA	6,3 aC
	Filocrono (dias)			
Sem P	10 aB	14 aB	15 aB	48 aA
Com P	7 bA	8 bA	9 bA	17 bA

A redução no filocrono do capim-ipyporã pode ser resultado do maior perfilhamento inicial (Tabela 3), que é uma característica da *U. ruziziensis*, que é uma das gramíneas utilizadas no desenvolvimento deste capim. Este híbrido surgiu do cruzamento da *Brachiaria ruziziensis* e *Brachiaria brizantha* e, por isso, possui ótimas características como resistência a cigarrinha, tolerância ao período seco, floração tardia, entretanto possui a característica de lento estabelecimento, o que interferiu na análise de comparação aos demais capins.

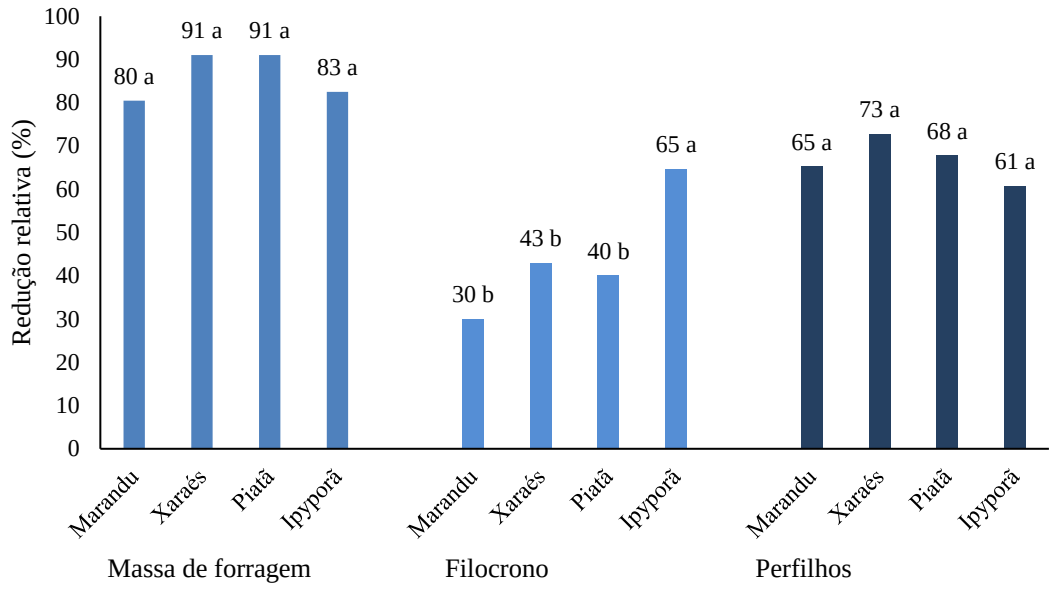


Figura 1 - Redução relativa na massa de forragem filocrono e número de perfilhos de braquiárias implantadas sem fósforo. Médias seguidas de mesma letra não diferem pelo teste Tukey (P>0,05).

Todos os capins implantados na ausência de fósforo apresentaram menor massa de forragem, número de perfilhos e maior filocrono (Tabela 3), visto que o fosforo é de extrema importância ao sistema radicular (15 e 16), o que impacta diretamente sobre a absorção dos nutrientes necessária no estabelecimento da forrageira (5). Assim, a ausência de fósforo reduziu a massa de forragem em 87%, devido ao menor número de folhas (Figura 2) e perfilhos (Tabela 3).

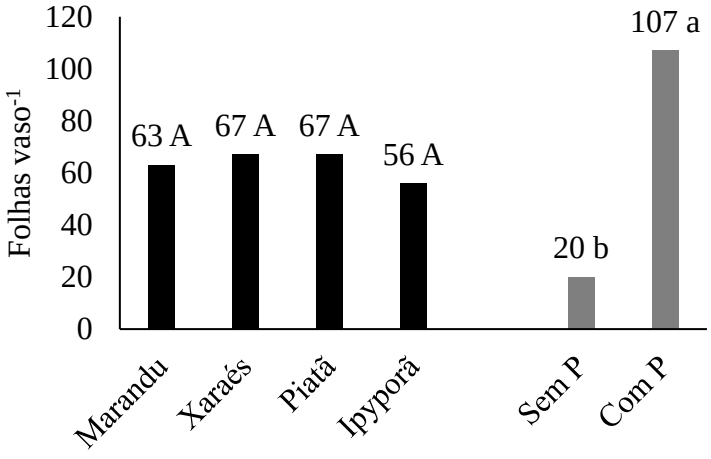


Figura 2 - Número de folhas de capins estabelecidos na presença e ausência de fósforo. Médias seguidas de mesma letra não diferem pelo teste Tukey (P>0,05).

O número de perfilhos impacta diretamente a massa de forragem, que está interligada a cobertura do solo, afetando à degradação da pastagem, inicialmente por invasoras, seguidas de compactação do solo e erosão. Essas reduções observadas na

ausência de fósforo ocorrem porque o teor de fósforo presente nos resíduos das culturas que antecedem a braquiária é baixo, resultando em uma quantidade de fósforo inferior que a exigência dessas forrageiras. Diante do exposto, entende-se que o fósforo exerce um fundamental papel na implantação de todas as forrageiras testadas, mesmo que sejam braquiárias conhecidas pela adaptação aos solos de baixa fertilidade.

CONCLUSÕES

A ausência de adubação fosfatada comprometeu significativamente o estabelecimento de todas as cultivares de braquiária testadas, evidenciando a importância do fósforo para o desenvolvimento adequado dessas forrageiras. Mesmo espécies adaptadas a solos de baixa fertilidade, como as braquiárias, mostraram-se dependentes desse nutriente para alcançar seu potencial produtivo. Portanto, a adubação fosfatada adequada é essencial para garantir pastagens vigorosas e produtivas.

REFERÊNCIAS

1. Parente JCC, Saboia JL, Silva DV. Benefícios da adubação em pastagens npk e produtividade bovina. Rev Mult Nord Min. 2024; 11:1 – 16.
2. Ferreira EA, Abreu JG, Silva WM, Ferreira DP, Ramos FT. Liming and phosphorus sources on the yield of BRS Zuri grass. Semin, Ciênc Agrár. 2023; 44: 1029 – 1045.
3. Pacheco TVSS, Sousa LF, Santos AC, Santos, JGD, Dim VP, Silva HMS, et al. Phosphorus fertilization in the implantation of a silvopastoral system: morphogenic and structural characteristics of Mombaça grass. Rev Bras Saúde Prod Anim. 2021; 22: 1 – 16.
4. São Miguel ASDC, Pacheco LP, Carvalho IC, Souza ED, Feitosa PB, Petter FA. Phytomass and nutrient release in soybean cultivation systems under no-tillage. Pesq Agroec Bras. 2018. 53: 1119 – 1131.
5. Moreira FLM, Mota FOB, Clemente CA, Azevedo BM, Bomfim GV. Adsorção de fósforo em solos do Estado do Ceará. Rev Ciên Agronôm. 2006. 37: 7 – 12.
6. Araújo, GS, Araujo, VDS, Cardoso RR, Faria, AFG, Moreno LSB. Produtividade do capim mombaça sob diferentes doses de fósforo. Rev Agri-Env Scienc. 2024; 10: e024004.
7. Zimmer AH, Macedo MCM, Kichel NA, Almeida RG. Recuperação de pastagens degradadas. Brasília: MAPA & Embrapa, 2011.
8. Cabral CEA, Cabral LS, Bonfim-Silva EM, Carvalho KS, Kroth BE, Cabral CHA. Resposta da *Brachiaria brizantha* cv. Marandu a fertilizantes nitrogenados associados ao fosfato natural reativo. Comunic Scient. 2016; 7: 66 – 72.
9. Maestrin APJ, Neri CR, Oliveira KT, Sera AO, Iamamoto, Y. Extração e purificação de clorofila a, da alga *Spirulina maxima*: um experimento para os cursos de química. Quim. Nova. 2009; 32: 1670 – 1672.
10. Galindo FS, Buzetti S, Teixeira Filho MCM, Dupas E, Carvalho FC. Manejo da adubação nitrogenada no capim-mombaça em função de fontes e doses de nitrogênio. Rev Ciênc Agrár. 2018; 41: 900 – 913.
11. Barbieri Junior E, Rossiello ROP, Zonta E, Ribeiro RC, Araújo OJL. Teores de clorofila do capim tifton 85 cultivado com nitrogênio naforma nítrica ou

amoniacal. Rev Ciênc Agrár. 2018; 19: 242 – 248.
12. Santos GS, Teixeira FA, Jardim RR, Pires AJV, Nascimento PVN, Miguel DL, et al. Brachiaria grass inoculated with *Azospirillum brasilense* submitted to nitrogen fertilization. Resear Societ Develop. 2022; 11: e10111536788.
13. Vasum AB, Ruschel G, Schleicher J, Ramon JM, Klein C, Vargas DP. Potencial produtivo de forrageiras estivais perenes e anuais, no sul do Brasil. Cad Pesquisa. 2019; 31: 1 – 8.
14. Godina-Rodrigez JE, Joaquín-Cancino S, Garay-Martínez JR, Estrada-Drouaillet B, Bautista-Martínez Y, Limas-Martínez AG. Producción de forraje de cuatro cultivares de Urochloa híbrido en Güemes, Tamaulipas. Rev Mex Cienc Agríc. 2024; 14: e3597.
15. Nunes JO, Pompeu RCFF, Bueno, LG, Tavares RKO, Clark MVG, Sagrilo E, et al. Response of *Urochloa mosambicensis* genotypes to phosphorus fertilization in soil with low phosphorus levels. Rev Bras Saúde Prod Anim. 2023; 24: 1 – 14.
16. Fernandes ALS, Brachtvogel EL, Reis LL. Produção de massa seca, volume radicular e eficiência nutricional de fósforo em *Brachiaria brizantha* cv. Marandu e Massai (*Panicum maximum* x *P.infestum*). Rev PesquiAgro. 2019; 2: 32 – 49.

Capítulo 38

DOI: 10.53934/agronfy-2025-05-38

NEMATOIDES GASTRINTESTINAIS EM BOVINOS: IMPACTOS NA SAÚDE ANIMAL E ESTRATÉGIAS DE CONTROLE – UMA REVISÃO INTEGRADA

Fernanda Calazans Pagnozzi[1]*; Ariadne Ramos Gomes[1]; Dayane Sarmento Romão[1]; Luma Oliveira Escaliante[1]; Maria Flávia Dias de Alencar[1]; Vinicius Santos Silva[1];Camila Bazan Gonçalves Lima[1]; Ricardo Velludo Gomes de Soutello[1];

Autor correspondente– Email: fernanda.pagnozzi@unesp.br

Resumo: As infecções por nematódeos gastrointestinais causam prejuízos à pecuária. O controle dessas infecções é essencial para o sucesso dos sistemas de produção de ruminantes. Além de identificar animais mais suscetíveis à infecção parasitária, é importante considerar a seleção de parasitas adultos resistentes aos medicamentos. A adoção de medidas preventivas contra endoparasitoses em bovinos é fundamental para minimizar as perdas produtivas. Mesmo sem apresentar sintomas clínicos, os animais infectados têm sua produtividade reduzida, impactando negativamente no sistema de produção e na economia.

Palavras-chave: helmintos, nematoides, pecuária, ruminantes.

Abstract: Gastrointestinal nematode infections cause losses to livestock. Controlling these infections is essential for the success of ruminant production systems. In addition to identifying animals that are more susceptible to parasites, it is important to consider the selection of drug-resistant adult parasites. Adopting preventive measures against endoparasitosis in cattle is essential to minimize production losses. Even without clinical symptoms, infected animals have reduced productivity, negatively impacting the production system and the economy.

Keywords: helminths, nematodes, livestock, ruminants.

Introdução

Dentre as diversas verminoses gastrointestinais que afetam os ruminantes, a classe Nematoda se destaca pela sua relevância, devido à alta frequência de casos clínicos. Uma parasitose de grande preocupação é a infecção por *Cooperia* spp. que pertencente à família Trichostrongyloidea, no qual é uma importante causadora da enterite parasitária [1, 2].

A infecção causada por *Haemonchus* spp. possui caráter hematófago, resultando em significativa debilidade [3, 4]. Helmintos dessa espécie estão envolvidas em diversos relatos de resistência anti-helmíntica [5, 6, 7, 8]. A estrongiloidose pertence à família Strongylidea e é considerada uma das mais importantes infecções por nematoides gastrointestinais em ruminantes de produção [9]. O *Oesophagostomum* é um gênero

nematoide da família Strongylidae e o gênero *Ostertagia* da família dos Tricostrongilídeos.

Essas parasitoses são detectadas particularmente em regiões tropicais e subtropicais e são responsáveis por sérios problemas de saúde e perdas econômicas significativas em bovinos, levando a distúrbios digestivos, perda de peso, diminuição da produção de leite e em casos mais graves, morte, especialmente em animais jovens e em condições de infecção severa [27]. Seu impacto é substancial e leva ao aumento do custo com tratamentos.

Cooperia

A infecção por *Cooperia* spp. é uma das principais causas de enterite parasitária em ruminantes. Esses parasitas afetam o intestino delgado dos hospedeiros, comprometendo a absorção de nutrientes e, consequentemente, o ganho de peso e a eficiência produtiva, gerando assim prejuízos econômicos severos para a pecuária [11]. São mais comuns em bezerros e animais jovens, devido à imaturidade do sistema imunológico [12]. Além disso a contaminação das pastagens é favorecida por condições quentes e úmidas, que promovem o desenvolvimento e a sobrevivência das larvas infectantes [13].

Diversas espécies do gênero *Cooperia* podem ser encontradas no intestino delgado de bovinos. As mais comuns incluem *Cooperia punctata*, *Cooperia oncophora* e *Cooperia pectinata* [14]. No Brasil, a *Cooperia punctata* demonstra maior adaptação ao gado do que às ovelhas. No entanto, a infecção de ovelhas por *C. punctata* ocorre com frequência em áreas de pastagem compartilhadas entre ambas as espécies, o que destaca a importância do manejo integrado de pastagem para controle de infecções parasitárias [13].

Os ovos originados por fêmeas localizadas no intestino do hospedeiro, são eliminados pelas fezes e eclodem na "camada fecal". As larvas do primeiro estágio (L1) se alimentam de solo e de bactérias fecais. Após isso, ocorrem duas mudanças de estágio, para L2 e L3 em um período de 24 a 36 horas [15].

As larvas L3 não se alimentam, permanecem cobertas por uma camada formada pela cutícula retida de L2, e migram da "camada fecal" para a vegetação, onde se desenvolvem por um período de 1 a 6 semanas (dependendo da estação) e se tornam infectantes para o hospedeiro [16].

Essas larvas infectantes podem sobreviver por até um ano até serem ingeridas por um hospedeiro ruminante. Após a ingestão, as larvas L3 se libertam da capa, se movem para a mucosa do intestino delgado e passam pelas mudanças de estágio para L4 e L5. Em 2 a 3 semanas, as larvas L5 (machos e fêmeas) se transformam em adultos sexualmente maduros [17, 18]. As fêmeas fecundadas então começam a produzir ovos e o ciclo se reinicia.

No início da fase exógena, os ovos podem ser identificados nas fezes dos hospedeiros. Eles apresentam características semelhantes entre os diferentes gêneros, como formato ovalado, coloração translúcida, cutícula delicada e dimensões que variam de 70 a 100 μm de comprimento e 40 a 60 μm de largura [19].

Em infecções por *Cooperia punctata* e *Cooperia pectinata*, podem surgir sintomas mais graves, como diarreia, edema submandibular e emagrecimento acentuado [20]. Embora *Cooperia* spp. seja menos patogênico em comparação com outros nematoides gastrintestinais que afetam bovinos e ovinos, raramente causa mortalidade direta, mas o impacto na saúde intestinal e a redução da eficiência produtiva são significativos [21]. No entanto, infecções com alta cargas parasitárias podem impactar significativamente a produtividade dos hospedeiros, principalmente em condições de manejo inadequado [22].

A intensidade da infecção por nematoides gastrintestinais pode ser estimada por meio da contagem de ovos nas fezes, mas para identificar o gênero, é necessário realizar culturas larvais e um exame microscópico das larvas do terceiro estágio (L3). Essa abordagem é demorada, exige considerável experiência em parasitologia para identificar as larvas e não permite a diferenciação entre espécies [23].

A resposta imunológica dos hospedeiros contra *Cooperia* é parcialmente eficaz, conferindo proteção relativa após infecções repetidas. No entanto, essa imunidade adquirida não é completamente protetora, permitindo reinfecções, especialmente em ambientes com alta carga parasitária A imunidade adquirida pelos hospedeiros oferece proteção parcial, mas não impede totalmente as reinfecções [13].

Haemonchus

Estudos realizados no Brasil relataram a presença de várias espécies de nematódeos gastrintestinais parasitando bovinos, sendo elas: *H. placei, H. simili* e *H. contortus* [24]. Foi observado a ocorrência de infecções cruzadas envolvendo as espécies *H. placei* e *H. contortus* em bovinos que compartilharam pastagens com outras espécies, verificando ainda que *H. similis* é fortemente adaptado aos bovinos; o *H. placei* é mais adaptado aos bovinos do que aos ovinos, enquanto *H. contortus* é mais adaptado aos ovinos, podendo, também, infectar bovinos [25,26].

A identificação das espécies pode ser prejudicada devido às semelhanças morfológicas e a ausência de métodos padronizados para o diagnóstico destes parasitas [5]. A especificidade parasitária do *Haemonchus spp.* não é absoluta [27], ou seja, apesar das espécies apresentarem maior adaptação a determinados hospedeiros é possível encontrá-los parasitando outros animais.

As infecções causam redução no crescimento animal, mortalidade e excessivos custos de manejo, resultando em rebanhos de baixa produtividade e elevadas perdas econômicas [28]. Bovinos entre 4 a 18 meses de idade são mais suscetíveis. Diferentes raças, graus de sangue, sistemas de manejo zootécnico, também podem alterar a dinâmica de sazonalidade dos principais gêneros de helmintos [3].

Seu período pré-patente é de 18 a 21 meses. As larvas no pasto permanecem infecciosas de 4 a 6 dias após sua evolução de ovos para larvas. Após as L3 infectantes serem ingeridas, podem entrar em estágio de desenvolvimento interrompido no abomaso. Quando adultos, causam traumas na mucosa, pois utiliza de suas estruturas bucais cortantes para se alimentar do tampão da mucosa, onde podem ingerir sangue e por consequência o sangue vaza para o lúmen do abomaso [14].

O diagnóstico morfológico dos machos adultos, das espécies de *Haemonchus*, pode ser feito mensurando os espículos e seus respectivos ganchos que em vários estudos demonstrou ser uma característica importante na distinção das três espécies de Haemonchus [29, 30, 31].

As fêmeas adultas de *Haemonchus* spp. podem ser identificadas utilizando-se a medida do comprimento da cauda e da morfologia da vulva. Elas possuem cauda curta ou sobrepostas e todas as fêmeas dispõem de lábio vulvar linguiforme, lisa ou botão, com a abertura da vulva localizada no final do lábio vulvar.

Strongylus

Das diversas verminoses gastrointestinais que acometem os ruminantes, a classe Nematoda, se destaca devido a tamanha importância na incidência de casos clínicos em diversas propriedades. Cada espécie dentro do gênero Strongyloides, apresenta uma relação exclusiva com hospedeiros específicos. O *S. Papillosus*, é a espécie que ocorre em ruminantes e pertencem à ordem Rhabditida [32, 33].

No Brasil, as condições climáticas permitem um bom nível de desenvolvimento no ciclo de vida desses parasitas, desde ovos à eclosão das larvas que infestam as pastagens [24, 34, 35, 36, 37].

Em relação a sua morfologia, a espécie apresenta um tamanho pequeno, no qual as fêmeas medem cerca de menos de 1 cm, com ovos de 45 a 65 µm de comprimento por 25 µm de largura [38].

Esses parasitas possuem estágios, no qual o ovo compreende a primeira forma de eliminação pelas fezes do hospedeiro, e posteriormente o parasita se desenvolve à medida que encontra condições apropriadas para evoluir [39, 40, 41]. As larvas desta espécie apresentam cinco estágios diferentes, no qual o terceiro compreende a forma infectante do parasita, e o ciclo de vida livre no ambiente se refere aos dois primeiros estágios, assim como os dois últimos são o ciclo parasitário no interior do hospedeiro [42, 9].

As larvas L1 passam por um processo de muda e logo se transformam em larvas de segundo estágio (L2), dependendo das condições ambientais, a L2 passa pelo processo de muda transformando-se em larvas de terceiro estágio ou L3 [34].

A infecção parasitária ocorre por penetração das larvas infectantes na pele ou por ingestão acidental de alimentos ou água contaminada. Após a infecção, as larvas ganham a circulação e fazem passagens pelo coração e pulmões. Depois da muda de L4 para jovem, instalam-se como fêmeas na mucosa do intestino delgado. O período pré-patente é de 6 a 10 dias [34, 43].

Oesophagostomum

Oesophagostomum spp. são parasitas do intestino grosso de ruminantes. As principais espécies são *Oesophagostomum columbianum* e *Oesophagostomum radiatum* [44].

As larvas infectantes são ingeridas pelos ruminantes, passam pelo intestino delgado e grosso, penetram na mucosa, provocando uma irritação produzindo uma enterite de graus variáveis de acordo com o número de parasitos e formação de nódulos, que desaparecem com o retorno das larvas à luz do órgão. Durante este trajeto dão origem a larva de quarto estágio (L4). Depois a L4 vai para o lúmen do cólon, onde atinge a fase adulta (L5) [45]. Após a eliminação através das fezes, quando o clima e quente e úmido, ocorre a eclosão dos ovos e a larva de primeiro estágio e liberada. Esta, por sua vez, forma uma nova cutícula, porém, não ocorre ecdise, formando a larva infectante [35]. Seu período pré-patente é de 40 dias [46].

Sua ocorrência mundial em áreas tropicais e subtropicais e ocorre nos meses de maior pluviosidade. A maioria das infecções por *Oesophagostomum* é assintomática. *O. radiatum* em bovinos pode produzir inapetência, hipoproteinemia por junções estreitas de enterócitos danificados e anemia e hemorragia por coagulopatia consumidora induzida pelos parasitos [47]. Nos casos crônicos, diarreia alternada com constipação, emagrecimento, anemia (provavelmente devido a hemorragias intestinais) [48].

Animais com infecções agudas apresentam diarreia esverdeada escura grave como principal sinal clínico, rápida perda de peso, emaciação, prostração e morte em animais jovens. Em infecções crônicas, há inapetência e emaciação com diarreia intermitente e anemia [49,42].

Ostertagia

A infecção por *Ostertagia* é frequentemente associada a sinais clínicos característicos, como diarreia, emagrecimento, edema e uma redução na taxa de crescimento em animais jovens. Em casos mais graves, observa-se uma perda

significativa de proteína plasmática, levando à condição conhecida como "proteinúria" [38].

O ciclo biológico de *Ostertagia* é complexo e envolve múltiplos estágios de desenvolvimento no ambiente externo e no interior do hospedeiro. Após a ingestão das larvas infectantes durante o pastoreio, essas larvas se aderem ao estômago, especificamente nas glândulas gástricas do abomaso. A partir desse ponto, as larvas sofrem um processo de desenvolvimento que pode levar a danos celulares e estruturais nas mucosas gástricas, resultando em hipersecreção de ácido gástrico, distúrbios no equilíbrio ácido-base e prejuízos na absorção de nutrientes essenciais [18, 45]. Quando o ambiente se encontra em condições desfavoráveis para o desenvolvimento das larvas, faz elas permanecerem dormentes, é o fenômeno que chamamos de hipobiose. Se tornam infectantes quando as condições são favoráveis, criando desafios adicionais no controle da infecção [45].

Em locais com alta carga parasitária, como em países da América Latina e na África, o controle de *Ostertagia* é uma das principais prioridades sanitárias. O controle da infecção é baseado principalmente no uso de anti-helmínticos, sendo os benzimidazóis, ivermectinas e imidazotiazóis as classes de drogas mais comuns. No entanto, a resistência a esses anti-helmínticos é um problema crescente e uma preocupação significativa [10].

Diagnóstico

Para realizar o diagnóstico das parasitoses gastrintestinais, é necessário a identificação adequada das diversas espécies, bem como o conhecimento sobre a epidemiologia das mesmas [3].

O diagnóstico da infecção por helmintos gastrintestinais é baseado principalmente na observação clínica, associada à contagem de ovos por grama de fezes (OPG), além da análise de anticorpos circulantes, juntamente com o histórico de manejo e exposição a áreas de pastagem contaminadas [47]. A presença de ovos característicos do parasita pode ser detectada utilizando métodos como a flutuação em solução saturada de sal ou a centrifugação. Em casos de infecção severa, a observação de nódulos intestinais pode ser realizada por meio de exames endoscópicos ou necropsia [42].

Controle e profilaxia

O controle dessas infecções em rebanhos envolve estratégias de manejo, como a rotação de pastagens para reduzir a carga de ovos no ambiente. A higiene adequada nas instalações e o controle de verminose com tratamentos periódicos também são medidas importantes para prevenir novas infecções. Além disso, a realização de programas de monitoramento e o tratamento profilático de animais jovens ou em risco são essenciais para minimizar o impacto da parasitose [25].

O aumento da resistência, que tem sido observado nas últimas décadas, torna os métodos tradicionais de controle cada vez menos eficazes. Estudos demonstraram que a utilização excessiva e inadequada de anti-helmínticos contribui diretamente para a seleção de cepas resistentes [10]. Novos métodos de controle têm sido explorados, incluindo o uso de vacinas, controle biológico com agentes antagonistas (como microrganismos que competem com os parasitas) e estratégias de manejo que envolvem a rotação de pastagens e a alternância de classes de vermífugos são adotadas para mitigar a resistência e reduzir a carga parasitária no ambiente [48, 22].

O controle convencional de *Cooperia* spp. baseia-se principalmente no uso de anti-helmínticos, como lactonas macrocíclicas e benzimidazóis. Contudo, a resistência a

esses medicamentos tem se tornado um problema crescente, com destaque para a resistência à ivermectina [49].

1. GASBARRE, L. C. Effects of gastrintestinal nematode infection on the ruminant immune system. Veterinary Parasitology. v,72. (1997). p.327-343. 23.

2. GASBARRE, L. C. Anthelmintic resistance in cattle nematodes in the US. Veterinary Parasitology. 2014. 204(1-2), 3-11

3. AMARANTE, A. F. T. Why is it important to correctly identify Haemonchus species? Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária, v. 20, p. 263-268, 2011.

4. 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.

5. PAIVA, F.; SATO, M. O.; ACUÑA, A. H.; JENSEN, J. R.; BRESSAN, M. C. R. V. Resistência a ivermectina constatada em Haemonchus placei e Cooperia punctata em bovinos. Hora Veterinária, v. 120, p. 29-34, 2001.

6. MELLO, M. H. A.; DEPNER, R.; MOLENTO, M. B.; FERREIRA, J. J. Resistência lateral às macrolactonas em nematodas de bovinos. Archives of Veterinary Science, v. 11, n. 1, p. 8-12, 2006.

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. SOUZA, A. P.; RAMOS, C. I.; BELLATO, V.; SARTOR, A. A.; SCHELBAUER, C. A. Resistência de helmintos gastrintestinais de bovinos a anti helmínticos no Planalto Catarinense. Ciência Rural, v. 38, n. 5, p. 1363-1367, 2008.

9. ANDRADE, F. B. Transmissão transmamária de larvas Strongyloides papillosus (Nematoda: Rhabditidadae) em vacas leiteiras no semi-árido paraibano. Patos, 2010. p.34. Monografia. Universidade Federal de Campina Grande. Patos. 2010.

10. KAPLAN, R. M. (2004). Drug resistance in nematodes of veterinary importance: A status report. Trends in Parasitology, 20(10), 477-481.

11. AMARANTE, M. R. V.; BASSETTO, C. C.; NEVES, J. H.; AMARANTE, A. F. T. Species-specific PCR for the identification of Cooperia curticei (Nematoda: Trichostrongylidae) in sheep. Journal of Helminthology. 2014. 88(4):447-52.

12. VANHOY, G. Common gastrointestinal parasites of cattle. MSD Veterinary Manual. 2024. Disponível em: https://www.msdvetmanual.com

13. CIORDIA, H.; BIZZEL, W. E. Os efeitos de várias temperaturas constantes no desenvolvimento dos estágios de vida livre de alguns parasitas nematoides do gado. Journal Parasitology. 1963;49(1):60–63

14. FIEL, C. A.; FERNÁNDEZ, A. S.; RODÍGUEZ, E. M.; FUSÉ, L. A.; STEFFAN, P. E. Observations on the free-living stages of bovine gastrointestinal nematodes. Veterinary Parasitology. 2012;187(1-2):217–226

15. JENNINGS, F. W.; ARMOUR, J.; LAWSON, D. D.; ROBERTS, R. Infecções experimentais de Ostertagia em bezerros: Estudos com cânulas abomasais Journal Veterinary Research. 1966;27(120):1249–1257

16. LELAND, S. E. In in-vitro development of Cooperia pectinata, a nematode parasite of cattle from third-stage larvae to adults including egg production. Journal of Parasitology. 1967;53(3):630–633.

17. VIVEIROS, C. T. Parasitoses gastrintestinais em bovinos na ilha de S. Miguel, Açores – Inquéritos de exploração, resultados laboratoriais e métodos de controle. Dissertação (Mestrado) - Universidade Técnica de Lisboa - Faculdade de Medicina Veterinária. 2009; 104.

18. DURO, L. S. Parasitismo gastrointestinal em animais da quinta pedagógica dos Olivais. Especial referência aos mamíferos ungulados. Dissertação de Mestrado Integrado em Medicina Veterinária – Universidade Tecnica de Lisboa, Faculdade de Medicina Veterinária, Lisboa. 2010.

19. CHARLIER, J.; CLAEREBOUT, E.; DUCHATEAU, L.; VERCRUYSSE, J. A survey of anti-helmintic resistance in gastrointestinal nematodes of cattle in Europe. Veterinary Parasitology, 2009. 164(3-4), 140-150

20. RAMÜNKE, S.; BORGES, F. A.; FERNEX, E. S.; SAMSON HIMMELSTJERNA, G.; KRÜCKEN, J. Molecular marker sequences of cattle Cooperia species identify Cooperia spatulata as a morphotype of Cooperia punctata. PLOS One. 2018;13(7).

21. LICHTENFELS, J. R.; HOBERG, E. P.; ZARLENGA, D. S. Systematics of gastrointestinal nematodes of domestic ruminants: advances between 1992 and 1995 and proposals for future research. Veterinary Parasitology. 1997;72(3 4):225–38.

22. ANDERSON, R. C. Nematode parasites of vertebrates: Their Developmentand Transmission. 2.ed. New York: CABI publication, 2000.

23. FÁVERO, F. C. Viabilidade do parasitismo por Haemonchus contortus em bovinos experimentalmente infectados. 2014.

24. SILVA, M. R. L. Diagnóstico morfológico e molecular de Haemonchus spp. em bovinos e ovinos. 2014.

25. COBB, N. A. Extract from MS report on the parasites of stock. Agricultural Gazette of New South Wales, 9, p. 296-321, 1898.

26. ARAUJO, J. V.; FREITAS, B. W.; VIEIRA, T. C.; CAMPOS, A. K. Avaliação do fungo predador de nematóides Duddingtonia flagrans sobre larvas infectantes de

Haemonchus contortus e Strongyloides papillosus de caprinos. Revista Brasileira de Parasitolologia Vetterinária, Viçosa, v.15, n.2, p.76-79, 2006.

27. LICHTENFELS, J. R.; PILITT, P. A.; HOBERG, E. P. (1994). New Morphological Characters for Identifying Individual Specimens of Haemonchus spp. (Nematoda: Trichostrongyloidea) and a Key to Species in Ruminants of North America. Journal of Parasitology. 80, 107–119.

28. JACQUIET, P.; CABARET, J.; CHEIKH, D.; THIAM, E. (1997). Identification of Haemonchus species in domestic ruminants based on morphometrics of spicules. Parasitology Research. 83, 82–86.

29. ACHI, Y. L.; ZINSSTAG, J.; YAO, K.; YEO, N.; DORCHIES, P.; JACQUIET, P. 2003. Host specificity of Haemonchus spp. for domestic ruminants in the savanna in northern Ivory Coast. Veterinary Parasitology. 116, 151-158.

30. MONTEIRO, S. G. Parasitologia veterinária. [Santa Maria: s.n.], 2007.p.274.

31. BOWMAN, D. D.; GEORGI, J. R. Parasitologia Veterinária. 9.ed. Rio de Janeiro: Elsevier Brasil, 2010.p.448.

32. BRAGA, M. M.; FONSECA, A. H.; BRAGA, D. B. O.; NETO, M. P.; CASTRO, A. L. M. Alterações clínicas em bezerros desmamados submetidos à hiperinfecção experimental por Strongyloides papillosus (WEDL, 1856) (Nematoda: Rhabdiasoidea). Revista Brasileira de Ciências Veterinárias. v.8, n.3, p.137 140, set./dez., 2001.

33. KNAPP-LAWITZKE, F.; SAMSON-HIMMELSTJERNA, G.; DEMELER, J. Elevated temperatures and long drought periods have a negative impact on survival and fitness of strongylid third stage larvae. International Journal Parasitology. 2016;46(4):229–237

34. VIANA, R. B.; BISPO, J. P. B.; ARAUJO, C. V.; BENIGNO, R. N. M.; MONTEIRO, B. M.; GENNARI, S. M. Dinâmica da eliminação de ovos por nematódeos gastrintestinais, durante o periparto de vacas de corte, no Estado do Pará. Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária, Jaboticabal, v.18, n.4, p. 49-52, out.-dez. 2009.

35. ANDRADE, F. B. Transmissão transmamária de larvas Strongyloides papillosus (Nematoda: Rhabditidadae) em vacas leiteiras no semi-árido paraibano. Patos, 2010. p.34. Monografia. Universidade Federal de Campina Grande. Patos. 2010.

36. BARBIERI, F. S.; BRITO, L. G.; FIGUEIRÓ, M. R.; BANDEIRA, P. F.; NASCIMENTO, A. X. Parasitismo natural por helmintos gastrintestinais em búfalos criados em Presidente Médici, Rondônia, Brasil. Porto Velho, RO: Embrapa Rondônia, 2010.p.18.

37. SANTOS, T. R.; LOPES, W. D. Z.; BUZULINI, C.; BORGES, F. A.; SAKAMOTO, A. M.; LIMA, R. C. A.; OLIVEIRA, G. P.; COSTA, A. J. Helminth fauna of bovines from the Central - Western region Minas Gerais State, Brazil. Ciência Rural, Santa Maria, v.40, n.4, p.934-938, abr, 2010

38. CAVALCANTE, M. M. A. S.; PINHEIRO, B. C.; SILVA, A.; SOUZA, F. D. A. L. Strongyloidose em ruminantes. PUBVET, Londrina, V. 8, N. 21, Ed. 270, Art. 1800, Novembro, 2014.

39. MATTOS, M. J. T. Parasitoses de bovinos: helmintoses. 2023.

40. MAIA, D.; MATTOS, M. J. T. Nematodeoses gastrintestinais em bovinos no Brasil: revisão de artigos publicados no período de 2012 a 2020. Revista Agrária Acadêmica. Imperatriz, MA. Vol. 3, n. 3 (maio/jun. 2020), p. 296- 307., 2020.

41. Brasil 2012. Destino de matérias-primas e produtos por UF. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), Brasília. 11p.

42. CRAIG, T. M. Helminth Parasites of the Ruminant Gastrointestinal Tract. Food Animal Practice, 5 th Edition, 2009.

43. TAYLOR, M. A.; COOP, R. L.; WALL, R. L. Parasitologia Veterinária. 3.ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2010. p. 156-157; 133-136

44. ENDO, V. T.; OLIVEIRA, T. C.; CABRAL, A. P. M.; SAKAMOTO, C. A. M.; FERRARO, G. C.; PEREIRA, V.; LOPES, W. D. Z.; MAZZUCATTO, B. C. Prevalência dos helmintos Haemonchus contortus e Oesophagostomum columbianum em pequenos ruminantes atendidos no setor de anatomia patológica–UEM. Revista de Ciência Veterinária e Saúde Pública, v. 1, n. 2, p. 112-118, 2014.

45. LICHTENFELS, J. R.; HOBERG, E. P. (1993). The systematics of nematodes that cause ostertagiasis in domestic and wild ruminants in North America: na update and a key to species. Veterinary Parasitology. v.46, [1-4], 1993, p.33-53.

46. SUTHERLAND, I, A.; LEATHWICK, D. M. Anthelmintic resistance in nematode parasites of cattle: a global issue? Trends in Parasitology, v. 27, n. 4, p. 176-181, 2011.

47. JACKSON, F.; COOP, R. L. (2000). The development of resistance in Ostertagia species and implications for control. Veterinary Journal, 160(3), 136-146.

48. KENYON, F.; GREER, A. W.; COLES, G. C.; CRINGOLI, G.; PAPADOPOULOS, E.; CABARET, J.; JACKSON, F. The role of targeted selective treatments in the development of sustainable anti-helmintic control programs. Veterinary Parasitology. 2013. 197(1-2), 32-47.

49. KAPLAN, R. M., VIDYASHANKAR, A. N., An inconvenient truth: Global worming and anthelmintic resistance. Veterinary Parasitology. 2012 186(1-2), 70-78.

ISBN 978-658506226-8