

Estratégias Inovadoras para o Sucesso na Agropecuária: ***uma Abordagem Ampla***



Volume 2

Organizadora:
Thialla Larangeira Amorim

Estratégias Inovadoras para o Sucesso na Agropecuária: *uma Abordagem Ampla*



Volume 2

Organizadora:
Thialla Larangeira Amorim

Editora Omnis Scientia

**Estratégias Inovadoras para o Sucesso na Agropecuária:
uma Abordagem Ampla**

Volume 2

1ª Edição

RECIFE - PE

2025

Editor-Chefe

Dr. Daniel Luís Viana Cruz

Organizadora

Thialla Larangeira Amorim

Conselho Editorial

Dr. Amâncio António de Sousa Carvalho – ESS-UTAD – Portugal

Dr. Cássio Brancalone – UFFS – Brasil

Dr. Marcelo Luiz Bezerra da Silva – UEPa – Brasil

Dra. Pauliana Valéria Machado Galvão – UPE – Brasil

Dr. Plínio Pereira Gomes Júnior – UFRPE – Brasil

Dr. Walter Santos Evangelista Júnior – UFRPE – Brasil

Dr. Wendel José Teles Pontes – UFPE – Brasil

Editores de Área - Ciências Agrárias

Dr. Álefe Lopes Viana

Dr. Luis de Souza Freitas

Dra. Marcia Helena Niza Ramalho Sobral

Dr. Walter Santos Evangelista Júnior

Assistente Editorial

Thialla Larangeira Amorim

Imagem de Capa

Canva e Freepik

Edição de Arte

Vileide Vitória Larangeira Amorim

Revisão

Os autores



Este trabalho está licenciado com uma Licença Creative Commons – Atribuição-NãoComercial-SemDerivações 4.0 Internacional.

O conteúdo abordado nos artigos, seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores.

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Lumos Assessoria Editorial

E82

Estratégias inovadoras para o sucesso na agropecuária :
uma abordagem ampla : volume 2 [recurso eletrônico] /
organizadora Thialla Larangeira Amorim. — 1. ed. —
Recife : Omnis Scientia, 2025.
Dados eletrônicos (pdf).

Inclui bibliografia.

ISBN 978-65-284-0132-1

DOI: 10.47094/978-65-284-0132-1

1. Agropecuária - Brasil. 2. Inovações agrícolas
- Brasil. 3. Tecnologia de alimentos. 4. Segurança
alimentar. I. Amorim, Thialla Larangeira.

CDD23: 630.72081

I-1009253

Bibliotecária: Priscila Pena Machado - CRB-7/6971

Editora Omnis Scientia

Av. República do Líbano, nº 251, Sala 2205, Torre A,
Bairro Pina, CEP 51.110-160, Recife-PE.

Telefone: +55 87 99920-5762

editoraomnisscientia.com.br

contato@editoraomnisscientia.com.br



PREFÁCIO

O livro **Estratégias Inovadoras para o Sucesso na Agropecuária: uma Abordagem Ampla**, *Volume 2* surge em um momento em que a agropecuária brasileira precisa enfrentar simultaneamente os desafios da sustentabilidade, da inovação tecnológica e da competitividade global. A obra reúne diferentes perspectivas, integrando pesquisas científicas e práticas de campo que contribuem para a construção de um setor mais eficiente e equilibrado.

Os capítulos apresentam desde reflexões conceituais até experimentos práticos, com análises estatísticas que reforçam a confiabilidade dos resultados. São abordados temas como uso de bioinsumos, manejo do solo, desenvolvimento de cultivos, estratégias de nutrição animal e políticas voltadas à sustentabilidade. Essa diversidade enriquece o debate e amplia o leque de soluções disponíveis para pesquisadores, técnicos, produtores e formuladores de políticas públicas.

Mais do que uma coletânea acadêmica, este volume se configura como um espaço de diálogo interdisciplinar. Ao articular ciência, inovação e responsabilidade socioambiental, oferece caminhos concretos para fortalecer a agropecuária brasileira e latino-americana, reafirmando seu papel estratégico no desenvolvimento sustentável da região.

Dentre os excelentes capítulos, os três capítulos abaixo receberam menção honrosa pelo alto desempenho de suas pesquisas:

CAPÍTULO 5: Germinação e desenvolvimento inicial da parte aérea e sistema radicular de alface crespa (*Lactuca sativa* var. *crispa*) em diferentes condições;

CAPÍTULO 9: Influência das diferentes coberturas de solo no desempenho agrônomo de alface orgânica;

CAPÍTULO 19: Tempos de realocação na estabilidade aerobia e composição química-bromatológica de silagens de sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench).

SUMÁRIO

ÁREA TEMÁTICA: AGRICULTURA SUSTENTÁVEL

CAPÍTULO 1.....20

ENTRE A TERRA E A LEI CAMINHOS JURÍDICOS PARA UMA AGRICULTURA SUSTENTÁVEL NO BRASIL

Graziele Moreira Nazário Alves

DOI: 10.47094/978-65-284-0132-1/20-34

CAPÍTULO 2.....35

MODELO PREDITIVO PARA ANÁLISE DO CICLO DE VIDA NO CONTEXTO DO PROGRAMA NACIONAL DE BIOCOMBUSTÍVEIS

Alvaro Luz Alves Coutinho

DOI: 10.47094/978-65-284-0132-1/35-45

CAPÍTULO 3.....46

DESENVOLVIMENTO DE MUDAS DE CAFÉ UTILIZANDO BOKASHI E *LITHOTHAMNIUM*

João Paulo Dutra Veiga

Renata Brito

Maria Gabriela de Queiroz

Thaís Helena de Araújo

Isabela Cristina Gomes Honório

DOI: 10.47094/978-65-284-0132-1/46-55

CAPÍTULO 4.....56

TOXICIDADE DE EXTRATO HIDROALCOÓLICO DE UMBIGO DE BANANEIRA (*Musa spp.*): ESTUDO PRELIMINAR PARA VALORIZAÇÃO DE RESÍDUOS AGRÍCOLAS

João Paulo Souza Simão da Silva

Mirian Bomfim Fernandes

Jociel Honorato de Jesus

Taline Canto Tristão

DOI: 10.47094/978-65-284-0132-1/56-62

CAPÍTULO 5.....63

GERMINAÇÃO E DESENVOLVIMENTO INICIAL DA PARTE AÉREA E SISTEMA RADICULAR DE ALFACE CRESPA (*Lactuca sativa* var. *crispa*) EM DIFERENTES CONDIÇÕES

Talita Micheli da Silva

Ana Flávia da Silva Santos

Maria Beatriz Nunes dos Santos

Ronald Talyson Peixoto Ferreira

Andréia Amariz

DOI: 10.47094/978-65-284-0132-1/63-71

CAPÍTULO 6.....72

SISTEMA DE PLANTIO DIRETO COMO ESTRATÉGIA DE CONSERVAÇÃO DO SOLO NO CERRADO BRASILEIRO

Ricardo Aparecido Santos

Andréa dos Guimarães de Carvalho

Cynthia dos Guimarães de Carvalho Correa

DOI: 10.47094/978-65-284-0132-1/72-78

ÁREA TEMÁTICA: AGROECOLOGIA

CAPÍTULO 7.....80

AGROECOLOGIA E MUDANÇAS CLIMÁTICAS: DESAFIOS E PERSPECTIVAS PARA A AGRICULTURA FAMILIAR NO BRASIL

Fabiana Fróes Cordeiro

Renata Brito

Thales Silva Ferreira

DOI: 10.47094/978-65-284-0132-1/80-89

CAPÍTULO 8.....90

ESTUDO DE CASO: A RELAÇÃO ENTRE A AGRICULTURA FAMILIAR E AS MUDANÇAS CLIMÁTICAS EM NOVA IGUAÇU, RJ

Fabiana Fróes Cordeiro

Renata Brito

Thales Silva Ferreira

DOI: 10.47094/978-65-284-0132-1/90-98

CAPÍTULO 9.....99

INFLUÊNCIA DAS DIFERENTES COBERTURAS DE SOLO NO DESEMPENHO AGRONÔMICO DE ALFACE ORGÂNICA

Rhyllary Coelho e Silva

Aline Cristina Mendes Façanha

Edmilson Júnio Medeiros Caetano

Evandro Inácio da Costa

Lívia Abdala

Wilson Mozena Leandro

DOI: 10.47094/978-65-284-0132-1/99-109

ÁREA TEMÁTICA: AGROINDÚSTRIA

CAPÍTULO 10.....111

FORMULAÇÃO DE HAMBÚRGUER HÍBRIDO COM FARINHA DA CASCA DE BARU: ALTERNATIVA TECNOLÓGICA PARA O APROVEITAMENTO SUSTENTÁVEL DO CERRADO

Lariane Ribeiro da Silva

Eliane Teixeira Mársico

Tatianne Ferreira De Oliveira

Larissa Ribeiro da Silva

Tânia Aparecida Pinto de Castro Ferreira

DOI: 10.47094/978-65-284-0132-1/111-119

CAPÍTULO 11.....	120
FORMULAÇÃO DE SALSICHA TIPO FRANKFURT HÍBRIDA COM FARINHAS DE MESOCARPO E AMÊNDOA DE BARU: INOVAÇÃO FUNCIONAL E NUTRICIONAL	
Larissa Ribeiro da Silva	
Eliane Teixeira Mársico	
Tatianne Ferreira de Oliveira	
Lariane Ribeiro da Silva	
Tânia Aparecida Pinto de Castro Ferreira	
DOI: 10.47094/978-65-284-0132-1/120-129	
 CAPÍTULO 12.....	 130
QUALIDADE SANITÁRIA DE QUEIJO MINAS ARTESANAL PRODUZIDO NO MUNICÍPIO DE UBERLÂNDIA, MG	
Ana Cláudia Carrijo	
Leila Rodrigues Carrijo	
Bárbara Cardoso Pereira Barbosa	
Fernanda Raghianti	
Deborah Santesso Bonnas	
Elaine Alves dos Santos	
DOI: 10.47094/978-65-284-0132-1/130-141	
 CAPÍTULO 13.....	 142
QUALIDADE FÍSICO-QUÍMICA DO QUEIJO MINAS ARTESANAL PRODUZIDO NO MUNICÍPIO DE UBERLÂNDIA – MG	
Leila Rodrigues Carrijo	
Ana Cláudia Carrijo	
Fernanda Raghianti	
Deborah Santesso Bonnas	
Elaine Alves dos Santos	
DOI: 10.47094/978-65-284-0132-1/142-150	

CAPÍTULO 14.....151

FONTES PROTEÍCIAS INOVADORAS À BASE DE VAGEM DO CACAU (*Theobroma cacao* L.) COMO INGREDIENTE FUNCIONAL E SUSTENTÁVEL NA INDÚSTRIA DE CARNES

Jéssica Silva Miranda

Eliane Teixeira Mársico

Gustavo Henrique Amaral Monteiro Rocha

Tatianne Ferreira de Oliveira

Tânia Aparecida Pinto de Castro Ferreira

DOI: 10.47094/978-65-284-0132-1/151-161

ÁREA TEMÁTICA: AGRONOMIA

CAPÍTULO 15.....163

FÓSFORO: O MACRONUTRIENTE QUE INFLUENCIA A PRODUÇÃO E A QUALIDADE DO RABANETE

Roniel Barreto de Freitas

Adriana Ursulino Alves

Edson de Almeida Cardoso

Lucas Carvalho Soares

Gessica Lorranna Souza Ramos

Eduardo Alves de Souza

DOI: 10.47094/978-65-284-0132-1/163-172

CAPÍTULO 16.....173

UTILIZAÇÃO DE DIFERENTES SUBSTRATOS NA PRODUÇÃO DE MICROVERDES DE RÚCULA E RABANETE

Rodrigo Donizete Domingues_

Renata Brito

Thaís Helena de Araújo

Maria Gabriela de Queiroz

Fabiana Froes Cordeiro

DOI: 10.47094/978-65-284-0132-1/173-181

CAPÍTULO 17.....182

CULTIVO DO TOMATE EM CAMPO E SOB TELA FOTOSSELETIVA VERMELHA E DIFERENTES ESPAÇAMENTOS

Letícia Ferreira Campos

Regis De Castro Ferreira²

Tânia Aparecida Pinto de Castro Ferreira

DOI: 10.47094/978-65-284-0132-1/182-189

CAPÍTULO 18.....190

MANEJO INTEGRADO DA FERRUGEM EM CAFÉ CONILON

André Cayô Cavalcanti

Francismar Silva Coelho

Helton Barros de Moraes

Marcelo Babilonio

Ivanildo Schmith Kuster

Sérgio de Oliveira Alves

Wanderson Alves Ferreira

Marcel Merlo Mendes

Josete Pertel

Juliana Maria Piassi

Janio Laurindo

Deivid Garbrecht Feltz

DOI: 10.47094/978-65-284-0132-1/190-199

CAPÍTULO 19.....201

TEMPOS DE REALOCAÇÃO NA ESTABILIDADE AEROBIA E COMPOSIÇÃO QUÍMICA-BROMATOLOGICA DE SILAGENS DE SORGO (*Sorghum bicolor* L. Moench)

Iago Maia Gomes

Ronaldo Francisco Lima

Andréa Krystina Vinente Guimarães

DOI: 10.47094/978-65-284-0132-1/201-210

CAPÍTULO 20.....211

SILAGEM DE CAPIM PIATÃ (*Brachiaria brizantha* cv. BRS Piatã) COM CASCA DE MARACUJÁ DESIDRATADA

Andréa Krystina Vinente Guimarães

Ronaldo Francisco de Lima

Fabrizia Sayuri Otani

DOI: 10.47094/978-65-284-0132-1/211-221

CAPÍTULO 21.....222

CAMPO AGROSTOLÓGICO DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO OESTE DO PARÁ: UM RELATO DE EXPERIÊNCIA E DESCRIÇÃO DAS ESPÉCIES FORRAGEIRAS

Lívia Ferreira de Araújo

Raquel Nascimento da Cunha

Andréa Krystina Vinente Guimarães

Fabrizia Sayuri Otani

DOI: 10.47094/978-65-284-0132-1/222-232

ÁREA TEMÁTICA: SEGURANÇA ALIMENTAR

CAPÍTULO 22.....234

PLANTAS ALIMENTÍCIAS NÃO CONVENCIONAIS (PANCs) E SUA CONTRIBUIÇÃO PARA O DESENVOLVIMENTO DA AGRICULTURA URBANA SUSTENTÁVEL

Luciane Lanser

DOI: 10.47094/978-65-284-0132-1/234-243

CAPÍTULO 23.....244

DETECÇÃO DE ADULTERANTES E CONTAMINANTES EM LEITE CRU: O PAPEL ESTRATÉGICO DA ESPECTROSCOPIA FTIR

Larissa Karla Monteiro

Mariane Wolf

Andréia Zilio Dinon

DOI: 10.47094/978-65-284-0132-1/244-253

CAPÍTULO 24.....254

APLICAÇÕES DA ESPECTROSCOPIA FTIR NA CADEIA DO LEITE: INOVAÇÃO PARA SEGURANÇA, RASTREABILIDADE E SUSTENTABILIDADE

Mariane Wolf

Larissa Karla Monteiro

Andréia Zilio Dinon

DOI: 10.47094/978-65-284-0132-1/254-264

CAPÍTULO 25.....265

Escherichia coli PRODUTORA DE TOXINA SHIGA EM ALIMENTOS: UMA REVISÃO INTEGRATIVA

Paloma do Carmo de Brito

Elaine Alves dos Santos

Otávio Augusto Martins

Fernanda Raghianti

DOI: 10.47094/978-65-284-0132-1/265-275

CAPÍTULO 26.....	276
EFICÁCIA DA CAPACITAÇÃO EM BOAS PRÁTICAS DE FABRICAÇÃO COMO ESTRATÉGIA DE EDUCAÇÃO SANITÁRIA EM UMA UNIDADE DE ALIMENTAÇÃO E NUTRIÇÃO	
Vladimir Eugenio de Souza	
Thiago Borges Naves Loreno	
Bárbara Cardoso Pereira Barbosa	
Fernando Caixeta Lisboa	
Otávio Augusto Martins	
Fernanda Raghianti	
DOI: 10.47094/978-65-284-0132-1/276-286	
CAPÍTULO 27.....	287
TUBERCULOSE BOVINA: IMPORTÂNCIA DA INSPEÇÃO SANITÁRIA NA DETECÇÃO E CONTROLE DA DOENÇA	
Bárbara Cardoso Pereira Barbosa	
Vladimir Eugenio de Souza	
Thiago Borges Naves Loreno	
Elaine Alves dos Santos	
Otávio Augusto Martins	
Fernanda Raghianti	
DOI: 10.47094/978-65-284-0132-1/287-296	
CAPÍTULO 28.....	297
ALTERNATIVAS PARA O APROVEITAMENTO DE SUBPRODUTOS DA INDÚSTRIA DE ALIMENTOS: INCREMENTO DA SAUDABILIDADE EM PRODUTOS CÁRNEOS	
Elaine Alves dos Santos	
Fernanda Raghianti	
Vitor Hugo Pacheco Jardim	
DOI: 10.47094/978-65-284-0132-1/297-309	

CAPÍTULO 29.....	310

PLANTAS ALIMENTÍCIAS NÃO CONVENCIONAIS (PANCs): UMA ABORDAGEM SOBRE AS PROPRIEDADES NUTRICIONAIS E FUNCIONAIS DA LANTERNA-CHINESA (*Abutilon pictum*)

Luciane Lanser

DOI: 10.47094/978-65-284-0132-1/310-317

CAPÍTULO 30.....	318

APLICABILIDADE DOS PROGRAMAS DE AUTOCONTROLE EM INDÚSTRIAS DE BENEFICIAMENTO DE CARNES EM UBERLÂNDIA-MG

Elicéia Meireles Gomes

Ana Helena Alves Franco

Fernanda Raghianti

Elaine Alves dos Santos

DOI: 10.47094/978-65-284-0132-1/318-331

ÁREA TEMÁTICA: TECNOLOGIA E PRODUÇÃO

CAPÍTULO 31.....	333

PEQUI (*CARYOCAR BRASILIENSE*) E SEUS SUBPRODUTOS: APLICAÇÕES FUNCIONAIS E SUSTENTÁVEIS

Dennia Pires de Amorim Trindade

Julio Cesar Colivet Briceno

Flávio Alves da Silva

DOI: 10.47094/978-65-284-0132-1/333-341

ÁREA TEMÁTICA: OUTRAS

CAPÍTULO 32.....343

MÓDULO COMPUTACIONAL EM PLANILHA ELETRÔNICA PARA O CÁLCULO DE INDICADORES ESTATÍSTICOS PARA AVALIAÇÃO DE ANÁLISES DE REGRESSÃO

Jorge Luiz Moretti de Souza

Matheus Salgado Moretti

DOI: 10.47094/978-65-284-0132-1/343-353

CAPÍTULO 33.....354

DERMATITE ATÓPICA CANINA: REVISÃO DE LITERATURA

Yslla Fernanda Fitz Balo Meriguetti

André Cayô Cavalcanti

Ivanildo Schmith Kuster

Luciano Wagner Dorea Reis

Sérgio de Oliveira Alves

Francismar Silva Coelho

Wanderson Alves Ferreira

Marcel Merlo Mendes

Josete Pertel

Juliana Maria Piassi

Janio Laurindo

Deivid Garbrecht Feltz

DOI: 10.47094/978-65-284-0132-1/354-363

CAPÍTULO 34.....364

REPRODUÇÃO DE EQUINOS COM SÊMEN CONGELADO: UMA REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

André Cayô Cavalcanti

Gabriel Vilela Hertel Vianna

Renata Curty da Rocha

Yslla Fernanda Fitz Balo Meriguetti

Ivanildo Schmith Kuster

Luciano Wagner Dorea Reis

Sérgio de Oliveira Alves

Wanderson Alves Ferreira

Marcel Merlo Mendes

Josete Pertel

Juliana Maria Piassi

Janio Laurindo

DOI: 10.47094/978-65-284-0132-1/364-374

CAPÍTULO 35.....375

UMA ANÁLISE DOS PLANOS DE ENSINO DO CURSO TÉCNICO EM AGRONEGÓCIO

Mário Junior dos Santos Bonifacio

Wallison Brandão Vieira

Claudia Maria Soares Rossi

Wanderson Alves Ferreira

DOI: 10.47094/978-65-284-0132-1/375-383

CAPÍTULO 36.....384

FITOTERAPIA NA PRODUÇÃO DE RUMINANTES: PERSPECTIVAS FUTURAS PARA SAÚDE E DESEMPENHO ZOOTÉCNICO

Jamylla Mirck Guerra de Oliveira

DOI: 10.47094/978-65-284-0132-1/384-393

CAPÍTULO 37.....394

MINECRAFT COMO FERRAMENTA PEDAGÓGICA NO PROCESSO FORMATIVO DA AGROPECUÁRIA BRASILEIRA

Camylla Soares Koswoski

DOI: 10.47094/978-65-284-0132-1/394-401

ÁREA TEMÁTICA: AGRICULTURA SUSTENTÁVEL

ENTRE A TERRA E A LEI CAMINHOS JURÍDICOS PARA UMA AGRICULTURA SUSTENTÁVEL NO BRASIL

Graziele Moreira Nazário Alves¹.

Universidade Católica de Brasília (UCB), Taguatinga, Brasília - DF.

<http://lattes.cnpq.br/2830953203753624>

RESUMO: Este capítulo analisa os principais instrumentos jurídicos que regulam e incentivam a agricultura sustentável no Brasil, considerando os desafios e possibilidades no atual contexto socioambiental. Parte-se da relação entre agricultura e meio ambiente, destacando o papel do Direito Ambiental na construção de um modelo produtivo equilibrado e sustentável. São examinados os fundamentos legais, como o Código Florestal e a Política Nacional do Meio Ambiente, além de políticas públicas e incentivos como o Pagamento por Serviços Ambientais (PSA) e o Plano ABC+. O texto também discute os entraves à efetivação jurídica da sustentabilidade agrícola, como a fragilidade da fiscalização, a resistência de setores do agronegócio e a desigualdade no acesso a recursos. Por fim, aponta caminhos para o fortalecimento da governança ambiental, com destaque para a educação, a inovação tecnológica e a integração de políticas públicas. Conclui-se que o Direito Ambiental é um instrumento estratégico para a transição a uma agricultura mais justa, produtiva e ecologicamente equilibrada.

PALAVRAS-CHAVE: Agricultura sustentável. Direito ambiental. Políticas públicas.

BETWEEN THE LAND AND THE LAW: LEGAL PATHWAYS TO SUSTAINABLE AGRICULTURE IN BRAZIL

ABSTRACT: This chapter analyzes the main legal instruments that regulate and promote sustainable agriculture in Brazil, considering the challenges and opportunities within the current socio-environmental context. It begins by exploring the relationship between agriculture and the environment, emphasizing the role of Environmental Law in shaping a balanced and sustainable production model. The discussion includes legal frameworks such as the Forest Code and the National Environmental Policy, as well as public policies and incentives like Payment for Environmental Services (PES) and the ABC+ Plan. The text also addresses the obstacles to implementing legal sustainability in agriculture, including weak enforcement, resistance from agribusiness sectors, and unequal access to resources. Finally, it proposes paths to strengthen environmental governance, highlighting education,

technological innovation, and policy integration. The chapter concludes that Environmental Law is a strategic tool for transitioning to a more equitable, productive, and ecologically balanced agricultural model.

KEY-WORDS: Sustainable agriculture. Environmental law. Public policies.

INTRODUÇÃO

A relação entre agricultura e meio ambiente tem assumido relevância crescente nas últimas décadas, impulsionada pelos desafios impostos pela crise climática global, pela contínua degradação dos ecossistemas naturais e pela pressão intensificada sobre os recursos ambientais. O Brasil, em virtude de seu vasto território, sua diversidade biológica e sua posição estratégica na produção global de alimentos, encontra-se no centro desse debate. Nesse cenário, a agricultura sustentável surge como um caminho necessário e estratégico para assegurar a produtividade do setor agrícola, sem comprometer o equilíbrio ecológico ou a integridade dos ecossistemas.

A sustentabilidade na agricultura demanda, entretanto, um conjunto de mecanismos de regulamentação, incentivo e fiscalização que viabilizem práticas compatíveis com a conservação ambiental. Nesse sentido, o Direito Ambiental assume papel fundamental como instrumento normativo capaz de orientar e balizar a transição para modelos produtivos mais responsáveis. Considerando esse panorama, o presente capítulo propõe-se a discutir como o Direito Ambiental pode contribuir efetivamente para a promoção de uma agricultura sustentável no Brasil, conciliando desenvolvimento econômico, produção agrícola e conservação ambiental.

Para a abordagem dessa questão, a discussão será organizada em cinco eixos principais. Inicialmente, busca-se apresentar os fundamentos da relação entre agricultura e meio ambiente, demonstrando a necessidade de equilíbrio entre produção e conservação, bem como contextualizando o surgimento e a importância da agricultura sustentável no Brasil. Em seguida, serão analisados os principais fundamentos jurídicos que sustentam a sustentabilidade na agricultura, com destaque para os princípios constitucionais, as normas infraconstitucionais e os instrumentos legais previstos no ordenamento jurídico ambiental brasileiro, como o Código Florestal e a Política Nacional do Meio Ambiente.

Na terceira parte, o foco recairá sobre as políticas públicas e os incentivos existentes para a adoção de práticas agrícolas sustentáveis, incluindo mecanismos como o pagamento por serviços ambientais, programas de certificação e políticas de estímulo à adequação ambiental de propriedades rurais. Na sequência, serão examinados os desafios e limites enfrentados na efetivação jurídica da sustentabilidade agrícola, como a fragilidade dos mecanismos de fiscalização, a insuficiência de estrutura administrativa, os conflitos entre interesses produtivos e ambientais, e a resistência por parte de setores do agronegócio.

Desta maneira, serão explorados caminhos possíveis para a consolidação de uma agricultura sustentável no Brasil a partir da ótica jurídico-institucional, contemplando o fortalecimento da governança ambiental, o aprimoramento da legislação, o engajamento da sociedade civil, a valorização do conhecimento técnico-científico e a incorporação de tecnologias sustentáveis. Ao final, pretende-se oferecer uma reflexão crítica sobre os limites e as potencialidades do Direito Ambiental na promoção de um modelo agrícola que seja, ao mesmo tempo, produtivo, socialmente justo e ecologicamente equilibrado.

OBJETIVO

O objetivo deste capítulo é analisar os principais instrumentos jurídicos que regulam a agricultura sustentável no Brasil, destacando seus fundamentos legais, desafios de implementação e possíveis caminhos para o fortalecimento da governança ambiental no setor agrícola.

METODOLOGIA

Este estudo caracteriza-se como uma pesquisa qualitativa, de natureza básica, com objetivos exploratórios e descritivos, fundamentada em pesquisa bibliográfica e documental. A abordagem tem como finalidade compreender, a partir de fontes teóricas e legais, os caminhos jurídicos que regulam e incentivam a agricultura sustentável no Brasil.

Do ponto de vista dos procedimentos técnicos, foram utilizados a pesquisa bibliográfica, com apoio em autores renomados no campo do Direito Ambiental, como Paulo Affonso Leme Machado (2016), Édis Milaré (2020) e José Rubens Morato Leite (2018), cujas obras abordam os fundamentos, princípios e aplicações do Direito Ambiental brasileiro. No campo das Ciências Agrárias, destacam-se referências como Altieri (2012), com enfoque na agroecologia e sustentabilidade agrícola, e Caporal e Costabeber (2004), que tratam da transição agroecológica no contexto das políticas públicas.

Complementarmente, realizou-se pesquisa documental, com foco em legislações federais como o Código Florestal (Lei nº 12.651/2012) e a Lei do Pagamento por Serviços Ambientais (Lei nº 14.119/2021), além de relatórios institucionais do Ministério do Meio Ambiente, EMBRAPA e IBAMA, que abordam políticas e diretrizes para o uso sustentável da terra e dos recursos naturais.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Agricultura e meio ambiente: um equilíbrio necessário

A agricultura sempre teve papel central nas dinâmicas de ocupação territorial, desenvolvimento econômico e segurança alimentar. No Brasil, desde o período colonial, a atividade agrícola foi responsável por importantes ciclos econômicos, como o do açúcar,

do café e, mais recentemente, da soja e da pecuária. Essa vocação agrícola moldou a estrutura fundiária do país, a formação de cidades e a organização das cadeias produtivas.

Contudo, o modelo tradicional de expansão agropecuária adotado historicamente no Brasil tem se baseado na conversão de grandes áreas naturais, principalmente florestas e cerrados, para pastagens e monoculturas. Esse padrão, marcado pela lógica extrativista e pelo uso intensivo dos recursos naturais, provocou profundos impactos socioambientais. Entre eles, destacam-se o desmatamento, a erosão do solo, a contaminação dos corpos d'água por agroquímicos e a perda de biodiversidade.

A partir da segunda metade do século XX, impulsionado por crises ecológicas globais e por movimentos sociais e científicos, emergiu um novo paradigma: o da sustentabilidade. No setor agrícola, essa mudança traduziu-se na busca por sistemas produtivos que harmonizem conservação ambiental, viabilidade econômica e justiça social. É nesse contexto que surge o conceito de agricultura sustentável, como uma resposta aos limites evidentes do modelo convencional.

A agricultura sustentável baseia-se em práticas que respeitam os ciclos ecológicos, preservam os recursos naturais e favorecem a autonomia dos agricultores. Trata-se de uma proposta que valoriza a diversidade biológica, cultural e produtiva, além de buscar o equilíbrio entre produção e conservação. Como afirmam Altieri e Nicholls (2017, p. 25), “a agricultura sustentável requer o redesenho dos agroecossistemas de forma a aumentar sua biodiversidade funcional e eficiência dos recursos, promovendo sistemas produtivos resilientes e equitativos”.

Além das práticas agroecológicas e do uso racional de insumos, a sustentabilidade no campo pressupõe também uma nova mentalidade no uso da terra, na valorização do conhecimento tradicional e na inclusão social. O papel das comunidades locais e dos pequenos produtores é central nesse processo, já que eles muitas vezes atuam como guardiões da biodiversidade e dos saberes sobre manejo sustentável.

No caso brasileiro, a transição para uma agricultura sustentável apresenta desafios específicos. O país ocupa posição de destaque na produção global de alimentos e commodities, como soja, milho e carne bovina, o que acarreta pressões permanentes sobre os ecossistemas nativos. A expansão da fronteira agrícola, especialmente sobre áreas de Cerrado e Amazônia, intensifica os conflitos entre produção e conservação.

Por outro lado, o Brasil possui importantes instrumentos legais e institucionais voltados à sustentabilidade no campo, como o Código Florestal (Lei nº 12.651/2012), o Zoneamento Ecológico-Econômico (ZEE) e políticas de fomento à agroecologia e à agricultura familiar. Essas normas representam avanços no sentido de compatibilizar a produção agrícola com a proteção ambiental, embora enfrentem dificuldades na sua implementação e fiscalização.

A efetivação da agricultura sustentável no Brasil depende, portanto, de um arcabouço normativo robusto, de políticas públicas consistentes e de uma atuação coordenada entre

Estado, sociedade civil e setor produtivo. É necessário, também, o fortalecimento da pesquisa científica, da extensão rural e dos mecanismos de mercado que valorizem práticas sustentáveis, como a certificação socioambiental e os sistemas agroalimentares locais.

É importante destacar que o modelo sustentável não implica redução da produtividade, mas sim uma mudança de enfoque: a produção deve ser pensada a partir dos limites ecológicos e sociais. Diversas experiências no Brasil e no mundo mostram que é possível produzir com respeito ao meio ambiente, desde que haja apoio técnico, acesso a crédito, assistência e valorização dos produtos sustentáveis.

Assim, que a agricultura sustentável não é apenas uma alternativa ao modelo convencional, mas uma exigência para garantir a continuidade da produção de alimentos e a integridade dos ecossistemas. No Brasil, país de imensa diversidade biológica e cultural, essa transição é urgente e estratégica, exigindo compromisso político, inovação tecnológica e transformação cultural profunda.

Fundamentos jurídicos da sustentabilidade na agricultura

O ordenamento jurídico brasileiro oferece bases sólidas para a proteção ambiental no contexto da atividade agrícola. A Constituição Federal de 1988 consagrou o meio ambiente ecologicamente equilibrado como um direito fundamental de todos e impôs ao poder público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações (art. 225). Tal previsão constitucional estabelece o fundamento para uma atuação estatal reguladora que busque harmonizar o desenvolvimento econômico com a preservação dos recursos naturais.

Esse mandamento constitucional promoveu a inserção de princípios e normas ambientais em diversas áreas do direito, incluindo o setor agrícola. O meio ambiente passou a ser tratado como bem jurídico de valor coletivo, com implicações diretas sobre o uso da terra, os modos de produção e a responsabilidade pelos danos causados. Como destaca Fiorillo (2018, p. 57), “a Constituição de 1988 operou uma verdadeira revolução jurídico-ambiental ao consolidar o meio ambiente como um direito fundamental de terceira geração”.

Entre os principais instrumentos legais infraconstitucionais, destaca-se o Código Florestal (Lei nº 12.651/2012), que estabelece obrigações aos proprietários rurais, como a manutenção de Áreas de Preservação Permanente (APPs) e de Reservas Legais (RLs). Essas áreas exercem funções ecológicas fundamentais, como a proteção dos recursos hídricos, da biodiversidade e do solo. Segundo Machado (2015, p. 209), “a função das APPs e das Reservas Legais não é restringir o uso da terra, mas garantir a integridade dos processos ecológicos necessários à própria produção agrícola”.

Apesar de seus avanços, o Código Florestal também gerou controvérsias. A revisão da norma em 2012 foi criticada por flexibilizar exigências de recuperação de áreas degradadas e anistiar desmatamentos anteriores. Como aponta Antunes (2019, p. 97), “a

reforma do Código Florestal evidenciou o embate entre interesses econômicos imediatos e a necessidade de preservar os serviços ecossistêmicos essenciais à vida e à própria atividade agrícola”.

Outro marco importante é a Política Nacional do Meio Ambiente (Lei nº 6.938/1981), que institui instrumentos como o licenciamento ambiental e a avaliação de impacto ambiental, aplicáveis a empreendimento agroindustriais de maior porte. Essa lei introduziu conceitos fundamentais para o controle ambiental no país. De acordo com Milaré (2011, p. 412), “a Política Nacional do Meio Ambiente representa o ponto de partida do moderno direito ambiental brasileiro, ao estruturar um sistema articulado de instrumentos jurídicos e administrativos”.

Os princípios jurídicos ambientais desempenham papel estruturante na regulação da atividade agrícola. O princípio do poluidor-pagador, por exemplo, determina que quem causa dano ambiental deve arcar com os custos de reparação, internalizando os impactos negativos da produção. Já o princípio da precaução exige prudência diante de riscos ambientais incertos. Segundo Leite (2014, p. 132), “o princípio da precaução exige que o legislador e o aplicador do direito atuem com cautela diante de incertezas científicas sobre potenciais danos irreversíveis”.

Outro princípio fundamental é o da função socioambiental da propriedade rural, que condiciona o exercício do direito de propriedade ao cumprimento de deveres ambientais. Esse princípio reforça a ideia de que o uso da terra deve atender não apenas a interesses privados, mas também a finalidades públicas. Nas palavras de Benjamin (2012, p. 243), “a propriedade rural, para ser legítima no Estado Democrático de Direito, deve cumprir sua função ecológica, social e econômica de forma integrada”.

A regulação ambiental, nesse sentido, não visa apenas impor limites à atividade agrícola, mas também orientar sua transformação em direção à sustentabilidade. O marco jurídico atua como instrumento de indução de boas práticas, ao estabelecer padrões de conduta, exigir avaliações técnicas, aplicar sanções e promover incentivos à conformidade ambiental.

Entretanto, a efetividade das normas ambientais depende de sua implementação prática, o que exige fiscalização adequada, estrutura administrativa eficiente e participação social. A complexidade do território brasileiro, aliada à força do agronegócio e à desigualdade no campo, torna esse processo desafiador e repleto de tensões políticas e econômicas.

Conclui-se que o direito ambiental brasileiro oferece fundamentos robustos para a regulação da agricultura, mas sua eficácia está diretamente ligada à vontade política, à capacidade institucional e à mobilização da sociedade. A construção de um modelo agrícola sustentável exige, portanto, não apenas normas bem elaboradas, mas também mecanismos eficazes de governança e controle social.

Políticas públicas e incentivos à agricultura sustentável

A atuação do Estado brasileiro na promoção da agricultura sustentável não se restringe à imposição de obrigações legais; inclui também o desenvolvimento de políticas públicas e instrumentos econômicos voltados ao estímulo de práticas sustentáveis. Essa intervenção positiva busca induzir comportamentos ambientalmente adequados, reconhecendo que a sustentabilidade depende tanto de normas quanto de incentivos. Como afirma Milaré (2011, p. 539), “a proteção ambiental não pode se limitar à proibição; é indispensável também criar mecanismos de estímulo ao cumprimento espontâneo das normas”.

Nesse sentido, diversos programas e iniciativas vêm sendo implementados com o objetivo de incentivar os produtores rurais à adoção de métodos ambientalmente responsáveis. Esses programas consideram a diversidade de realidades do meio rural brasileiro, promovendo uma abordagem flexível e adaptada às condições regionais e socioeconômicas. A articulação entre políticas ambientais, agrárias e econômicas torna-se essencial para que a transição para sistemas produtivos sustentáveis seja viável.

Um dos instrumentos de destaque é o Pagamento por Serviços Ambientais (PSA), recentemente regulamentado pela Lei nº 14.119/2021, que recompensa economicamente aqueles que preservam, recuperam ou melhoram os ecossistemas. O PSA reconhece o valor dos serviços ecossistêmicos prestados pelos produtores e promove a conservação com base em incentivos econômicos. Segundo Antunes (2019, p. 213), “o PSA representa uma nova lógica de proteção ambiental, que premia a preservação ao invés de apenas punir a degradação”.

A adoção do PSA na atividade agrícola pode representar uma mudança de paradigma, ao valorizar financeiramente práticas conservacionistas que, até então, não eram reconhecidas pelo mercado. Além disso, o mecanismo contribui para a internalização de externalidades positivas da produção sustentável, transformando o cuidado ambiental em uma fonte de renda adicional. Como destaca Leite (2014, p. 186), “trata-se de uma forma de atribuir valor econômico a ações que mantêm a qualidade dos serviços ecossistêmicos, como a regulação climática, a proteção da biodiversidade e a conservação dos recursos hídricos”.

Outras políticas incluem linhas de crédito específicas, como o Programa Agricultura de Baixo Carbono (ABC), atualmente denominado Plano ABC¹+, que financia tecnologias voltadas à redução de emissões de gases de efeito estufa e ao aumento da eficiência no uso da terra. O Plano ABC tem sido considerado uma das principais iniciativas de mitigação climática no setor agropecuário brasileiro. De acordo com o MAPA (2022, p. 15), “o ABC+ 2020–2030 tem como objetivo consolidar uma agricultura de base sustentável por meio da adoção de tecnologias de baixa emissão de carbono em todos os biomas”.

¹ Plano setorial para adaptação à mudança do clima e baixa emissão de carbono na agropecuária com vistas ao desenvolvimento sustentável (2020-2030): visão estratégica para um novo ciclo / Secretaria de Inovação, Desenvolvimento Rural e Irrigação. CropLife Brasil. **Plano ABC+**: política pública essencial na evolução da agropecuária sustentável. Disponível em: <https://croplifebrasil.org/plano-abc/>. Acesso em: 2 jun. 2025.

Além disso, iniciativas de certificação ambiental, como o selo Orgânico Brasil e programas de rastreabilidade, vêm ganhando espaço no mercado internacional. Tais sistemas conferem maior transparência aos processos produtivos e agregam valor aos produtos sustentáveis. Como observa Fiorillo (2018, p. 244), “o consumidor moderno tem papel determinante na exigência de padrões de sustentabilidade, e os instrumentos de certificação surgem como respostas a essas novas demandas”.

A presença do Estado, por meio de políticas de apoio técnico, extensão rural e capacitação, é fundamental para garantir que os agricultores, especialmente os pequenos e médios, possam acessar esses mecanismos e implementá-los de forma efetiva. Sem assistência técnica e formação adequada, muitos produtores não conseguem cumprir as exigências legais nem adotar novas tecnologias. Segundo Benatti (2011, p. 309), “a inclusão produtiva e ambiental dos agricultores familiares depende da atuação pública coordenada, que integre crédito, assistência técnica e acesso ao mercado”.

Nesse contexto, a promoção da agricultura sustentável deve ser compreendida como uma responsabilidade compartilhada, que envolve governos, produtores, consumidores e o setor privado. O papel do Estado é o de regulador, financiador e facilitador da mudança de paradigma produtivo. É necessário que as políticas públicas estejam alinhadas com os princípios do desenvolvimento sustentável e com as metas internacionais assumidas pelo Brasil, como o Acordo de Paris e os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS).

Contudo, ainda existem desafios significativos, como a instabilidade das políticas públicas, a burocracia no acesso ao crédito e a concentração de incentivos em grandes produtores. A superação desses obstáculos passa pela ampliação da governança ambiental e agrícola, com maior participação social e transparência nas decisões. Como afirma Machado (2015, p. 398), “a sustentabilidade exige planejamento de longo prazo e a construção de políticas estáveis, inclusivas e adaptadas à realidade do campo brasileiro”.

Dessa forma, a construção de uma agricultura sustentável no Brasil depende de um arranjo institucional robusto, capaz de combinar normas jurídicas, incentivos econômicos e políticas de apoio técnico. A atuação do Estado, nesse contexto, deve ser estratégica e integrada, promovendo condições para que a sustentabilidade deixe de ser um ideal abstrato e se torne uma realidade concreta nos sistemas de produção agrícola.

Desafios e limites à efetivação jurídica da sustentabilidade agrícola

Apesar do avanço normativo e institucional, a efetivação da sustentabilidade agrícola por meio do Direito Ambiental ainda encontra inúmeros obstáculos. Um dos principais desafios é a fragilidade na fiscalização e na aplicação das normas ambientais, especialmente em áreas rurais extensas e de difícil acesso. A escassez de recursos humanos e materiais nos órgãos ambientais compromete a capacidade de monitorar e coibir infrações ambientais de forma eficaz. Como observa Milaré (2011, p. 597), “sem estruturas institucionais eficazes,

as normas ambientais tornam-se meras declarações de intenções”.

A ausência de fiscalização eficiente permite que práticas ambientalmente degradantes persistam mesmo em face de uma legislação robusta. A impunidade de infrações ambientais, somada à morosidade dos processos administrativos e judiciais, enfraquece o efeito dissuasório das sanções. Segundo Antunes (2019, p. 134), “a deficiência na implementação compromete a legitimidade do Direito Ambiental, minando a confiança dos cidadãos em sua eficácia”.

Além disso, existe uma tensão estrutural entre os interesses econômicos do agronegócio e os imperativos ecológicos da legislação ambiental. Essa tensão manifesta-se tanto em disputas judiciais quanto em processos legislativos voltados à flexibilização de normas protetivas. Como destaca Fiorillo (2018, p. 173), “há uma pressão constante do setor produtivo por ajustes normativos que relativizem as exigências ambientais em nome da competitividade”.

A narrativa da produtividade como valor absoluto frequentemente obscurece a relevância dos serviços ecossistêmicos e dos direitos das comunidades tradicionais e povos indígenas. O modelo de produção dominante ainda é marcado pela lógica da expansão territorial, da monocultura e do uso intensivo de insumos, com impactos significativos sobre a biodiversidade e os recursos naturais. Segundo Leite (2014, p. 224), “o discurso do progresso econômico não pode servir de escudo para práticas que comprometem a integridade ecológica e os direitos fundamentais”.

Outro limite significativo está relacionado à desigualdade de acesso à informação, tecnologia e crédito. Muitos produtores rurais, especialmente em regiões periféricas, carecem de apoio técnico e estrutura para adaptar suas propriedades às exigências legais. Essa assimetria compromete a universalização da sustentabilidade no campo. De acordo com Benatti (2011, p. 298), “a implementação de práticas sustentáveis depende diretamente da capacidade do produtor de acessar políticas públicas e tecnologias adequadas”.

A informalidade e a baixa adesão aos cadastros ambientais, como o Cadastro Ambiental Rural (CAR), são reflexos dessa realidade. A própria operacionalização do CAR enfrenta desafios quanto à validação das informações, à integração com outras bases de dados e ao uso efetivo para fiscalização. Segundo Machado (2015, p. 211), “o CAR, embora inovador, ainda carece de mecanismos eficazes de controle e cruzamento de dados que garantam sua efetividade”.

Adicionalmente, a instabilidade política e a descontinuidade de programas públicos comprometem os avanços conquistados. Mudanças frequentes nas diretrizes do Ministério do Meio Ambiente ou na destinação de recursos para a agricultura sustentável dificultam o planejamento de longo prazo. Como aponta Silva (2020, p. 112), “a fragilidade institucional agrava a insegurança jurídica e afeta negativamente os investimentos em práticas sustentáveis”.

Também é necessário destacar o papel das pressões internacionais, que têm exigido do Brasil maior responsabilidade socioambiental, sobretudo na exportação de commodities agrícolas. Países e blocos econômicos impõem restrições a produtos associados ao desmatamento ou à violação de direitos humanos, o que tem impacto direto sobre a competitividade do setor. Isso revela a importância de alinhar o cumprimento da legislação ambiental à inserção estratégica do Brasil no comércio global.

Nesse cenário, a participação da sociedade civil, de organizações não governamentais e dos próprios consumidores é essencial para fortalecer a fiscalização social e a demanda por transparência. Ferramentas como o monitoramento remoto via satélite e os sistemas de rastreabilidade também contribuem para o controle público das práticas agrícolas. Como enfatiza Benjamin (2012, p. 207), “a cidadania ambiental ativa é condição indispensável para a efetividade das normas protetivas”.

Portanto, embora o arcabouço jurídico estabeleça as bases para a sustentabilidade, sua aplicação concreta depende de fatores políticos, econômicos e sociais, exigindo uma atuação integrada do Estado, da sociedade civil e do setor produtivo. Somente por meio dessa cooperação interinstitucional e intersetorial será possível transformar o Direito Ambiental em um instrumento efetivo de transição para uma agricultura verdadeiramente sustentável.

Caminhos possíveis para a consolidação da agricultura sustentável

Na etapa subsequente, a consolidação da agricultura sustentável no Brasil requer uma série de medidas estruturais e integradas. Em primeiro lugar, é fundamental o fortalecimento da governança ambiental, com o aprimoramento das capacidades institucionais dos órgãos de controle, fiscalização e licenciamento. A transparência, a participação social e o acesso à justiça ambiental devem ser pilares centrais dessa governança. Conforme enfatiza Machado (2015, p. 189), “a eficácia do Direito Ambiental depende da existência de instituições sólidas, autônomas e transparentes, capazes de operar em contextos muitas vezes adversos”.

A melhoria da governança ambiental também passa pela descentralização e integração entre os entes federativos. Estados e municípios precisam estar capacitados para implementar políticas públicas ambientais, garantindo a aplicação das normas mesmo nos territórios mais distantes e vulneráveis. Segundo Antunes (2019, p. 118), “a descentralização administrativa deve vir acompanhada da redistribuição de competências e recursos, para que não se transforme em omissão institucional”.

Em segundo lugar, é necessário promover a educação ambiental e a capacitação técnica dos produtores, como forma de ampliar a conscientização e difundir práticas agrícolas sustentáveis. A formação continuada permite que os produtores compreendam a legislação ambiental e reconheçam os benefícios ecológicos e econômicos de sua observância. De acordo com Benatti (2011, p. 302), “a educação ambiental é ferramenta indispensável à

efetivação dos direitos socioambientais no meio rural”.

A extensão rural, nesse sentido, deve ser revalorizada como política pública essencial, especialmente para pequenos agricultores que enfrentam maiores dificuldades de acesso a crédito e inovação. Programas de assistência técnica precisam ser ampliados e descentralizados, alcançando as comunidades tradicionais e os assentamentos rurais. Leite (2014, p. 229) ressalta que “sem apoio técnico adequado, a adoção de práticas sustentáveis permanece restrita à minoria com maior poder aquisitivo e acesso à informação”.

Outro caminho importante é a articulação entre o setor público, o setor privado e a sociedade civil, promovendo parcerias, investimentos em pesquisa agroecológica, e incentivo a cadeias produtivas sustentáveis. As políticas públicas devem criar sinergias com as iniciativas do mercado e das organizações não governamentais, consolidando um ambiente institucional favorável à sustentabilidade. Como afirma Milaré (2011, p. 624), “a sustentabilidade requer uma construção coletiva, alicerçada no diálogo entre os diversos atores sociais e econômicos”.

A inovação tecnológica, quando alinhada aos princípios da sustentabilidade, pode contribuir significativamente para a redução de impactos ambientais e o aumento da resiliência dos sistemas produtivos. Tecnologias como o plantio direto, a integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF) e o uso de bioinsumos vêm demonstrando potencial para transformar as bases da produção agrícola. Fiorillo (2018, p. 181) destaca que “a ciência deve estar a serviço da sustentabilidade, oferecendo soluções que respeitem os limites ecológicos do planeta”.

A adoção de mecanismos de incentivo, como o pagamento por serviços ambientais e as certificações socioambientais, também desempenha papel central. Tais instrumentos promovem uma internalização dos custos ambientais e valorizam economicamente as práticas conservacionistas. Conforme Benjamin (2012, p. 215), “o reconhecimento dos serviços ambientais prestados por agricultores é um avanço civilizatório no direito ambiental contemporâneo”.

Além disso, a integração de políticas setoriais é fundamental. As políticas agrícola, ambiental, fundiária e de desenvolvimento rural devem estar articuladas, evitando sobreposições e contradições. Essa abordagem integrada é essencial para criar um ambiente normativo e institucional coerente com os objetivos da sustentabilidade. Segundo Silva (2020, p. 127), “a fragmentação das políticas públicas é um dos maiores entraves à efetividade dos direitos ambientais no campo”.

A revisão periódica das normas legais, com base em evidências científicas e em diálogo com os diversos atores sociais, é indispensável para garantir a atualidade e a efetividade do Direito Ambiental como instrumento de transformação. O direito deve acompanhar as mudanças tecnológicas, os avanços científicos e as novas demandas sociais. Como aponta Fiorillo (2018, p. 219), “a normatização ambiental não pode ser estática; precisa evoluir de forma dinâmica, compatível com os desafios do século XXI”.

Assim, a consolidação da agricultura sustentável no Brasil exige mais do que boas intenções legislativas: demanda uma transformação estrutural que envolva instituições fortalecidas, cidadãos informados e políticas públicas integradas e participativas. Trata-se de um projeto coletivo de longo prazo, no qual o Direito Ambiental desempenha papel estratégico como instrumento de equilíbrio entre a produção e a preservação.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise desenvolvida ao longo deste capítulo demonstrou, de forma clara, que a consolidação de uma agricultura sustentável no Brasil depende de múltiplos fatores interdependentes, que vão além da mera existência de normas jurídicas. Embora o país possua um dos arcabouços legais ambientais mais avançados do mundo, a efetividade dessas normas está diretamente relacionada à capacidade de implementação por parte do Estado, à consciência ambiental dos produtores e ao engajamento da sociedade como um todo. A legislação, por si só, não é suficiente para garantir a sustentabilidade no campo, sendo indispensável uma atuação institucional articulada, comprometida e contínua.

O Direito Ambiental brasileiro, especialmente a partir da Constituição Federal de 1988, forneceu bases sólidas para a proteção ecológica, reconhecendo o meio ambiente como um direito fundamental. Todavia, ao abordar o setor agrícola, observa-se que ainda há uma lacuna entre os preceitos normativos e a realidade prática vivida nos territórios rurais. A dificuldade de fiscalização em áreas remotas, a sobreposição de interesses econômicos e as disparidades de acesso a recursos e tecnologias sustentáveis comprometem a universalização da sustentabilidade agrícola. Esses obstáculos demandam ações estruturais e investimentos consistentes para superação.

É imprescindível reconhecer que a promoção de uma agricultura sustentável envolve um reposicionamento do papel do Estado, que deve atuar não apenas como fiscalizador, mas também como indutor de boas práticas. A criação de políticas públicas robustas, a exemplo do Plano ABC+ e da Política Nacional de Pagamento por Serviços Ambientais, representa avanços importantes, pois associam conservação ambiental à viabilidade econômica. Entretanto, tais iniciativas precisam ser ampliadas, financiadas de forma estável e adaptadas às distintas realidades socioeconômicas e geográficas do país.

A educação ambiental e a capacitação técnica dos produtores despontam como instrumentos estratégicos para ampliar a efetividade das políticas e da legislação vigente. Não se pode esperar a adoção de práticas sustentáveis sem que os atores do campo compreendam seus fundamentos, vantagens e implicações. A extensão rural, nesse contexto, deve ser fortalecida como política de Estado, garantindo o acesso à informação, à assistência técnica e ao crédito, especialmente para os pequenos produtores e comunidades tradicionais, que são fundamentais na manutenção da diversidade produtiva e cultural do campo brasileiro.

A governança ambiental, por sua vez, precisa ser repensada sob uma perspectiva descentralizada, participativa e integrada. A fragmentação das políticas públicas, bem como a sobreposição de competências entre os entes federativos, compromete a efetividade das ações e gera insegurança jurídica. É necessário criar canais de diálogo entre os diversos setores da sociedade, valorizar os saberes locais e estabelecer mecanismos de controle social que garantam a transparência e a legitimidade dos processos decisórios. A participação cidadã, especialmente por meio de conselhos e fóruns territoriais, deve ser estimulada como ferramenta de fortalecimento democrático.

O enfrentamento dos desafios ambientais no setor agrícola também exige inovação tecnológica orientada pela sustentabilidade. Tecnologias como o sistema de Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF), o uso de bioinsumos e os métodos de produção agroecológica demonstram que é possível produzir respeitando os limites ecológicos e promovendo ganhos de produtividade. Entretanto, o acesso desigual a essas inovações revela a importância de políticas públicas inclusivas, que democratizem a ciência e a tecnologia e promovam a redução das desigualdades no campo.

É necessário destacar ainda o papel crescente das pressões internacionais e das exigências dos mercados consumidores por práticas ambientalmente responsáveis. A rastreabilidade da produção, os selos de certificação e as sanções comerciais impostas a países que desrespeitam compromissos ambientais demonstram que a sustentabilidade é uma demanda estratégica para a inserção do Brasil no comércio global. Negar essa realidade compromete não apenas a imagem do país, mas também a competitividade dos seus produtos no cenário internacional.

A consolidação de uma agricultura sustentável também exige revisões normativas constantes, pautadas em evidências científicas e no diálogo intersetorial. O Direito, enquanto instrumento de transformação social, deve ser sensível às mudanças no cenário ambiental, tecnológico e econômico, acompanhando os avanços científicos e os novos desafios ecológicos. A rigidez normativa, quando dissociada da realidade concreta, torna-se inócua ou até contraproducente. Assim, a atualização periódica das leis e a criação de mecanismos de avaliação de sua eficácia são elementos centrais para o fortalecimento da legislação ambiental.

Importa ressaltar que a sustentabilidade agrícola não deve ser compreendida como obstáculo ao desenvolvimento econômico, mas como sua condição essencial. Ao compatibilizar produção, conservação e justiça social, a agricultura sustentável assegura a continuidade da atividade produtiva e a resiliência dos ecossistemas frente às mudanças climáticas e à degradação ambiental. Nesse sentido, o Direito Ambiental precisa ser compreendido como um aliado estratégico dos produtores e da sociedade, e não como um entrave burocrático ao crescimento.

Por fim, o fortalecimento da agricultura sustentável no Brasil requer um projeto nacional de longo prazo, que una vontade política, engajamento social, inovação tecnológica

e compromisso ético com as futuras gerações. O Direito Ambiental desempenha papel essencial nesse processo, ao estabelecer os limites, os deveres e os incentivos necessários para transformar a agricultura em vetor de desenvolvimento sustentável. A tarefa é complexa e repleta de desafios, mas absolutamente necessária diante da urgência climática e da responsabilidade coletiva pela proteção da vida e dos recursos naturais do país.

REFERÊNCIAS

- ANTUNES, Paulo de Bessa. **Direito ambiental**. Rio de Janeiro: Lumen Juris, 2019.
- BENATTI, José Heder. **Instrumentos jurídicos para o desenvolvimento rural sustentável**. In: SOUZA, Marcelo; MENDES, Ana Lúcia; CARVALHO, Alda (org.). **Direito agrário e desenvolvimento sustentável**. Belém: Editora da UFPA, 2011.
- BENJAMIN, Antônio Herman de Vasconcellos e. Participação cidadã e controle social. In: MILARÉ, Édís (org.). **Direito do ambiente: a gestão ambiental em foco**. São Paulo: Revista dos Tribunais, 2012.
- BRASIL. **Código Florestal: Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012**. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 28 maio 2012.
- BRASIL. **Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981: Política Nacional do Meio Ambiente**. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 2 set. 1981.
- BRASIL. **Lei nº 14.119, de 13 de janeiro de 2021: institui a Política Nacional de Pagamento por Serviços Ambientais**. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 14 jan. 2021.
- COSTA, Antonio Herman V. Benjamin; MILARÉ, Édís. **Meio ambiente e Constituição**. São Paulo: RT, 1995.
- CropLife Brasil. **Plano ABC+**: política pública essencial na evolução da agropecuária sustentável. Disponível em: <https://croplifebrasil.org/plano-abc/>. Acesso em: 2 jun. 2025.
- FARIAS, Cristiano Chaves de; ROSENVALD, Nelson. **Curso de direito civil: parte geral**. Salvador: Juspodivm, 2021.
- FIORILLO, Celso Antonio Pacheco. **Curso de direito ambiental brasileiro**. São Paulo: Saraiva Educação, 2018.
- GUERRA, Sergio. **Direito ambiental: temas fundamentais**. São Paulo: Atlas, 2020.
- LEITE, José Rubens Morato. **Direito ambiental: doutrina, jurisprudência e prática**. São Paulo: Revista dos Tribunais, 2014.
- LIMA, Wanda Maria Ribeiro. **Gestão ambiental no Brasil: desafios e perspectivas**. Brasília: IPEA, 2001.
- MACHADO, Paulo Affonso Leme. **Direito ambiental brasileiro**. São Paulo: Malheiros Editores, 2015.

MARTINEZ, Silvia Capelli. **Direito ambiental e políticas públicas**. São Paulo: Revista dos Tribunais, 2017.

MEDEIROS, Sérgio Ricardo. **Amazônia e sustentabilidade**. Manaus: Valer, 2016.

MILARÉ, Édis. **Direito do ambiente: a gestão ambiental em foco**. São Paulo: Revista dos Tribunais, 2011.

MIRRA, Álvaro Luiz Valery. **Direito ambiental e cidadania**. São Paulo: Max Limonad, 2004.

OLIVEIRA, José Aldemir de. **Geografia, agricultura e meio ambiente no Brasil**. São Paulo: Contexto, 2018.

PORTO, Rubens Harry. **Recursos hídricos e sustentabilidade**. Rio de Janeiro: ABRH, 2013.

SILVA, Carlos Frederico Marés de Souza. **Povos indígenas e o meio ambiente**. Curitiba: Juruá, 2020.

MODELO PREDITIVO PARA ANÁLISE DO CICLO DE VIDA NO CONTEXTO DO PROGRAMA NACIONAL DE BIOCOMBUSTÍVEIS

Alvaro Luz Alves Coutinho¹.

Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” (ESALQ/USP), Piracicaba, SP.

<http://lattes.cnpq.br/6700608461027458>

RESUMO: As metas globais de descarbonização estabelecidas no âmbito da UNFCCC impulsionaram o desenvolvimento de instrumentos de regulação baseados no mercado. No Brasil, o Renovabio instituiu os Créditos de Descarbonização como mecanismo de incentivo à produção e uso de biocombustíveis com menor Intensidade de Carbono. Neste estudo, avaliamos a potencial redução de emissões de gases de efeito estufa na etapa agrícola da cadeia do etanol de cana-de-açúcar de primeira geração na região Centro-Sul do Brasil, a partir da modelagem de Análise de Ciclo de Vida e técnicas de Aprendizado de Máquina Automatizado. Foram definidos seis cenários de mitigação, variando a intensidade de redução no uso de diesel e nitrato de amônio. O cenário de mitigação acelerada de ambos insumos proporciona a redução acumulada de 2,6 milhões toneladas de CO₂ equivalente, o que representaria até R\$ 76,97 milhões em valor de mercado, em 2023. A abordagem integrada contribui metodologicamente para análise de sensibilidade dos efeitos de mitigação de emissões de GEE no contexto do sistema Renovabio.

PALAVRAS-CHAVE: Biocombustíveis. Aprendizado de Máquina. Análise do Ciclo de Vida.

PREDICTIVE MODEL FOR LIFE CYCLE ASSESSMENT IN CONTEXT OF BRAZIL'S NATIONAL BIOFUELS PROGRAM

ABSTRACT: Global decarbonization targets established under the UNFCCC have driven the development of market-based regulatory instruments. In Brazil, Renovabio introduced Decarbonization Credits as an incentive mechanism for the production and use of biofuels with lower Carbon Intensity. In this study, we assess the potential reduction of greenhouse gas emissions in the agricultural stage of the first-generation sugarcane ethanol production chain in Brazil's central-southern region, using Life Cycle Assessment modeling and Automated Machine Learning techniques. Six mitigation scenarios were defined, varying the intensity of reductions in the use of diesel and ammonium nitrate. The accelerated mitigation scenario for both inputs would lead to a cumulative reduction of 2.6 million tons of CO₂ equivalent, representing up to R\$ 76.97 million in market value by 2023. The integrated

approach contributes methodologically to the sensitivity analysis of GHG mitigation effects within the RenovaBio system context.

KEY-WORDS: Biofuels. Machine Learning. Life-cycle Assessment.

INTRODUÇÃO

A Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre a Mudança do Clima estabelece esforços para reduzir as emissões de gases de efeito estufa (GEE) por meio de metas de descarbonização (LÁZARO et al, 2023). Um dos procedimentos para regulação das emissões de GEE são as ferramentas de medição chamadas *cap-and-trade* (UNFCCC, 2024). Essa metodologia cria um tipo de commodity atrelada às metas de redução da Intensidade de Carbono (IC) em um dado setor da economia (BENTO; VIEIRA FILHO, 2023). Os mercados de carbono traduzem uma unidade de crédito a uma tonelada de CO₂ equivalente (UNFCCC, 2024). De forma complementar, o Acordo de Paris estabelece a metodologia de contabilidade e transparência para promover a autodeclaração das metas climáticas para cada país subscrito (BODANSKY, 2021).

Essas metas chamadas de Contribuição Nacionalmente Determinada (NDC, em inglês) são comunicadas de forma quinquenal com informações que denotam as medidas de mitigação doméstica (UNFCCC, 2024). A última NDC brasileira, nos termos do Acordo de Paris, propôs a redução para 1,32 bilhões tCO₂eq (-48%) e 1,20 bilhões tCO₂eq (-53%) (ano base 2005) nos anos de 2025 e 2030, respectivamente (OBSERVATÓRIO DO CLIMA, 2021) (BRASIL, 2023). Para o setor de Bioenergia e Combustíveis foi inovado os Créditos de Descarbonização (CBIOS) instituídos pelo Programa Nacional de Biocombustíveis (BRASIL, 2017).

O Renovabio possui como princípio o atendimento das NDC por meio do incentivo ao aumento da participação de biocombustíveis na matriz energética, visando a redução de emissão GEE na produção, comercialização e uso (BRASIL, 2017) (BENTO; VIEIRA FILHO, 2023). As metas anuais de redução de emissão de GEE dentro do setor são projetadas em um horizonte decenal, em que o montante definido a cada distribuidor de combustível fóssil é proporcional à sua participação no mercado (ANP, 2023). Projeta-se nessa meta a redução programática e gradual da IC no setor de combustíveis em -11,37% (ano base 2018), estabelecendo para o final do decênio (2025-2034) a meta compulsória de 72,54 milhões de CBIOS (MME, 2024).

O princípio metodológico do Renovabio é a Análise de Ciclo de Vida (ACV), na forma de *well-to-wheel* (do poço à roda), seguindo as diretrizes estabelecidas pela norma ISO 14.040:2016 (ABNT, 2014). Considera-se as etapas agrícolas e industriais para cômputo da Nota de Eficiência Energética Ambiental (NEEA) de determinado volume de biocombustível produzido pelo emissor primário, expresso em gramas de CO₂ equivalente por MJ (SCACHETTI et al. 2018). A ACV incorpora todos os estágios do ciclo de vida do

produto, desde a extração de matérias-primas até tratamento de resíduos, o consumo de recursos naturais e os impactos ambientais. Também identifica oportunidades de melhoria no desempenho ambiental do produto ou atividade ao longo do ciclo de vida (XAVIER; CALDEIRA-PIRES, 2004).

A fase agrícola contribui significativamente para as emissões de GEE do etanol, sendo as principais práticas poluentes o uso de calcário, insumos nitrogenados, queima de resíduos agrícolas e consumo de combustível fóssil em operações mecanizadas (FOLEGATTI- MATSUURA, 2018). Na etapa agrícola mede-se o impacto da produção de matéria prima na emissão de GEE, expresso em $\text{kgCO}_2\text{eq/t}$ de matéria prima (FORNARO et al, 2023). Pinto (2023), aponta que a fase agrícola representa 86,8% da IC total da rota do etanol de primeira geração a base de cana-de-açúcar (E1GC), tendo como média 23.94 e desvio padrão de 5.1 $\text{gCO}_2\text{eq/MJ}$.

O valor de IC resultante da etapa agrícola é somado ao impacto da produção do biocombustível dentro da usina, considera-se o transporte de matéria prima, o nível de tecnologia e tipo de combustível produzido (FOLEGATTI- MATSUURA, 2018). A diferença entre a IC do biocombustível e de seu combustível substituto é feita para obter-se a Nota de Eficiência Energética Ambiental (NEEA, expressa em $\text{gCO}_2\text{eq/MJ}$). AACV utilizada pelo Renovabio é modelada utilizando a ferramenta RenovaCalc. Essa modelagem utiliza da base de dados ecoinvent v.3.1 e Global Feed LCA Institute (GFLI), além de informações da Embrapa, IBGE, Conab e de parâmetros setoriais para cada rota tecnológica disponível (RAMOS et al. 2024).

A ferramenta solicita ao usuário a inserção de parâmetros na etapa agrícola, expressos em volume de insumo utilizado por tonelada de biomassa (SCACHETTI et al. 2018). Modelos de ACV podem preconizar análises de sensibilidade para determinar parâmetros do sistema que contribuem mais ou menos para o resultado (GLADISH et al. 2018). Análises de sensibilidade são conduzidas definindo o modelo, suas variáveis independentes e dependentes, atribuindo funções de densidade de probabilidade e calculando um vetor de saída, finalmente, avaliando as influências e a importância relativa de cada relação de entrada e saída (HAMBY, 1994).

Para abordagens de estimação em modelos de ACV para produção agrícola utilizando bases de dados amplas e heterogêneas, modelos matemáticos tradicionais são limitados em identificar relações complexas (XUE ROMEIKO, 2020). Neste sentido, Aprendizagem de Máquina (ML, em inglês) é uma classe da inteligência artificial, ao qual inclui-se uma variedade de métodos de processamento de dados, sendo seus principais ramos, abordagens supervisionadas e não supervisionadas. Modelos de regressão ocupam a categoria do aprendizado supervisionado, o objetivo de regressões é prever valores de um ou mais variáveis resposta contínuos dado o valor dimensional de valores preditivos (BISHOP, 2006).

Dado um grupo de dados, composto de observações, onde junto com suas correspondentes variáveis resposta, o objetivo é prever o valor de t para cada novo valor de x . Através dessa distribuição condicional obtém-se previsões de tal forma a minimizar o valor esperado da função de perda, como por exemplo, o erro quadrado (BISHOP, 2006). Por meio do uso do teste destas funções de perda e pela otimização de hiperparâmetros, técnicas de ML automatizados (AutoML) realizam decisões baseadas nos dados apresentados pelos usuários (SALEHIN et al. 2024). AutoML possibilita determinar qual melhor modelo de regressão para explicar o conjunto de dados oferecidos sem necessidade de aprofundamento nos mecanismos inerentes ao funcionamento de cada modelo de aprendizado supervisionado (HUTTER; KOTTHOFF; VANSSCHOREN, 2019).

Para as safras de cana-de-açúcar de 2019, 2020 e 2021, seis estados representam 99,6% do total produzido no país, sendo São Paulo responsável por 57% da produção nacional (RAMOS et al, 2024). Estes estados pertencem a região canavieira centro-sul, que desempenha um papel importante na economia brasileira contribuindo significativamente para a matriz energética renovável e para o setor agroindustrial (SOUZA et al. 2015). Refere-se a uma área geográfica em que o clima favorável e a disponibilidade de terras propícias ao cultivo da cana-de-açúcar são fatores-chave que impulsionam a importância econômica dessa região (VEDANA et al. 2019).

Utilizando dados agrícolas primários das unidades produtoras de etanol certificadas entre 2018 e 2022, Ramos et al (2024) realiza a caracterização do sistema “típico” de produção da cana-de-açúcar a partir da média ponderada dos dados agrícolas, considerando os parâmetros técnicos presentes na RenovaCalc. O perfil “típico” estadual, teve o cálculo da IC realizado diretamente na RenovaCalc, obtendo valores entre 34,5 e 46,7 kgCO₂eq/t (v.7). Foram usados índices de eficiência calculados considerando área de 100 ha e a produção baseada em produtividade média de 68,67 t/ha de colmos.

As diferenças na IC da cana-de-açúcar entre os estados ocorreram principalmente em função das taxas de queima e na variação no consumo dos insumos (RAMOS et al. 2024). Pinto (2023), a partir da análise da NEEA do banco de dados de 167 usinas certificadas, aponta que a redução potencial de IC na fase agrícola é de 70%. Liu et al. (2023), utilizando dados de 67 usinas brasileiras, estimaram uma IC média de 35,2 gCO₂eq/MJ de etanol produzido, sendo as principais fontes de emissão identificadas são oriundas das emissões de N₂O no campo (24,3%), o uso de energia na fase de cultivo (24,2%) e o transporte do etanol (19,3%).

OBJETIVO

O objetivo principal deste trabalho é desenvolver um modelo preditivo, a partir da integração da Análise de Ciclo de Vida (ACV) e técnicas de Aprendizado de Máquina Automatizado (AutoML), para simular a Intensidade de Carbono (IC) na etapa agrícola da produção de etanol de primeira geração a partir da cana-de-açúcar (E1GC) na região

Centro-Sul do Brasil. A pesquisa visa modelar o sistema produtivo no contexto dos perfis validados pelo programa Renovabio, utilizando a ferramenta RenovaCalc como base para o cálculo da variável resposta. Como objetivos secundários, o estudo busca identificar as variáveis de maior influência na composição da Intensidade de Carbono agrícola; realizar uma análise de sensibilidade para quantificar o impacto de variações nos insumos mais relevantes; e, por fim, avaliar o potencial de mitigação de emissões de gases de efeito estufa (GEE) a partir da simulação de diferentes cenários de redução no uso de diesel e fertilizantes nitrogenados.

METODOLOGIA

Este estudo aborda uma sistemática de ML supervisionado que visa modelar e simular a IC, expressa em $\text{gCO}_2\text{eq/t}$ de cana-de-açúcar, associada à produção agrícola da cana no Brasil no contexto dos perfis validados pela política Renovabio segundo Ramos et al. (2024). A metodologia sugerida tem como referência o método proposto por Silva et al. (2011) segue abordagem quantitativa, composta por simulação estocástica, modelagem preditiva automatizada e análise de cenários, conforme descrito nas etapas a seguir. A análise de sensibilidade é baseada nos trabalhos de Kinpara (2020) e Scachetti et al. (2018). As análises foram realizadas em ambiente computacional do *Google Colab*, a partir de diferentes bibliotecas em *Python* 3.11.

Foram considerados para modelagem: os corretivos utilizados no preparo de solo (kg/t cana), fertilizantes sintéticos utilizados (kg/t cana), quantidade de fertilizantes orgânicos e/ou organominerais (V/t cana) e as fontes energéticas utilizadas no processo produtivo, por exemplo, diesel (L/t cana) e eletricidade (kWh/t cana) (FOLEGATTI-MATSUURA, 2018). A base de dados utilizada incluiu 48 variáveis preditivas. Foi conduzida uma simulação com 1.000 amostras sintéticas, utilizando distribuições normais parametrizadas com médias e desvios padrão fornecidos por estado (Ramos et al. 2018). A variável resposta é a IC da etapa agrícola do cultivo de cana-de-açúcar, calculada por meio do RenovaCalc.

A base de dados simulada foi dividida em conjuntos de treino e teste. A modelagem da variável resposta foi realizada utilizando abordagem *AutoML* e a identificação das variáveis preditoras com maior influência sobre a IC foi realizada por meio de múltiplas abordagens complementares de análise de importância de atributos. Com base nos insumos de maior impacto e pela análise de sensibilidade foram definidos cenários hipotéticos de mitigação de carbono. A simulação dos cenários foi realizada por meio de função que altera os valores das colunas correspondentes por meio de multiplicação por fatores de redução.

Os dados ajustados foram submetidos ao modelo *Bayesian Ridge Regression* previamente treinado para estimar a nova IC associada a cada cenário. As IC estimadas foram multiplicadas pela produção estadual anual de cana-de-açúcar (em toneladas) para estimar as emissões totais em tCO_2eq por estado. Foram considerados os principais estados produtores da região Centro-Sul: São Paulo (SP), Goiás (GO), Minas Gerais (MG)

e Mato Grosso do Sul (MS).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O modelo com melhor desempenho identificado pelo AutoML foi o *Bayesian Ridge Regression*, que obteve erro absoluto médio (MAE) de 0,331, erro quadrático médio (MSE) 0,825 e coeficiente de determinação (R^2) de 0,948. Os hiperparâmetros adotados incluíram baixa regularização nos termos *alpha_1*, *alpha_2*, *lambda_1* e *lambda_2* (todos em 10^{-6}), permitindo maior flexibilidade no ajuste dos coeficientes. O modelo estimou automaticamente os valores iniciais (*alpha_init*, *lambda_init*), ajustou o intercepto e utilizou convergência com tolerância de 0.001, resultando em um ajuste eficiente e preciso para os dados avaliados.

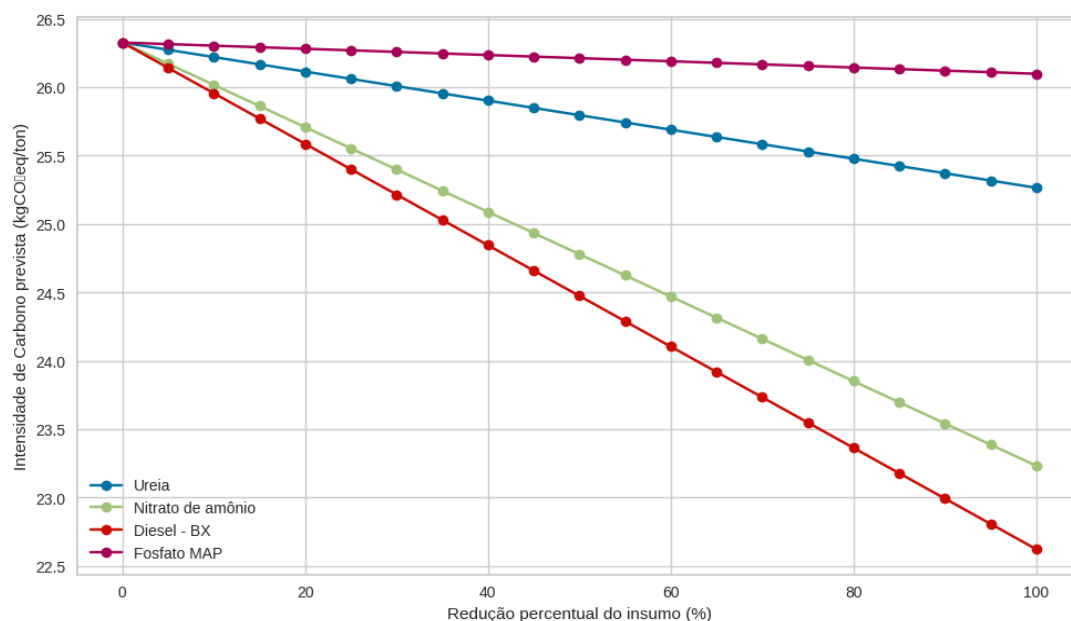
Foi realizada a avaliação de importância das variáveis para ranquear os insumos que mais influenciam a IC. Esse procedimento tem como objetivo quantificar a contribuição de cada variável preditora no comportamento da variável resposta. A análise evidencia o nitrato de amônio, a uréia, fosfato monoamônico (MAP) e o diesel BX como os quatro insumos com maior importância relativa no modelo. A Tabela 1 apresenta os valores de média e desvio padrão para os quatro insumos de maior impacto, bem como para a variável resposta do modelo, a IC.

Tabela 4. Média e desvio padrão para os insumos de maior impacto e para variável resposta (IC).

Variável	un.	Média	Desvio Padrão
Nitrato de amônio	kg/t	0,413	0,220
Ureia	kg/t	0,239	0,139
Diesel - BX	L/t	1,161	0,597
Fosfato Monoamônico (MAP)	kg/t	0,080	0,029
Intensidade de Carbono (IC)	gCO ₂ eq/t	26,057	4,026

Análise de sensibilidade possui o propósito de aferir a confiabilidade nos resultados finais da modelagem em ACV (EUROPEAN COMMISSION - JRC, 2010). Análise local de sensibilidade (ALS) possui como objetivo avaliar o impacto nas variáveis resposta a partir de uma pequena perturbação nos insumos de referência (WEI et al. 2014). Neste sentido, a partir do modelo de regressão, é possível propor a ALS para os insumos de maior impacto na IC do sistema estudado. A sensibilidade é expressa como o coeficiente da variação absoluta da variável resposta (IC) em relação a uma variação percentual dos insumos de maior impacto identificados (uréia, diesel, nitrato de amônia e fosfato MAP).

Figura 1. Sensibilidade da intensidade de carbono em função do uso dos insumos agrícolas.



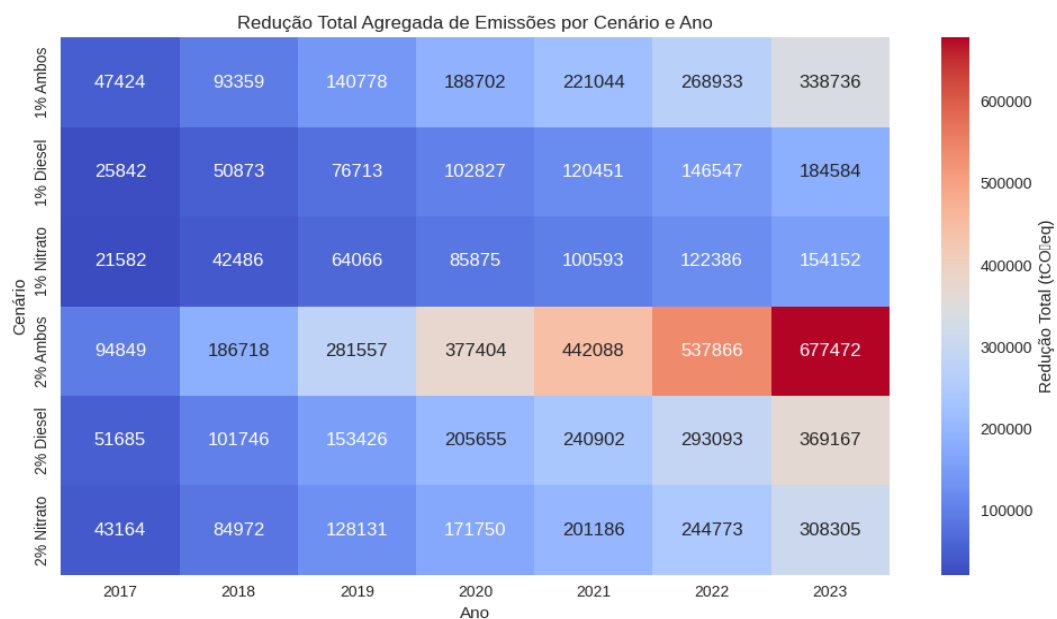
A Figura 1 ilustra a análise de sensibilidade: o eixo horizontal ilustra a redução percentual do insumo, variando de 0% (uso total atual) a 100% (eliminação completa do insumo), enquanto o eixo vertical apresenta a IC prevista. A cada 1% de redução no uso de uréia, estima-se uma diminuição de 0,0106 kgCO₂eq/t. O impacto é mais expressivo para o nitrato de amônio e o diesel, cujas reduções de 1% implicam em decréscimos médios de 0,0309 kgCO₂eq/t e 0,0370 kgCO₂eq/t, respectivamente. Já o fosfato MAP apresenta influência mais modesta, com uma redução média estimada de 0,0023 kgCO₂eq/t a cada 1% de diminuição de uso.

Os seis cenários de mitigação avaliados neste estudo foram definidos com base na aplicação progressiva de reduções percentuais nos insumos de maior coeficiente de sensibilidade e elasticidade: o Nitrato de Amônio e o Diesel. Foram considerados dois níveis de intensidade de mitigação, redução gradual (1% ao ano) e redução acelerada (2% ao ano), e três combinações distintas de tratamento: i) redução exclusiva do nitrato de amônio; ii) redução exclusiva do diesel; e iii) redução simultânea de ambos os insumos. Esses cenários foram aplicados cumulativamente ao longo do período de 2017 a 2023. Os cenários que combinam a mitigação simultânea de ambos insumos resultam nas maiores reduções acumuladas de IC, com destaque para o cenário de redução acelerada de ambos insumos, que atinge 0,95 kgCO₂eq/t de biomassa em 2023.

A Figura 2 exibe os resultados em termos absolutos, isto é, a redução total agregada das emissões de GEE expressa em tCO₂eq para cada cenário e ano. Os valores foram obtidos a partir da multiplicação das reduções estimadas de IC pelas quantidades totais de produção agrícola anual nos seis estados analisados (IBGE, 2025). Os resultados indicam que o cenário com redução acelerada de ambos os insumos (2% ao ano) evitaria cerca de 2,6 milhões de toneladas de CO₂ equivalente até 2023. Com o cenário mais conservador,

com redução gradual de ambos insumos, resultam em reduções acumuladas superiores a 1 milhão de tCO₂eq ao longo do período de análise.

Figura 2. Projeção da redução de GEE (tCO₂eq) para diferentes cenários entre 2017 e 2023.



A Tabela 5 apresenta uma estimativa do potencial de mitigação de emissões de GEE decorrente da aplicação do cenário de redução acelerada de ambos os insumos na atividade canvieira para produção de E1GC da região Centro-Sul do Brasil no contexto do Renovabio, para o período de 2019 a 2023. Essa análise tem como base a projeção de redução cumulativa da IC e sua conversão em emissões evitadas e potenciais ganhos econômicos com CBIOs a partir das metas definidas e média de valor de mercado (MME, 2025).

Tabela 5. Resumo das projeções em redução de IC, GEE evitado, percentual da meta e ganho nominal pela adoção do cenário de redução acelerada dos insumos.

Ano	un.	2019	2020	2021	2022	2023
Produção	(milhões t)	691,11	694,78	651,09	660,12	712,68
Redução IC	(kg CO2eq/t)	0,41	0,54	0,68	0,81	0,95
GEE evitado	(mil t CO2eq)	281,56	377,40	442,09	537,87	677,47
Meta CBIO	(t CO2eq)	16,80	28,70	41,00	49,80	59,60
Perc. da meta	(%)	1,676%	1,315%	1,078%	1,080%	1,137%
Valor méd. CBIO	(R\$)	---	R\$ 43,66	R\$ 39,31	R\$ 111,63	R\$ 113,61
Valor nominal	(mi R\$)	---	R\$ 16,48	R\$ 17,38	R\$ 60,04	R\$ 76,97

As metas anuais de descarbonização estabelecidas pela Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP) para o RenovaBio no mesmo período variaram de 16,80 milhões a 59,60 milhões de tCO₂eq, as emissões evitadas pela adoção do cenário representaram entre 1,08% e 1,68% das metas anuais de CBIOS. A precificação das emissões evitadas com base no valor médio de mercado dos CBIOS permite estimar ganhos econômicos potenciais de até R\$ 76,97 milhões em 2023, considerando as reduções relacionadas ao cenário adotado.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo apresenta um método de análise da sensibilidade geral do modelo adotado pela política. Os limites do sistema estudado, a coleta e simulação dos dados, a definição da modelagem por regressão e a análise de sensibilidade são operações feitas a partir da estrutura de ACV do E1GC da RenovaCalc. O modelo de ML supervisionado apresentou boa condição preditiva e demonstra uma alternativa para análise de sensibilidade para sistemas de ACV. Dois insumos foram identificados como os que possuem maior potencial de impacto na IC: Nitrato de Amônio e Diesel, pois demonstram, dentro da modelagem do RenovaCalc, que possuem maior coeficiente de sensibilidade.

O estudo aponta que diminuições graduais do uso destes insumos geram reduções na IC do modelo de forma mais eficiente do que outros insumos estudados. Isso implica na formulação de planos de manejo que possam atender esse objetivo de melhoria no perfil climático da produção de cana-de-açúcar no contexto Renovabio. De forma geral, a redução da IC não atende somente as metas da política, como possui potencial em conversão para ganhos financeiros devido a tradução de tCO₂eq evitado do sistema produtivo para CBIOS. Outros estudos devem ser realizados pela ótica da IE para aferir se esta redução de insumos proposta também afere-se ao ganho energético.

REFERÊNCIAS

ABNT. **NBR ISO 14040** Gestão ambiental – Avaliação do ciclo de vida – Princípios e estrutura. Rio de Janeiro: versão corrigida, 2014.

ANP. **Despacho ANP nº 322**, de 31 de Março de 2023. Brasília: Diário Oficial da União, 2023.

BENTO, José A. N.; VIEIRA FILHO, José E. R. **O Crédito de Descarbonização (CBIO) e sua relação com o mercado de Carbono**. In: FILHO, J. E. R. V.; GASQUES, J. G. (Org.) Agropecuária Brasileira: evolução, resiliência e oportunidades. Rio de Janeiro: IPEA, 2023.

BISHOP, Christopher M. **Pattern Recognition and Machine Learning**. Springer New York, NY, 2006. ISBN:978-0-387-31073-2

BODANSKY, Daniel. **Paris Agreement**. United Nations Audiovisual Library of International

Law. United Nations, 2021.

BRASIL. **Lei nº 13.576, de 26 de dezembro de 2017.** Dispõe sobre a Política Nacional de Biocombustíveis (RenovaBio) e dá outras providências.. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 2017.

BRASIL. **Nationally Determined Contribution (NDC) to the Paris Agreement under the UNFCCC.** Brasília, 2023

EUROPEAN COMMISSION – JRC. **International Reference Life Cycle Data System (ILCD) Handbook – General guide for Life Cycle Assessment – Detailed guidance.** 1. ed. Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2010.

FOLEGATTI-MATSUURA, Marília I. S. et al. **RenovaCalc:** a calculadora do programa RenovaBio. Brasília: VI Congresso Brasileiro sobre Gestão do Ciclo de Vida, 2018.

FORNARO, Daniel H.; SANTOS, Jeronimo A.; MARJOTTA-MAISTRO, Marta C. **Funcionamento da renovacalc:** uma visão aplicada à produção do etanol de primeira geração. São Paulo: Revista GeSec, 2023.

GLADISH, Daniel W.; DARNELL, Ross; THORBURN, Peter J.; HALDANKAR, Bhakti. **Emulated Multivariate Global Sensitivity Analysis for Complex Computer Models Applied to Agricultural Simulators.** Journal of Agricultural, Biological, and Environmental Statistics, 2018.

HAMBY, D. M. **A Review of Techniques for Parameter Sensitivity Analysis of Environmental Models.** Environmental Monitoring and Assessment, 1994. p. 135-154

HUTTER, Frank; KOTTHOFF, Lars; VANSSCHOREN, Joaquin (eds.). **Automated Machine Learning: Methods, Systems, Challenges.** Cham: Springer, 2019.

IBGE. **Tabela 1612 - Área plantada, área colhida, quantidade produzida, rendimento médio e valor da produção das lavouras temporárias.** SIDRA, Brasil, 2025. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/tabela/1612>> Acesso em: 26 de jun. 2025

KINPARA, Daniel I. **Economia para além dos custos:** aplicação da análise de sensibilidade para a tomada de decisão agropecuária. Embrapa Cerrados Planaltina, DF, 2020.

LAZARO, Lira L. B. et al. **What is green finance, after all? – Exploring definitions and their implications under the Brazilian biofuel policy (RenovaBio).** Journal of Climate Finance, 2023.

LIU, H. et al. **Life cycle greenhouse gas emissions of Brazilian sugarcane ethanol.** Argonne National Laboratory, 2023.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. **Despacho do Presidente da República.** Nº 65, de 11 de dezembro de 2024. Resolução nº 14, de 10 de dezembro de 2024, do Conselho Nacional de Política Energética - CNPE. Brasil, 2024.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. **Balanço Renovabio.** Brasília, DF, 2025. Disponível

em: <<https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/secretarias/petroleo-gas-natural-e-biocombustiveis/renovabio-1/balanco-renovabio>> Acesso em: 27 de jun. de 2025

OBSERVATÓRIO DO CLIMA. **Ação Civil Pública: contra o Ministério do Meio Ambiente e a União Federal.** Piracicaba, 2021.

PINTO, Alexandre da Silva Lara. **Análise da Intensidade de Carbono dos biocombustíveis no Brasil.** Fundação Getulio Vargas, Escola de Economia de São Paulo, 2023.

UNFCCC. **Emissions Trading: greenhouse gas emissions a new commodity.** 2024. Disponível em: <<https://unfccc.int/process/the-kyoto-protocol/mechanisms/emissions-trading>> Acesso em: 23 de jun. 2025

RAMOS et al. **Regionalização dos perfis típicos da produção de cana-de-açúcar para uso no Renovabio.** Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Jaguariúna, SP, 2024.

SALEHIN, I. et al. Abu. **AutoML: A systematic review on automated machine learning with neural architecture search.** Journal of Information and Intelligence, v. 2, n. 1, p. 52-81, 2024.

SCACHETTI, Michelle T. et al. **A RenovaCalc aplicada ao Biocombustível Etanol de Cana-de-Açúcar.** Brasília: VI Congresso Brasileiro sobre Gestão do Ciclo de Vida, 2018.

SILVA, R. F. et al. **Prediction of Corn and Sugar Prices Using Machine Learning, Econometrics, and Ensemble Models.** Eng. Proc. 2021.

SOUZA, G. M.; VICTORIA, R. L.; JOLY, C. A.; VERDADE, L. M. **Bioenergy & Sustainability: bridging the gaps.** Scientific Committee on Problems of the Environment (SCOPE), São Paulo, 2015.

VEDANA, Roberta. et al. **Distribuição espacial da produtividade de cana-de-açúcar no Brasil.** Revista de Política Agrícola, Ano XXVIII, n. 4, 2019.

WEI, Wei et al. **How to Conduct a Proper Sensitivity Analysis in Life Cycle Assessment: Taking into Account Correlations within LCI Data and Interactions within the LCA Calculation Model.** Environmental Science & Technology, Washington, DC, 2014.

XAVIER, J. H. V.; CALDEIRA-PIRES, A. **Uso Potencial da Metodologia de Análise de Ciclo de Vida (ACV) para a Caracterização de Impactos Ambientais na Agricultura.** Brasília: Cadernos de Ciência & Tecnologia v. 21, n. 2, 2004.

XUE ROMEIKO, Xiaobo; LEE, Eun Kyung; SORUNMU, Yetunde; ZHANG, Xuesong. **Spatially and temporally explicit life cycle environmental impacts of soybean production in the U.S. Midwest.** Environmental Science & Technology, v. 54, n. 8, p. 4758-4768, 2020.

DESENVOLVIMENTO DE MUDAS DE CAFÉ UTILIZANDO BOKASHI E *LITHOTHAMNIUM*

João Paulo Dutra Veiga¹;

Universidade do Estado de Minas Gerais (UEMG), Passos, MG.

<http://lattes.cnpq.br/6521910970839114>

Renata Brito²;

Universidade do Estado de Minas Gerais (UEMG), Passos, MG.

<http://lattes.cnpq.br/3664546487771369>

Maria Gabriela de Queiroz³;

Universidade do Estado de Minas Gerais (UEMG), Passos, MG.

<http://lattes.cnpq.br/2053330973064133>

Thaís Helena de Araújo⁴;

Universidade do Estado de Minas Gerais (UEMG), Passos, MG.

<http://lattes.cnpq.br/8926270695946333>

Isabela Cristina Gomes Honório⁵.

Universidade do Estado de Minas Gerais (UEMG), Passos, MG.

<http://lattes.cnpq.br/7002223000437455> _

RESUMO: A cafeicultura brasileira desempenha grande importância no setor agrícola, tendo um papel significativo na economia do país, destaca-se por ser uma das principais vertentes de exportação agrícola. A produção de mudas de qualidade é fundamental para todas as culturas, principalmente para as perenes, como o cafeeiro. O desenvolvimento adequado das mudas de café é determinante para a formação da lavoura. Neste contexto, o presente trabalho teve por objetivo avaliar o desenvolvimento de mudas de café, variedade Arara utilizando adubos orgânicos. O trabalho foi conduzido na cidade de Pratápolis/MG, situada no Sudoeste de Minas. Os tratamentos consistiram em: Bokashi (20 mL/5L); *Lithothamnium* (20 mL/5L), a combinação dos dois adubos (20 mL/5L) aplicados em três épocas, com intervalos de 15 dias entre as aplicações. Foram realizadas avaliações 15 dias após a última aplicação, sendo elas: altura da planta (cm), diâmetro de caule (mm), número de folhas, comprimento e peso das raízes (g). Utilizou-se o delineamento inteiramente casualizado, sendo 3 tratamentos + testemunha e 5 repetições. Os dados foram submetidos à análise de variância. Os resultados obtidos no experimento indicaram que o Bokashi apresentou

efeitos no parâmetro peso de massa do sistema radicular, favorecendo um crescimento superior dessa variável analisada.

PALAVRAS-CHAVE: Cultivar Arara. Micro-organismo eficientes. Adubos orgânicos.

DEVELOPMENT OF COFFEE SEEDLINGS USING BOKASHI AND *LITHOTHAMNIUM*

ABSTRACT: Coffee farming plays a significant role in the Brazilian agricultural sector, playing a significant role in the country's economy and being one of the main sources of agricultural exports. Producing quality seedlings is essential for all crops, especially perennials such as coffee. Proper coffee seedling development is crucial for crop development. Therefore, this study aimed to evaluate the development of Arara coffee seedlings using organic fertilizers. The study was conducted in the city of Pratápolis, Minas Gerais, located in southwestern Minas Gerais. The treatments consisted of Bokashi (20 mL/5 L); *Lithothamnium* (20 mL/5 L); and a combination of both fertilizers (20 mL/5 L) applied three times, with 15-day intervals between applications. Evaluations were conducted 15 days after the last application, including plant height (cm), stem diameter (mm), leaf number, and root length and weight (g). A completely randomized design was used, with three treatments plus a control and five replicates. The data were subjected to analysis of variance. The results obtained in the experiment indicated that Bokashi had an effect on the root system mass weight parameter, favoring superior growth of this variable.

KEY-WORDS: Arara cultivar. Efficient microorganisms. Organic fertilizers.

INTRODUÇÃO

A produção de mudas é uma etapa fundamental para a agricultura, pois as mudas são a base para a cadeia produtiva, em especial para culturas perenes. Com isso, a qualidade das mudas é determinante para o sucesso da produção agrícola. As mudas de baixa qualidade podem resultar em plantas fracas, vulneráveis a doenças e pragas, além de menor produtividade. Por isso, a produção de mudas de alta qualidade é essencial para a agricultura (EMBRAPA, 2003).

O café, sendo uma cultura perene que pode ser explorada por vinte anos ou mais, é imprescindível o plantio de mudas de qualidade, pois irá influenciar decisivamente na formação da estrutura do sistema radicular e da parte aérea da planta (MATIELLO et al., 2002). Desse modo, a produção de mudas de café requer sementes oriundas de linhagens produtivas, vigorosas e sadias.

Um dos fatores que influenciam a qualidade das mudas é o substrato. Ele é responsável por fornecer suporte, água e nutrientes para as mudas. Por isso, é importante entender as propriedades físicas e químicas dos substratos e as características adequadas

(FERREIRA, 2002). Diversos materiais orgânicos podem ser usados na composição do substrato. Os cuidados no preparo deste devem ser observados, pois dele dependerá a qualidade das mudas no que se refere ao vigor vegetativo e desenvolvimento das raízes (FERREIRA, 2002).

Além disso, a nutrição vegetal é um fator fundamental para a produção de mudas. Os nutrientes são essenciais para o crescimento e desenvolvimento das plantas. Desse modo, é importante entender a função dos nutrientes, e os fatores que afetam sua disponibilidade para as plantas. Esses princípios estão diretamente associados ao índice de pegamento das mudas a serem transplantadas para o campo (MARTINS et al., 2005).

Nesse contexto, fertilizantes orgânicos têm sido cada vez mais utilizados na agricultura, devido aos seus benefícios para o solo e para as plantas. A adição do fertilizante orgânico propicia efeitos positivos às plantas, devido à liberação lenta dos nutrientes, garantindo nutrição à planta durante todos os estágios de crescimento e desenvolvimento.

Entre os fertilizantes orgânicos, destaca-se o Bokashi, um adubo fermentado, rico em nutrientes e microrganismos benéficos para as plantas e é produzido a partir de restos orgânicos fermentados por microrganismos (CARVALHO; RODRIGUES, 2007).

O *Lithothamnium calcareum* (calcário marinho) é um adubo orgânico que vem sendo testado em diversos estudos e pode ser considerado alternativa aos adubos sintéticos, pois ele apresenta boa disponibilidade de macro e micronutrientes, N, P, K, Ca, Mg e S, que se encontram adsorvidos nas paredes celulares, sendo assim facilmente assimiláveis pelas plantas e animais (DIAS, 2000).

Embora o uso do Bokashi e *Lithothamnium* seja amplamente difundido na agricultura, ainda há poucos estudos sobre seu efeito na produção de mudas. Por isso, é importante avaliar o efeito desses compostos, na produção de mudas de diferentes culturas.

OBJETIVO

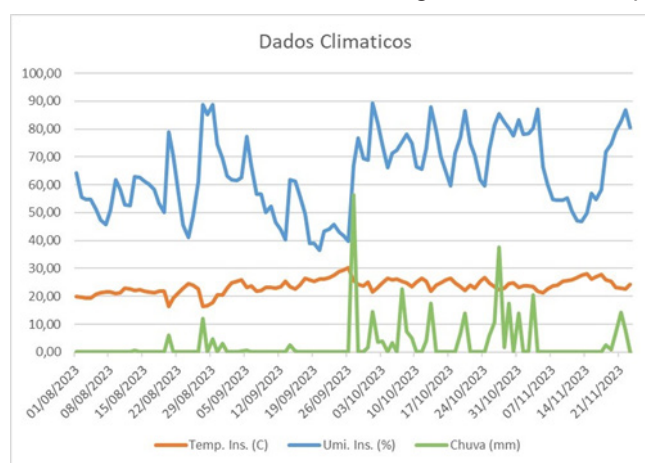
O presente trabalho teve por objetivo avaliar o desenvolvimento de mudas de café, variedade Arara utilizando adubos orgânicos como o Bokashi e o *Lithothamnium*. Para tanto, foram avaliadas características agrônômicas das mudas de café como número de folhas, altura das plantas (cm), diâmetro do caule (mm), comprimento do sistema radicular (cm) e massa do sistema radicular (g).

METODOLOGIA

O trabalho foi conduzido no município de Pratápolis/MG, lat. 20°44'46.06"S e long. 46°51'25.64"O, localizada no Sudoeste de Minas. As mudas de café Arábica (*Coffea arabica*) da cultivar Arara, foram adquiridas no município de Passos/MG. As mudas se encontravam em sacolas de polietileno preto com dimensões 11 x 20 cm.

Durante todo o período de avaliação do estudo, as mudas permanecerem em bancadas no interior de um local devidamente coberto com um telado de sombrite 50%, proporcionando proteção contra o excesso de sol, ao mesmo tempo que permitiu a entrada de luz solar, passagem de ar e umidade. Foi utilizado sistema de irrigação controlado, por meio de micro aspersores devidamente posicionados nas bancadas. O substrato padrão utilizado apresentou em sua composição uma mistura de terra de barranco peneirada + esterco bovino + super simples (18 % de P_2O_5) + Cloreto de Potássio e Calcário. O período de desenvolvimento e avaliação das mudas ocorreu entre os meses de setembro a novembro de 2023.

Figura 1. Gráfico com os dados meteorológicos durante o experimento.



Fonte: Inmet.

Os tratamentos utilizados foram:

- Tratamento 1: Bokashi (1 litro produto comercial/200 litros água) (20 ml/5L)
- Tratamento 2: *Lithothamnium* (1 litro produto comercial/200 litros água) (20 ml/5L)
- Tratamento 3: Bokashi + *Lithothamnium* (1 litro de cada produto comercial e cada 200 litros água) (20 ml/5L)
- Controle/testemunha: sem aplicação dos adubos orgânicos

As três aplicações foram realizadas mediante o uso de um regador contendo um volume de 5 litros. A concentração de cada produto empregado foi estabelecida em 20 mL, sendo distribuída de maneira uniforme sobre as folhas das mudas até alcançar a totalidade da planta.

No período de desenvolvimento do estudo foi realizado o monitoramento das mudas afim de prevenir ocorrências fitossanitárias como o ataque de pragas e doenças. O controle das plantas daninhas foi feito por arranquio, quando observada a presença destas nas mudas de café.

Os tratamentos (aplicações dos adubos nas mudas), ocorreram nas etapas fenológicas entre o primeiro par de folhas até o terceiro par. As aplicações foram realizadas a cada 15 dias. A primeira aplicação (primeiro par de folha) ocorreu logo após as mudas serem adquiridas.

As avaliações foram realizadas 65 dias após a primeira aplicação. As plantas foram colhidas, lavadas em água corrente e levadas ao local onde foram avaliadas. Nas avaliações do desenvolvimento das mudas foram consideradas as seguintes variáveis: (a) Número de folhas; (b) Altura da planta, medindo-se a distância entre o colo e a gema terminal do ramo ortotrópico (cm); (c) Diâmetro do caule, determinado na altura do colo da planta (mm), com auxílio de um paquímetro; (d) Comprimento do sistema radicular, medindo-se o comprimento do pivô (cm); (e) Peso massa sistema radicular (g). Os materiais utilizados para as avaliações foram: paquímetro, régua e balança de precisão.

Utilizou-se o delineamento inteiramente casualizado, sendo 4 tratamentos e 5 repetições, no total de 20 mudas analisadas. Os dados foram submetidos à análise de variância e, quando significativas as médias foram comparadas pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. As análises foram realizadas pelo programa computacional Sistema para Análise de Variância – SISVAR.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados indicaram diferença significativa apenas na variável peso de massa de raiz (g) entre os tratamentos utilizados (Tabela 1).

Tabela 1: Valores médios do peso de massa do sistema radicular (g), em função dos adubos Bokashi e *Lithothamnium*.

Tratamento	Peso massa do Sistema Radicular (g)
Testemunha	1,4 B
Bokashi	2,1 A
<i>Lithothamnium</i>	1,68 B
<i>Lithothamnium</i> +Bokashi	1,7 B
Média Geral:	1,73
C.V.(%)	21,6

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

O principal objetivo de qualquer adubação, seja orgânica ou mineral, é manter ou aumentar a fertilidade do solo e sua atividade biológica. Além de servir como fonte de nutrientes para as plantas, a ação mais importante do Bokashi é estimular o aumento e a diversidade de organismos do solo (SIQUEIRA, 2008).

Os resultados obtidos indicaram que a aplicação do Bokashi proporcionou desenvolvimento radicular superior aos demais tratamentos quando se trata do peso da raiz (g) (Tabela 1). De acordo com as figuras 2 e 3, é possível observar o maior volume de massa e de radículas no tratamento realizado com o Bokashi.

Figura 2: Testemunha dos tratamentos.



Fonte: Veiga, J.P.D (2023).

Figura 3: Resultados obtidos com a aplicação Bokashi.



Fonte: Veiga, J.P.D (2023).

Figura 4: Resultados obtidos na aplicação de *Lithothamnium*.



Fonte: Veiga, J.P.D (2023).

Figura 5: Resultados obtidos na aplicação de *Lithothamnium* + Bokashi.



Fonte: Veiga, J.P.D (2023).

A utilização do Bokashi como fertilizante representa, assim, um caminho promissor em direção a práticas agrícolas mais sustentáveis e eficazes. Sua capacidade de otimizar o desenvolvimento radicular não apenas impulsiona a produtividade das colheitas, mas também promove a resiliência do solo a longo prazo.

O Bokashi não apenas fornece nutrientes diretamente às plantas, mas também promove a atividade microbiana benéfica no solo. A presença de microrganismos benéficos, como bactérias promotoras de crescimento e fungos micorrízicos, estabelece interações simbióticas que ampliam a aquisição de nutrientes e modulam a arquitetura do sistema radicular, favorecendo seu desenvolvimento (LUGTENBERG; KAMILOVA, 2009; SMITH; READ, 2008; VACHERON et al., 2013).

O manejo alternativo pode trazer benefícios para a produção em pomares convencionais, como a descompactação do solo e o aumento da presença de fungos micorrízicos arbusculares nativos. O uso do Bokashi é uma técnica que pode ser utilizada para melhorar a produção de mudas em diferentes substratos, como a cultivar Arara na engenharia agrônômica (HOMMA, 2005).

Esse processo propicia condições mais adequadas para a atuação eficaz dos microrganismos na decomposição da matéria orgânica, permitindo uma incorporação mais eficiente dos nutrientes no solo. Tal prática, por conseguinte, contribui para o incremento da produtividade nas culturas da região em questão (CARVALHO e RODRIGUES, 2007; COLLAÇO, 2008; MARANDU et al., 2010; SIQUEIRA e SIQUEIRA, 2013).

Para as variáveis altura das plantas (cm), número de folhas, comprimento do sistema radicular (cm) e diâmetro de caule (mm), não houve diferença significativa entre os tratamentos utilizados. As mudas apresentaram respostas semelhantes para essas variáveis em todos os tratamentos utilizando os adubos orgânicos (Tabela 2).

Homma (2005) não observou diferenças significativas em análises da densidade superficial radicular de massa seca e massa fresca de Tangerina Mucorte (*Citrus reticulata*, Blanco x *Citrus sinensis* Osbeck) para tratamentos com Bokashi, em relação ao tratamento convencional. Quando imagens processadas pelo SIARCS foram analisadas, as plantas submetidas ao tratamento com Bokashi apresentaram área radicular e comprimento de raízes superiores aos do tratamento convencional (LIMA et al., 2006).

Tabela 2: Valores médios da altura das plantas (cm); número de folhas; Comprimento do sistema radicular (cm) e diâmetro do caule (mm) em função dos adubos Bokashi e *Lithothamnium*.

Tratamento	Altura da planta (cm)	Número de folhas	Comprimento do Sistema radicular (cm)	Diâmetro do Caule (mm)
Testemunha	14,6 B	10,8 B	15,74 B	0,91 B
Bokashi	14,5 B	10,4 B	13,9 B	0,88 B
<i>Lithothamnium</i>	13,2 B		13,6 B	0,87 B
<i>Lithothamnium</i> + Bokashi	13 B		13 B	0,87 B
Média Geral:	13,8	10,4	14,03	0,88
C.V.(%)	6,7	10,53	12,24	4,7

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Apesar dos resultados promissores na variável peso de massa de raiz (g), é importante destacar que a aplicação de Bokashi em mudas ainda apresenta limitações. Por exemplo, a eficácia do produto pode variar dependendo da cultura, substrato e condições ambientais. Além disso, a aplicação excessiva pode levar ao acúmulo de nutrientes no solo, causando problemas ambientais. Portanto, recomenda-se que futuras pesquisas sejam realizadas para investigar as doses ideais de Bokashi em diferentes culturas e substratos.

O objetivo primordial de qualquer adubação, seja ela orgânica ou mineral, consiste em preservar ou intensificar a fertilidade do solo e sua atividade biológica. Para além de sua função como fonte de nutrientes essenciais para as plantas, o bokashi destaca-se, de maneira crucial, por estimular o aumento e a diversidade de organismos no solo (SIQUEIRA, 2008).

No entanto, é pertinente observar que, embora os compostos orgânicos em questão não tenham influenciado no comprimento das raízes, não apresentando diferenças significativas em relação ao grupo controle em termos ainda de número de folhas, altura da planta e diâmetro do caule, a adubação orgânica, conforme evidenciado em estudos, desempenha um papel fundamental em manter e aumentar a fertilidade natural do solo a longo prazo, estimulando as frações orgânicas e húmicas do solo.

Entretanto, é preciso considerar que a aplicação de Bokashi e *Lithothamnium* podem ter implicações práticas e econômicas significativas na produção agrícola, uma vez que a utilização de fertilizantes orgânicos pode reduzir os custos de produção e aumentar a sustentabilidade da agricultura. Desse modo, é sugerido que sejam realizados estudos de viabilidade econômica para avaliar o impacto da utilização de Bokashi e *Lithothamnium* na produção agrícola.

Por fim, ressalta-se que a presente pesquisa contribuiu para a compreensão dos efeitos do Bokashi e *Lithothamnium* no desenvolvimento de mudas da cultivar Arara, nas condições realizadas no presente estudo.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

As análises realizadas evidenciaram que o uso de Bokashi aplicado nas mudas de café da cultivar Arara, nas condições do presente estudo, não apresentaram diferenças significativas no desenvolvimento para os parâmetros: altura das plantas (cm); número de folhas; Comprimento do sistema radicular (cm) e diâmetro do caule (mm). Entretanto, demonstrou efeitos significativos no desenvolvimento para massa do sistema radicular das mudas, promovendo maior desenvolvimento desta variável analisada.

Sugere-se que futuras pesquisas aprofundem a compreensão dos mecanismos de ação do Bokashi e do *Lithothamnium*, investigando como esses adubos influenciam a nutrição e desenvolvimento das plantas.

REFERÊNCIAS

- BENEDUZI, A. et al. Plant growth-promoting rhizobacteria (PGPR): their potential as antagonists and biocontrol agents. *Genetics and Molecular Biology*, v. 35, n. 4 (Supl.), p. 1044-1051, 2012.
- CARVALHO, J. O. M. de; RODRIGUES, C. D. S. Bokashi: composto fermentado para a melhoria da qualidade do solo. Porto Velho: Embrapa Rondônia, 2007.
- COLLAÇO, J. Bokashi: tradição japonesa para o futuro do solo. *A Lavoura*, p. 38-39, 2008.
- DIAS, G. T. M. Granulados bioclásticos – Algas calcárias. *Revista Brasileira de Geofísica*, São Paulo, v. 18, n. 3, p. 307-318, 2000. Disponível em: <https://sbgf.org.br/revista> . Acesso em: 22 out. 2023.
- EMBRAPA. Produção de mudas de hortaliças em ambiente protegido. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, Série Documentos (CNPAT) 72, 2003.
- FERREIRA, A.; RANGEL, R. M.; ANDRADE, B. S.; DARÉ, J. C. Efeito de diferentes substratos na produção de mudas de café (*Coffea arabica* L.). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEIEIRAS, 28., 2002, Caxambu. Anais [...]. Caxambu: MAPA/PROCAFÉ, 2002. p. 304-306.
- HOMMA, S. K. Efeito do manejo alternativo sobre a descompactação do solo, fungos micorrízicos arbusculares nativos e produção em pomar convencional de tangerina Murcott. Piracicaba: ESALQ-USP, 2005. Disponível em: <http://bokashi.com.br/exper/Murcot.pdf>.. Acesso em: 28 out. 2023.
- LIMA, Wallace Luis de; OLIVEIRA, João Ricardo de; SAGGIN JÚNIOR, Orivaldo José; RAPOSO, Thiago Picinatti; ALVES, Gabriela Cavalcanti; SILVA, Eliane Maria Ribeiro da; BERBARA, Ricardo Luis Louro. Editoração de imagens para avaliação de crescimento de plantas ou microrganismos com o programa SIARCS. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2006. 32 p. (Embrapa Agrobiologia. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, n. 14).

- LUGTENBERG, B.; KAMILOVA, F. Plant-growth-promoting rhizobacteria. *Annual Review of Microbiology*, v. 63, p. 541-556, 2009.
- MARANDÚ, C. V.; OURIVES, O. E. A.; SOUZA, G. M.; TIRITAN, C. S.; SANTOS, D. H. Fertilizante orgânico como fonte de fósforo no cultivo inicial de *Brachiaria brizantha* cv. Marandú. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, Goiânia, v. 40, n. 2, p. 126-132, jun. 2010.
- MARTINS, Rogério; MANOEL, Manoel; HADDAD, João; POSTALI, Luis Guilherme Brunhara; TRUZZI, Katya Daniela Campos; TAKAHASHI, Keiko; PEDINI, Sérgio; CHAGAS, Paulo Roberto Ribeiro. Diferentes substratos para produção de mudas de cafeeiro (*Coffea arabica* L. cv. Obatã). In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 4., 2005, Londrina. Anais... Brasília, DF: Embrapa Café, 2005. Disponível em: <http://sbicafe.ufv.br/handle/123456789/1958>. Acesso em: 28 out. 2023.
- MATIELLO, J. B.; SANTINATO, R.; GARCIA, A. W. R.; ALMEIDA, S. R.; FERNANDES, D. R. Cultura de café no Brasil: novo manual de recomendações. Rio de Janeiro: Fundação PROCAFÉ; Varginha: MAPA/PROCAFÉ, 2002.
- SIQUEIRA, A. P. P. Impactos sobre a dinâmica produtiva e as relações de gênero na transição agroecológica de um grupo de mulheres assentadas. 2008. Disponível em: <https://orgprints.org/21832/>. Acesso em: 10 mai. 2023.
- SIQUEIRA, A. P. P.; SIQUEIRA, M. F. B. Bokashi, adubo orgânico fermentado. Programa Rio Rural, p. 16, 2013.
- SMITH, S. E.; READ, D. J. Mycorrhizal symbiosis. 3. ed. London: Academic Press, 2008.
- VACHERON, J. et al. Plant growth-promoting rhizobacteria and root system architecture: a promising avenue for ecological intensification. *Frontiers in Plant Science*, v. 4, 2013.

TOXICIDADE DE EXTRATO HIDROALCOÓLICO DE UMBIGO DE BANANEIRA (*Musa spp.*): ESTUDO PRELIMINAR PARA VALORIZAÇÃO DE RESÍDUOS AGRÍCOLAS

João Paulo Souza Simão da Silva¹;

Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF), Juiz de Fora, Minas Gerais.

<http://lattes.cnpq.br/7841029208358032>

Mirian Bomfim Fernandes²;

Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF), Juiz de Fora, Minas Gerais.

<http://lattes.cnpq.br/9246208295229219>

Jociel Honorato de Jesus³;

Centro Universitário Faema (UNIFAEMA), Ariquemes, Rondônia.

<http://lattes.cnpq.br/4398208552140223>

Taline Canto Tristão⁴.

Centro Universitário Faema (UNIFAEMA), Ariquemes, Rondônia.

<http://lattes.cnpq.br/7677182406742151>

RESUMO: A bananicultura (*Musa spp.*) é uma atividade agrícola de grande relevância econômica e social, mas gera quantidades expressivas de resíduos, entre os quais o umbigo de bananeira (inflorescência), geralmente descartado. Essa parte da planta contém compostos bioativos, como flavonoides, fitoesteróis e ácidos fenólicos, que podem apresentar aplicações funcionais e industriais. No entanto, a ausência de estudos toxicológicos limita sua utilização segura em alimentos e produtos terapêuticos. O presente estudo teve como objetivo avaliar a toxicidade do extrato hidroalcoólico de flores e brácteas de diferentes cultivares de *Musa spp.* utilizando o bioensaio com *Artemia salina*. Foram testados extratos obtidos por maceração hidroalcoólica, e a toxicidade foi determinada por meio do cálculo da concentração letal média (CL₅₀). Os resultados indicaram variação significativa entre cultivares e estruturas vegetais (flores e brácteas), com valores de CL₅₀ variando de 34,40 µg/mL a 104,00 µg/mL. Em geral, as brácteas apresentaram menor toxicidade em comparação às flores. Esses achados evidenciam que a toxicidade do umbigo de bananeira depende tanto da cultivar quanto da parte analisada, reforçando a necessidade de estudos complementares para a caracterização fitoquímica e toxicológica. Conclui-se que a valorização desse resíduo agrícola pode contribuir para práticas mais sustentáveis, desde que associada à avaliação rigorosa de segurança.

PALAVRAS-CHAVE: *Musa spp.* Toxicidade. *Artemia salina*.

TOXICITY OF HYDROALCOHOLIC EXTRACT OF BANANA INFLORESCENCE (*Musa spp.*): A PRELIMINARY STUDY FOR AGRICULTURAL RESIDUE VALORIZATION

ABSTRACT: Banana cultivation (*Musa spp.*) is an agricultural activity of great economic and social relevance, but it generates considerable amounts of residues, including the banana inflorescence (commonly known as banana blossom), which is usually discarded. This plant part contains bioactive compounds such as flavonoids, phytosterols, and phenolic acids, which may have functional and industrial applications. However, the lack of toxicological studies limits its safe use in food and therapeutic products. This study aimed to evaluate the toxicity of the hydroalcoholic extract of flowers and bracts from different *Musa spp.* cultivars using the *Artemia salina* bioassay. Extracts were obtained by hydroalcoholic maceration, and toxicity was assessed through the calculation of the median lethal concentration (LC₅₀). Results revealed significant variation between cultivars and plant structures (flowers and bracts), with LC₅₀ values ranging from 34.40 µg/mL to 104.00 µg/mL. Overall, bracts showed lower toxicity compared to flowers. These findings indicate that the toxicity of banana inflorescence depends on both the cultivar and the plant tissue analyzed, highlighting the need for further phytochemical and toxicological characterization. In conclusion, the valorization of this agricultural residue can contribute to more sustainable practices, provided that safety assessments are rigorously addressed.

KEY-WORDS: *Musa spp.* Toxicity. *Artemia salina*.

INTRODUÇÃO

A bananicultura (*Musa spp.*) é uma das atividades agrícolas de maior relevância no mundo, com grande impacto econômico, social e nutricional. Presente em mais de 128 países, a banana é amplamente consumida tanto *in natura* quanto processada, consolidando-se como um dos principais alimentos de base para populações de regiões tropicais e subtropicais (Baptistella; Coelho; Ghobril, 2017; De Olanda Souza *et al.*, 2022). No Brasil, a cultura é cultivada em praticamente todos os estados, favorecida pela adaptabilidade da planta a diferentes ecossistemas e pelo seu importante papel na agricultura familiar (Embrapa, 2019).

Além do fruto, diversas partes da bananeira – como folhas, raízes, cascas, pseudocaule e inflorescências – apresentam histórico de uso na medicina tradicional, em diferentes culturas, para o tratamento de condições como diarreia, úlceras, inflamação e diabetes mellitus (Nirmala *et al.*, 2012; Passo Tsamo *et al.*, 2015). Em particular, a inflorescência, popularmente conhecida como umbigo de bananeira, é uma fonte significativa de compostos bioativos, incluindo flavonoides, saponinas, fitoesteróis e ácidos fenólicos como catequina e isoquercetina (Bortolanza; Nunes; Quináia, 2024; Lau *et al.*, 2020).

Apesar do reconhecido potencial bioativo, a inflorescência da bananeira é comumente descartada durante a colheita, sendo considerada um resíduo agroindustrial subutilizado (Rodrigues, 2020). A sua valorização pode reduzir o desperdício, gerar ganhos socioeconômicos para pequenos produtores e impulsionar a economia circular, ao alinhar a produção agrícola com práticas mais sustentáveis (Nogueira *et al.*, 2022).

Além disso, seu perfil químico, rico em compostos fenólicos, flavonoides e terpenoides, está associado a propriedades antioxidantes, anti-inflamatórias, antidiabéticas e antimicrobianas (Ganugapati; Baldwa; Lalani, 2012; Ahmad *et al.*, 2015; Mostafa *et al.*, 2021). Estudos indicam que o consumo da inflorescência pode proporcionar benefícios à saúde, como a melhora da função intestinal, auxílio no controle de peso, estímulo à lactação e redução do risco de doenças cardiovasculares (Amornlerdpison *et al.*, 2020; Nogueira *et al.*, 2022).

Entretanto, apesar da crescente evidência científica sobre os benefícios do consumo de flores de bananeira, a caracterização toxicológica desses extratos ainda é incipiente, o que limita sua aplicação segura em produtos alimentícios e terapêuticos. Dessa forma, torna-se essencial avaliar a toxicidade de extratos obtidos a partir da inflorescência de *Musa spp.*, especialmente os produzidos com solventes hidroalcoólicos, que permitem a extração de uma gama mais ampla de compostos bioativos.

Neste contexto, este estudo tem como objetivo avaliar a toxicidade do extrato hidroalcoólico de flores e brácteas de diferentes cultivares de *Musa spp.* utilizando o bioensaio com *Artemia salina*. Essa avaliação contribui para a valorização de um resíduo agrícola com alto potencial funcional, fomentando sua utilização segura em diferentes setores industriais.

OBJETIVO

Avaliar a toxicidade do extrato hidroalcoólico de flores e brácteas de diferentes cultivares de *Musa spp.* utilizando o bioensaio com *Artemia salina*.

METODOLOGIA

Obtenção e preparo dos extratos

As amostras de botões florais de *Musa spp.* (variedades BRS Pacoua, BRS Vitória, FHIA 17, FHIA 18, Galil 18, Pacovan Ken, Prata Anã, Princesa, Thap Maeo e banana maçã) foram obtidas por meio de colaboração com a EMBRAPA (Porto Velho-RO). As variedades foram desenvolvidas por melhoramento convencional (hibridização e seleção) visando resistência a doenças, qualidade do fruto e adaptação ambiental. Duas inflorescências de cada variedade foram selecionadas, desmembradas em brácteas e flores, lavadas, secas ao ar e em estufa a 40 °C por 5 dias, moídas e tamisadas (malha nº 20; 0,85 mm). Para a

extração, utilizou-se maceração adaptada de Chianese *et al.* (2010) e Siddiqui *et al.* (2002): 10 g de material (brácteas e flores separadamente) foram imersos em 70% de metanol (168 mL) e água destilada (72 mL), mantidos sob agitação constante e protegidos da luz por 48 h à temperatura ambiente. Após filtração a vácuo e secagem com sulfato de sódio, os extratos foram concentrados em banho-maria a 60 °C por cerca de 72 h sob pressão reduzida e armazenados em frascos âmbar de 30 mL.

Bioensaio de toxicidade contra a *Artemia salina* (TAS)

O ensaio de toxicidade foi conduzido conforme adaptação da metodologia proposta por Harada (2009). A solução salina foi preparada utilizando sal marinho sintético e água destilada, na proporção de 38 g de sal para cada litro de água. Essa solução foi dividida em duas partes: uma destinada à eclosão dos ovos e outra para a preparação das diluições das soluções-teste. Para a eclosão, aproximadamente 10 mg de ovos de *Artemia salina* foram adicionados a 100 mL da solução salina e mantidos sob iluminação artificial a 28 °C por aproximadamente 24 horas.

Após esse período, os náuplios (estágio inicial de desenvolvimento da *A. salina*) foram coletados e transferidos para um recipiente de vidro apropriado, permitindo que atingissem o estágio de metanáuplio (aproximadamente 48 horas após a eclosão). Em seguida, foram preparadas as soluções-teste a partir do extrato hidroalcoólico da inflorescência da bananeira (umbigo), em diferentes concentrações expressas em µg/mL.

Os testes foram realizados em duplicata em placas de 96 poços, contendo, em média, dez larvas no estágio de metanáuplio por poço. O controle negativo consistiu na solução salina sem adição do extrato. Após 24 horas de exposição, foi realizada a contagem das larvas sobreviventes e mortas, para posterior cálculo da CL₅₀ (concentração letal média) de cada extrato testado.

Análise de dados

Os dados foram inicialmente tabulados no software Microsoft Excel® 365 para cálculo das estatísticas descritivas (média e desvio padrão). Os valores de CL₅₀ (concentração letal média) foram estimados por regressão não linear, utilizando a função `drm()` da biblioteca `drc` no software R (versão 4.3.2). As diferenças entre as médias foram avaliadas por análise de variância (ANOVA), seguida do teste de comparações múltiplas de Tukey ($p < 0,05$), utilizando as bibliotecas `stats` e `multcompView` do mesmo software. Os resultados foram expressos como média $\pm$ desvio padrão, e as diferenças estatisticamente significativas foram indicadas por letras distintas conforme agrupamento pelo teste de Tukey.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores de CL_{50} obtidos para os extratos de flores e brácteas das diferentes cultivares de bananeira estão apresentados na Tabela 1. Observa-se que houve variação significativa entre as cultivares, tanto para flores quanto para brácteas ($p < 0,05$), conforme indicado pelas letras do teste de Tukey.

Tabela 1: Valores de CL_{50} ($\mu\text{g/mL}$) $\pm$ desvio padrão dos extratos de flores e brácteas de diferentes cultivares de bananeira.

Cultivar	Flores $CL_{50} \pm DP$ (Grupo)	Brácteas $CL_{50} \pm DP$ (Grupo)
BRS Pacoua	$73,00 \pm 1,13^c$	$104,00 \pm 0,20^a$
BRS Vitória	$35,53 \pm 11,05^d$	$103,78 \pm 0,20^a$
FHIA 17	$75,68 \pm 20,86^{bc}$	$61,28 \pm 8,94^{cd}$
FHIA 18	$93,36 \pm 18,91^{bc}$	$79,18 \pm 34,25^{bc}$
Princesa	$36,33 \pm 11,32^d$	$96,30 \pm 10,04^{ab}$
Thap Maeo	$88,72 \pm 21,50^a$	$69,90 \pm 2,77^{cd}$
Maçã comum	$90,34 \pm 19,20^{abc}$	$87,90 \pm 22,67^a$
Galil 18	$103,09 \pm 0,23^{ab}$	$103,78 \pm 0,20^a$
Pacovan Ken	$95,01 \pm 12,60^{bc}$	$63,20 \pm 6,70^d$
Prata Anã	$98,06 \pm 0,24^{bc}$	$34,40 \pm 13,50^e$

Legenda: Valores apresentados como média $\pm$ desvio padrão ($n = 2$). Letras diferentes indicam diferenças estatisticamente significativas entre as médias pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). Cultivares que compartilham a mesma letra não diferem entre si.

Fonte: Elaborado pelos autores (2025).

Para as flores, a cultivar Thap Maeo apresentou o maior valor de CL_{50} ($88,72 \pm 21,50 \mu\text{g/mL}$), diferindo significativamente das cultivares BRS Vitória ($35,53 \pm 11,05 \mu\text{g/mL}$) e Princesa ($36,33 \pm 11,32 \mu\text{g/mL}$), que exibiram os menores valores, indicando maior toxicidade. As demais cultivares situaram-se em grupos intermediários, sem diferenças estatísticas relevantes entre si.

Em relação às brácteas, os maiores valores de CL_{50} foram observados para BRS Pacoua, BRS Vitória, Galil 18 e Maçã Comum, que compuseram o grupo com menor toxicidade (103,78 a 104 $\mu\text{g/mL}$). Por outro lado, a cultivar Prata Anã apresentou o menor CL_{50} ($34,40 \pm 13,50 \mu\text{g/mL}$), sendo significativamente mais tóxica em comparação às demais.

De forma geral, observa-se que as brácteas apresentaram valores de CL_{50} mais elevados do que as flores, sugerindo menor toxicidade nessa estrutura vegetal. Esse resultado pode estar associado a diferenças no perfil fitoquímico entre flores e brácteas,

o que reforça a necessidade de estudos complementares para elucidar quais compostos bioativos contribuem para essas variações.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os extratos de flores e brácteas das diferentes cultivares de bananeira apresentaram variação significativa nos valores de CL_{50} frente à *Artemia salina*, evidenciando diferenças no potencial tóxico entre as amostras. De maneira geral, os extratos de brácteas exibiram valores de CL_{50} mais elevados do que os extratos de flores, indicando menor toxicidade.

Entre as flores, a cultivar Thap Maeo apresentou o maior CL_{50} , destacando-se como a de menor toxicidade, enquanto BRS Vitória e Princesa foram as mais tóxicas. Para as brácteas, os maiores valores de CL_{50} foram observados em BRS Pacoua, BRS Vitória, Galil 18 e Maçã Comum, enquanto a cultivar Prata Anã apresentou o menor valor, sendo a mais tóxica.

Esses resultados sugerem que a toxicidade dos extratos está relacionada tanto à cultivar quanto ao tipo de tecido avaliado, possivelmente refletindo diferenças no perfil fitoquímico das flores e brácteas. Além disso, o uso de *Artemia salina* mostra-se uma técnica alternativa viável e promissora na área de toxicidade dos alimentos, por se tratar de um bioindicador simples, rápido e de baixo custo (Camilo, 2021). Assim, os dados obtidos contribuem para a compreensão da variabilidade biológica entre cultivares e podem subsidiar estudos futuros voltados à segurança e ao potencial biotecnológico desses extratos.

REFERÊNCIAS

- AMORNLERDPISON, D. *et al.* Bioactive Compounds and Antioxidant Properties of Banana Inflorescence in a Beverage for Maternal Breastfeeding. **Applied Sciences**, [s. l.], v. 11, n. 1, p. 343, 2020.
- BAPTISTELLA, C. S. L.; COELHO, P. J.; GHOBIL, C. N. A Bananicultura no Estado de São Paulo: 2014 a 2018. **IEA- Instituto de Economia Agrícola**, 2019. Disponível em: <http://www.iea.sp.gov.br/out/verTexto.php?codTexto=14716>. Acesso em: 05 ago. 2025.
- BORTOLANZA, A.; NUNES, C. N.; QUINÁIA, S. P. Inflorescência da bananeira: uma opção a mais na dieta alimentar. **Cuadernos de Educación y Desarrollo**, [s. l.], v. 16, n. 1, p. 955–965, 2024.
- CAMILO, F. F. Utilização do bioindicador *Artemia salina* na avaliação toxicológica em extratos vegetais de *Allium sativum* com presença de praguicidas. **Revista Saúde e Meio Ambiente**, [s. l.], v. 12, n. 1, p. 31–45, 2021.
- CHIANESE, G. *et al.* Antiplasmodial triterpenoids from the fruits of neem, *Azadirachta indica*. **Journal of Natural Products**, [s. l.], v. 73, n. 8, p. 1448–1452, 2010.

DE OLANDA SOUZA, G. H. *et al.* Agroclimatic zoning for bananas under climate change in Brazil. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, [s. l.], v. 102, n. 14, p. 6511–6529, 2022.

EMBRAPA. Banana. **Portal Embrapa**, 2019. Disponível em: <https://www.embrapa.br/mandioca-e-fruticultura/cultivos/banana>. Acesso em: 5/8/2025.

GANUGAPATI, J.; BALDWA, A.; LALANI, S. Molecular docking studies of banana flower flavonoids as insulin receptor tyrosine kinase activators as a cure for diabetes mellitus. **Bioinformation**, [s. l.], v. 8, n. 5, p. 216–220, 2012.

LAU, B. F. *et al.* Banana inflorescence: Its bio-prospects as an ingredient for functional foods. **Trends in Food Science and Technology**, [s. l.], v. 97, p. 14–28, 2020.

MOSTAFA, H. S. Banana plant as a source of valuable antimicrobial compounds and its current applications in the food sector. **Journal of Food Science**, [s. l.], v. 86, n. 9, p. 3778–3797, 2021.

NIRMALA, M. *et al.* Hepatoprotective activity of *Musa paradisiaca* on experimental animal models. **Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine**, [s. l.], v. 2, n. 1, p. 11–15, 2012.

NOGUEIRA, M. D. O. *et al.* Perfil nutricional e benefícios de partes comestíveis não convencionais de bananeiras: Nutritional profile and benefits of non-conventional banana edible parts. **Brazilian Journal of Development**, [s. l.], v. 8, n. 11, p. 73473–73492, 2022.

PASSO TSAMO, C. V. *et al.* Phenolic profiling in the pulp and peel of nine plantain cultivars (*Musa* sp.). **Food Chemistry**, [s. l.], v. 167, p. 197–204, 2015.

RODRIGUES, A. S. **Extração e caracterização de diferentes constituintes da inflorescência de bananeira e aplicação em produtos cárneos**. 2020. Tese - Universidade Federal de Santa Maria, [s. l.], 2020. Disponível em: <http://repositorio.ufsm.br/handle/1/22935>. Acesso em: 5 ago. 2025.

SANTOS, B. F. de S. *et al.* TOXICIDADE DE PRODUTOS NATURAIS E A ARTEMIA SALINA. *In: CIÊNCIAS AGRÁRIAS: LIMITES E POTENCIALIDADES EM PESQUISA - VOLUME 3*, 2023. **Anais [...]**. [S. l.]: Editora Científica Digital, 2023. p. 9–27. Disponível em: <http://www.editoracientifica.com.br/artigos/toxicidade-de-produtos-naturais-e-a-artemia-salina>. Acesso em: 2 ago. 2025.

SIDDIQUI, B. S. *et al.* Two new triterpenoids from *Azadirachta indica* and their insecticidal activity. **Journal of Natural Products**, [s. l.], v. 65, n. 8, p. 1216–1218, 2002.

GERMINAÇÃO E DESENVOLVIMENTO INICIAL DA PARTE AÉREA E SISTEMA RADICULAR DE ALFACE CRESPA (*Lactuca sativa* var. *crispa*) EM DIFERENTES CONDIÇÕES

Talita Micheli da Silva¹;

Universidade de Pernambuco (UPE), Petrolina, Pernambuco.

<https://lattes.cnpq.br/4338487288571060>

Ana Flávia da Silva Santos²;

Universidade de Pernambuco (UPE), Petrolina, Pernambuco.

<http://lattes.cnpq.br/4496703269069719>

Maria Beatriz Nunes dos Santos³;

Universidade de Pernambuco (UPE), Petrolina, Pernambuco.

<http://lattes.cnpq.br/3211447677170073>

Ronald Talyson Peixoto Ferreira⁴;

Universidade de Pernambuco (UPE), Petrolina, Pernambuco.

<http://lattes.cnpq.br/3687801143180901>

Andréia Amariz⁵.

Universidade de Pernambuco (UPE), Petrolina, Pernambuco.

<http://lattes.cnpq.br/0692786200822196>

RESUMO: O cultivo da alface crespa (*Lactuca sativa* var. *crispa*) apresenta relevância econômica e nutricional, sendo amplamente explorado por pequenos e médios produtores. Nesse contexto, o uso de fitorreguladores surge como alternativa promissora para potencializar o desempenho comercial das plantas. Sendo assim, este trabalho teve como objetivo avaliar os efeitos de diferentes tratamentos na germinação e no desenvolvimento inicial da alface crespa. O experimento foi realizado na Universidade de Pernambuco, *campus* Petrolina, com oito tratamentos distintos: controle, estresse hídrico a 50%, Stimulate, ProGibb, extratos de aroeira casca e pau-ferro, além de soluções salinas de cloreto de sódio (NaCl) e cloreto de potássio (KCl). Após sete dias, verificou-se que os tratamentos com ProGibb e estresse hídrico promoveram maior crescimento radicular, sendo o ProGibb também eficiente no estímulo da parte aérea, evidenciando a ação do ácido giberélico no desenvolvimento vegetal. Em contrapartida, o extrato de pau-ferro apresentou efeito alelopático, reduzindo significativamente o crescimento. Dessa forma, conclui-se que

a escolha adequada das substâncias no manejo agrícola é fundamental para otimizar a germinação e o desenvolvimento inicial em diferentes condições ambientais, contribuindo para a maturidade final da planta e melhor produtividade.

PALAVRAS-CHAVE: Biorreguladores. Estresse hídrico. Alelopatia.

GERMINATION AND INITIAL DEVELOPMENT OF THE AERIAL PART AND ROOT SYSTEM OF CURLY LETTUCE (*Lactuca sativa* var. *crispa*) UNDER DIFFERENT CONDITIONS

ABSTRACT: The cultivation of curly lettuce (*Lactuca sativa* var. *crispa*) is economically and nutritionally important and is widely practised by small and medium-sized producers. In this context, the use of plant growth regulators emerges as a promising alternative to enhance the commercial performance of plants. Therefore, this study aimed to evaluate the effects of different treatments on the germination and early development of curly lettuce. The experiment was conducted at the University of Pernambuco, Petrolina campus, with eight different treatments: control, 50% water stress, Stimulate, ProGibb, extracts of aroeira bark and pau-ferro, as well as saline solutions of sodium chloride (NaCl) and potassium chloride (KCl). After seven days, it was found that the treatments with ProGibb and water stress promoted greater root growth, with ProGibb also being effective in stimulating the aerial part, evidencing the action of gibberellic acid in plant development. In contrast, ironwood extract had an allelopathic effect, significantly reducing growth. Thus, it is concluded that the appropriate choice of substances in agricultural management is essential to optimise germination and initial development in different environmental conditions, contributing to the final maturity of the plant and better productivity.

KEY-WORDS: Bioregulators. Water stress. Allelopathy.

INTRODUÇÃO

A população brasileira tem aumentado significativamente nos últimos anos. Concomitantemente, observa-se um crescimento no consumo de hortaliças, impulsionado pela busca por uma alimentação mais saudável. Esse cenário tem exigido a ampliação da produção agrícola, sem que se perca de vista a qualidade dos alimentos, cada vez mais rigorosamente cobrada pelo mercado consumidor (Ohse *et al.*, 2001). Dentre as hortaliças folhosas mais consumidas no Brasil, destaca-se a alface, alimento considerado de grande importância na refeição e na saúde humana, sobretudo por sua alta concentração de vitaminas e sais minerais (Silva *et al.*, 2011).

O consumo considerável da alface a torna uma cultura de grande valor comercial, principalmente para pequenos e médios agricultores, pois são a base do mercado nacional

(Izidorio *et al.* 2015). Com o intuito de atender à crescente demanda e se manterem competitivos no mercado, esses agricultores têm recorrido a práticas de manejo que favoreçam tanto o desenvolvimento quanto a qualidade das plantas, fazendo uso, entre outras estratégias, de produtos estimuladores de crescimento (Izidorio *et al.*, 2015).

Nessa perspectiva, o uso de biorreguladores emerge como uma alternativa promissora para aperfeiçoar o desenvolvimento vegetal, atuando desde os estágios iniciais das plântulas, onde favorecem o crescimento da radícula e aumentam a tolerância da planta a estresses hídricos, pragas e predadores (Dantas *et al.*, 2012). Além disso, esses compostos exercem ações semelhantes às dos hormônios vegetais, o que contribui para uma produção mais eficiente e de maior qualidade (El-Gaid; Abu El-Heba; El-Sherif, 2013; Rodrigues, 2015).

Corroborando com essas afirmativas, estudos demonstram que o uso de biorreguladores quando utilizados para o desenvolvimento das plantas tem apresentado avanços significativos, como a exemplo nas culturas de feijoeiro (Alleoni; Bosqueiro; Rossi, 2000), alface (Repke *et al.*, 2009; Diniz *et al.*, 2009), melancia (Silva *et al.*, 2014) e em diferentes culturas de soja (Araújo *et al.*, 2021).

Tratando-se mais especificamente das cultivares de alface cresa, o uso de biorreguladores como o *Stimulate* (Galvão; Souza, 2024) e Progibb (Rodrigues; Fioreze, 2015) têm ou podem demonstrar efeitos positivos no crescimento vegetativo, incluindo o aumento do teor de clorofila total em alface americana, além da elevação do diâmetro médio e da fitomassa em alface cresa, conforme verificado por Repke *et al.* (2009).

Portanto, compreender o processo de germinação, bem como conhecer as diferentes condições que afetam suas ocorrências é de extrema importância (Gonçalves *et al.*, 2020), tendo em vista que nessa etapa a planta é vulnerável a interferências ambientais, e carece de nutrientes para evoluir e alcançar sua fase esporófitica.

OBJETIVO

A partir desse contexto, este trabalho teve como objetivo analisar o processo de germinação e desenvolvimento inicial da parte aérea e radicular na espécie de alface cresa, *Lactuca sativa* var. *crispa*, submetida a diferentes condições, como: estresse hídrico, extrato de Pau Ferro, extrato de Aroeira Casca, Cloreto de potássio (KCL) e Cloreto de Sódio (NACL). Também foram testados reguladores de crescimento e desenvolvimento vegetal como Progibb e Stimulate.

METODOLOGIA

O experimento foi realizado inteiramente na Universidade de Pernambuco (UPE), *campus* Petrolina, no laboratório Laboratório de Culturas Agrícolas e Caatinga no Submédio

São Francisco (LACASCF). Para o experimento, foram utilizadas sementes comerciais de alface crespa (*Lactuca sativa* var. *crispa*), as quais foram colocadas para germinar em diferentes condições, totalizando oito tratamentos distintos, cada um com quatro repetições.

Inicialmente, foram separadas 100 sementes em 8 recipientes diferentes, totalizando 800 sementes (Regras para análise de sementes, 2009), que em seguida receberam um dos seguintes tratamentos: Controle (padrão), Estresse hídrico a 50% (baixo nível de água), Stimulate e Progibb (ambos biorreguladores usados na agricultura), Extrato de Aroeira casca e Extrato de Pau ferro (para verificar a influência da alelopatia sobre as sementes), NaCl (condições de alta salinidade) e KCl (como fertilizante). O objetivo foi verificar a influência desses tratamentos na germinação ao longo de um período de sete dias.

O controle e o estresse hídrico 50% não receberam nenhum tratamento prévio. Os demais tratamentos foram colocados por 30 minutos em soluções de cada substância, conforme descrito anteriormente. Após esse período, as soluções foram retiradas e 25 sementes foram distribuídas em papel toalha previamente preparado, organizando-as enfileiradas e distantes umas das outras. Dessa forma, cada tratamento foi separado em quatro repetições com 25 sementes cada. Cada repetição foi umedecida com 10 ml de água destilada, com exceção do estresse hídrico, que recebeu 5 ml de água. Em seguida, os papéis toalha foram inseridos em sacos plásticos e fechados de forma a permitir a circulação de ar.

Durante uma semana, as sementes foram monitoradas, registrando-se o número de sementes germinadas, a temperatura ambiente e a umidade relativa do ar. Após esse período, foram realizadas medições da parte aérea e da raiz de cada plântula. Os dados obtidos foram utilizados para análise estatística.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Germinação

No primeiro dia de monitoramento, observou-se que a maioria das sementes haviam germinado. Nesse mesmo período, os tratamentos com cloreto de sódio (NaCl), estresse hídrico a 50% e extrato de aroeira casca obtiveram os menores índices de germinação na primeira repetição, sendo, respectivamente, 23, 21 e 22 sementes. Nas demais repetições, o quantitativo de germinações ficou em torno de 24 a 25 sementes.

Ao final do experimento, os dados obtidos por meio do monitoramento germinativo da alface crespa foram expressos na Tabela 1.

Tabela 1 – Número de germinação ao final de sete dias.

Tratamentos	Germinação			
	Repetição 1	Repetição 2	Repetição 3	Repetição 4
Controle	25	25	25	25
Estresse hídrico 50%	24	25	25	25
NaCl	24	25	25	25
KCl	25	25	25	24
PROGIBB	25	25	25	25
STIMULATE	25	25	25	25
Extrato Aroeira casca	25	25	24	24
Extrato Pau ferro	25	25	25	25

Fonte: Elaborado pelos autores (2025).

Em primeira análise, destaca-se a aplicação do estresse hídrico a 50% observada no segundo tratamento. Considerando que a germinação é um processo que demanda alta disponibilidade de água para um bom desenvolvimento vegetal, verificou-se que, apesar da leve redução na velocidade de germinação na repetição 1, não houve influência significativa nas demais repetições, não comprometendo o índice germinativo final. Esse resultado remete a possível adaptabilidade da alface ao fator hídrico limitante testado neste experimento, tendo em vista que, ao serem naturalmente expostas às condições ambientais adversas, as plantas tendem a ajustar suas características funcionais e estruturais como forma de adaptação (Cavalcante, 2009).

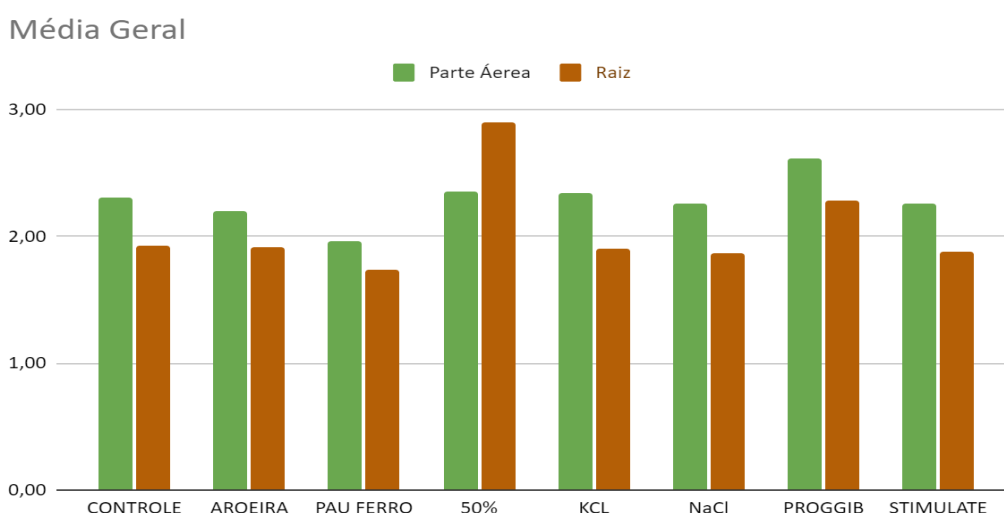
Os resultados obtidos nos tratamentos de extrato aroeira casca e pau ferro demonstram que o efeito alelopático negativo pode não ter interferido na germinabilidade da semente (percentual final de germinação), mas sim na velocidade da germinação, como alinhado por Ferreira; Borghetti (2004) em seus estudos. Outrora, foi observado a influência do extrato aquoso da folha de aroeira na germinação de sementes de alface em diferentes concentrações, onde a concentração de 100% obteve menor número de sementes germinadas (Souza *et al.*, 2017).

Nesse contexto, a alface crespa apresentou um bom índice de germinabilidade final, tanto no tratamento controle quanto nos demais tratamentos. Foi observado uma boa resposta ao estresse hídrico 50%, no tratamento com NaCl, a resposta foi positiva demonstrando uma boa tolerância a altas concentrações salinas. Os demais tratamentos estimulantes, da mesma forma, apresentaram altos índices de sementes germinadas.

Parte aérea e radicular

Nas avaliações da medição do comprimento das raízes nas plântulas de alface crespa, o Gráfico 2 evidencia que, durante o período de 7 dias, os tratamentos utilizando estresse hídrico 50% e Progibb apresentaram valores médios maiores que os demais tratamentos, apresentando maior crescimento do sistema radicular. A diferença no crescimento de raízes nas plântulas com estresse hídrico era esperada, pois, de modo geral, há notáveis impactos no comportamento fisiológico das plantas que são submetidas a uma redução na disponibilidade hídrica. Dentre elas, a arquitetura radicular e sua capacidade de exploração das camadas mais profundas e úmidas do solo, juntamente com a razão entre raiz e parte aérea, são características importantes de escape aos déficits hídricos (Scalon *et al.*, 2011).

Gráfico 2 – Média das medições da parte aérea e da radícula ao final de sete dias



Fonte: Elaborado pelos autores (2025).

Diante disso, observamos que o sucesso do crescimento radicular no tratamento de estresse hídrico está associado ao ajuste osmótico nas plântulas, pois contribui para a recomposição da pressão de turgor mínima nas células, o que permite a manutenção do alongamento celular. Ademais, os resultados demonstram que o uso do ProGibb, também apresentou valores significativos no crescimento radicular das plântulas. Este resultado está associado à presença do ácido giberélico, que, como descrito nos estudos de Taiz e Zeiger (2013), podem estimular o crescimento da raiz.

Em relação ao crescimento da parte aérea nos tratamentos analisados, os resultados presentes no gráfico demonstram que com a aplicação do ProGibb, onde suas repetições apresentaram maiores médias que os demais tratamentos, atingindo 2,61cm. Esse resultado demonstra a presença do hormônio ácido giberélico na função de acelerar a emergência das plântulas, onde Davies (1995) elucida que a aplicação de giberelina proporciona o

alongamento caulinar dentre inúmeras espécies, promovendo o alongamento e divisão celular. Ainda sobre o tratamento com biorreguladores, o stimulate não diferiu do controle, demonstrando a necessidade de outros estudos testando diferentes concentrações e sua influência no desenvolvimento da alface.

No que concerne à menor média geral no crescimento da parte aérea e raiz observada no tratamento Pau-Ferro, pode-se associar o efeito alelopático como um dos causadores desse menor índice de desenvolvimento em comparação aos demais tratamentos, já extrato de aroeira casca não afetou a germinabilidade, mas pode ter interferido na velocidade da germinação. Assim como afirma Ferreira e Aquila (2000), a presença, tolerância ou resistência de algumas plantas quando expostas a aleloquímicos varia entre espécies, onde os autores consideram a *Lactuca sativa* (alface), como espécies sensíveis a aleloquímicos. Além disso, os aleloquímicos presentes em algumas plantas podem afetar diferentes processos e partes da estrutura de outras plantas, o que evidencia esse menor desenvolvimento no crescimento radicular e da parte aérea nesse tratamento.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

De acordo com os resultados, a alface crespa apresentou altos índices de germinabilidades em todos os tratamentos testados, diferindo na velocidade de germinação. Além disso, também apresentaram um bom desenvolvimento inicial, sendo que, o estresse hídrico favoreceu o desenvolvimento radicular, indicando adaptações fisiológicas, enquanto o ácido giberélico, presente no ProGibb, foi essencial para o crescimento tanto da parte aérea, quanto da raiz. Já o tratamento com Pau-Ferro indicou efeitos alelopáticos negativos. Esses achados evidenciam a complexidade das interações entre o processo de germinação e as diferentes condições ambientais, sendo fundamentais para o manejo agrícola.

REFERÊNCIAS

- ALLEONI, B.; BOSQUEIRO, M.; ROSSI, M. Efeito dos reguladores vegetais de Stimulate® no desenvolvimento e produtividade de feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.). **Publicatio UEPG: Ciências Exatas e da Terra, Ciências Agrárias e Engenharias**, Ponta Grossa, v. 6, n. 1, p. 23-35, 2000. Disponível em: <https://revistas.uepg.br/index.php/exatas/article/view/744>. Acesso em: 16, Jun. 2025.
- ARAÚJO, L. L. M. A.; RAMOS, D.; BRACHTVOGEL, E.; KOVALSKI, A. Ação de Bioestimulantes em cultivares comerciais de soja na Região Norte do Vale do Araguaia. **PesquisAgro**, v. 4, n. 1, p. 3–21, 2022. DOI: 10.33912/pagro.v4i1.1146. Disponível em: <https://periodicos.cfs.ifmt.edu.br/periodicos/index.php/agro/article/view/128>. Acesso em: 22, Jun. 2025.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Brasília: MAPA/ACS, 2009. 399 p. Disponível em: https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/insumos-agropecuarios/arquivos-publicacoes-insumos/2946_regras_

analise__sementes.pdf. Acesso em: 15 Jun, 2025.

CAVALCANTE, A. C. R; CAVALLINI, M. C; LIMA, N. R. C. B. Estresse por Déficit Hídrico em Plantas Forrageiras. Sobral: Cópias & Cores, 2009. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/748148/1/doc89.pdf>. Acesso em: 15 Jun. 2025.

DANTAS, A. C. V. L; QUEIROZ, J. M. O; VIEIRA, E. L; ALMEIDA, V. O. Effect of gibberellic acid and the biostimulant stimulate® on the initial growth of tamarind. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 34, n. 1, p. 8–14, mar. 2012. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-29452012000100004>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbf/a/Kcw7Kc5K7XFtGbshfSG5Vkd/?lang=en>. Acesso em: 06, Jun. 2025.

DAVIES PJ (1995b) The plant hormone concept: concentration, sensitivity and transport. In: Davies PJ (2 Ed) Plant hormones: physiology, biochemistry and molecular biology. London, Kluwer Academic Publishers. p. 13-38.

DINIZ, K. OLIVEIRA. J. A; SILVA, P. A; GUIMARÃES, R. M; CARVALHO, M. L. M. Qualidade de sementes de alface enriquecidas com micronutrientes e reguladores de crescimento durante o armazenamento. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 31, p. 228-238, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0101-31222009000100026>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbs/a/MFMBcCNwzL3HJLwrxvXF7Wj/?lang=pt>. Acesso em: 16, Jun. 2025.

EL-GAIED, L. F.; ABU EL-HEBA, G. A.; EL-SHERIF, N. A. Effect of growth hormones on some antioxidant parameters and gene expression in tomato. **GM crops & food**, v. 4, n. 1, p. 67-73, 2013. DOI: <https://doi.org/10.4161/gmcr.24324>. Disponível: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.4161/gmcr.24324#d1e124>. Acesso em: 16, Jun. 2025.

FERREIRA, A. G.; ÁQUILA, M. E. A. Alelopatia: uma área emergente da ecofisiologia. **Revista brasileira de fisiologia vegetal**, v. 12, n. 1, p. 175-204, 2000. Disponível em: <https://www.uv.mx/personal/tcarmona/files/2010/08/Gui-y-Alvez-19991.pdf>. Acesso em: 18, Jun. 2025.

FERREIRA, Alfredo Gui e BORGHETTI, Fabian. Germinação: Do básico ao aplicado. Porto Alegre: Editora Artmed, 2004.

GALVÃO, B. N. L.; SOUZA, L. S. de. Avaliação de fitorreguladores hormonais no desenvolvimento de alface cres (*Lactuca sativa* var. crispa). *Revista Unimar Ciências*, Marília, v. 32, 2024. Disponível em: <https://ojs.unimar.br/index.php/ciencias/article/view/1778>. Acesso em: 16, Jun. 2025.

GONÇALVES, M. da P. M; FELICIANO, A. L. P.; SILVA, A. de P.; SILVA, L. B. da; SILVA, K. M da; JÚNIOR, F. S. da S.; GRUGIKI, M. A.; SILVA, M. I. O. da. Influência de diferentes tipos de solos da Caatinga na germinação de espécies nativas / Influência de diferentes tipos de solos da Caatinga na germinação de espécies nativas. **Revista Brasileira de Desenvolvimento**, v. 1, pág. 1216–1226, 2020. DOI: <https://doi.org/10.34117/bjdv6n1-085>. Disponível em: <https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BRJD/article/view/5994>. Acesso em: 16, Jun. 2025.

IZIDÓRIO, T. H. C; LIMA, S. F; VENDRUSCULO, E. P.; ÁVILA, J; ALVAREZ, R. C. F. Bioestimulante via foliar em alface após o transplântio das mudas. **Revista de Agricultura Neotropical**, Cassilândia, v. 2, n. 2, p. 49-56, 2015. DOI: <https://doi.org/10.32404/rean.v2i2.257> Disponível em: <https://periodicosonline.uems.br/index.php/agrineo/article/view/257>. Acesso em: 06, Jun. 2025.

OHSE, S. DOURADO-NETO, D; MANFRON, P. A; SANTOS, O. S. Qualidade de cultivares de alface produzidos em hidroponia. **Scientia Agricola**, v. 58, n. 1, p. 181–185, jan. 2001. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0103-90162001000100027>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/sa/a/cLm34PS9cXPFkkDYyyKsn3f/?format=html&lang=pt>. Acesso em: 06, Jun. 2025.

REPCKE, A. R. *et al.* EFEITOS DA APLICAÇÃO DE REGULADORES VEGETAIS NA CULTURA DA ALFACE (*Lactuca sativa*) CRESPA var. Verônica e AMERICANA var. Lucy. **Revista Nucleus**, v. 6, n. 2, 2009. Disponível em: <http://www.nucleus.feituverava.com.br/index.php/nucleus/article/download/203/352>. Acesso em: 06, Jun. 2025.

RODRIGUES, J. D.; FIOREZE, S. L. Reguladores são, para muitos cultivos, indispensáveis ao alcance de bons níveis. **Visão Agrícola**, v. 13, n. 1, p. 35-39, 2015. Disponível em: https://www.esalq.usp.br/visaoagricola/sites/default/files/VA_13_Fisiologia-artigo4.pdf. Acesso em: 06, Jun. 2025.

SILVA, E. M. N; FERREIRA, R. L F; NETO, S. E. A; TAVELLA, L. B; SOLINO, A. J. Qualidade de alface crespa cultivada em sistema orgânico, convencional e hidropônico. **Horticultura Brasileira**, v. 29, n. 2, p. 242–245, abr. 2011. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0102-05362011000200019>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/hb/a/qY5ksHmrYcX65hc8bM7ndkG/?lang=pt>. Acesso em: 06, Jun. 2025.

SILVA, T; SILVA, R; SILVA, E; SANTOS, R; ARAGÃO, C; DANTAS, B. F. Germinação de sementes de melancia sob diferentes métodos de tratamento com reguladores vegetais. **Scientia Plena**, v. 10, n. 3, 2014. Disponível em: <https://www.scientiaplenua.org.br/sp/article/view/1794>. Acesso em: 02, Jun. 2025.

SOUZA, C. S. M; SILVA, W. L. P; GUERRA, A. M. N. M; CARDOSO, M. C. R; TORRES, S. B. Alelopatia do extrato aquoso de folhas de aroeira na germinação de sementes de alface. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v.2, n.2, p. 96-100, 2007. DOI: <https://doi.org/10.18378/rvads.v2i2.51>. Disponível em: <https://www.gvaa.com.br/revista/index.php/RVADS/article/view/51>. Acesso em: 19, Jun. 2025.

TAIZ, L. ZEIGER, E. (2013). Fisiologia Vegetal. (5. ed.) Artmed, 819 p.

SISTEMA DE PLANTIO DIRETO COMO ESTRATÉGIA DE CONSERVAÇÃO DO SOLO NO CERRADO BRASILEIRO

Ricardo Aparecido Santos¹;

Universidade Federal de Goiás (UFG), Goiânia, Goiás.

<http://lattes.cnpq.br/4282638746864237>

Andréa dos Guimarães de Carvalho²;

Universidade Federal de Goiás (UFG), Goiânia, Goiás.

<http://lattes.cnpq.br/7015958282618271>

Cynthia dos Guimarães de Carvalho Correa³.

Universidade Federal de Goiás (UFG), Goiânia, Goiás.

<http://lattes.cnpq.br/0064674577639079>

RESUMO: Reconhecido como um importante avanço tecnológico, o sistema de plantio direto se destaca como uma forma diferenciada de manejo do solo, com o objetivo de reduzir os impactos causados pela agricultura convencional e pelo uso de máquinas agrícolas, promovendo a conservação dos recursos edáficos. Nesse sentido, pesquisas relacionadas ao sistema de plantio direto (SPD) têm ganhado crescente relevância, devido ao seu potencial em esclarecer aspectos ligados à preservação ambiental. Neste contexto, o presente trabalho teve como objetivo realizar uma revisão bibliográfica sobre a aplicação do plantio direto como estratégia mitigadora dos problemas de qualidade dos solos no bioma Cerrado. Considerando que esse sistema representa uma alternativa eficaz de manejo, por se tratar de uma prática conservacionista que busca manter a cobertura vegetal e os resíduos culturais sobre o solo, ele se mostra altamente estratégico no contexto da sustentabilidade agrícola. A tecnologia disponível atualmente permite a adoção do plantio direto em diversas condições edafoclimáticas e com diferentes culturas agrícolas. Após décadas de estudos, os benefícios ambientais associados ao uso dessa técnica estão amplamente documentados, permitindo afirmar que o sistema de plantio direto se consolidou como uma das práticas conservacionistas mais eficazes em áreas agrícolas.

PALAVRAS-CHAVE: Plantio direto. Conservação do solo. Cerrado brasileiro.

NO-TILL SYSTEM AS A SOIL CONSERVATION STRATEGY IN THE BRAZILIAN CERRADO

ABSTRACT: Recognized as a significant technological advancement, the no-tillage system stands out as a unique form of soil management, aiming to reduce the impacts of conventional agriculture and the use of agricultural machinery, promoting the conservation of soil resources. In this sense, research related to the no-tillage system (NTS) has gained increasing relevance due to its potential to clarify aspects related to environmental preservation. In this context, this study aimed to conduct a literature review on the application of no-tillage as a mitigating strategy for soil quality problems in the Cerrado biome. Considering that this system represents an effective management alternative, as it is a conservation practice that seeks to maintain vegetation cover and crop residues on the soil, it proves highly strategic in the context of agricultural sustainability. Currently available technology allows the adoption of no-tillage in diverse edaphoclimatic conditions and with different agricultural crops. After decades of study, the environmental benefits associated with the use of this technique are widely documented, allowing us to affirm that the no-tillage system has established itself as one of the most effective conservation practices in agricultural areas.

KEY-WORDS: Direct planting. Soil conservation. Brazilian Cerrado.

INTRODUÇÃO

Em 2013/2014, a área cultivada sob SPD ultrapassou 32 milhões de hectares (FEBRAPDP, 2014). Em dados mais recentes, reportagens de outubro de 2024 apontam que o país já alcançava cerca de 32 milhões de hectares sob plantio direto (PENSAR AGRO, 2024). Para a safra 2024/2025, a Embrapa estima que entre 33 e 39 milhões de hectares estejam sendo semeados em SPD (CANAL RURAL, 2024).

Essa técnica consiste em plantar sementes diretamente no solo, sem revolvê-lo, e manter a cobertura vegetal contínua, o que preserva a estrutura do solo e minimiza perdas por erosão e lixiviação (SILVA et al., 2009). Além da conservação física, o SPD promove o sequestro de carbono, retenção de nutrientes essenciais e melhoria da eficiência energética do sistema produtivo, sendo uma ferramenta fundamental para a sustentabilidade da agricultura no Cerrado, região especialmente vulnerável à degradação (RUSU, 2014; MARCHÃO et al., 2007).

Um fator essencial para o sucesso do sistema é a manutenção da cobertura vegetal durante todo o ano, o que protege o solo contra processos erosivos, ajuda na retenção de umidade e contribui para a ciclagem de nutrientes (CALEGARI, 2010; CALVO et al., 2010).

Considerando esses benefícios, o presente trabalho tem como objetivo realizar um levantamento bibliográfico acerca do uso do SPD como estratégia conservacionista para mitigar a degradação dos solos do Cerrado, ressaltando sua importância para a construção

de sistemas agrícolas mais sustentáveis.

OBJETIVO

Este trabalho tem como objetivo realizar um levantamento bibliográfico sobre a aplicação do Sistema de Plantio Direto (SPD) como prática conservacionista, enfocando sua contribuição para a mitigação dos problemas de qualidade dos solos no Cerrado brasileiro. Busca-se destacar a relevância do SPD para a sustentabilidade agrícola e o manejo eficiente do solo, fornecendo uma base teórica que apoie sua implementação e aprimoramento na região

METODOLOGIA

Este trabalho adotou uma abordagem qualitativa e exploratória, fundamentada em revisão bibliográfica realizada em bases científicas como SciELO, Google Acadêmico, CAPES Periódicos, Scopus e Web of Science. Foram selecionadas publicações entre 2000 e 2019, em português e inglês, com foco em temas como sistema de plantio direto, solos do Cerrado, conservação do solo e sustentabilidade agrícola. Excluíram-se estudos com viés comercial, dados desatualizados ou baixa qualidade metodológica. A análise de conteúdo permitiu identificar benefícios, desafios, práticas e impactos ambientais do SPD no Cerrado, organizados tematicamente.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Sistemas de Manejo e Preparo do Solo no Cerrado

Os sistemas tradicionais de manejo do solo no Cerrado incluem o preparo convencional, o cultivo mínimo e o sistema de plantio direto, que diferem principalmente no grau de revolvimento do solo e na manutenção da cobertura vegetal. O preparo convencional envolve aração e gradagem para reduzir a compactação, incorporar insumos e melhorar as condições físicas do solo, como porosidade e capacidade de retenção de água (SANTIAGO & ROSSETTO, 2007).

No entanto, essa prática pode causar a degradação da estrutura do solo, dispersão das argilas, aumento da erosão e maior evaporação da água, principalmente em áreas sem cobertura vegetal (GABRIEL FILHO et al., 2000; PANACHUKI et al., 2011). O cultivo mínimo reduz o revolvimento, mantém resíduos vegetais e utiliza técnicas leves de escarificação, diminuindo a erosão e preservando a produtividade, sendo recomendado para solos menos compactados (AMARAL SOBRINHO & MAZUR, 2005).

Em contrapartida, o SPD propõe o manejo conservacionista do solo, eliminando o revolvimento e mantendo a cobertura vegetal constante, o que minimiza as perdas de solo, água e nutrientes, promove a manutenção da agregação e favorece a sustentabilidade da

produção agrícola. A adoção do SPD tem sido facilitada pelo desenvolvimento de cultivares resistentes e pela redução dos custos operacionais (DENARDIN et al., 2008).

Impactos do Sistema de Plantio Direto nas Propriedades do Solo

O manejo do solo influencia diretamente suas propriedades físicas, químicas e biológicas, que por sua vez afetam o crescimento das culturas e a produtividade. No SPD, observa-se um aumento da densidade e microporosidade na camada superficial, consequência da ausência de revolvimento e do tráfego de máquinas, embora a macroporosidade possa ser reduzida (Castro et al., 2009; Lima et al., 2006).

O aumento progressivo da matéria orgânica, típica do SPD, contribui para melhorar a estrutura do solo ao longo do tempo, reduzindo a densidade e favorecendo a agregação (Oliveira et al., 2003). A presença de plantas de cobertura auxilia na formação de bioporos que aumentam a macroporosidade, melhoram a retenção de água e fornecem carbono para o solo. Além disso, o SPD promove condições de umidade mais elevadas e temperaturas mais amenas no solo, fatores que beneficiam o desenvolvimento radicular (Bescansa et al., 2006).

Em termos químicos, o SPD eleva os teores de carbono e nitrogênio orgânicos, aumenta o fósforo disponível e contribui para a correção gradual da acidez, importante para o crescimento das culturas em solos tropicais ácidos (Caires, 2014). A matéria orgânica incrementada no SPD também aumenta a capacidade de troca catiônica, favorecendo a disponibilidade de nutrientes e a atividade microbiana (Gatiboni et al., 2007).

A utilização de plantas de cobertura, especialmente leguminosas, auxilia na liberação de ácidos orgânicos que mobilizam nutrientes essenciais, reduzindo perdas por lixiviação (Zambrosi et al., 2008). Do ponto de vista biológico, o SPD estimula a biomassa microbiana e a macrofauna do solo, que desempenham papéis fundamentais na estabilização dos agregados, ciclagem de nutrientes e manutenção da fertilidade (Bernardes et al., 2010).

Apesar dos avanços, ainda são necessários mais estudos sobre o impacto do manejo no bioma Cerrado, sobretudo no que se refere à dinâmica das comunidades de invertebrados e os benefícios da adubação verde (Blanchart et al., 2006).

Controle da Erosão Hídrica por meio do Plantio Direto e Práticas Conservacionistas

A erosão hídrica constitui um dos maiores desafios ambientais, causando perdas significativas de solo e nutrientes, além de impactos negativos em corpos d'água (WANG et al., 2016). Com isso, O SPD atua diretamente na mitigação desses efeitos ao evitar a exposição do solo, manter a cobertura vegetal e preservar a estrutura do solo, favorecendo a infiltração da água e reduzindo a erosão.

Estudos demonstram que o plantio direto é mais eficiente do que o preparo convencional na redução das perdas de solo e água (SCHICK et al., 2000; BEUTLER et al., 2003). A recuperação de áreas degradadas também é facilitada pelo SPD, que mantém a matéria orgânica, melhora a fertilidade e a estrutura do solo (ROSCOE et al., 2006).

As práticas conservacionistas associadas podem ser classificadas como edáficas, mecânicas e vegetativas, com destaque para o uso de leguminosas na cobertura vegetal por sua capacidade de fixar nitrogênio atmosférico e melhorar a estabilidade dos nutrientes no solo (BERTONI & LOMBARDI NETO, 2008). Assim, o SPD, aliado a essas práticas, constitui uma estratégia eficaz para garantir a sustentabilidade agrícola em regiões tropicais como o Cerrado.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O Sistema de Plantio Direto (SPD) é reconhecido como o maior projeto ambiental dos trópicos, com destaque para o Brasil na conservação ambiental. Ele reduz a erosão do solo e a poluição das águas, ao evitar a remoção de partículas e perdas de fertilizantes e agroquímicos. A rotação de culturas e o acúmulo de resíduos aumentam o carbono orgânico no solo, beneficiando sua qualidade. Consolidado e em expansão, o SPD promove o uso racional do solo e a produtividade das culturas por meio do não revolvimento do solo, manutenção da palhada e rotação de culturas. A tecnologia atual permite sua adaptação em diversas condições, comprovando-o como uma das práticas conservacionistas mais eficientes para áreas agrícolas.

REFERÊNCIAS

- AMARAL SOBRINHO, N. M. B. D., & MAZUR, N. Soil preparation and nutrient losses by erosion in the culture cucumber. *Scientia Agrícola*, v. 62, p. 572-577, 2005.
- BERNARDES, T. G.; SILVEIRA, P. M.; MESQUITA, M. A. M.; AGUIAR, R. A.; MESQUITA, G. M. Decomposição da biomassa e liberação de nutrientes dos capins Braquiária e Mombaça, em condições de cerrado. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, Goiânia, v. 40, n. 3, p. 370-377, 2010.
- BESCANSÀ, P.; IMAZ, M. J.; VIRTO, I.; ENRIQUE, A.; HOOGMOED, W. B. Soil water retention as affected by tillage and residue management in semiarid Spain. *Soil&TillageResearch*, v.87, p.19-27, 2006.
- BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. *Conservação do Solo*, 7ª Edição, Editora Ícone. São Paulo, SP, 355p, 2008.
- BLANCHART, E.; VILLENAVE, C.; VIALLATOUX, A.; BARTHÈS, B.; GIRARDIN, C.; AZONTONDE, A.; FELLER, C. Long-term effect of a legume cover crop (*Mucunapruriens* var. *utilis*) on the communities of soil macrofauna and nematofauna, under maize cultivation, in

Southern Benin. European Journal of Soil Biology, Brasília, v.42, 136- 144, 2006.

BEUTLER, J. F.; BERTOL, I.; VEIGA, M.; WILDNER, L. P. Perdas de solo e água num Latossolo Vermelho Aluminoférrico submetido a diferentes sistemas de preparo e cultivo sob chuva natural. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, v.27, p.509-517, 2003.

CANAL RURAL. Sistema de Plantio Direto comemora 50 anos com 32 milhões de hectares semeados no Brasil. 23 out. 2024. Disponível em: <https://www.canalrural.com.br/agricultura/sistema-de-plantio-direto-comemora-50-anos-com-32-milhoes-de-hectares-semeados-no-brasil/>. Acesso em: 25 ago. 2025.

CAIRES, E. F.; GARBUIO, F. J.; FERRACCIÚ ALLEONI, L. R.; CAMBRI, M. A. Calagem superficial e cobertura de aveia preta antecedendo os cultivos de milho e soja em sistema plantio direto. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, v. 30, p. 87- 98, 2006.

CALEGARI, A. Rotação de culturas em sistema de plantio direto. Palestra apresentada no I Encontro Regional de Sistemas Produtivos. Sorriso: CAT Sorriso. 2010.

CALVO, C. L.; FOLONI, J. S. S.; BRANCALIÃO, S. R. Produtividade de fitomassa e relação C/N de monocultivos e consórcios de guandu-anão, milheto e sorgo em três épocas de corte. Bragantia, Campinas, v. 69, n. 1, p. 77-86, 2010.

CASTRO, O. D.; VIEIRA, S. R.; SIQUEIRA, G. M.; Andrade, C. D. Atributos físicos e químicos de um Latossolo Vermelho eutroférrico sob diferentes sistemas de preparo. Bragantia, Campinas, v. 68, n.4, p. 1047-1057, 2009.

DENARDIN, J. E.; KOCHHANN, R. A.; BACALTCHUK, B., SATTler, A; DENARDIN, N. D., FAGANELLO, A; WIETHOLTER, S. Sistema plantio direto: fator de potencialidade da agricultura tropical brasileira. Agricultura tropical: Quatro décadas de inovações tecnológicas, institucionais e políticas. Brasília, Embrapa Informação Tecnológica, Brasília, v. 1, p. 1251-1273, 2008.

FEBRAPDP - Federação Brasileira de Plantio Direto na Palha. Área de plantio direto no Brasil. Disponível em: <<http://www.febrapdp.org.br/br%20evolucao%20pd%2093-04.html>>. Acesso em: 01 agosto. 2025.

GABRIEL FILHO, A.; PESSOA, A. C. S.; STROHHAECKER, L.; HELMICH, J. J. Preparo convencional e cultivo mínimo do solo na cultura de mandioca em condições de adubação verde com ervilhaca e aveia preta. Ciência Rural, Santa Maria, v. 30, n. 6, p. 953-957, 2000.

GATIBONI, L.C.; KAMINSKI, J.; SANTOS, D.R.; FLORES, J.P.C. Biodisponibilidade de formas de fósforo acumuladas em solo sob sistema plantio direto. Revista Brasileira de Ciência do Solo, 31:691-699, 2007.

LIMA, C.L.R.; REINERT, D.J.; REICHERT, J.M.; SUZUKI, L.E.A.S.; GUBIANI, P.I. Qualidade físico-hídrica e rendimento de soja (Glycinemax L.) e feijão (Phaseolus vulgaris L.) de um Argissolo Vermelho distrófico sob diferentes sistemas de manejo. Ciência Rural, v. 36, n. 4, p. 1172-1178, 2006.

MARCHÃO, R. L.; LAVELLE, P.; CELINE, L.; BALBINO, L. C.; VILELA, L.; BECQUER, T. Soil macrofauna under integrated crop-livestock systems in a Brazilian Cerrado Ferralsol. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 44, p. 1011-1020, 2009.

OLIVEIRA, G. C. de; DIAS JUNIOR, M. S.; RESK, D. V. S.; CURI, N. Alterações estruturais e comportamento compressivo de um Latossolo Vermelho distrófico argiloso sob diferentes sistemas de uso e manejo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 38, n. 2, p. 291-299, 2003.

PANACHUKI, E.; BERTOL, I.; ALVES SOBRINHO, T.; OLIVEIRA, P. T. S. de; RODRIGUES, D. B. B. Perdas de solo e de água e infiltração de água em Latossolo Vermelho sob sistemas de manejo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v.35, p.1777-1785, 2011.

PENSAR AGRO. Plantio direto chega aos 50 anos com 32 milhões de hectares plantados no Brasil. 24 out. 2024. Disponível em: <https://pensaragro.com.br/plantio-direto-chega-aos-50-anos-com-32-milhoes-de-hectares-plantados-no-brasil/>. Acesso em: 25 ago. 2025.

RUSU, T. Energy efficiency and soil conservation in conventional, minimum tillage and no-tillage. *International Soil and Water Conservation Research*, Brasília, v.2, p.42-49, 2014.

ROSCOE, R.; BODDEY, R. M.; SALTON, J. C. Sistemas de manejo e matéria orgânica do solo. In: ROSCOE, R.; MERCANTE, F. M.; SALTON, J. C. (Ed.). *Dinâmica da matéria orgânica do solo em sistemas conservacionistas: modelagem matemática e métodos auxiliares*. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 304p. 2006.

SILVA, A. A.; GALON, L.; FERREIRA, F. A.; TIRON, S. P.; E. A. FERREIRA; SILVA, A.F.; ASPIAZÚ, I.; AGNES, E. L. Sistema de plantio direto na palhada e seu impacto na agricultura brasileira. *Revista Ceres*, Viçosa-MG, v.56, n.4, p.496-506, 2009.

SCHICK, J.; BERTOL, I.; BATISTELA, O; BALBINOT JÚNIOR, A. A. Erosão hídrica em Cambissolo Húmico Alumínico submetido a diferentes sistemas de preparo e cultivo do solo. I - Perdas de solo e água. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v. 24, p. 427-436, 2000.

SANTIAGO, A. D.; ROSSETTO, R. *Preparo convencional*. Brasília, DF, 2007.

WANG, X.; ZHAO, X.; ZHANG, Z.; YI, L.; ZUO, L.; WEN, Q.; LIU, F.; XU, J.; HU, S.; LIU, B. Assessment of soil erosion change and its relationships with land use/cover change in China from the end of the 1980s to 2010. *Catena*, Brasília, v. 137, p. 256-268, 2016.

ZAMBROSI, F.C.B.; ALLEONI, L.R.F.; CAIRES, E.F. Liming and ionic speciation of an Oxisol under no-till system. *Scientia Agricola*, v.65, p.190-203, 2008.

ÁREA TEMÁTICA: AGROECOLOGIA

AGROECOLOGIA E MUDANÇAS CLIMÁTICAS: DESAFIOS E PERSPECTIVAS PARA A AGRICULTURA FAMILIAR NO BRASIL

Fabiana Fróes Cordeiro¹;

Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ), Seropédica, RJ.

<http://lattes.cnpq.br/0246042264250517>

Renata Brito²;

Universidade do Estado de Minas Gerais (UEMG), Passos, MG.

<http://lattes.cnpq.br/3664546487771369>

Thales Silva Ferreira³.

Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ.

<http://lattes.cnpq.br/5611204166872432>

RESUMO: As mudanças climáticas representam um dos maiores desafios contemporâneos, afetando diretamente a segurança alimentar e os sistemas produtivos no Brasil. A agricultura familiar, responsável pela maior parte dos alimentos consumidos no país, mostra-se altamente vulnerável aos efeitos de secas, enchentes e variações térmicas. Nesse contexto, a agroecologia se apresenta como alternativa estratégica, ao integrar princípios ecológicos, sociais e econômicos na produção agrícola. Práticas como sistemas agroflorestais, consórcios de culturas, rotação de plantios, compostagem e uso de sementes crioulas contribuem para o sequestro de carbono, a conservação da biodiversidade e a resiliência dos agroecossistemas. Além de fortalecer a autonomia produtiva, a agroecologia também amplia a justiça socioambiental e a soberania alimentar. O fortalecimento de políticas públicas, como o PAA, o PNAE, o PLANAPO e os programas de Pagamento por Serviços Ambientais é fundamental para ampliar a escala da transição agroecológica. Apesar dos desafios políticos, institucionais e fundiários, experiências territoriais em áreas rurais e urbanas evidenciam que a articulação entre agricultores, sociedade civil e poder público pode consolidar a agroecologia como eixo estruturante do enfrentamento às mudanças climáticas, oferecendo caminhos para um modelo agrícola sustentável, justo e adaptável às novas realidades climáticas.

PALAVRAS-CHAVE: Políticas públicas. Sustentabilidade. Crise Climática.

AGROECOLOGY AND CLIMATE CHANGE: CHALLENGES AND PERSPECTIVES FOR FAMILY FARMING IN BRAZIL

ABSTRACT: Climate change stands as one of the greatest contemporary challenges, directly impacting food security and agricultural systems in Brazil. Family farming, which supplies most of the country's food, is particularly vulnerable to droughts, floods, and temperature variations. In this scenario, agroecology emerges as a strategic alternative by integrating ecological, social, and economic principles into agricultural production. Practices such as agroforestry systems, crop rotation, intercropping, composting, and the use of landrace seeds contribute to carbon sequestration, biodiversity conservation, and agroecosystem resilience. Beyond enhancing productive autonomy, agroecology promotes socio-environmental justice and food sovereignty. The strengthening of public policies — such as the Food Acquisition Program (PAA), the National School Feeding Program (PNAE), the National Plan for Agroecology and Organic Production (PLANAPO), and Payment for Environmental Services initiatives — is essential to scale up the agroecological transition. Despite political, institutional, and land tenure challenges, territorial experiences in rural and urban areas demonstrate that the articulation among farmers, civil society, and government can consolidate agroecology as a cornerstone in facing climate change, providing pathways for a sustainable, fair, and climate-resilient agricultural model.

KEY-WORDS: Public policies. Sustainability. Climate crisis.

INTRODUÇÃO

As mudanças climáticas representam um desafio global, afetando ecossistemas, segurança alimentar e modos de vida, com impactos mais severos em comunidades vulneráveis e agricultores familiares. No Brasil, a diversidade de biomas e o tamanho continental tornam o país especialmente sensível a secas, enchentes, aumento de temperatura e degradação de áreas produtivas, prejudicando cultivos essenciais como arroz, feijão, milho, café e frutas, e impactando diretamente a agricultura familiar, responsável por mais de 70% dos alimentos consumidos (ANA, 2021; IBGE, 2019).

Nesse contexto, a agroecologia surge como abordagem estratégica para mitigação e adaptação, promovendo sistemas produtivos resilientes e sustentáveis por meio de práticas como agroflorestas, consórcios de culturas, rotação de plantios, compostagem e manejo ecológico do solo (ALTIERI; NICHOLLS, 2020; SILVA; SOUSA; MENEZES, 2023). Além de conservar a biodiversidade e reduzir emissões de gases de efeito estufa, contribui para a diversificação produtiva, valorização do conhecimento tradicional, soberania alimentar e justiça socioambiental (FAO, 2020; RIBEIRO; PEREIRA; CARNEIRO, 2021).

A ampliação da agroecologia depende da integração em políticas públicas, como PNAE, PAA, PLANAPO e programas de Pagamento por Serviços Ambientais, que garantem

mercado, assistência técnica e crédito rural (BRASIL, 2022; SCHNEIDER et al., 2021). Embora desafios como descontinuidade institucional e pressão do agronegócio persistam, experiências territoriais bem-sucedidas mostram que a articulação entre movimentos sociais, governos e instituições de pesquisa pode gerar soluções inovadoras e sustentáveis.

Além do meio rural, a agroecologia tem se expandido em áreas urbanas e periurbanas, por meio de hortas comunitárias e agricultura urbana, promovendo educação ambiental, reaproveitamento de resíduos orgânicos, redução da pegada ecológica e inclusão social (SÃO PAULO, 2023; LEITE; GOMES, 2022). Dessa forma, este estudo analisa os impactos das mudanças climáticas sobre a agricultura familiar no Brasil, destacando práticas de mitigação e adaptação, políticas públicas e experiências territoriais que contribuem para o desenvolvimento sustentável.

OBJETIVO

Este capítulo tem como objetivo analisar os desafios e as perspectivas da agricultura familiar no Brasil diante das mudanças climáticas, destacando a agroecologia como alternativa estratégica para a promoção da sustentabilidade e da segurança alimentar, bem como o papel das políticas públicas no fortalecimento dessa transição.

METODOLOGIA

O estudo foi desenvolvido por meio de uma revisão bibliográfica e documental, abrangendo publicações científicas, relatórios institucionais e políticas públicas relacionadas à agricultura familiar, agroecologia e mudanças climáticas. A análise crítica buscou integrar as evidências disponíveis com a identificação de práticas, programas e experiências territoriais relevantes.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Agroecologia e agricultura familiar: estratégias para enfrentar as mudanças climáticas

As mudanças climáticas têm impactos significativos sobre os sistemas agrícolas, afetando ecossistemas, fertilidade do solo, disponibilidade hídrica e segurança alimentar global (IPCC, 2021). A agroecologia se apresenta como uma estratégia eficaz de mitigação e adaptação, promovendo a diversificação produtiva, conservação da biodiversidade, valorização do conhecimento tradicional e redução das emissões de gases de efeito estufa. Práticas como sistemas agroflorestais, consórcios de culturas, rotação de plantios, compostagem, uso de biofertilizantes, manejo ecológico de pragas e captação de água da chuva contribuem para o sequestro de carbono, maior estabilidade dos sistemas produtivos e resiliência frente a eventos climáticos extremos (ALTIERI; NICHOLLS, 2020; GLIESSMAN, 2015; SILVA; SOUSA; MENEZES, 2023).

Além disso, a agroecologia fortalece a autonomia das comunidades, promove soberania alimentar e se alinha aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável da Agenda 2030, integrando justiça socioambiental, segurança alimentar e conservação ambiental (FAO, 2020; LEITE; GOMES, 2022).

Agricultura familiar: protagonismo na sustentabilidade rural

A agricultura familiar ocupa posição central na construção de sistemas agrícolas resilientes e sustentáveis no Brasil, sendo responsável por mais de 70% dos alimentos consumidos e por cerca de 77% dos estabelecimentos agrícolas (IBGE, 2019; SCHNEIDER et al., 2021). Além de produzir alimentos essenciais como feijão, milho, mandioca, hortaliças e leite, esses sistemas incorporam práticas conservacionistas, diversificação produtiva, uso de sementes crioulas e integração lavoura-pecuária-floresta, promovendo resiliência climática, mitigação de emissões de gases de efeito estufa e conservação da agrobiodiversidade local (ALTIERI; NICHOLLS, 2020; REDE DE SEMENTES DO CERRADO, 2023).

A agricultura familiar também exerce função socioeconômica relevante, dinamizando a economia local, fortalecendo redes de cooperação e promovendo inclusão social. Iniciativas como hortas comunitárias, circuitos curtos de comercialização, cooperativas e movimentos sociais, como o Movimento dos Pequenos Agricultores demonstram que é possível produzir de forma sustentável, garantir renda, acesso a alimentos saudáveis e ao mesmo tempo regenerar ecossistemas (ASA, 2022; PERONDI; BERTONI, 2018; LEITE; GOMES, 2022).

Apesar de seu protagonismo, o setor enfrenta desafios significativos, incluindo acesso limitado a crédito, assistência técnica, regularização fundiária, infraestrutura de comercialização e descontinuidade de políticas públicas voltadas à agroecologia e à agricultura familiar, como PRONAF, PAA e PLANAPO (BRASIL, 2022; SCHNEIDER et al., 2021). Fortalecer esses mecanismos, valorizar o conhecimento tradicional e integrar políticas públicas estruturantes é essencial para garantir que a agricultura familiar continue sendo referência em sustentabilidade, resiliência climática e justiça socioambiental no Brasil.

Políticas públicas para a agroecologia e adaptação climática

O enfrentamento às mudanças climáticas exige, além de transformações nos sistemas produtivos, um conjunto articulado de políticas públicas multissetoriais que incentivem a transição agroecológica e promovam a resiliência dos sistemas agroalimentares. Tais políticas devem considerar a diversidade socio territorial do Brasil, garantindo o protagonismo da agricultura familiar e das populações tradicionais no planejamento e na execução das estratégias de mitigação e adaptação aos impactos do aquecimento global.

A agroecologia, como abordagem sistêmica e interdisciplinar, precisa ser reconhecida como eixo estruturante das políticas agrárias, ambientais, climáticas e alimentares. No Brasil,

experiências como o Plano Nacional de Agroecologia e Produção Orgânica (PLANAPO), instituído em 2013, sinalizaram avanços importantes na institucionalização da agroecologia, ao articular ações interministeriais voltadas à promoção da agricultura de base ecológica, acesso a mercados institucionais, crédito rural específico, assistência técnica pública e apoio à pesquisa (BRASIL, 2022; SCHNEIDER et al., 2021).

Outro marco relevante são os programas de compras públicas de alimentos da agricultura familiar, como o Programa de Aquisição de Alimentos (PAA) e o Programa Nacional de Alimentação Escolar (PNAE). Além de fomentar circuitos curtos de comercialização e fortalecer a segurança alimentar, essas iniciativas geram estabilidade econômica para agricultores familiares que adotam práticas agroecológicas. Ao priorizar alimentos orgânicos e agroecológicos na merenda escolar, por exemplo, o PNAE contribui para o fortalecimento da produção sustentável e da educação alimentar nas escolas públicas (FAO, 2020; SILVA et al., 2022).

Contudo, nos últimos anos, diversos programas federais sofreram redução orçamentária, descontinuidade institucional ou esvaziamento político, enfraquecendo a capacidade de apoio do Estado à agricultura familiar e à transição agroecológica. Entre 2018 e 2022, o financiamento do PRONAF Agroecologia foi reduzido em mais de 60% (CONSEA, 2023), afetando diretamente o acesso de agricultores a crédito com taxas diferenciadas e condições adequadas à produção ecológica. A recomposição desses instrumentos é uma condição essencial para que a agroecologia seja incorporada às políticas climáticas nacionais com efetividade e escala.

Nesse cenário, surgem com maior protagonismo as políticas subnacionais, conduzidas por estados e municípios que vêm elaborando programas próprios de incentivo à agroecologia e à produção orgânica. Os Planos Municipais de Agroecologia e Produção Orgânica (PLAPOs) em diversas cidades brasileiras (como Belo Horizonte, Recife e São Paulo) são exemplos de como governos locais podem criar mecanismos de apoio territorializados, como feiras agroecológicas, hortas comunitárias, assistência técnica e apoio a cooperativas (PERONDI; BERTONI, 2018; PREFEITURA DE SÃO PAULO, 2023).

Destaca-se ainda a importância das Políticas de Pagamento por Serviços Ambientais (PSA), que vêm sendo institucionalizadas em nível nacional e estadual com o objetivo de reconhecer e remunerar agricultores e comunidades tradicionais que conservam recursos naturais, como matas nativas, nascentes e biodiversidade. A Lei Federal n.º 14.119/2021 criou a Política Nacional de PSA, representando um avanço na valorização dos serviços ecossistêmicos prestados pelos agricultores de base agroecológica (BRASIL, 2021).

Outro campo estratégico é o da pesquisa, formação e assistência técnica de base agroecológica. A ampliação da rede pública de ensino, pesquisa e extensão rural voltada à agroecologia é indispensável para a produção de conhecimento crítico, contextualizado e acessível aos agricultores familiares. Instituições como a Embrapa, os Institutos Federais, as Universidades Públicas e organizações da sociedade civil têm papel fundamental na

promoção da pesquisa participativa, da formação técnica e da valorização dos saberes populares (SILVA; SOUSA; MENEZES, 2023).

Ao lado disso, destaca-se o papel das organizações da sociedade civil e dos movimentos sociais na elaboração e na incidência por políticas públicas coerentes com os princípios da agroecologia. Experiências como a da Articulação Nacional de Agroecologia (ANA) e da Articulação Semiárido Brasileiro (ASA) demonstram que é possível construir propostas políticas a partir do diálogo horizontal com os territórios, fortalecendo redes e articulando práticas sustentáveis com justiça ambiental e inclusão social (ASA, 2022; LEITE; GOMES, 2022).

É fundamental, portanto, que a agroecologia seja compreendida não como uma alternativa marginal, mas como um componente estratégico das políticas climáticas nacionais e internacionais. A transversalidade da agroecologia exige um reposicionamento do Estado, com ações integradas nos campos da agricultura, meio ambiente, saúde, educação, ciência e tecnologia. Somente com a valorização da produção sustentável, da socio biodiversidade e da autonomia dos povos do campo, das florestas e das águas, será possível construir um modelo de desenvolvimento territorial que enfrente, de forma justa e eficaz, os impactos das mudanças climáticas.

O enfrentamento às mudanças climáticas exige ações coordenadas que articulem diversos setores da sociedade. Nesse processo, tanto as populações rurais quanto urbanas exercem papéis fundamentais. Agricultores familiares, povos e comunidades tradicionais e moradores de áreas urbanas têm desenvolvido práticas que contribuem diretamente para a mitigação das emissões de gases de efeito estufa, a adaptação aos impactos climáticos e a promoção de sistemas alimentares mais justos, resilientes e sustentáveis.

População Rural: Guardiã dos Bens Comuns e da Agroecologia

A população rural, especialmente os agricultores familiares e os povos tradicionais, têm sido historicamente responsáveis pela conservação dos recursos naturais e pela produção de alimentos em bases sustentáveis. Por meio da adoção de práticas agroecológicas, como sistemas agroflorestais, manejo ecológico de solo, uso de sementes crioulas, captação de água da chuva e compostagem, esses grupos promovem a regeneração ambiental, a conservação da biodiversidade e o sequestro de carbono no solo e na vegetação (SILVA; SOUSA; MENEZES, 2023; RIBEIRO; PEREIRA; CARNEIRO, 2021).

A combinação entre práticas tradicionais e tecnologias sociais pode fortalecer a resiliência climática em regiões historicamente vulneráveis. Ao garantir o acesso à água de qualidade para consumo e produção agroecológica, contribui não apenas para a segurança alimentar e hídrica, mas também para a autonomia das famílias camponesas e a permanência no campo em contextos de prolongadas estiagens (ASA, 2022).

Além disso, comunidades rurais são responsáveis pela manutenção da agrobiodiversidade, ao conservar variedades locais de sementes adaptadas às condições edafoclimáticas de cada território. Essa conservação *in situ* é estratégica para a adaptação dos sistemas produtivos à instabilidade climática, uma vez que amplia a base genética das culturas, aumentando sua resistência a pragas, doenças e variações hídricas e térmicas (REDE DE SEMENTES DO CERRADO, 2023).

Em muitos territórios, a prática da agrofloresta tem promovido impactos positivos tanto na mitigação das mudanças climáticas quanto na geração de renda. Esses sistemas integrados, que associam árvores nativas, frutíferas e cultivos agrícolas, favorecem a ciclagem de nutrientes, a infiltração de água, o controle natural de pragas e o sequestro de carbono (GOMES et al., 2006).

População Urbana: Agricultura de Proximidade, Consumo Consciente e Justiça Climática

No espaço urbano, a contribuição da população para a mitigação dos efeitos climáticos tem se intensificado, especialmente por meio da agricultura urbana e periurbana, do consumo consciente e da educação ambiental. As hortas comunitárias, jardins comestíveis, quintais produtivos e telhados verdes têm desempenhado papel relevante na transformação dos espaços urbanos em territórios mais resilientes, inclusivos e sustentáveis (LEITE; GOMES, 2022).

Essas iniciativas geram múltiplos benefícios: reduzem a emissão de GEE ao diminuir a distância entre produção e consumo de alimentos, promovem o reaproveitamento de resíduos orgânicos por meio da compostagem, favorecem a infiltração da água da chuva, criam microclimas urbanos e ampliam o acesso da população a alimentos frescos, saudáveis e livres de agrotóxicos. Ao mesmo tempo, promovem a inclusão social, o protagonismo de mulheres, jovens e idosos, e fortalecem redes de solidariedade nas periferias urbanas (SÃO PAULO, 2023; ASA, 2022).

A agroecologia urbana também contribui para a educação ambiental e a formação de cidadãos críticos em relação às desigualdades ambientais e aos impactos do sistema agroalimentar convencional. Escolas, coletivos, movimentos sociais e equipamentos públicos como Centros de Referência em Assistência Social (CRAS) e Centros de Referência em Educação Ambiental têm incorporado práticas agroecológicas em suas rotinas pedagógicas, promovendo a sensibilização sobre o papel do consumo responsável e da valorização da produção local e sustentável (SILVA et al., 2022).

Outro aspecto relevante é a ampliação do acesso a feiras agroecológicas, redes de entregas solidárias e grupos de consumo responsável, que criam vínculos diretos entre produtores e consumidores, fortalecendo os circuitos curtos de comercialização. Essas estratégias não apenas viabilizam economicamente a produção agroecológica, como

também promovem transformações culturais em torno do direito à alimentação adequada, da justiça ambiental e da saúde coletiva (SCHNEIDER et al., 2021; FAO, 2020).

Finalmente, é importante destacar que as cidades concentram grande parte da demanda por alimentos e dos recursos naturais utilizados para a produção agrícola. Por isso, o engajamento das populações urbanas é estratégico na construção de uma governança alimentar democrática e sustentável, que reconheça a interdependência entre campo e cidade. A agroecologia, nesse sentido, pode ser uma ponte entre mundos muitas vezes desconectados, articulando práticas, saberes e políticas públicas que unam a produção sustentável à construção de cidades mais justas e resilientes (ALTIERI; NICHOLLS, 2020).

Perspectivas e Caminhos para a Agroecologia e a Agricultura Familiar no Contexto Climático

A consolidação da agroecologia e da agricultura familiar como estratégias para enfrentar as mudanças climáticas e promover a sustentabilidade ainda enfrenta obstáculos estruturais, políticos e técnicos. A descontinuidade de políticas públicas, a hegemonia do agronegócio, o acesso limitado a crédito e assistência técnica, a insegurança fundiária e a dificuldade de sucessão rural comprometem a capacidade de resposta das famílias agricultoras e a transição para sistemas produtivos mais ecológicos.

Apesar desses entraves, surgem oportunidades significativas. O aumento da demanda por alimentos saudáveis e produzidos localmente, o avanço de políticas públicas municipais e estaduais, a ampliação da pesquisa participativa e da extensão rural agroecológica, o fortalecimento da economia solidária e a inserção da agroecologia nas agendas internacionais de clima e segurança alimentar favorecem o desenvolvimento de práticas sustentáveis, a valorização do conhecimento tradicional e a autonomia dos agricultores. Esses elementos indicam que a agroecologia e a agricultura familiar possuem bases técnicas, sociais e políticas suficientes para se consolidarem como alternativas estratégicas frente às crises socioambientais do século XXI.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A intensificação das mudanças climáticas impõe desafios inéditos à agricultura familiar, afetando a produção de alimentos, a conservação dos recursos naturais e a sustentabilidade dos territórios. Nesse contexto, a agroecologia se consolida como estratégia técnica, política e ética, promovendo diversidade, resiliência, autonomia e integração de saberes tradicionais aos sistemas agroalimentares. A agricultura familiar desempenha papel central, com práticas que favorecem a produção sustentável e a conservação dos ecossistemas, desde que apoiadas por políticas públicas estruturantes, como PLANAPO, PAA, PNAE, PRONAF Agroecologia e programas de Pagamento por Serviços Ambientais. Experiências territoriais, como hortas urbanas, agroflorestas, feiras e redes de economia

solidária, mostram caminhos concretos para um modelo agroalimentar mais justo, saudável e sustentável. Assim, investir em agroecologia significa fortalecer ciência, cultura, justiça ambiental e soberania alimentar, consolidando a capacidade das comunidades de resistir, cuidar e transformar o futuro.

A agroecologia se apresenta como um caminho viável e necessário para enfrentar os desafios impostos pelas mudanças climáticas na agricultura familiar brasileira. Ao integrar práticas sustentáveis e fortalecer o papel das políticas públicas, é possível promover sistemas agrícolas mais resilientes, justos e adaptáveis. O fortalecimento de redes de cooperação entre agricultores, instituições públicas e sociedade civil é condição essencial para consolidar a agroecologia como eixo estruturante de um novo modelo agrícola comprometido com a sustentabilidade e a soberania alimentar.

REFERÊNCIAS

ALTIERI, M. A.; NICHOLLS, C. I. Agroecologia: princípios e estratégias para a agricultura sustentável. São Paulo: Expressão Popular, 2020.

ANA – AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO. Boletim de PSA em Bacias Hidrográficas. Brasília: ANA, 2021.

ASA – ARTICULAÇÃO SEMIÁRIDO BRASILEIRO. Um Milhão de Cisternas: Tecnologias sociais e adaptação climática no Semiárido. Recife: ASA, 2022.

BRASIL. Lei nº 14.119, de 13 de janeiro de 2021. Institui a Política Nacional de Pagamento por Serviços Ambientais. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, 14 jan. 2021.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Plano Nacional de Agroecologia e Produção Orgânica – PLANAPO. Brasília: MAPA, 2022.

CONSEA – CONSELHO NACIONAL DE SEGURANÇA ALIMENTAR E NUTRICIONAL. Relatório Técnico sobre Cortes em Políticas Públicas de Agricultura Familiar e Agroecologia (2018–2022). Brasília: CONSEA, 2023.

FAO – FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION. The State of Food and Agriculture: Overcoming water challenges in agriculture. Rome: FAO, 2020.

GOMES, R. P. et al. Agroflorestas e Sistemas de Produção Familiar: o caso do Projeto RECA em Rondônia, Brasil. Brasília: Embrapa, 2006.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Censo Agropecuário 2017: Agricultura Familiar – Brasil, Grandes Regiões e Unidades da Federação. Rio de Janeiro: IBGE, 2019.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. Climate Change and Land: an IPCC special report on climate change, desertification, land degradation, sustainable land management, food security, and greenhouse gas fluxes in terrestrial ecosystems. Geneva:

IPCC, 2019. Disponível em: <https://www.ipcc.ch/srccl/> . Acesso em: 21 ago. 2025.

LEITE, J. D.; GOMES, A. M. Agricultura urbana e justiça socioambiental: reflexões sobre a produção de alimentos nas periferias metropolitanas. *Revista Brasileira de Agroecologia*, v. 17, n. 1, p. 43–59, 2022.

PERONDI, M. A.; BERTONI, A. Sistemas agroflorestais no Sul do Brasil: práticas de conservação e sustentabilidade. Porto Alegre: UFRGS, 2018.

REDE DE SEMENTES DO CERRADO. Restauração Ecológica no Cerrado com Sementes Nativas: Experiências e resultados. Brasília: RSC, 2023.

RIBEIRO, N. C.; PEREIRA, H. S.; CARNEIRO, M. J. Mitigação de gases de efeito estufa por práticas agroecológicas no Brasil. *Cadernos de Agroecologia*, v. 16, n. 2, 2021.

SÃO PAULO (Município). Secretaria do Verde e Meio Ambiente. Programa Hortas Urbanas e Periurbanas. São Paulo, 2023.

SCHNEIDER, S. et al. Políticas públicas para a agroecologia e agricultura familiar no Brasil: avanços, limites e desafios. Porto Alegre: UFRGS, 2021.

SILVA, A. C.; SOUSA, R. J.; MENEZES, L. A. Sistemas agroecológicos como estratégia de adaptação às mudanças climáticas: estudo de caso no semiárido brasileiro. *Revista Extensão Rural*, v. 30, n. 1, p. 59–78, 2023.

SILVA, R. A. et al. Educação Ambiental e Agroecologia: experiências em escolas e comunidades urbanas do Sudeste. *Revista Brasileira de Educação Ambiental*, v. 18, n. 2, p. 114–130, 2022.

ESTUDO DE CASO: A RELAÇÃO ENTRE A AGRICULTURA FAMILIAR E AS MUDANÇAS CLIMÁTICAS EM NOVA IGUAÇU, RJ

Fabiana Fróes Cordeiro¹;

Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ), Seropédica, RJ.

<http://lattes.cnpq.br/0246042264250517>

Renata Brito²;

Universidade do Estado de Minas Gerais (UEMG), Passos, MG.

<http://lattes.cnpq.br/3664546487771369>

Thales Silva Ferreira³.

Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ.

<http://lattes.cnpq.br/5611204166872432>

RESUMO: Este artigo analisa a relação entre a agricultura familiar e as mudanças climáticas em Nova Iguaçu, RJ, no período de 2010 a 2025. Foram utilizados dados climáticos de fontes oficiais, como o Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), Climatempo e meteoblue, para compreender as variações de temperatura e precipitação. Os resultados indicam um aumento gradual das temperaturas e alterações nos padrões de chuvas, impactando diretamente a produção agrícola familiar. A falta de infraestrutura, acesso limitado a tecnologias e mudanças bruscas no clima intensificaram os desafios enfrentados pelos agricultores. Como estratégias de adaptação, destacam-se a diversificação de culturas, a adoção de sistemas agroflorestais e políticas públicas de incentivo, como o PRONAF. Estudos de caso locais mostram iniciativas bem-sucedidas, como as Feiras da Roça, que fortalecem a economia e promovem a sustentabilidade. Conclui-se que, apesar dos desafios, o suporte técnico e investimentos em inovação podem garantir a resiliência da agricultura familiar frente às mudanças climáticas.

PALAVRAS-CHAVE: Sustentabilidade rural. Sistemas agroflorestais. Políticas públicas.

CASE STUDY: THE RELATIONSHIP BETWEEN FAMILY FARMING AND CLIMATE CHANGE IN NOVA IGUAÇU, RJ

ABSTRACT: This article analyzes the relationship between family farming and climate change in Nova Iguaçu, Rio de Janeiro, from 2010 to 2025. Climate data from official sources, such as the National Institute of Meteorology (INMET), Climatempo, and meteoblue, were used to understand temperature and precipitation variations. The results indicate a gradual increase in temperatures and changes in rainfall patterns, directly impacting family farming production. Lack of infrastructure, limited access to technology, and sudden changes in climate have intensified the challenges faced by farmers. Adaptation strategies include crop diversification, the adoption of agroforestry systems, and public incentive policies, such as PRONAF (National Agricultural Fund for Agriculture). Local case studies demonstrate successful initiatives, such as the Feiras da Roça (Farm Fairs), which strengthen the economy and promote sustainability. The conclusion is that, despite the challenges, technical support and investment in innovation can ensure the resilience of family farming in the face of climate change.

KEY-WORDS: Rural Sustainability. Agroforestry Systems. Public Policies.

INTRODUÇÃO

A agricultura familiar desempenha um papel essencial na produção de alimentos, na segurança alimentar e no desenvolvimento socioeconômico de diversas regiões do Brasil (SCHNEIDER, 2016). Em Nova Iguaçu, RJ, essa modalidade agrícola é de extrema relevância, pois contribui significativamente para o abastecimento local e a geração de renda de pequenos produtores (GRAZIANO DA SILVA; DEL GROSSI; DE FRANÇA, 2019). No entanto, as mudanças climáticas têm representado um desafio crescente, alterando padrões de temperatura e precipitação, o que impacta diretamente a produtividade agrícola (IPCC, 2021).

No período de 2010 a 2025, observa-se um aumento das temperaturas médias anuais e uma irregularidade crescente nas chuvas (INMET, 2024). Fenômenos como estiagens prolongadas e chuvas intensas têm causado prejuízos expressivos aos agricultores familiares, que muitas vezes carecem de infraestrutura adequada e apoio técnico para mitigar esses impactos (SILVA et al., 2023). Essas alterações climáticas influenciam não apenas a produtividade das lavouras, mas também a qualidade do solo, a disponibilidade de água e a ocorrência de pragas e doenças (ALTIERI; NICHOLLS, 2017).

Serão abordados os impactos das mudanças no setor agrícola, as dificuldades enfrentadas pelos agricultores e as estratégias de adaptação implementadas, incluindo o uso de técnicas agroecológicas e políticas públicas voltadas ao fortalecimento da resiliência do setor.

A importância do estudo se justifica pelo fato de que compreender os desafios impostos pelas mudanças climáticas é fundamental para a formulação de estratégias eficazes de adaptação e mitigação. Além disso, destacar iniciativas bem-sucedidas pode contribuir para a disseminação de boas práticas e o fortalecimento da agricultura familiar na região.

OBJETIVO

O presente trabalho tem por objetivo analisar a relação entre a agricultura familiar e as mudanças climáticas em Nova Iguaçu-RJ, com base em dados climáticos do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), Climatempo e Meteoblue.

METODOLOGIA

A pesquisa foi conduzida por meio de uma abordagem qualitativa, com a coleta e análise de dados secundários e primários. Para a obtenção dos dados climáticos, foram consultadas bases de informações meteorológicas oficiais, incluindo o Instituto Nacional de Meteorologia (INMET, 2024) e o Climatempo. Esses dados permitiram avaliar as tendências climáticas em Nova Iguaçu entre os anos de 2010 e 2025, identificando padrões de temperatura, precipitação e anomalias climáticas.

Para compreender o impacto dessas variações na agricultura familiar, foram realizadas entrevistas semi-estruturadas com pequenos produtores da região, baseando-se em metodologias aplicadas em estudos agrários (BRASIL, 2020). As entrevistas abordaram temas como percepção sobre mudanças climáticas, estratégias de adaptação utilizadas e desafios enfrentados na produção. Além disso, foram analisados documentos governamentais e relatórios sobre políticas públicas de apoio à agricultura familiar e à sustentabilidade (SILVA et al., 2023).

A análise dos dados foi realizada por meio da triangulação de múltiplas fontes de informação (DENZIN, 2017), combinando as evidências empíricas coletadas nas entrevistas com os dados meteorológicos e documentais. Dessa forma, foi possível obter um panorama abrangente da interação entre as mudanças climáticas e a agricultura familiar em Nova Iguaçu, destacando implicações e soluções potenciais. Essa abordagem metodológica permite não apenas quantificar os impactos climáticos, mas também compreender as experiências e percepções dos agricultores, contribuindo para formulação de estratégias eficazes de adaptação e mitigação (ALTIERI; NICHOLLS, 2017).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Análise climática (2010-2025): A análise climática de Nova Iguaçu no período de 2010 a 2025 revela padrões significativos de variação na temperatura e no regime de

chuvas, influenciados pelas mudanças climáticas globais e regionais (INMET, 2024). Os dados coletados indicam um aumento médio de 1,2°C na temperatura média anual, com tendências de verões mais quentes e invernos menos rigorosos (IPCC, 2021). Esse aquecimento tem gerado impactos diretos na agricultura familiar, afetando o ciclo fenológico das culturas e aumentando a evapotranspiração (SILVA et al., 2023).

Além das mudanças de temperatura, observam-se alterações expressivas na distribuição das chuvas. O período chuvoso tornou-se mais irregular, com eventos de precipitação extrema concentrados em curtos espaços de tempo, intercalados por estiagens prolongadas (BRASIL, 2020). Dados do ClimaTempo (2024) apontam uma redução na média pluviométrica anual em aproximadamente 10%, impactando diretamente a disponibilidade hídrica para irrigação e redução da umidade do solo, o que compromete a produtividade agrícola (ALTIERI; NICHOLLS, 2017).

A ocorrência de eventos climáticos extremos, como tempestades e ondas de calor, também se intensificou, aumentando a vulnerabilidade dos pequenos agricultores. Relatos de agricultores locais indicam perdas frequentes de safras devido às chuvas intensas que alagam as plantações, além do impacto das secas sobre culturas de ciclo longo, como a banana e o aipim (GRAZIANO DA SILVA; DEL GROSSI; DE FRANÇA, 2019). Tais condições reforçam a necessidade de adoção de técnicas de manejo sustentável e políticas públicas voltadas para a adaptação da agricultura familiar às novas realidades climáticas.

Impactos na agricultura familiar: As mudanças climáticas têm provocado impactos significativos na agricultura familiar de Nova Iguaçu, afetando desde a produtividade das culturas até a qualidade dos recursos naturais disponíveis. O aumento das temperaturas e a irregularidade no regime de chuvas resultaram na redução da umidade do solo e no comprometimento de safras importantes para os agricultores locais, como hortaliças, mandioca e banana (INMET, 2024). Estudos apontam que o estresse hídrico causado por estiagens prolongadas tem reduzido a produtividade em até 30%, dificultando a sustentação das famílias que dependem exclusivamente da produção agrícola (SILVA et al., 2023).

Além da escassez hídrica, o aumento da ocorrência de pragas e doenças tem sido outro desafio enfrentado pelos agricultores familiares. Temperaturas mais elevadas favorecem a proliferação de insetos e microrganismos prejudiciais às culturas, exigindo maior uso de insumos e estratégias de manejo integrado (ALTIERI; NICHOLLS, 2017). No entanto, a agricultura familiar enfrenta pouquíssimo acesso aos avanços tecnológicos, especialmente máquinas e equipamentos agrícolas, e a ausência de políticas públicas eficazes — fatores que dificultam significativamente a adoção de soluções sustentáveis no campo (EMBRAPA, 2022).

Diante desse cenário, estratégias de adaptação estão sendo implementadas por agricultores locais, incluindo a diversificação de cultivos, o uso de sistemas agroflorestais e a incorporação de técnicas agroecológicas (BRASIL, 2022). Essas práticas permitem maior resiliência às adversidades climáticas, promovendo a conservação do solo e a redução

da dependência de insumos externos. A implantação de políticas públicas de apoio, como financiamentos via PRONAF e programas de assistência técnica, também tem sido fundamental para a manutenção da produção agrícola e a segurança alimentar da região.

Estratégias de adaptação: Diante dos desafios impostos pelas mudanças climáticas, agricultores familiares de Nova Iguaçu têm adotado diversas estratégias de adaptação para garantir a sustentabilidade da produção. Uma das principais abordagens é a diversificação de cultivos, que reduz a vulnerabilidade a eventos climáticos extremos e permite uma maior estabilidade econômica para os produtores (ALTIERI; NICHOLLS, 2017). Culturas mais resilientes, como mandioca, feijão-caupi e plantas nativas da região, estão sendo priorizadas devido à sua capacidade de suportar condições adversas (SILVA et al., 2023).

Outra estratégia relevante é a adoção de sistemas agroflorestais, que combinam árvores, arbustos e culturas agrícolas em um mesmo espaço. Essa prática melhora a retenção de umidade no solo, reduz a erosão e contribui para a regeneração ambiental, tornando a produção mais resiliente às mudanças climáticas (GRAZIANO DA SILVA; DEL GROSSI; DE FRANÇA, 2019). Agricultores de Nova Iguaçu têm investido cada vez mais nesse modelo produtivo, com suporte de organizações locais e programas de incentivo governamentais.

O acesso a técnicas agroecológicas também se destaca como uma alternativa eficiente de adaptação. O uso de adubação orgânica, rotação de culturas e controle biológico de pragas tem permitido a manutenção da fertilidade do solo e a redução da dependência de insumos externos. Essas práticas, além de mitigar os efeitos negativos das mudanças climáticas, contribuem para a segurança alimentar e a valorização da agricultura familiar na região.

Por fim, o apoio de políticas públicas tem sido fundamental para viabilizar as estratégias de adaptação. Programas como o PRONAF (Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar) e o PAA (Programa de Aquisição de Alimentos) têm proporcionado acesso a crédito, assistência técnica e mercados institucionais para os agricultores familiares (SILVA et al., 2023). Além disso, iniciativas locais, como as Feiras da Roça, têm fortalecido a comercialização dos produtos da agricultura familiar, garantindo renda e incentivos para a manutenção da produção. Essas estratégias demonstram que, apesar dos desafios impostos pelas mudanças climáticas, a agricultura familiar pode se tornar mais resiliente por meio da adoção de técnicas sustentáveis, acesso a políticas públicas e fortalecimento da organização comunitária.

ESTUDOS DE CASO LOCAIS

Estudos de Caso: Adaptação da Agricultura Familiar em Nova Iguaçu-RJ às Mudanças Climáticas

A adoção de estratégias de adaptação pelas famílias agricultoras de Nova Iguaçu, RJ, tem se mostrado fundamental para a resiliência da agricultura familiar frente aos impactos das mudanças climáticas, caracterizados por variações extremas de temperatura, chuvas irregulares e fenômenos climáticos intensos. A seguir, são apresentados estudos de caso que ilustram como essas estratégias têm sido implementadas localmente, com resultados positivos na preservação da produção e na melhoria das condições de vida dos agricultores.

Caso 1: Implementação de Sistemas Agroflorestais no Bairro de Vilar Grande

No bairro de Vilar Grande, um grupo de agricultores familiares tem adotado sistemas agroflorestais como resposta às mudanças climáticas. O sistema combina árvores frutíferas e nativas da região com culturas agrícolas como mandioca, feijão-caupi e milho. Essa prática tem proporcionado diversos benefícios, como a melhoria da retenção de umidade no solo, o aumento da biodiversidade local e a mitigação da erosão, principalmente em períodos de chuvas intensas (SILVA et al., 2023). Os produtores destacam que o aumento da diversidade produtiva tem permitido uma maior estabilidade econômica, já que eles não dependem exclusivamente de uma única cultura, tornando-se menos vulneráveis a eventos climáticos extremos, como secas e alagamentos.

O uso de sistemas agroflorestais é uma alternativa eficaz, pois alia a produção agrícola à conservação ambiental, permitindo o uso sustentável dos recursos naturais. Além disso, esse modelo tem colaborado para a regeneração do solo e a promoção de um microclima favorável ao cultivo, o que tem sido crucial para a adaptação às alterações climáticas.

Caso 2: Adoção de Técnicas Agroecológicas no Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar (PRONAF)

Outro exemplo relevante é o caso de agricultores que participam do PRONAF e têm adotado práticas agroecológicas em suas propriedades. A substituição de fertilizantes químicos por compostagem e adubação orgânica tem permitido o controle da fertilidade do solo, a redução da dependência de insumos externos e a mitigação dos impactos das variações climáticas. O uso de rotações de culturas também tem sido uma técnica eficaz para evitar a degradação do solo e melhorar a produtividade das lavouras, especialmente em anos de chuvas intensas seguidas por longos períodos de seca (BRASIL, 2020).

A implementação dessas práticas tem gerado uma redução significativa nos custos de produção e proporcionado aos agricultores maior autonomia. Além disso, a abordagem

agroecológica tem mostrado ser eficaz na preservação da biodiversidade e no controle de pragas, o que contribui diretamente para a sustentabilidade a longo prazo da produção agrícola familiar. Em muitas propriedades, a diversificação das culturas tem permitido uma produção mais resiliente e menos suscetível aos riscos climáticos.

Caso 3: Feiras da Roça como Estratégia de Comercialização e Fortalecimento da Agricultura Familiar

As Feiras da Roça são outro exemplo de adaptação da agricultura familiar em Nova Iguaçu, RJ. Estas feiras, realizadas em diversos bairros da cidade, têm se mostrado fundamentais para o fortalecimento da economia local, promovendo a comercialização direta dos produtos da agricultura familiar. Além de aumentar a renda dos produtores, as feiras ajudam a reduzir a vulnerabilidade dos agricultores à volatilidade do mercado e às flutuações climáticas, garantindo uma fonte de comercialização estável (SILVA et al., 2023).

A participação nessas feiras tem incentivado a cooperação entre os agricultores, facilitando o acesso a novos mercados e ampliando a visibilidade dos produtos locais. Essa iniciativa tem sido apoiada por políticas públicas que visam fortalecer o mercado institucional da agricultura familiar e promover a sustentabilidade da produção rural, com ênfase na comercialização de alimentos orgânicos e agroecológicos.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo evidenciou a vulnerabilidade da agricultura familiar de Nova Iguaçu, RJ, às mudanças climáticas, sobretudo diante da irregularidade das chuvas, aumento das temperaturas e consequentes perdas de produtividade. Apesar desses desafios, constatou-se que os agricultores têm demonstrado capacidade de adaptação por meio de práticas sustentáveis, como a diversificação de culturas, os sistemas agroflorestais e técnicas agroecológicas, que contribuem para maior resiliência, preservação ambiental e segurança alimentar.

As políticas públicas, em especial o PRONAF, e a organização comunitária, por meio de feiras, também se destacam como instrumentos essenciais de apoio, embora ainda necessitem de maior alcance e fortalecimento. Assim, conclui-se que a superação das adversidades climáticas depende da integração entre agricultores, poder público e sociedade civil, com investimentos em capacitação, infraestrutura e mercados locais.

Assim, a agricultura familiar em Nova Iguaçu, mesmo diante de grandes desafios, revela potencial para transformar a adaptação climática em vetor de desenvolvimento sustentável, promovendo inclusão social, conservação ambiental e continuidade da produção agrícola.

REFERÊNCIAS

- ALTIERI, M. A.; NICHOLLS, C. I. Agroecologia: Princípios e estratégias para a sustentabilidade. São Paulo: Editora UNESP, 2017.
- ALTIERI, M. A.; NICHOLLS, C. I. Agroecologia e resiliência ao clima. 2017.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Plano Nacional de Agroecologia e Produção Orgânica – PLANAPO. Brasília: MAPA, 2022.
- BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Agrário. Plano Nacional de Agroecologia e Produção Orgânica. 2020.
- BRASIL. Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar. Disponível em: <https://www.mda.gov.br/assuntos/pronaf> . Acesso em: 20 mar. 2025.
- CLIMATEMPO. Climatologia - Nova Iguaçu - RJ. Disponível em: <https://www.climatempo.com.br/climatologia/315/novaiguacu-rj> . Acesso em: 25 mar. 2025.
- DENZIN, Norman K.; LINCOLN, Yvonna S. The SAGE Handbook of Qualitative Research. 5. ed. Thousand Oaks: SAGE Publications, 2017. p. 281–307.
- EMBRAPA. Maior acesso a inovações adequadas para a agricultura familiar faz parte de demandas apresentadas em workshop. Embrapa, Brasília, 11 nov. 2022. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/81641549/maior-acesso-a-inovacoes-adequadas-para-a-agricultura-familiar-faz-parte-de-demandas-apresentadas-em-workshop> . Acesso em: 22 ago. 2025.
- GRAZIANO DA SILVA, J.; DEL GROSSI, M. E.; DE FRANÇA, C. G. (Orgs.). Fome Zero: a experiência brasileira. Brasília: MDA, 2019.
- GRAZIANO DA SILVA, J.; DEL GROSSI, M. E.; DE FRANÇA, J. L. A agricultura familiar e o desenvolvimento rural no Brasil. Brasília: IPEA, 2019.
- INMET. Instituto Nacional de Meteorologia. Dados climáticos de Nova Iguaçu (2010-2025). Disponível em: <https://www.inmet.gov.br> . Acesso em: 20 mar. 2025.
- INMET - Instituto Nacional de Meteorologia. Dados Meteorológicos Históricos. Disponível em: <https://portal.inmet.gov.br> . Acesso em: 20 mar. 2025.
- INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA (INMET). Dados históricos anuais. Disponível em: <https://portal.inmet.gov.br/dadoshistoricos> . Acesso em: 25 mar. 2025.
- INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. Climate Change and Land: an IPCC special report on climate change, desertification, land degradation, sustainable land management, food security, and greenhouse gas fluxes in terrestrial ecosystems. Geneva: IPCC, 2021. Disponível em: <https://www.ipcc.ch/srccl/> . Acesso em: 21 ago. 2025.
- METEOBLUE. Arquivo meteorológico Nova Iguaçu. Disponível em: https://www.meteoblue.com/pt/tempo/historyclimate/weatherarchive/nova-igua%C3%A7u_brasil_3456160 . Acesso em: 25 mar. 2025.

SCHNEIDER, S. et al. Políticas públicas para a agroecologia e agricultura familiar no Brasil: avanços, limites e desafios. Porto Alegre: UFRGS, 2021.

SILVA, J. A.; PEREIRA, M. S.; LIMA, A. R. Adaptação à mudança climática na agricultura familiar. Revista Brasileira de Agroecologia, v. 13, n. 2, p. 75-88, 2023.

SILVA, R. et al. Impactos das Mudanças Climáticas na Agricultura Familiar. Revista Brasileira de Agroecologia, v. 18, n. 3, 2023.

INFLUÊNCIA DAS DIFERENTES COBERTURAS DE SOLO NO DESEMPENHO AGRONÔMICO DE ALFACE ORGÂNICA

Rhyllary Coelho e Silva¹;

Universidade Federal de Goiás (UFG), Goiânia, Goiás.

<http://lattes.cnpq.br/8350624094662920>

Aline Cristina Mendes Façanha²;

Universidade Federal de Goiás (UFG), Goiânia, Goiás.

<http://lattes.cnpq.br/5911426534153159>

Edmilson Júnio Medeiros Caetano³;

Universidade Federal de Goiás (UFG), Goiânia, Goiás.

<http://lattes.cnpq.br/2941350348045303>

Evandro Inácio da Costa⁴;

Universidade Federal de Goiás (UFG), Goiânia, Goiás.

<http://lattes.cnpq.br/7018895417222156>

Lívia Abdala⁵;

Universidade Federal de Goiás (UFG), Goiânia, Goiás.

<http://lattes.cnpq.br/1353570547421553>

Wilson Mozena Leandro⁶.

Universidade Federal de Goiás (UFG), Goiânia, Goiás.

<http://lattes.cnpq.br/9052207260053937>

RESUMO: Altas temperaturas podem ser consideradas como fator limitante na produção ocasionando perdas de até 60%. Diante do exposto, objetivou-se com essa pesquisa avaliar a eficiência do uso de diferentes coberturas de solo no desempenho agrônomo da alface orgânica. O experimento foi realizado no espaço EDEM na Universidade Federal de Goiás, Goiânia, no bioma Cerrado. O delineamento experimental foi constituído em blocos casualizados com três tratamentos (resto de capina, mulching e serrapilheira) e um controle sem cobertura, sendo 4 blocos e 4 repetições de cada tratamento, totalizando 16 parcelas e 32 plantas por parcela. Os resultados indicaram que o uso de mulching proporcionou melhorias significativas no diâmetro do caule, número de folhas, massa fresca e seca da parte aérea das plantas. A cobertura com resto de capina (braquiária) e mulching também

resultou em maior altura das plantas comparado ao solo sem cobertura.

PALAVRAS-CHAVE: *Lactuca sativa* L. Manejo agroecológico do solo. Produção de hortaliças.

INFLUENCE OF DIFFERENT GROUND COVERS ON THE AGRONOMIC PERFORMANCE OF ORGANIC LETTUCE

ABSTRACT: High temperatures can be considered a limiting factor in production, causing losses of up to 60%. In view of the above, the aim of this research was to evaluate the efficiency of using different soil covers on the agronomic performance of organic lettuce. The experiment was carried out in the EDEM space at the Federal University of Goiás, Goiânia, in the Cerrado biome. The experimental design consisted of randomized blocks with three treatments (leftover weeding, mulching and burlap) and a control with no cover, with 4 blocks and 4 repetitions of each treatment, totaling 16 plots and 32 plants per plot. The results indicated that the use of mulch provided significant improvements in stem diameter, number of leaves, and fresh and dry mass of the aerial part of the plants. Covering with weeding residue (brachiaria) and mulching also resulted in greater plant height compared to the soil without covering.

KEY-WORDS: *Lactuca sativa* L. Agroecological soil management. Vegetable production.

INTRODUÇÃO

O cultivo da alface é diversificado e pode ser desenvolvida em canteiros, de forma convencional, orgânica, agroecológica, hidropônica, com vários métodos desenvolvidos para cada uma dessas formas (Silva 2024). Dentre estes métodos está o cultivo orgânico, que devido à sua crescente demanda, necessita de técnicas que aliem a sustentabilidade ao cultivo, como o uso de compostos orgânicos, adubação verde e cobertura viva ou morta do solo (Dos Santos Farias *et al.* 2017).

Os princípios agroecológicos envolvem a utilização da cobertura de solos, pensando na proteção do solo contra a ação direta das chuvas, do sol e dos ventos, para ajudar a manter a sua fertilidade (FAS 2021). Essa prática objetiva manter a umidade e a temperatura do solo, evitando a erosão pelo vento, pela chuva e o excesso de radiação solar (Alfaia *et al.* 2018). O uso de cobertura nos solos favorece a umidade e beneficia a ação de microrganismos, minhocas e organismos importantes para a respiração e a fertilidade do solo (Alfaia *et al.* 2018)

A cobertura do solo pode ser natural, com palha, serragem e podas de capim ou sintética, utilizando *mulching* e polietileno (Dos Santos Farias *et al.* 2017). Essas coberturas favorecem a criação de um microclima propício ao melhor desenvolvimento das plantas,

dado que promove a retenção de umidade e diminui o crescimento das ervas daninhas no local do cultivo, evitando a matocompetição (Khazaei *et al.* 2013). Assim, os agricultores podem aproveitar materiais existentes em suas propriedades, como as podas de capins e restos de folhas para realizar a cobertura dos canteiros, sem precisar de insumos externos.

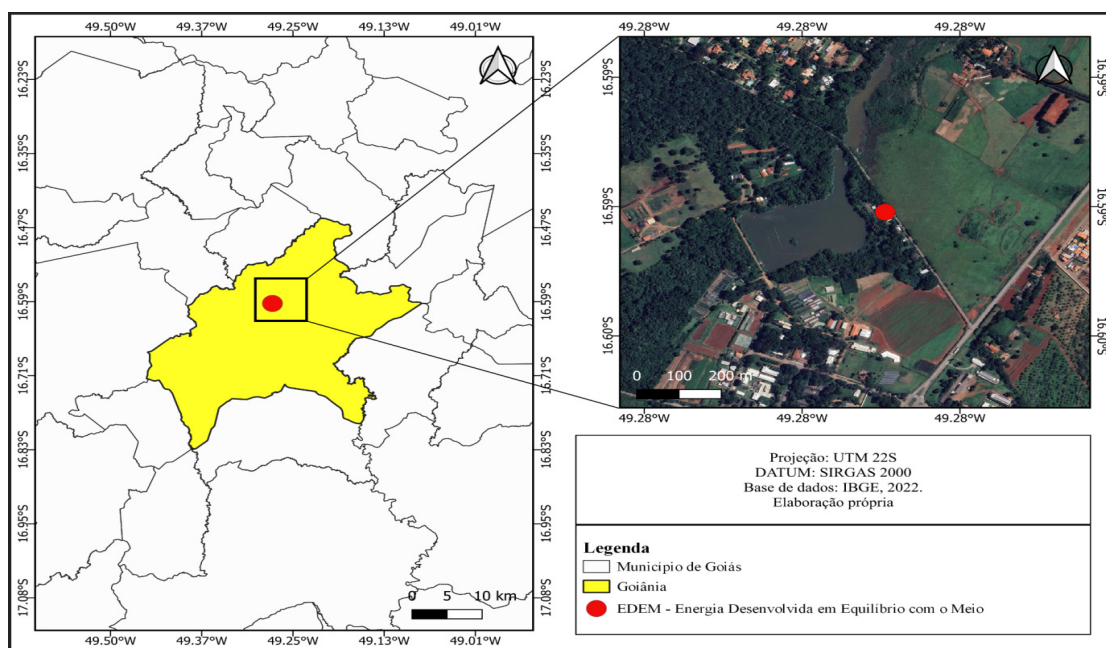
OBJETIVO

Devido à importância de observar a influência de coberturas de solo para melhorar o desenvolvimento de alface, este trabalho teve como objetivo avaliar a eficiência do uso de *mulching*, serapilheira e braquiária como cobertura de solo para o desempenho agrônômico de alface orgânica.

METODOLOGIA

O experimento foi conduzido no espaço EDEM - Energia Desenvolvida em Equilíbrio com o Meio, localizado na Universidade Federal de Goiás - Campus Samambaia, Goiânia, Goiás (Figura 1). A área é certificada pelo Instituto Biodinâmico (IBD), a maior certificadora de produtos orgânicos da América Latina e a única certificadora brasileira de produtos orgânicos com certificação IFOAM (mercado internacional). Os fragmentos de vegetação nativa predominantes em Goiânia são do Bioma Cerrado, com presença de fitofisionomias de Floresta Estacional Semi-Decídua, Decídua e Floresta Estacional (Lopes & Romão 2006).

Figura 1: Mapa de localização do experimento.



Fonte: Dados do IBGE, 2022.

O solo da área é classificado como Cambissolo, caracterizados por serem solos imperfeitamente drenados, rasos a profundos de cor bruno ou bruna-amarelada, de alta a baixa saturação por bases, apresentando teores uniformes de argila (Embrapa 2021). Em áreas mais planas, os Cambissolos possuem maior fertilidade natural, argila de atividade baixa e de maior profundidade, apresentando potencial para o uso agrícola (Embrapa 2021).

O clima da área é classificado, segundo Koppen, como tropical, com chuvas de verão e mês mais frio com temperatura média de 18 °C, com clima tropical quente e úmido, controlado por massas de ar equatoriais e tropicais (Nascimento & Novais 2023). A área do experimento está localizada sob a latitude 16°35'39"S e longitude 49°16'38"W, e corresponde ao total de aproximadamente 43,14 m².

Na área experimental, no dia 19 de abril de 2024, foram coletadas amostras de solo, na profundidade de 0-20 cm, a fim de diagnosticar o estado do solo e realizar as correções necessárias (Tabela 1), utilizando adubação orgânica. Na mesma data, a área também foi preparada, utilizando micro trator motocultivador e, também foi realizada a montagem da irrigação, utilizando microaspersores rotativos tipo bailarina.

Tabela 1: Características químicas do solo nas camadas de 0-20 cm de profundidade da área experimental.

Profund.	pH	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H+Al	P (total)	P (Melich)	Zn	CTC	MO (g/dm ³)
cm	CaCl ₂		cmol _c dm ⁻³					Mg dm ⁻³			
0-20	5,6	0,35	9,3	2,0	0,0	1,9	137,3	56,0	12,3	13,55	46,0

Fonte: Autores.

Após a realização da análise de solo, foi feito o cálculo e identificada a necessidade de corrigir o solo a partir da aplicação de nitrogênio, que foi fornecido pelo esterco bovino coletado na Escola de Veterinária da UFG, na proporção de 50 toneladas por hectare, conforme recomendação da Embrapa Hortaliças (De Souza & De Alcântara 2009), o que corresponde a 160 kgs de esterco, distribuídos a lanço pela área.

O delineamento experimental foi constituído de blocos casualizados com três tratamentos e um controle, sendo estes: sem cobertura (C0 - tratamento controle), resto de capina (C1), *mulching* (C2) e serapilheira (C3), sendo 4 blocos e 4 repetições de cada tratamento, totalizando 16 parcelas e 32 plantas por parcela.

Quanto às coberturas utilizadas, foram utilizados 2 kg de restos de capina de capim brachiaria e 2kg de serapilheira coletados na Escola de Agronomia da UFG, formando uma camada protetora do solo. Para a cobertura de solo com *mulching*, foram utilizados 8 metros para cobrir as parcelas referentes a este tratamento.

No dia 13 de maio de 2024, foi realizado o transplântio das mudas de alface tipo crespa cultivar Mônica no espaçamento de 0,25 x 0,25 metros, totalizando 512 plantas nos canteiros, que estavam preparados de acordo com os tratamentos utilizados. Foi realizada uma capina no dia 05 de junho de 2024, que ocorreu de forma manual, para o controle das ervas daninhas.

A colheita foi realizada 45 dias após o transplântio, sendo colhidas 8 plantas centrais em cada parcela, totalizando 32 amostras por tratamento. A fim de minimizar os efeitos de borda existentes, não foram coletadas plantas dentro desses perímetros das parcelas, considerando a coleta de plantas no centro dos canteiros.

Para avaliação do desempenho agrônômico da alface, foram avaliados os parâmetros agrônômicos: diâmetro do caule em milímetro (DC), por meio de paquímetro digital, altura total da planta (AP), número de folhas comerciais (NF), massa fresca da parte aérea (MFPA), massa seca da parte aérea (MSPA) e Clorofila total (CI total), utilizando-se um clorofilômetro portátil Influência da decomposição do material de cobertura.

Para medir a altura total da planta, foi utilizada uma trena milimetrada, medindo a altura da base da planta até a folha mais alta. O número de folhas foi contabilizado manualmente, no momento da coleta dos parâmetros.

Para estimar a massa fresca, foi utilizada uma balança digital para pesagem das amostras. Após isto, as amostras foram acondicionadas em sacos de papel e submetidas à estufa de circulação de ar forçada, para retirada da umidade, onde permaneceram por 72 horas, na temperatura de 70 °C. Passadas as 72 horas, as amostras foram retiradas da estufa e pesadas em balanças de precisão para estimar a massa seca.

Os parâmetros coletados foram tabulados em planilha de Excel para a realização das médias de cada tratamento. Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias foram comparadas pelo Teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade, utilizando o software Sisvar.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com a análise de variância houve efeito significativo da cobertura do solo para o diâmetro do caule (DC), altura das plantas (AP), número de folhas por planta (NF), massa fresca da parte aérea (MFPA) e massa seca da parte aérea (MSPA) das plantas de alface crespa. No entanto, não houve efeito significativo da cobertura do solo para a clorofila total (CI total).

Tabela 2: Resumo da análise de variância referente ao diâmetro do caule (DC), altura das plantas (Alt), número de folhas por planta (NF), massa fresca da parte aérea (MFPA), massa seca da parte aérea (MSPA) e clorofila total (CI total), da alface crespa cultivada em solos sob diferentes tipos de coberturas, aos 45 dias após o transplântio.

Fontes de variação	GL	Quadrado médio					
		DC	NF	MFPA	MSPA	Alt	CI total
Coberturas do solo (C)	3	7,87*	29,66*	10531,16*	22,36*	24,86*	2,41 ^{ns}
Blocos	3	0,125	0,94	77,01	0,61	3,91	1,99
Resíduo	9	0,801	4,11	297,63	2,19	1,31	2,00
CV (%)	-	7,76	12,25	14,40	23,41	5,96	7,44

ns, * respectivamente não significativo e significativo a $p \leq 0,05$. CV: Coeficiente de variação, GL: Graus de liberdade.

Fonte: Autores.

Com relação ao diâmetro do caule, verifica-se que o maior valor foi obtido nas plantas cultivadas em solo com a cobertura de *mulching* (Figura 2A). Já o menor valor foi observado em plantas cultivadas em solos sem cobertura. As plantas cultivadas em solo com a cobertura de *mulching* aumentaram em 24,07% (3,26 mm) o DC em comparação com aquelas cultivadas em solo sem cobertura.

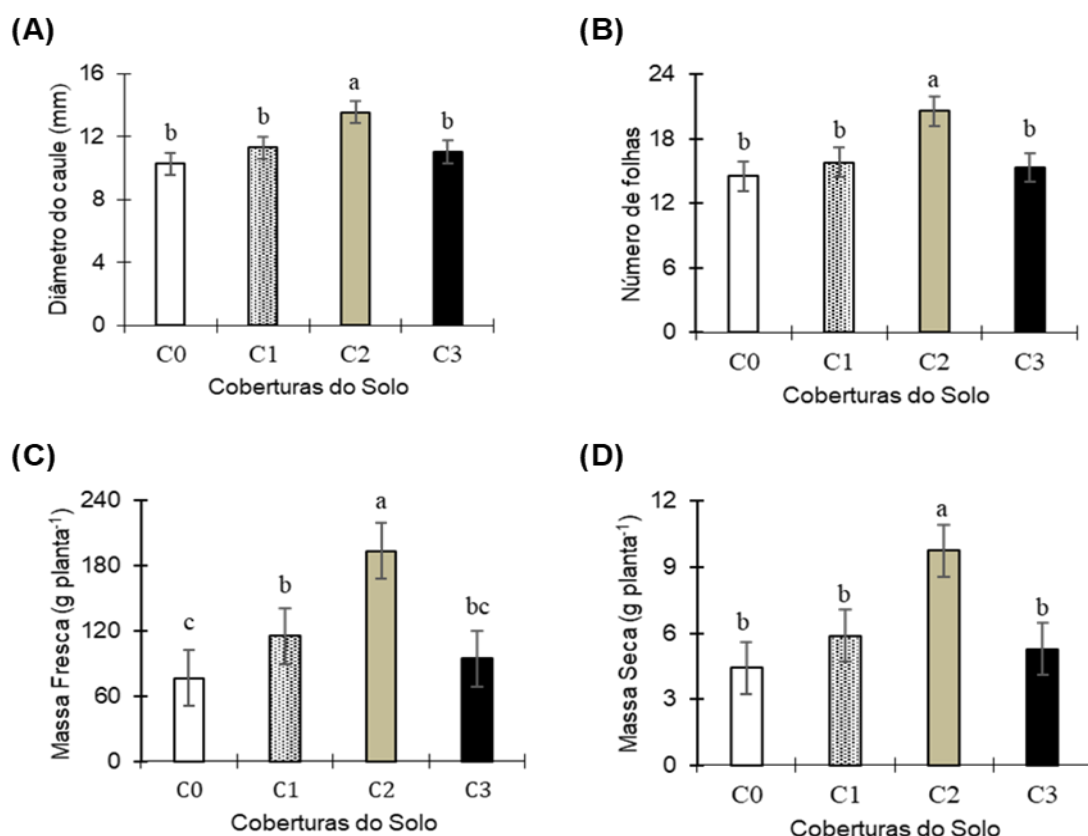
Os resultados da presente pesquisa diferiram dos resultados encontrados por De Almeida et al. (2022), onde as alfaces plantadas utilizando a palha como cobertura do solo tiveram valores superiores de diâmetro do caule, enquanto o *mulching* e sem cobertura foram semelhantes.

O maior número de folhas por planta foi observado nas alfaces crespas cultivadas em solo coberto com *mulching* (C2), com a média total de 20,56 folhas. Por outro lado, o menor número de folhas foi registrado nas alfaces crespas cultivadas em solo sem cobertura (C0), com 14,53 folhas (Figura 2B).

Os autores De Almeida et al. (2022), também compararam o número de folhas por planta, e as coberturas não diferiram estatisticamente durante as avaliações, demonstrando que não houve influência das coberturas do solo com palha, *mulching* e sem cobertura no número de folhas das alfaces. A altura das plantas, assim como o diâmetro, está relacionada ao porte das plantas que fornecem informações importantes para o transporte das plantas, que acontece via caixas plásticas ou caixas de madeira (Sala & Costa 2012).

A cobertura de *mulching* também influenciou de forma significativa a massa fresca e seca da parte aérea das plantas de alface crespa. O acréscimo na massa fresca e seca da parte aérea das plantas cultivadas em solo com cobertura de *mulching* comparado com as plantas cultivadas em solo sem cobertura foi de 60,34% e 54,82% (116,47 e 5,15 g planta⁻¹), respectivamente (Figura 2C e 2D).

Figura 2: Diâmetro do caule (A), Número de folhas (B), Massa fresca (C) e Massa seca (D) da parte aérea da alface crespa cultivada em solo sob diferentes tipos de cobertura, aos 45 dias após o transplantio.



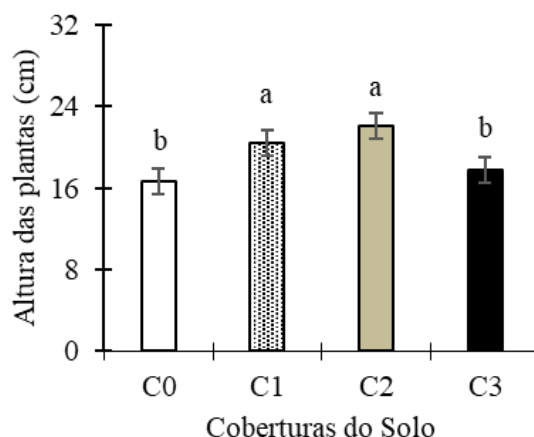
*Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

Fonte: Autores.

As plantas cultivadas em solo coberto com *mulching*, apresentaram um desempenho significativamente superior, pois a face branca reflete a luz solar, reduzindo o aquecimento, enquanto a face preta oferece proteção e mantém a temperatura do solo estável (Gastl Filho *et al.* 2021).

Para a altura das plantas, a cobertura de resto de capina (C1) e a cobertura de *mulching* (C2) proporcionaram as maiores alturas de planta, 20,41 cm e 22,11 cm, respectivamente. Contudo, as plantas cultivadas em solo sem cobertura (C0) obtiveram as menores alturas (16,59 cm) (Figura 3). Por outro lado, Gastl Filho *et al.* (2021) constataram que, ao utilizar as mesmas coberturas, apenas o *mulching* de dupla face (preta e branca) favoreceu a altura das plantas de alface, alcançando 20,37 cm, enquanto as demais coberturas não apresentaram diferenças significativas entre si (Figura 3).

Figura 3: Altura da alface crespa cultivada em solo sob diferentes tipos de cobertura, aos 45 dias após o transplântio.



*Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

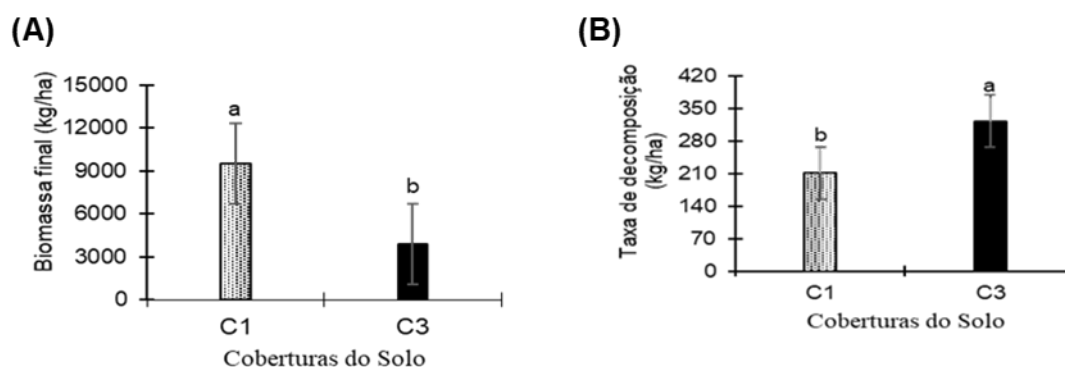
Fonte: Autores.

Os valores da pesquisa demonstraram os melhores resultados em todos os parâmetros agrônômicos em plantas cultivadas sob a utilização do *mulching*. Esse fato pode ser atribuído à temperatura do mês de maio em Goiânia, época mais fria do ano, que coincidiu com o transplântio e cultivo das plantas. Os autores Meneses et al. (2016), demonstraram que a utilização do *mulching* pode ser benéfica em épocas mais frias, por aquecer o solo, favorecendo a relação solo-planta, o desenvolvimento radicular e a absorção de nutrientes.

A biomassa final variou significativamente entre as coberturas, com a cobertura C1 apresentando a maior biomassa, de 9483,6 kg/ha, e a cobertura C3 registrando a menor biomassa, de 3883,5 kg/ha (Figura 4A). Quanto à taxa de decomposição, a cobertura com serapilheira (C3) teve a maior taxa, de 322,33 kg/ha, enquanto a cobertura com braquiária (C1) apresentou uma taxa de 210,33 kg/ha (Figura 4B).

Os autores Bernardes *et al.* (2010), compararam a biomassa do capim braquiária com o capim mombaça, como cobertura de solo no bioma Cerrado. Os resultados demonstraram que o capim braquiária apresentou produtividade de biomassa suficiente para a boa cobertura do solo, sendo as taxas de decomposição inferiores a 50%.

Figura 4: Biomassa final (A) e Taxa de decomposição (B) da cobertura C1 e C3, aos 50 dias após o transplântio.



Fonte: Autores.

A taxa de decomposição menor do tratamento com capim braquiária, quando comparada ao tratamento com serrapilheira, pode ser explicada pelo fato do tamanho dos materiais utilizados e pelo estado de decomposição em que a serrapilheira já estava quando foi coletada, fato que acelerou a taxa de decomposição dessa cobertura. Essa característica explica também a biomassa final dos materiais, sendo que o tratamento com o capim braquiária apresentou maior volume de biomassa final, comparado à serrapilheira.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base nos resultados obtidos, conclui-se que a utilização de *mulching* e cobertura com restos de capina (capim braquiária) no cultivo de alface crespa proporcionam benefícios significativos para o desenvolvimento das plantas.

O uso de *mulching* resultou no maior diâmetro do caule, maior número de folhas, e maior massa fresca e seca da parte aérea das plantas. Além disso, tanto o *mulching* quanto a cobertura com capim braquiária promoveram um crescimento em altura superior ao observado no cultivo em solo sem cobertura.

Esses resultados indicam que a prática de utilizar *mulching* como cobertura do solo pode ser uma estratégia eficaz para melhorar o crescimento e a produtividade das plantas de alface crespa para as condições de Goiânia-GO.

REFERÊNCIAS

- ALFAIA, S. S., AYRES, M. I. D. C., ALVAREZ PUENTE, R. J., FERNANDES NETO, J. G., & UGUEN, K. **Princípios agroecológicos para o manejo ecológico do solo e a saúde das áreas produtivas: cartilha para produtores rurais**. Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, 2018.
- BARBOSA, S. de C.; MATTEUCCI, M.B. de A.; LEANDRO, W.M.; LEITE, A.F.; CAVALCANTE, E.L.S.; ALMEIDA, G.Q.E. de. **Perfil do consumidor e oscilações de preços de produtos**

agroecológicos. Pesquisa Agropecuária Tropical, v.41, p.602-609, 2011.

BERNARDES, T. G., DA SILVEIRA, P. M., MESQUITA, M. A. M., DE AGUIAR, R. A., & MESQUITA, G. M. **Decomposição da biomassa e liberação de nutrientes dos capins braquiária e mombaça, em condições de cerrado.** Pesquisa Agropecuária Tropical, v. 40, n. 3, p. 370-377, 2010.

DE ALMEIDA, K. B., DE ALMEIDA NETO, M. A., DOS SANTOS ALMEIDA, A. C., NETO, A. F., DE OLIVEIRA, F. J. V., ARAGÃO, C. A. **Desempenho agrônomo de cultivares de alface roxa cultivadas sob diferentes tipos de coberturas de solo.** Research, Society and Development, 11(8), e25411830874-e2541183087, 2022.

DOS SANTOS FARIAS, D. B., LUCAS, A. A. T., MOREIRA, M. A., DE ANDRADE NASCIMENTO, L. F., & DE SÁ FILHO, J. C. F. **Cobertura do solo e adubação orgânica na produção de alface.** Revista de Ciências Agrárias Amazonian Journal of Agricultural and Environmental Sciences, v. 60, n. 2, p. 173-176, 2017.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 2021. Disponível em: <https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/tematicas/solos-tropicais/sibcs/chave-do-sibcs/cambissolos> . Acesso em 01 de julho de 2024.

FERRAZZA, S. R.; AGUIARA, E. B.; BONOIA, J. A. M.; MATIASA, R.; OLIVEIRA, A. S.; CORREA, B.; SAUERB, A. V. **Cultivo de Alface Americana com o Uso de Biofertilizantes Sobre Coberturas Vegetais.** Ensaios e Ciências, v.28, n.1, 2024, p.138-143.

GASTL FILHO, Josef et al. **Desempenho agrônomo de alface orgânica em função da cobertura do solo.** Revista Agroecossistemas, v. 12, n. 2, p. 51-68, 2021.

Fundação Amazônia Sustentável. *Sistemas agroecológicos* [livro eletrônico]. Disponível em: <https://fas-amazonia.org/novosite/wp-content/uploads/2021/12/cartilha-sistemas-agroecologicos-2-1.pdf> . Acesso em 16 de jul 2024.

KHAZAEI, I., SALEHI, R., KASHI, A., & MIRJALILI, S. M. **Improvement of lettuce growth and yield with spacing, mulching and organic fertilizer.** International Journal of Agriculture and Crop Sciences, v. 6, p. 1137-1143, 2013.

MENESES, N. B., MOREIRA, M. A., Souza, I. M., BIANCHINI, F. G. **Crescimento e produtividade de alface sob diferentes tipos de cobertura do solo.** Rev. Agroambiente, 10 (2), 123-129, 2016.

NASCIMENTO, D. T. F.; NOVAIS, G. T. **Aplicação do sistema de classificação climática de Novais para Goiânia-GO.** Geo UERJ, nº 42, 2023.

SALA, F. C., & COSTA, C. P. **Retrospectiva e tendência da alfacicultura brasileira.** Horticultura Brasileira, 30(2), 187-194, 2012.

SILVA, N. M. L. **Nutrição e produção de alface americana hidropônica inoculada com *Bacillus subtilis*.** Trabalho de conclusão de curso apresentado à Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira – Universidade Estadual Paulista (UNESP), 2024.

SILVA, E.M.N.C.P. da; FERREIRA, R.L.F.; ARAÚJO NETO, S.E. de; TAVELLA, L.B.; SOLINO, A.J.S. **Qualidade de alface crespa cultivada em sistema orgânico, convencional e hidropônico.** Horticultura Brasileira, v.29, p.242-245, 2011.

ÁREA TEMÁTICA: AGROINDÚSTRIA

FORMULAÇÃO DE HAMBÚRGUER HÍBRIDO COM FARINHA DA CASCA DE BARU: ALTERNATIVA TECNOLÓGICA PARA O APROVEITAMENTO SUSTENTÁVEL DO CERRADO

Lariane Ribeiro da Silva¹;

Universidade Federal de Goiás (UFG), Goiânia-GO.

<https://lattes.cnpq.br/4675042357177727>

Eliane Teixeira Mársico²;

Universidade Federal de Goiás (UFG), Goiânia-GO.

<http://lattes.cnpq.br/3971598714445106>

Tatianne Ferreira De Oliveira³;

Universidade Federal de Goiás (UFG), Goiânia-GO.

<http://lattes.cnpq.br/2017895913160804>

Larissa Ribeiro da Silva⁴;

Universidade Federal de Goiás (UFG), Goiânia-GO.

<https://lattes.cnpq.br/0992593142192082>

Tânia Aparecida Pinto de Castro Ferreira⁵.

Universidade Federal de Goiás (UFG), Goiânia -GO.

<http://lattes.cnpq.br/0312123979235562>

RESUMO: A utilização de subprodutos agroindustriais, como o epicarpo do baru (*Dipteryx alata* Vog.), ricos em fibras, compostos fenólicos e micronutrientes, constitui estratégia promissora para reduzir o desperdício de alimentos de forma sustentável. O objetivo deste trabalho é embasar o desenvolvimento de formulações de proteínas cárneas híbridas enriquecidas com ingredientes vegetais proteicos, por meio de levantamento bibliográfico sobre propriedades tecnológicas e aplicações alimentícias desses subprodutos. A pesquisa bibliográfica foi realizada nas bases ScienceDirect e SciELO nos últimos sete anos, utilizando operadores booleanos (“and”) e palavras-chave como meat, carne, epicarpo do baru, subprodutos do baru. O epicarpo apresentou alto índice de absorção de água e óleo, características relevantes para produtos de padaria e substitutos proteicos vegetais. Propõe-se a formulação de hambúrgueres híbridos com carne bovina, farinha de epicarpo de baru e farinha de soja torrada e desengordurada, visando melhorias nutricionais, sensoriais e tecnológicas. Os teores vegetais podem variar conforme delineamento fatorial composto

rotacional, com três variáveis e três pontos centrais. Serão avaliadas características físico-químicas, relação umidade/proteína, teor de proteína, qualidade tecnológica, tempo de cocção, cor, textura, microbiologia e aceitabilidade sensorial. Promove produtos saudáveis e sustentáveis, ricos em fibras, com menor gordura e valor agregado alinhados às ODS 2030.

PALAVRAS-CHAVE: Carne Híbrida. Resíduos. Economia Circular.

HYBRID BURGER FORMULATION WITH BARU SHELL FLOUR: A TECHNOLOGICAL ALTERNATIVE FOR THE SUSTAINABLE DEVELOPMENT OF THE CERRADO

ABSTRACT: The use of agroindustrial byproducts, such as baru epicarp (*Dipteryx alata* Vog.), rich in fiber, phenolic compounds, and micronutrients, constitutes a promising strategy for sustainably reducing food waste. This study aimed to support the development of hybrid meat protein formulations enriched with plant-based protein ingredients through a literature review of the technological properties and food applications of these byproducts. The literature search was conducted in ScienceDirect and SciELO over the past seven years, using Boolean operators (“and”) and keywords such as meat, carne, baru epicarp, baru byproducts, and sustainability. The epicarp exhibited high water and oil absorption rates, characteristics relevant for bakery products and plant-based protein substitutes. The proposal is to formulate hybrid burgers with beef, baru epicarp flour, and roasted and defatted soybean flour, aiming for nutritional, sensory, and technological improvements. Vegetable content may vary according to a rotational composite factorial design with three variables and three central points. Physicochemical characteristics, moisture/protein ratio, protein content, technological quality, cooking time, color, texture, microbiology, and sensory acceptability will be evaluated. This promotes healthy and sustainable products, rich in fiber, with lower fat and added value, aligned with the 2030 SDGs.

KEY-WORDS: Hybrid Meat.Waste.Circular Economy.

INTRODUÇÃO

Ter uma alimentação saudável e sustentável é um dos grandes desafios da nossa geração. O aproveitamento de subprodutos alimentares desponta como uma estratégia inovadora para a indústria de alimentos, contribuindo significativamente para a redução do desperdício e para a promoção da sustentabilidade, por meio do reaproveitamento de matérias-primas subutilizadas. Avanços tecnológicos na formulação de novos produtos têm buscado alternativas para minimizar perdas ao longo da cadeia produtiva, resultando no desenvolvimento de alimentos com elevado valor nutricional, funcional e sensorial. Essas soluções representam uma resposta promissora às exigências de uma alimentação mais sustentável (Kraithong *et al.*, 2021).

Segundo Ismail et al. (2020), o termo *carne híbrida* refere-se à substituição parcial da carne por ingredientes de origem não animal, resultando em produtos que combinam componentes cárneos e vegetais. Esses alimentos são também comumente denominados como substitutos de carne, carne vegetal, alternativas à carne, carnes análogas ou mimetizadores de carne. Além da replicação de cortes inteiros, é possível desenvolver versões alternativas de produtos processados e embutidos, como salsichas, salames, nuggets, almôndegas, hambúrgueres e carne moída, buscando reproduzir suas propriedades sensoriais, funcionais e nutricionais. Nesse contexto, a utilização de proteínas mistas em formulações cárneas tem sido amplamente investigada como uma estratégia viável para reduzir o teor de carne animal, promovendo ganhos em sustentabilidade ambiental e perfil nutricional (Feddern et al., 2024).

Assim, cerca de 35% dos consumidores brasileiros demonstram entusiasmo em relação às *meat extensions*, ou seja, à incorporação de ingredientes não cárneos com o objetivo de melhorar a qualidade de produtos de origem animal. A utilização de proteínas mistas, combinando fontes animais e vegetais, configura-se como uma estratégia eficaz para promover a sustentabilidade nos sistemas alimentares contemporâneos. Essa abordagem pode contribuir para a redução da pegada ambiental associada à produção de alimentos, considerando que a pecuária intensiva é responsável por uma parcela significativa das emissões de gases de efeito estufa, do consumo de água e da degradação de ecossistemas naturais (ADM, 2025).

Por outro lado, a adição de ingredientes vegetais ricos em proteínas e fibras como leguminosas, sementes e subprodutos agroindustriais locais permite o desenvolvimento de alimentos nutricionalmente mais equilibrados, com menor impacto ambiental e melhor aproveitamento de resíduos. Além disso, o uso de proteínas mistas favorece a diversificação das dietas, incentiva cadeias produtivas regionais e fortalece práticas associadas à economia circular (FAO, 2019; Willett et al., 2019).

Dentre os subprodutos que podem ser aproveitados estão os subprodutos oriundos do baru. Os subprodutos pouco utilizados do baru compreendem a casca (epicarpo) polpa (mesocarpo) endocarpo, que representa cerca de 95% do fruto, respectivamente (Martins et al., 2017).

O baru (*Dipteryx alata* Vog.) pertence à família da Fabaceae, subfamília Papilionoideae, encontra-se na região do Cerrado especialmente nas regiões Norte, Nordeste, Centro-oeste e Sudeste do Brasil. A castanha do baru durante o processamento gera anualmente 2.200 toneladas de subprodutos, dentre os quais englobam a torta parcialmente desengordurada e a casca do baru (Egea et al., 2023). O aproveitamento dos subprodutos do baru ainda é pouco explorado na literatura científica. No entanto, componentes como o epicarpo (casca), o mesocarpo (polpa) e o endocarpo têm despertado crescente interesse (Rambo et al., 2021).

A casca e a polpa do baru apresentam compostos bioativos como compostos antioxidantes, tais como compostos fenólicos (14525 e 12532 mg EAG g 100 g, além de fibras (59,67%), macronutrientes e micronutrientes (Marcelino et al., 2018; Silva et al 2021). A composição nutricional da casca (epicarpo) do baru, com base em diferentes estudos, apresenta os seguintes valores por 100 g de amostra: umidade de 16,3 g (Egea; Takeuchi, 2020), valor energético de 240 kcal (Santiago et al., 2018), carboidratos totais de 51,5 g e fibras dietéticas de 24,1 g (Campidelli et al., 2019). Além disso, o teor de proteínas é de 2,5 g (Santiago et al., 2018) de lipídios é de 2,7 g (Egea; Takeuchi, 2020) e a cinza é de 2,9 g (Campidelli et al.2020). No estudo realizado por Sousa et al. (2024), foram avaliados parâmetros tecnológicos das diferentes frações do fruto de baru, com destaque para o epicarpo (casca). Os resultados indicaram que essa fração apresentou capacidade de absorção de água (CAA) de 2,47 g/g, solubilidade em água (SUA) de 47,27 g/100 g, capacidade de absorção de óleo (CAO) de 3,18 g/g, atividade emulsificante (AE) de 65,73%, e capacidade de formação de espuma (CFE) de 4,06%.

Além disso, o estudo realizado por Silva et al. (2019) apresentou valores de retenção de água entre 9,6 e 10,7 g por 100 g de farinha da casca e mesocarpo do baru, variando de acordo com a técnica de secagem utilizada. A estrutura fibrosa e composição do epicarpo é rica em fibras insolúveis, o que favorece a absorção/retenção de água. Esses resultados indicam o potencial da farinha para contribuir com a textura e consistência de produtos alimentícios, favorecendo o desenvolvimento de formulações com melhor qualidade tecnológica.

OBJETIVO

Diante desse contexto, o objetivo deste trabalho foi reunir dados da literatura científica sobre o desenvolvimento de formulações de hambúrgueres híbridos. Esses produtos são elaborados com proteínas mistas de origem animal e vegetal por meio da substituição parcial da carne bovina por ingredientes como proteína de soja e farinha da casca de baru. Esta revisão destaca estudos que avaliam as características sensoriais, físico-químicas e tecnológicas desses hambúrgueres, incluindo parâmetros como retenção de umidade, textura, cor e redução do tempo de cocção. Tais formulações resultam em produtos com perfil nutricional aprimorado, apresentando menor teor de gordura saturada e maior conteúdo de fibras alimentares, em consonância com os princípios da Agenda 2030 da ONU. Os objetivos alcançados por esta revisão são particularmente relevantes no que tange ao estímulo à inovação sustentável (ODS 9), à promoção de padrões responsáveis de produção e consumo (ODS 12) e à mitigação dos impactos ambientais (ODS 13).

Essa revisão representa uma estratégia promissora para agregar valor nutricional e funcional aos produtos cárneos, ao mesmo tempo em que contribui para a redução do desperdício de alimentos e o fortalecimento de cadeias produtivas mais sustentáveis.

O artigo técnico é um tipo de produção acadêmico-científica que tem por objetivo apresentar, de forma clara, objetiva e fundamentada, a descrição, análise e solução de problemas práticos, tecnológicos ou operacionais, com base no conhecimento científico existente. Diferentemente de um artigo científico tradicional, que foca na produção de novos conhecimentos teóricos, o artigo técnico prioriza a aplicação do conhecimento científico à prática profissional e tecnológica (Santos et al., 2018).

DESENVOLVIMENTO

Para a obtenção da matéria-prima (casca do baru), os frutos de *Dipteryx alata* Vog. Serão inicialmente lavados em água corrente e submetidos à sanitização em solução de hipoclorito de sódio a 200 ppm. Após esse processo, os frutos serão despulpados utilizando-se uma guilhotina especialmente desenvolvida para esse fim. A separação manual das partes do fruto será realizada com o auxílio de facas de aço inoxidável, visando a obtenção do epicarpo (casca). A casca será então fragmentada em pequenas porções, submetida à secagem em estufa com circulação de ar a 55 °C e, posteriormente, triturada em liquidificador industrial. A farinha será obtida por meio de peneiramento, conforme metodologia adaptada de Wendeler (2018). A farinha de soja é obtida a partir de grãos de soja, que são submetidos a um processo que inclui a remoção do óleo, o que é denominado desengorduramento. Esse processo pode ser realizado por métodos mecânicos, como a prensa, ou por extração com solventes orgânicos, como o hexano. Após a remoção do óleo, os grãos são torrados para inativar enzimas antinutricionais, tais como as lipoxigenases, e então moídos para obtenção da farinha. Tal produto pode ser inserido em diversas aplicações alimentícias, enriquecendo-as com proteínas de fonte vegetal (Rigo et al., 2015), conforme a figura 2.

Figura 2- Processamento das farinhas do epicarpo do baru (casca) e da soja.



Fonte: Elaboração própria, 2025.

As formulações dos hambúrgueres serão realizadas com base em uma adaptação da metodologia proposta por Barros et al. (2012), que desenvolveram hambúrgueres de carne moída enriquecidos com fibra de polpa de caju.

Serão elaboradas quatro formulações de hambúrguer com um padrão FC (100 % de carne moída), F1 (66,5 % de carne moída +20% da farinha da casca do baru +8% da farinha da soja), F2 (55,5 % de carne bovina +30 % da farinha da casca de baru + 9 % da farinha da soja, F3 (39,5 % de carne moída +45% da farinha da casca do baru + 10 % da farinha da soja), conforme mostra a tabela 1. Serão adicionadas quantidades iguais de temperos (tomate, cebola, alho, pimentão, sal, pimenta e corante) às quatro formulações, com o objetivo de padronizar o sabor e o aroma dos produtos. As formulações serão submetidas à análise da composição química (umidade, proteínas, lipídeos, cinzas e carboidratos), avaliação sensorial e análise instrumental de textura, análise microbiológicas, diminuição de tempo de cozimento conforme os procedimentos descritos por Chandler et al. 2022; Jorge et al., 2022.

Tabela 1- Formulações dos hambúrgueres enriquecidos com diferentes porcentagem da farinha do epicarpo do baru.

Matérias-Primas	Formulação 1 FC (100 %)	Formulação 2 F1 (20 %)	Formulação 3 F2 (30 %)	Formulação 4 F3 (45 %)
Carne Moída	86,5	66,5	55,5	39,5
Farinha da casca de baru	-	20	30	45
Ovo	5	5	5	5
Farinha da soja	8	8	9	10
Sal	0,5	0,5	0,5	0,5

Fonte: Adaptada de Barros (2012).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Espera-se que o produto desenvolvido apresenta sabor e textura satisfatórios, viabilizando a introdução de um novo alimento no mercado. A proposta contribuirá para a valorização da biodiversidade do Cerrado e para o aproveitamento de seus recursos, com potencial para a geração de renda. Embora este estudo tenha caráter inicial, recomenda-se a realização de pesquisas futuras que aprofundem e validem os resultados obtidos, ampliando sua aplicação em escala industrial.

REFERÊNCIA

ADM. *Alternative Protein Landscape Report*. Chicago: Archer Daniels Midland Company, jul. 2025. Disponível em: <https://www.adm.com/>. Acesso Em :19 ago.2025.

BARROS, Nara Vanessa dos Anjos; COSTA, Natália Quaresma; PORTO, Rayssa Gabriela Lima; MORGANO, Marcelo Antônio; ARAÚJO, Marcos Antônio da Mota; MOREIRA-ARAÚJO, Regilda Saraiva dos Reis. Elaboração de hambúrguer enriquecido com fibras de caju (*Anacardium occidentale* L.). **Boletim do Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos - B.CEPPA**, Curitiba, v. 30, n. 2, p. 315–325, jul./dez. 2012. Disponível em : DOI: 10.33448/rsd-v9i8.5958.

Campidelli, M.;Carneiro, J. de D.; Souza, E. C.; Magalhães, M., Konig.;Braga, M.; Vilas Boas, E. V. B. Impact of the drying process on the quality and physicochemical and mineral composition of baru almonds (*Dipteryx alata* Vog.) Impact of the Drying Process on Baru Almonds. **Journal of Culinary Science & Technology**, v. 18, n. 3, p. 231-243, 2020. Disponível em: DOI: 10.1080/15428052.2019.1586956.

EGEA, M. B.; DE OLIVEIRA FILHO, J. G.; CAMPOS, S. B.; LEMES, A. C. The potential of baru (*Dipteryx alata* Vog.) and its fractions for the alternative protein market. **Frontiers in Sustainable Food Systems**, v. 7, p.1148291, 2023. DOI: 10.3389/fsufs.2023.1148291.

EGEA, Mariana Buranelo; TAKEUCHI, Katiuchia Pereira. Bioactive compounds in baru almond (*Dipteryx alata* Vogel): nutritional composition and health effects. p. 289-302, 2020. In: MURTHY, Hosakatte Niranjana; BAPAT, Vishwas Anant; Eds. **Bioactive compounds in underutilized fruits and nuts**. Reference Series in Phytochemistry. cidade: Springer Cham. 2020. 271 p.

FAO. Sustainable healthy diets: Guiding principles. Rome: **Food and Agriculture Organization of the United Nations**, 2019. 44 p. Disponível em: <https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/329409/9789241516648-eng.pdf?sequence=1>. Acesso em: 7 jun. 2025.

Feddern, V., Langone, M. G. S., Fortunato, G. S., Bonan, C. I. D. G., Ienczak, J. L., & Feltes, M. M. C. (2024). Plant-based protein sources applied as ingredients in meat analogues sustainable production. **Brazilian Journal of Food Technology**, 27, e2024001. <https://doi.org/10.1590/1981-6723.000124>.

ISMAIL, I; HWANG, Y.H.; Joo S.T.Meat analog as future food: a review. **Journal of Animal Science and Technology**, v. 62, n. 2, p. 111, 2020. Doi: 10.5187/jast.2020.62.2.111.

JORGE, J. K. S.; SCHMIELE, V.; GONÇALVES, K. V.; CARDOSO, B. N. A.; ANDRADE, G. P. Characterization of chicken burger prepared with pequi flour. **Research, Society and Development**, Vargem Grande Paulista, v. 11, n. 3, p. e55711326778, 2022. DOI: 10.33448/rsd-v11i3.26778. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/26778>. Acesso em: 26 maio 2025.

KRAITHONG, S.; ISSARA, U.A Strategic review on plant by-product from banana harvest-

ing: A potentially bio-based ingredient for approaching novel food and agro-industry sustainability. **Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences**, v. 20, n.8, p. 530-543, 2021. DOI: 10.1016/j.jssas.2021.06.004

MARCELINO, G., COLETA, I.T., CANDIDO, C.J., SANTOS, E.F.. Caracterização e análise sensorial de cupcakes elaborados com diferentes concentrações de farinha de polpa e polpa de baru (*Dipteryx alata* Vog.). **Revista Multitemas**, v.23, n.54, p.265-28, 2018. DOI: [10.20435/multi.v23i54.1753](https://doi.org/10.20435/multi.v23i54.1753)

MARTINS, B. D. A.; FERRAZ, A. D. O.; SCHMIDT, F. L. Physical characteristics of baru tree fruit aimed at kernel extraction. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v.38, n.4, p.1865-1873, 2017. DOI: 10.5433/1679-0359.2017v38n4p1865.

MARIA, Z. A. J. Aproveitamento dos subprodutos do baru (*Dipteryx alata vog.*): aplicação em novos produtos e processos. 2024. 106 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Faculdade de Agronomia, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2024.

RAMBO, M. K.; NEMET, Y. K.; JÚNIOR, C. C.; PEDROZA, M. M.; RAMBO, M. C. Comparative study of the products from the pyrolysis of raw and hydrolyzed baru wastes. **Biomass Conversion and Biorefinery**, v.11, p. 1943-1953, 2021. DOI: [10.1007/s13399-019-00585-0](https://doi.org/10.1007/s13399-019-00585-0)

RIGO, Aline Andressa. *Obtenção e caracterização de farinhas de soja das cultivares BRS 267, BRS 257 e Vmax*. 2015. 94 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) – Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, Erechim, 2015.

SANTOS, Luiz Carlos dos. A elaboração de artigo técnico-científico: possível aplicação nas áreas das Ciências Contábeis, da Administração e do Direito. [S. I.], 2018. Disponível em: <https://www.lcsantos.pro.br/a-elaboracao-de-artigo-tecnico-cientifico-possivel-aplicacao-nas-areas-das-ciencias-contabeis-da-administracao-e-do-direito/>. Acesso em: 19 ago. 2025

SANTIAGO, Gabriela.; Oliveira, G.I.; HORST, M.A.; NAVES, M.M.V. Peel and pulp of baru (*Dipteryx alata* Vog.) provide high fiber, phenolic content and antioxidant capacity. **Food Science and Technology**, v. 38, n.2, p. 244-249, 2018. DOI: 10.1590/1678-457X.36416.

SOUSA, Tainara, L.S.; FILHO.O.G.J.; CABASSA, C.C.I.; LEMES, C.A.; EGEA.M.B. Unraveling the potential of Baru (*Dipteryx alata* Vog.) fruit fractions as a sustainable food ingredient: *chemical and technological characteristics and prebiotic potential*. **Sustainability**, [S.I.], v. 16, n. 24, p. 1–18, 2024. DOI: <https://doi.org/10.3390/su162410976>.

SILVA, D. V.; OLIVEIRA, D. E. C.; RESENDE, O.; SILVA, M. A. P.; BARCELOS, K. R. Nutritional quality of the epicarp and mesocarp flours of baru fruits submitted to drying. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 23, n. 1, p. 65–70, 2019. DOI: 10.1590/1807-1929/agriambi. v23, n1. P 65-70.

WENDLER, T., LIMA,L. de F., SILVA,V. da C., CANDIDO, C.J. Aproveitamento da casca de

batata doce na produção de panetone: Caracterização físico-química e aceitabilidade sensorial entre crianças. **Conexão Ciência (Online)**, v. 13, n. 2, p. 21–28, 29 jun. 2018. DOI: [10.24862/ccco.v13i2.707](https://doi.org/10.24862/ccco.v13i2.707).

WILLETT, W.; ROCKSTROM, J.; LOKEN, B.; SPRINGMANN, M. LANG, T.; VERMEULEN, S.;- GARNETT, T.; TILMAN, D.; DECLERCK, F.; WOOD, A.; JONELL, M.; CLARK, M.; GORDON, L. J.; FANZO, J.; HAWKES, C.; ZURAYK, R. RIVERA, J. A.; VRIES, W.; SIBANDA, M. L.; AFSHIN, A.;- MURRAY, C. J. L. Food in the Anthropocene: the EAT–Lancet Commission on healthy diets from sustainable food systems. **The Lancet, London**, v. 393, n. 10170, p. 447–492, 2019. Disponível em: DOI: [10.1016/S0140-6736\(18\)31788-4](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(18)31788-4).

FORMULAÇÃO DE SALSICHA TIPO FRANKFURT HÍBRIDA COM FARINHAS DE MESOCARPO E AMÊNDOA DE BARU: INOVAÇÃO FUNCIONAL E NUTRICIONAL

Larissa Ribeiro da Silva¹;

Universidade Federal de Goiás (UFG), Goiânia-GO.

<https://lattes.cnpq.br/0992593142192082>.

Eliane Teixeira Mársico²;

Universidade Federal de Goiás (UFG), Goiânia-GO.

<http://lattes.cnpq.br/3971598714445106>

Tatianne Ferreira de Oliveira³;

Universidade Federal de Goiás (UFG), Goiânia-GO.

<http://lattes.cnpq.br/2017895913160804>

Lariane Ribeiro da Silva⁴;

Universidade Federal de Goiás (UFG), Goiânia-GO.

<https://lattes.cnpq.br/4675042357177727>

Tânia Aparecida Pinto de Castro Ferreira⁵.

Universidade Federal de Goiás (UFG), Goiânia-GO.

<http://lattes.cnpq.br/0312123979235562>

RESUMO: Atualmente, há crescente preocupação com hábitos alimentares mais saudáveis e sustentáveis, incluindo redução do consumo de carne e busca por alternativas. Produtos cárneos híbridos, que combinam carne e ingredientes vegetais, surgem como opção capaz de unir benefícios nutricionais, tecnológicos e ambientais. O estudo teve como objetivo reunir informações sobre composição físico-química, valor nutricional e propriedades tecnológicas do baru, identificar antioxidantes naturais na redução da oxidação lipídica em produtos cárneos, apresentar legislações que regulamentam a substituição parcial de proteína animal por vegetal e propor formulações de salsichas híbridas. Foi realizado levantamento bibliográfico nas bases SciELO, ScienceDirect e Google Scholar, e em documentos da ANVISA e MAPA, com os descritores: carne híbrida, Dipteryx alata, subprodutos do baru. As amêndoas de baru destacam-se pelo alto teor proteico, lipídico e atividade emulsificante, enquanto o mesocarpo apresenta carboidratos, fibras e compostos fenólicos, com boa solubilidade e retenção de água, características desejáveis em embutidos. Propõem-se salsichas tipo Frankfurt híbridas com substituição parcial da carne bovina por farinhas de

amêndoa e mesocarpo de baru, avaliadas quanto a características físico-químicas, textura, oxidação lipídica, microbiologia e sensorial, promovendo maior valor nutricional, fibras e perfil lipídico, valorizando ingredientes regionais do Cerrado e alinhando-se aos ODS.

PALAVRAS-CHAVE: Produtos Carneos Híbridos. Subprodutos do baru. Sustentabilidade.

HYBRID FRANKFURT-TYPE SAUSAGE FORMULATION WITH MESOCARP AND BARU ALMOND FLOURS: FUNCTIONAL AND NUTRITIONAL INNOVATION

ABSTRACT: Currently, there is growing concern about healthier and more sustainable eating habits, including reducing meat consumption and seeking alternatives. Hybrid meat products, which combine meat and plant-based ingredients, are emerging as an option capable of combining nutritional, technological, and environmental benefits. The study aimed to gather information on the physicochemical composition, nutritional value, and technological properties of baru, identify natural antioxidants that reduce lipid oxidation in meat products, present legislation regulating the partial replacement of animal protein with plant-based protein, and propose hybrid sausage formulations. A literature review was conducted in SciELO, ScienceDirect, and Google Scholar databases, as well as in documents from ANVISA and MAPA, using the descriptors: hybrid meat, *Dipteryx alata*, and baru byproducts. Baru nuts stand out for their high protein and lipid content, and emulsifying activity, while the mesocarp contains carbohydrates, fiber, and phenolic compounds, with good solubility and water retention—desirable characteristics in sausages. Hybrid Frankfurt-type sausages are proposed with partial replacement of beef by almond flour and baru mesocarp, evaluated for physicochemical characteristics, texture, lipid oxidation, microbiology and sensory, promoting greater nutritional value, fiber and lipid profile, valuing regional ingredients from the Cerrado and aligning with the SDGs.

KEY-WORDS: Hybrid Meat Products. Baru Byproducts. Sustainability.

INTRODUÇÃO

Atualmente, na sociedade de consumo contemporânea, observa-se uma crescente adoção de comportamentos voltados à sustentabilidade, como a valorização de alimentos de produção local e a redução do desperdício, especialmente em países desenvolvidos (Voinea et al., 2020). Entre essas práticas, destaca-se a diminuição do consumo de carne, frequentemente apontada como uma das contribuições mais relevantes dos consumidores para a promoção da saúde e para a construção de padrões alimentares mais sustentáveis (Geiker et al., 2021).

Do ponto de vista nutricional, a carne representa uma fonte importante de proteínas de alto valor biológico, além de vitaminas e minerais essenciais (Huang et al., 2018; Salter, 2018). No entanto, o consumo excessivo tem sido associado a efeitos adversos à saúde, incluindo processos inflamatórios, doenças cardiovasculares e distúrbios neurológicos (González et al., 2020). Além disso, a cadeia produtiva da carne exerce impactos ambientais relevantes, destacando-se a emissão de metano proveniente da fermentação entérica, a geração de efluentes e a elevada demanda por recursos hídricos e áreas de pastagem (Sakadevan et.al.,2019).

Como alternativa para a redução do consumo de carne, vêm sendo desenvolvidos produtos à base de vegetais. Uma dessas inovações é a chamada carne híbrida, que consiste na combinação de carne com ingredientes vegetais, como grãos, leguminosas, frutas e hortaliças. Esses produtos buscam manter características sensoriais similares às dos produtos convencionais, além de proporcionar benefícios nutricionais, com menor teor de sódio e gordura e maior quantidade de fibras, vitaminas e minerais (Grasso et al., 2022).

Além disso, os extensores de carne, que consistem na inclusão de ingredientes vegetais em carnes e derivados, têm se mostrado alternativas promissoras devido ao baixo impacto sensorial nos produtos cárneos e ao potencial de resultar em alimentos ricos em proteínas e com propriedades benéficas à saúde. Por exemplo, as leguminosas têm sido amplamente utilizadas como extensores de carne por sua elevada concentração protéica e boa digestibilidade. Assim, muitas leguminosas, como ervilha, grão-de-bico, lentilha e feijão, entre outras, têm sido empregadas por serem ricas em compostos bioativos, incluindo ácidos fenólicos, flavonoides, fenólicos de baixo peso molecular e fitoesteróis (Rocchetti et al., 2023).

Entre os subprodutos vegetais com potencial para agregar valor nutricional e funcional aos alimentos destaca-se o baru (*Dipteryx alata* Vog.), uma espécie nativa do Cerrado brasileiro, que apresenta relevante apelo nutricional, sensorial, econômico e tecnológico, podendo ser utilizado como matéria-prima na formulação de novos produtos alimentícios (Lima et al., 2022). O fruto do baru é composto por três partes: o epicarpo (casca), o mesocarpo (polpa fibrosa) e o endocarpo, que protege a semente conhecida como amêndoa ou noz (Caetano et al.,2017).

Apesar de o uso da amêndoa do baru ser relativamente conhecido, ainda são escassos os estudos sobre o aproveitamento do epicarpo, mesocarpo e endocarpo, o que representa novas oportunidades para a pesquisa científica. Estudos recentes mostram que o mesocarpo do baru com a casca possui propriedades nutricionais semelhantes às da amêndoa, com destaque para a atividade antioxidante e compostos bioativos (Santiago et al., 2018).

Na substituição parcial de proteínas animais por vegetais em salsichas, procura-se por ingredientes com alto teor de proteínas e com grande capacidade de retenção de água e óleo, para melhorar ou manter o valor nutricional do produto, além da textura e maciez.

A salsicha pode conter tanto amêndoa quanto o mesocarpo, para complementarem na receita o que se espera do produto final. Em relação ao valor nutricional, as amêndoas, destacam-se pelo elevado teor de proteína (aproximadamente 30 g/100 g), fibra alimentar (aproximadamente 16,0 g/100g), carboidratos (aproximadamente 37 g/100 g) e minerais (aproximadamente 4,5 g/100 g) e compostos bioativos com propriedades antioxidantes e anti-inflamatórias (Lima et al., 2022; Viana et al., 2023). Por sua vez, a polpa (mesocarpo) do baru é rica em carboidratos (mais de 70%), com elevados teores de açúcares (cerca de 23 g/100g), amido (aproximadamente 38%) e fibra alimentar (variando de 18% a 42%), além de apresentar significativa concentração de açúcares simples, entre 20% e 30% (Monteiro et al., 2025; Alves et al., 2021).

Em relação aos aspectos tecnológicos, a amêndoa de baru apresentou alta capacidade de absorção de água (3,62 g/g) e de retenção de óleo (3,28 g/g), além de elevada atividade emulsificante (71,9 %) e estabilidade da emulsão (87,7 %). Já o mesocarpo destacou-se pela elevada solubilidade em água (63,9 g/g), apresentando absorção de água (2,69 g/g), absorção de óleo (3,58 g/g), atividade emulsificante 68,51%) e estabilidade emulsão (81,14%), evidenciando seu potencial funcional na formulação de salsichas tipo frankfurt. Dessa forma, a água presente é retida pelas moléculas de proteína sem causar seu rompimento, o que é ideal para obter produtos com maior consistência e homogeneidade. Ademais, essa interação entre óleo e proteína contribui não apenas para a preservação do sabor, mas também para a melhoria da textura e da aceitabilidade do produto (Sousa et al., 2024).

OBJETIVO

Diante desse contexto, o presente artigo técnico tem como objetivo reunir informações da literatura científica que fundamentam a elaboração de salsichas tipo Frankfurt híbridas, por meio da substituição gradual da carne bovina por farinhas obtidas do mesocarpo e da amêndoa de baru. Os produtos cárneos híbridos são uma inovação que visa não apenas a melhoria do perfil nutricional, mas também a valorização de ingredientes regionais e a promoção de padrões alimentares mais sustentáveis.

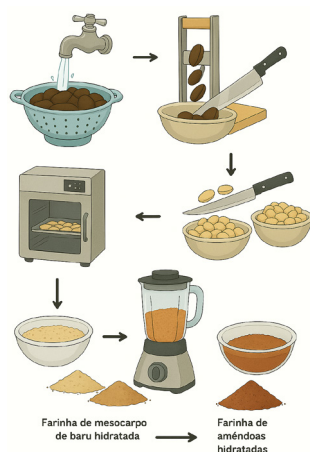
DESENVOLVIMENTO

Os frutos de baru (*Dipteryx alata* Vog.) serão inicialmente lavados em água corrente, sanitizados com solução de hipoclorito de sódio a 200 ppm e partidos com equipamento próprio para isso (guilhotina). Posteriormente, despulpados. As partes do fruto mesocarpo e amêndoas serão separadas manualmente com o auxílio de facas de aço inox. Tanto o mesocarpo quanto as amêndoas serão picados em pequenos fragmentos e submetidos à secagem em estufa com circulação de ar a 55 °C. Posteriormente, serão triturados em liquidificador industrial e peneirados para obtenção das respectivas farinhas, conforme

metodologia adaptada de Wendler (2018).

As farinhas obtidas serão hidratadas previamente até atingir teor de umidade próximo a 70%, valor semelhante ao da carne bovina, visando garantir melhor integração da matriz vegetal à carne, preservando características como textura, suculência e aceitabilidade sensorial (Sun et al., 2022), conforme a figura 1.

Figura 1: Etapas para a obtenção das farinhas do baru



Fonte: Elaboração própria 2025.

A elaboração da salsicha tipo Frankfurt híbrida será baseada na pesquisa de Blumenthal-Rodriguez et al. (2025), que utilizou farinha de berinjela para substituir parcialmente a carne. No entanto, para o desenvolvimento dessa salsicha, serão empregadas as farinhas do mesocarpio e das amêndoas do baru. O mesocarpio do baru é rico em fibras (29,32%), principalmente fibras insolúveis, e contém elevados teores de carboidratos (80,57%) e amido (38%), mas possui baixo teor de lipídios (7,18%) e proteínas (6,88%). Para compensar a deficiência nutricional em proteínas e lipídios, será adicionada a farinha das amêndoas do baru, que é rica em lipídios (37,14%) e proteínas (24,16 %) (Sousa et al., 2024). Como as amêndoas do baru têm alto teor de lipídios, o que pode levar à oxidação lipídica, será trabalhada numa proporção menor de 35% da farinha das amêndoas e 65% da farinha do mesocarpio. Para minimizar a oxidação, serão adicionados antioxidantes naturais, como orégano (0,25%) e alecrim (0,25%) (Marins et al., 2021).

A fórmula será triplicada em relação à proposta de Rodrigues et al. (2025), que utilizou uma substituição de apenas 9% da carne pela farinha de berinjela. A ideia é que, com uma substituição maior, as farinhas de baru possam desempenhar um papel nutricional mais relevante.

De acordo com a ANVISA, para se ter a substituição parcial da carne por farinhas vegetais em alimentos cárneos processados, precisa estar em conformidade com os limites estabelecidos pelos modelos padrões de identidade e qualidade. Para alimentos como a salsicha, para realizar a substituição de carne por ingredientes vegetais não pode passar de 30 % do total. Essa formulação, no entanto, deve seguir modelos de balanceamento para garantir que o produto final tenha suas propriedades nutricionais preservadas e que esteja de acordo com as exigências de formulação do produto cárneo. Desse modo, a salsicha híbrida apresentará normas de segurança alimentar e rotulagem, preservando a transparência e as qualidades do alimento.

O produto final para receber o nome e salsicha Frankfurt é necessário que siga padrões de identidades e qualidades conforme a ANVISA e pela Instrução Normativa nº 23/2000 do MAPA, que relata os ingredientes e a composição exigidos. A salsicha do tipo Frankfurt precisa ter quantidades de carne, normalmente de porco, boi ou de frango, e atender as demandas de textura e sabor, próprias desse tipo de embutido. Sendo assim, a substituição parcial da carne por farinhas vegetais deve ser bem formulada com cuidado para certificar que o produto final mantenha suas características físicas e que não passe dos limites de substituição permitidos para manter sua identidade do alimento como a salsicha tipo Frankfurt.

No estudo de Blumenthal-Rodriguez et al., (2025), os pesquisadores utilizaram carne bovina e suína magras em proporções iguais (1:1), incorporando 8% de gordura dorsal suína à mistura total. As quantidades de condimentos e aditivos foram calculadas com base no peso total da combinação de carnes e gordura. Diante disso, serão desenvolvidas cinco formulações de salsicha híbrida, com substituição gradual da carne pela mistura de farinha do mesocarpio (65%) e farinha das amêndoas (35%) do baru, nas seguintes proporções: FC – Controle (sem adição das farinhas); F6 – 6% de substituição (3,9 % mesocarpio + 2,1 % amêndoas); F9- 9 % de substituição (5,85 % mesocarpio + 3,15 % amêndoas); F15 – 15% de substituição (9,75 % mesocarpio + 5,25 % amêndoas); F27 – 27 % de substituição (17,55 % mesocarpio + 9,45 % amêndoas) (Rodrigues et al., 2025). Será incluído alecrim (0,25%) e orégano (0,25%) dentro da composição dos condimentos (3,05%), com o objetivo de melhorar a saudabilidade e contribuir para a redução do processo oxidativo das salsichas (Marins et al., 2021), conforme a tabela 1.

Tabela 1. Formulação base de salsichas tipo Frankfurt híbridas

Ingredientes	Controle (%)	F6 (%)	F9 (%)	F15 (%)	F27 (%)
Carne Bovina	33,5	30,74	29,36	26,60	21,08
Carne de Porco	33,5	30,74	29,36	26,60	21,08
Gordura de Porco	5,83	5,35	5,11	4,63	3,67
Farinha do mesocarpio	0	3,9	5,85	9,75	17,55
Farinha de amêndoas	0	2,1	3,15	5,25	9,45
Proteína vegetal	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5
Água	18	18	18	18	18
Sais	2	2	2	2	2
Conservantes	0,62	0,62	0,62	0,62	0,62
Condimentos (com alecrim e orégãos)	3,05	3,05	3,05	3,05	3,05

Fonte: Adaptada por Blumenthal -Rodriguez et al.,(2025).

As salsichas serão processadas em quantidades de 10 kg, mantendo a temperatura da massa abaixo de 8 °C. Os ingredientes serão adicionados no cutter na seguinte sequência: carne, sal, conservantes, uma parte da água, extensores proteicos, farinhas, amidos, o restante da água e, finalmente, os temperos. O resultado final deste passo será uma massa uniforme, conhecida como pasta de carne. Esta pasta será inserida manualmente em tripas sintéticas semipermeáveis de calibre 26, que possibilitam a troca de calor durante o processo de cocção. Cada porção de salsicha terá um peso médio de 16 a 20 g. O processo de cocção será conduzido em forno a gás, com temperatura interna controlada entre 80 e 90 °C, até que as salsichas atinjam temperatura interna de 72 °C, verificada por meio de termômetro digital. Esse ponto de cocção é geralmente alcançado após aproximadamente 40 minutos (Blumenthal-Rodriguez et al., 2025).

As formulações serão avaliadas quanto às características físico-químicas (umidade, proteína, lipídios, fibra alimentar), diminuição de tempo de cozimento, estabilidade da emulsão, teor de fenólicos totais (TPC), atividade antioxidante (DPPH), oxidação lipídica (TBARS), parâmetros de cor e perfil de textura, conforme descrito por Sun et al. (2022). Também serão realizadas análises microbiológicas e sensoriais (Blumenthal-Rodriguez et al., 2025).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A elaboração de uma salsicha tipo Frankfurt híbrida, utilizando farinhas do mesocarpo e das amêndoas do baru, mostra-se promissora para atender às demandas atuais por alimentos mais saudáveis, sustentáveis e que valorizem os ingredientes nativos do Cerrado brasileiro. A proposta está alinhada às metas de desenvolvimento sustentável, especialmente no que se refere à promoção de práticas de consumo e produção responsáveis (ODS 12), saúde e bem estar (ODS 3), fome zero e agricultura sustentável (ODS 2), ação contra a mudança global do clima (ODS 13) e a vida terrestre (ODS 15).

REFERÊNCIAS

ALVES, S.A.M, FERNANDES, D.C, Naves M.M.V. Baru (*Dipteryx alata* Vog.) como opção de noz polpa com propriedades nutricionais e funcionais vantajosas: uma revisão abrangente. **Society of Nutrition and Food Science**, v.24, p.26-36, 2021. DOI: 10.1016/j.nfs.2021.07.001.

BRASIL. **Agência Nacional de Vigilância Sanitária** – ANVISA. Resolução RDC nº 12, de 2 de janeiro de 2001. Regulamento técnico de identidade e qualidade para produtos cárneos. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF, 2001. Disponível em: <https://www.gov.br/anvisa/pt-br/assuntos/legislacao/legislacao-por-assunto/rdc/2001/rdc-12-2001.pdf>. Acesso em: 18 jun. 2025.

BRASIL. **Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento** – MAPA. Instrução Normativa nº 23, de 15 de outubro de 2000. Padrões para produção, composição e rotulagem de produtos cárneos. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF, 2000. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/inspecao/produtos-animais/instrucoes-normativas/in-23-00.pdf>. Acesso em: 18 jun. 2025.

BLUMENTHAL-RODRIGUEZ, J., AMAYA-GUERRA, C.A., QUINTERO-RAMOS, A., CASTILLO-HERNÁNDEZ, S. L., BAUTISTA- VILLARREAL, M., BÁEZ-GONZALEZ, J. G., ELIZONDO-LUEVANO, J. H., TORRES-ALVAREZ, C. Eggplant Flour as a Functional Ingredient in Frankfurt-Type Sausages: Design, Preparation and Evaluation. **Foods**, v. 14, n. 4, p. 624, 2025. DOI:10.3390/foods14040624.

CAETANO, K. A.; CEOTTO, J. M.; RIBEIRO, A. P. B.; MORAIS, F. P. R.; FERRARI, R. A.;

PACHECO, M. T. B.; CAPITANI, C. D. Effect of baru (*Dipteryx alata* Vog.) addition on the composition and nutritional quality of cookies. **Food Science and Technology**, Campinas, v. 37, n. 2, p. 239–245, 2017. DOI: 10.1590/1678-457X.19616.

GRASSO, S., RONDONI, A., BARI, R., SMITH, R., MANSILLA, N. Effect of information on consumers' sensory evaluation of beef, plant-based and hybrid beef burgers. **Food Quality and Preference**, v. 96, p.104417, 2022. DOI: 10.1016/j.foodqual.2021.104417.

GONZÁLEZ, N.; MARQUÉS, M.; DOMINGO, J. L. Meat consumption: Which are the current global risks? A review of recent (2010–2020) evidence. **Food Research International**, v. 137, p.109341 2020. DOI:10.1016/j.foodres.2020.109341.

GEIKER, N. R. W.; BERTRAM, H. C.; MEJBORN, H.; DRAGSTED, L. O.; KRISTENSEN, L.; CARRASCAL, J. R.; BÜGEL, S.; ASTRUP, A. Meat and human health current knowledge and research gaps. **Foods**, v. 10, n. 7, p. 1556, 2021. DOI:10.3390/foods10071556.

HUANG, S.Q.; WANG, L. M., SIVENDRAN, T.; BOHRER, B. M. Review: Amino acid concentration of high protein food products and an overview of the current methods used to determine protein quality. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 58, n. 15, p. 2673- 2678, 2018. Doi: 10.1080/10408398.2017.1396202.

LIMA, D.C.; ALVES, M.D.R.; NOGUERA, N.H.; NASCIMENTO, R,d P. d. Uma revisão sobre a planta brasileira de baru (*Dipteryx alata* Vogel): Morfologia, composição química, efeitos na saúde e potencial tecnológico. **Future Foods**, v. 5, p. 100146,2022. DOI: 10.1016/j.fufo.2022.100146.

MARINS,A. R.d; SARTORELLI, A.;SILVA, L. C.D; CAMPOS, T.A.F.D.;ARTILHA, C. A. F.;- SILVA, N. M. D.;FEIHRMANN, A. C.; GOMES, R.G.; MORINHO, M.T.Influência da adição de alecrim (*Rosmarinus officinalis* L.) e o orégano (*Origanum Vulgare*) na estabilidade lipídica, textura e características sensoriais de hambúrguer suíno. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 11, p. e201101119477, 2021. DOI: 10.33448/rsd-v10i11.19477.

MONTEIRO, G.M, CARVALHO, E.E.N, LAGO, R.C.D, SILVA, L.G.M.D.; SOUZA, L.R; COSTA, C.A.R.D.; BOAS, E.V.B.V. Compositional analysis of baru (*Dipteryx alata* Vogel) pulp highlighting its industrial potential. **Food Research International**, v.201, p.115548, 2025. DOI: 10.1016/j.foodres.2024.115548.

ROCCHETTI, G.; FERRONATO, G.; SARV, V.; KERNER, K.; VENSKUTONIS, P. R.; GIUBERTI, G. Meat extenders from different sources as protein-rich alternatives to improve the technological properties and functional quality of meat products. **Current Opinion in Food Science**, v. 49, p. 100967, 2023. DOI: 10.1016/j.cofs.2022.100967.

SUN, G.;XIONG, Y.; FENG,X.;FANG, Z., Effects of incorporation of hempseed meal on the quality attributes of chicken sausage. **Future Foods**, v. 6, p. 100169, dez. 2022. DOI: 10.1016/j.fufo.2022.100169.

SALTER, A.M. The effects of meat consumption on global health. **Revue Scientifique Et**

Technique-Office International Des Epizooties, v. 37, n.1, p. 47-55, 2018. Doi: 10.20506/rst.37.1.2739.

SANTIAGO, L. A.; OLIVEIRA, I. G.; HORST, M. A.; NAVES, M. M. V.; SILVA, M. R. Peel and pulp of baru (*Dipteryx alata* Vog.) provide high fiber, phenolic content and antioxidant capacity. **Food Research International**, v. 106, p. 108–115, 2018. DOI: 10.1016/j.foodres.2018.01.028.

SOUSA, T.L.D.; FILHO, J.G.D.O.; Cabassa, I.D.C.C.; Lemes, A.C.; Egea, M.B. Unraveling the Potential of Baru (*Dipteryx alata* Vog.) Fruit Fractions as a Sustainable Food Ingredient: Chemical and Technological Characteristics and Prebiotic Potential. **Sustainability**, v.16, n. 24, p. 10976, 2024. DOI: 10.3390/su162410976.

SAKADEVAN, K., NGUYEN, M.-L. Produção pecuária e seu impacto na poluição de nutrientes e nas emissões de gases de efeito estufa. **Avanços em agronomia**, v.141, p. 147-184, 2017. DOI: 10.1016/bs.agron.2016.10.002.

VOINEA, L.; FILIP, A.; POPESCU, D.; et al. Sustainability in consumer behavior: Trends in food choices. **Sustainability**, v. 12, n. 15, p. 6285, 2020. DOI:2071-1050/12/15/6285.

Viana, H.N.A.C.; Sganzerla, W.G.; Castro, LEN; Veeck, A.P.D.L., Caracterização do baru (*Dipteryx alata* Vog.) e aplicação de seu subproduto agroindustrial na formulação de biscoitos. **Journal of Agriculture and Food Research**, v. 12, p. 100577, 2023. DOI: 10.1016/j.jafr.2023.100577.

WENDLER, T., LIMA, L. de F., SILVA, V. da C., CANDIDO, C.J. Aproveitamento da casca de batata doce na produção de panetone: Caracterização físico-química e aceitabilidade sensorial entre crianças. **Conexão Ciência (Online)**, v. 13, n. 2, p. 21–28, 29, 2018. DOI: 10.24862/cco.v13i2.707.

QUALIDADE SANITÁRIA DE QUEIJO MINAS ARTESANAL PRODUZIDO NO MUNICÍPIO DE UBERLÂNDIA, MG

Ana Cláudia Carrijo¹;

Instituto Federal do Triângulo Mineiro – *Campus* Uberlândia (IFTM), Uberlândia, MG.

<http://lattes.cnpq.br/1198984661108668>

Leila Rodrigues Carrijo²;

Instituto Federal do Triângulo Mineiro – *Campus* Uberlândia (IFTM), Uberlândia, MG.

<http://lattes.cnpq.br/8778589472052149>

Bárbara Cardoso Pereira Barbosa³;

Instituto Federal do Triângulo Mineiro – *Campus* Uberlândia (IFTM), Uberlândia, MG.

<http://lattes.cnpq.br/7236971658792376>

Fernanda Raghianti⁴;

Instituto Federal do Triângulo Mineiro – *Campus* Uberlândia (IFTM), Uberlândia, MG.

<http://lattes.cnpq.br/1258710253836494>

Deborah Santesso Bonnas⁵;

Instituto Federal do Triângulo Mineiro – *Campus* Uberlândia (IFTM), Uberlândia, MG.

<http://lattes.cnpq.br/4880832449286143>

Elaine Alves dos Santos⁶.

Instituto Federal do Triângulo Mineiro – *Campus* Uberlândia (IFTM), Uberlândia, MG.

<http://lattes.cnpq.br/7870619050486209>

RESUMO: O presente estudo teve por objetivo avaliar a qualidade sanitária do Queijo Minas Artesanal (QMA) produzido no município de Uberlândia, MG, contribuindo assim para a padronização da produção e melhoria da qualidade sanitária deste produto. As propriedades foram avaliadas por meio de lista de verificação a fim de conhecer as condições de fabricação e obtenção da matéria prima. As quatro queijarias artesanais localizadas em propriedades rurais no município de Uberlândia foram visitadas. Coletaram-se dois queijos de cada produtor, totalizando oito amostras, nos tempos de maturação 0, 7, 14 e 21 dias. As análises microbiológicas indicaram contaminação pelo microrganismo *Staphylococcus* coagulase positiva nos queijos dos produtores A e B, presença de *Salmonella* spp. em duas amostras do produtor D, presença de bolores e leveduras nas amostras dos produtores

C e D. Os resultados indicaram elevados níveis de contaminação, consequência da não aplicação das boas práticas de fabricação. Após a aplicação da lista de verificação, para avaliação das condições higienicossanitárias, observou-se que todos os produtores se encontravam em uma classificação considerada deficiente, pois apresentaram de 0 a 50 % dos itens atendidos. Concluiu-se que é necessária a implantação das boas práticas de fabricação com o objetivo de produzir um alimento seguro.

PALAVRAS-CHAVE: Queijarias Artesanais. Análises Microbiológicas. Boas Práticas de Fabricação.

SANITARY QUALITY OF ARTISANAL MINAS CHEESE PRODUCED IN UBERLÂNDIA CITY, MINAS GERAIS STATE

ABSTRACT: The objective of this study was to evaluate the sanitary quality of Artisanal Minas Cheese (AMC) produced in Uberlândia city, Minas Gerais State, thus contributing to the production standardization and its sanitary quality improvement. The properties were evaluated using a checklist in order to determine the conditions under which the raw material was manufactured and obtained. Four artisanal cheese factories located on rural Properties in Uberlândia city were visited. Two cheeses were collected from each producer, totaling eight samples, at maturation times of 0, 7, 14, and 21 days. Microbiological analyses indicated contamination by the coagulase-positive *Staphylococcus* microorganism in cheeses from producers A and B, the presence of *Salmonella* spp. in two samples from producer D, and the presence of molds and yeasts in samples from producers C and D. The results indicated high levels of contamination, a consequence of the failure to apply good manufacturing practices. After applying the checklist to assess hygiene and sanitary conditions, it was observed that all producers were classified as deficient, as they met between 0 and 50 % of the items. It was concluded that it is necessary to implement good manufacturing practices in order to produce safe food.

KEY-WORDS: Artisanal Cheese Factories. Microbiological Analysis. Good Manufacturing Practices.

INTRODUÇÃO

A Associação Brasileira de Indústrias de Queijos estima que o consumo de queijo no Brasil é de 5,5 quilos por habitante por ano (DCI, 2018). O Queijo Minas Artesanal (QMA) é um dos mais antigos e tradicionais queijos produzidos no Brasil tendo ampla aceitação no comércio brasileiro e faz parte do hábito alimentar da população em todo o país (Dores, 2012).

Em 2002 foi regulamentada a lei estadual N° 14.185 (Minas Gerais, 2002) específica para o QMA, trazendo normas específicas para a produção, embalagem e transporte do produto e estabelece a necessidade de certificação de qualidade dos produtores e o cadastramento oficial das queijarias junto ao Instituto Mineiro de Agropecuária (IMA). A Portaria n° 2303 (Minas Gerais, 2024) estabelece o regulamento Técnico de identidade e Qualidade do Queijo Minas Artesanal.

A produção nacional de queijo concentra-se, principalmente, em Minas Gerais, que no ano de 2012 foi o estado cuja a fabricação ultrapassou 200 mil toneladas do produto, sendo 70 mil de QMA (Silva; Tunes e Cunha, 2012). A produção artesanal de queijos desempenha um importante papel social, econômico e cultural para o estado de Minas Gerais e para o Brasil. No início de 2014 foi reconhecida pelo IMA a sexta microrregião do QMA, o Triângulo Mineiro cuja a cidade de Uberlândia faz parte, através da Portaria n° 1397, de 13 de fevereiro de 2014 (Minas Gerais, 2014).

OBJETIVO

Partindo da problemática exposta, o presente estudo teve por objetivo caracterizar microbiologicamente o QMA produzido em Uberlândia, MG, sob inspeção municipal, através da avaliação microbiológica, contribuindo para a padronização deste alimento.

METODOLOGIA

As queijarias artesanais localizadas em propriedades rurais no município de Uberlândia, MG, foram visitadas em parceria com os agentes de Inspeção Municipal da cidade. Os produtores que aceitaram participar do projeto em parceria com o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Triângulo Mineiro foram indicados pela Secretaria Municipal de Agropecuária e Abastecimento de Uberlândia - MG, onde as queijarias estavam cadastradas no Serviço de Inspeção Municipal (SIM). A indicação foi feita pelo interesse em certificação para comercialização dos produtores. Foram nomeados como A, B, C e D, a fim de preservar a identidade pessoal de cada um, e o tempo de maturação dos queijos foi avaliado nos dias 0, 7, 14 e 21. Foram analisados dois queijos de cada produtor por tempo de maturação estudado, correspondendo às amostras codificadas como I e II. As amostras de QMA das quatro queijarias avaliadas foram coletadas assepticamente e de maneira aleatória e posteriormente encaminhadas ao laboratório de microbiologia do IFTM – Campus Uberlândia para condução do experimento.

Foram realizadas avaliações microbiológicas, em triplicata, conforme preconizado pela Instrução Normativa n°161 da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Brasil, 2022) que estabelece as listas de padrões microbiológicos para queijos com umidade abaixo de 46% (o qual se enquadra o QMA) e Portaria n° 2303 do Instituto Mineiro de Agropecuária (Minas Gerais, 2024) que dispõe sobre os parâmetros microbiológicos de alimentos de origem

animal e água de abastecimento, para *Staphylococcus* coagulase positiva, *Salmonella* spp., Coliformes a 45°C e Coliformes Totais. Analisou-se ainda bolores e leveduras e todas as determinações microbiológicas foram executadas de acordo com metodologia descrita por Silva *et al.* (2010). Os resultados foram expressos por meio da estatística descritiva pela média das contagens das triplicatas analisadas, em função dos tempos de maturação e produtores estudados.

Com objetivo de diagnosticar as condições higienicossanitárias das queijarias artesanais foi elaborada à lista de verificação “*Checklist*”, tendo como referência a RDC nº 275 de 21 de outubro de 2002 (Brasil, 2002) e os trabalhos de Fariña (2008), Danesi (2012), Faria (2010). A legislação permitiu classificar os estabelecimentos da seguinte maneira: GRUPO I - BOM - 76 A 100 % dos itens atendidos; GRUPO II - REGULAR - 51 A 75 % dos itens atendidos; GRUPO III - DEFICIENTE - 0 A 50 % dos itens atendidos.

A análise foi realizada de forma observacional e descritiva, sendo os estabelecimentos estudados avaliados de acordo com os seguintes critérios: edificação e instalações; equipamentos, utensílios e móveis; manipuladores; produção e transporte do alimento e documentação, condições de nutrição do rebanho nas propriedades rurais, condições de sanidade nas propriedades rurais, infraestrutura do curral, caracterização da ordenha, lavagem do úbere, hábitos higiênicos dos ordenadores.

Os queijos foram ainda classificados de acordo com a Portaria nº 146 de 07 de março de 1996 (Brasil, 1996). A classificação se deu a partir dos valores médios de umidade de cada tempo. A portaria traz os seguintes limites para os valores de umidade: queijos de muita alta umidade, porcentagem maior 55 %; alta umidade, porcentagem entre 46 – 54,9 %; média umidade, porcentagem entre 36 – 45,9 % e baixa umidade porcentagem menor que 35,9 A determinação da umidade foi realizada em estufa a 105 °C (AOAC, 1995).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os leites utilizados para a produção dos queijos maturados eram oriundos somente da propriedade. Para a obtenção da matéria prima os produtores B, C e D realizaram ordenha mecânica, e o produtor A ordenha manual. O processo de maturação foi conduzido pelos produtores na própria queijaria. Em relação à metodologia de fabricação os produtores A e B não faziam uso do “pingo” na produção dos queijos. Já os produtores C e D utilizavam o “pingo” como coadjuvante na fermentação dos queijos.

Na Tabela 1 estão apresentados os resultados da avaliação das condições higienicossanitárias das queijarias, realizada de acordo com o *checklist* proposto.

Observa-se que todos os produtores apresentaram índices altos de não conformidades, pois foram constatadas condições inadequadas nos currais, como ausência de revestimento no piso, ausência de canaletas e de inclinação para escoamento da água de higienização, as queijarias estão situadas ao lado ou dentro dos currais onde é realizado as ordenhas e

o correto seria que está localização fosse distante de fontes produtoras de mau cheiro para não comprometer a qualidade do queijo. Somente uma propriedade utilizava tubulação de material atóxico, de fácil higienização não-oxidável, para a passagem do leite, mantida vedada quando em desuso, este tipo de tubulação minimiza a contaminação do leite, uma vez que elimina o recipiente intermediário de coleta e o seu transporte, sem qualquer proteção, até a queijaria, além de insetos e sujidades geralmente presentes no curral.

As paredes, os pisos e os tetos das salas da queijaria, de todas as propriedades avaliadas, eram constituídos por diferentes tipos de materiais e encontrava-se em diferentes graus de conservação, assim como as portas e janelas. O piso deve ser impermeável, antiderrapante, resistente a impactos, de fácil higienização, sem frestas e com declividade adequada, para facilitar o escoamento das águas residuais, por meio de ralos sanfonados. As paredes devem ser de alvenaria, impermeabilizadas com tinta ou outro material lavável de cor clara, até altura mínima de dois metros. As portas e janelas também devem ser de material de fácil higienização, dotadas de telas de proteção contra insetos e roedores (Pinto *et al.*, 2009).

Observou-se que o processo de higienização consistia, basicamente, na pré-lavagem com água, lavagem com água e sabão, notou-se uma grande resistência, quanto à utilização do cloro, justificado por meio da alegação de que o mesmo interfere na qualidade final do queijo. Foram observadas condições higiênicas insatisfatórias de manipuladores, durante a ordenha e fabricação dos queijos, como lavagem inadequada das mãos, presença tabagismo e ausência de lavatórios e sabonetes específicos para higienização das mãos.

De acordo com a RDC nº 275 (Brasil, 2002), todas as queijarias foram classificadas no Grupo III, deficiente, apresentando de 0 a 50 % dos itens atendidos, portanto considera-se a necessidade de implantação de ações corretivas contribuindo assim para melhoria do panorama de condições higienicossanitárias detectado e consequentemente para a qualidade sanitária dos queijos produzidos, e ainda, de procedimentos com o objetivo de melhorar as condições de higiene desde a estrutura do curral, infraestrutura da queijaria, hábitos higiênicos pessoais, equipamentos e utensílios até a produção e transporte dos queijos para obtenção de matéria prima e produto final de qualidade.

Tabela 1: Condições higienicossanitárias das queijarias avaliadas nas propriedades rurais produtoras de QMA avaliadas em Uberlândia-MG, sob inspeção municipal.

	Itens conformes (%)	Itens não conformes (%)	Itens não aplicáveis (%)	Itens não observados (%)
Produtor A	16,8	59,55	1,13	22,5
Produtor B	36	46	1	17
Produtor C	37,1	24,7	0	38,2
Produtor D	46,1	32,6	1,1	20,2

Segundo Freitas e Marques (2001), a utilização das boas práticas de fabricação por produtores rurais é fundamental para a melhoria do ambiente e da manutenção dos recursos naturais, além de garantir produtos de padrão mais elevado, aumentando a qualidade de vida das pessoas que os consomem.

Os resultados microbiológicos para *Staphylococcus* coagulase positiva encontrados neste trabalho para os queijos analisados no município de Uberlândia, MG, sob inspeção municipal, se encontram na Tabela 2.

Tabela 2: Análise microbiológica do QMA produzido no município de Uberlândia sob inspeção municipal, em função do tempo de maturação avaliado para o microrganismo *Staphylococcus* coagulase positiva.

Maturação em dias	AMOSTRAS	<i>Staphylococcus</i> coagulase positiva (UFC/g)			
		PRODUTORES			
		A	B	C	D
0	I	$< 10^2$	$< 10^2$	$3,9 \times 10^3$	$5,3 \times 10^4$
	II	$4,2 \times 10^4$	$1,0 \times 10^3$	$5,9 \times 10^4$	$4,2 \times 10^3$
7	I	$4,2 \times 10^4$	$< 10^2$	$< 10^2$	$< 10^2$
	II	$3,0 \times 10^5$	$3,3 \times 10^4$	$< 10^2$	$< 10^2$
14	I	$9,2 \times 10^4$	$< 10^2$	$< 10^2$	$< 10^2$
	II	$3,2 \times 10^4$	$< 10^2$	$< 10^2$	$< 10^2$
21	I	$< 10^2$	$7,1 \times 10^3$	$< 10^2$	$< 10^2$
	II	$1,8 \times 10^5$	$1,4 \times 10^4$	$< 10^2$	$< 10^2$

De acordo com a Instrução Normativa nº 161 (Brasil, 2022) e Portaria nº 2303 (Minas Gerais, 2024), das 32 amostras analisadas para *Staphylococcus* coagulase positiva, 43,75 % encontram-se em desacordo para a análise em questão, apresentando limites superiores a 10^3 preconizado pelas legislações e 56,25 % estão de acordo com o limite permitido. Tal resultado pode demonstrar falta de controle higienicossanitário do rebanho, da ordenha e da queijaria em geral. Por apresentar limites superiores a 10^3 , se faz necessário a aplicação de Boas Práticas de Fabricação, para a obtenção do produto final de qualidade e para promover a segurança alimentar dos queijos. Tendo em vista que este produto é bastante presente no hábito alimentar da população, e pode veicular contaminação, pois possui nutrientes propícios para o desenvolvimento dos microrganismos.

Em estudo similar realizado por Diniz (2009), no Distrito de Nova Esperança, no município de Montes Claros, norte de Minas Gerais, das cinco amostras de queijos avaliadas quatro apresentaram contagem para *Staphylococcus* Coagulase positiva acima de $1,5 \times 10^3$ UFC/g. Neste trabalho das 32 amostras de queijos analisadas 14 apresentaram contagem acima do permitido pela legislação. Pode se perceber que a contaminação dos queijos pode ter ocorrido pela má higienização, devido à manipulação ou contato com superfícies não sanitizadas, a utilização do leite cru, de forma geral se faz necessário mudar o manejo de ordenha, adotando procedimentos simples de higiene como a lavagem dos tetos do

animal e em consequência da mão do ordenhador, o que diminui consideravelmente o risco de contaminação não só do leite como dos animais. A realização do *pré-dipping* e de testes utilizados na detecção de mastite são essenciais para diminuir a contaminação e consequentemente um alimento seguro para o consumidor.

Os resultados microbiológicos para *Salmonella* spp. encontrados neste trabalho para os queijos analisados no município de Uberlândia, MG, sob inspeção municipal se encontram na Tabela 3.

Tabela 3: Análise microbiológica do QMA produzido no município de Uberlândia MG, sob inspeção municipal, em função do tempo de maturação avaliado para o microrganismo *Salmonella* spp.

Maturação em dias	AMOSTRAS	<i>Salmonella</i> spp (ausência em 25g)			
		PRODUTORES			
		A	B	C	D
0	I	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente
	II	Ausente	Ausente	Ausente	Presente
7	I	Ausente	Ausente	Ausente	Presente
	II	Ausente	Ausente	Ausente	Presente
14	I	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente
	II	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente
21	I	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente
	II	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente

De acordo com a legislação vigente (Brasil, 2022), o resultado encontrado para a análise de *Salmonella* spp. para os produtores A, B e C encontram-se dentro do permitido pela resolução. Já as amostras do produtor D para os tempos 0 e 7 apresentaram contaminação. Tratam-se de amostras de queijos frescos com elevada umidade, portanto propícias ao desenvolvimento de microrganismos indesejáveis. Nas amostras mais maturadas não foi constatado *Salmonella* spp., porque o processo de maturação é capaz de limitar a sobrevivência dos microrganismos pelo abaixamento da umidade.

Nota se que não são aplicadas as BPF's para a obtenção da matéria prima, na produção e higiene pessoal como pode ser observado nos resultados à presença de *Salmonella* pelo número de não conformidades constatadas com a aplicação da lista de verificação. Sendo importante a implantação e adoção de maior controle de higiene na obtenção da matéria prima, higiene dos manipuladores e no processo de fabricação dos queijos.

Das 32 amostras analisadas, 3 apresentaram *Salmonella* spp. Segundo Araújo (2004), em um trabalho realizado com QMA da região de Araxá, encontrou *Salmonella* spp em 7 das 37 amostras analisadas, enquanto Pinto (2004) não detectou a presença desse micro-organismo em nenhuma das 33 amostras de queijos analisadas na região do

Serro. De acordo com o estudo realizado por Diniz (2009), no Distrito de Nova Esperança, no município de Montes Claros, norte de Minas Gerais das cinco amostras avaliadas três apresentaram contaminação pelo micro-organismo *Salmonella*. Com essa comparação, podemos perceber que não há aplicação das BPF's, devido a contaminação por *Salmonella* spp também nas pesquisas realizadas pelos autores.

Os resultados microbiológicos para Bolores e Leveduras encontrados neste trabalho para os queijos analisados no município de Uberlândia, MG, sob inspeção municipal, se encontram na Tabela 4.

Tabela 4: Análise microbiológica do QMA produzido no município de Uberlândia, MG, sob inspeção municipal em função do tempo de maturação avaliado para Bolores e Leveduras.

Maturação em dias	AMOSTRAS	Bolores e Leveduras (UFC/g)			
		PRODUTORES			
		A	B	C	D
0	I	$< 10^2$	$< 10^2$	$< 10^2$	$1,0 \times 10^2$
	II	$< 10^2$	$< 10^2$	$1,0 \times 10^2$	$< 10^2$
7	I	$< 10^2$	$< 10^2$	$< 10^2$	$< 10^2$
	II	$< 10^2$	$< 10^2$	$1,0 \times 10^2$	$1,0 \times 10^2$
14	I	$< 10^2$	$< 10^2$	$< 10^2$	$< 10^2$
	II	$< 10^2$	$< 10^2$	$< 10^2$	$1,0 \times 10^2$
21	I	$< 10^2$	$< 10^2$	$< 10^2$	$1,0 \times 10^2$
	II	$< 10^2$	$< 10^2$	$< 10^2$	$< 10^2$

Das 32 amostras avaliadas 18,75 % apresentaram bolores e leveduras, os quais são responsáveis pela deterioração em alimentos.

Apenas os queijos dos produtores C e D apresentaram contaminação por bolores e leveduras indicando que pode não haver o controle de higiene na ordenha, manipulação da matéria prima, tanto quanto da higiene pessoal dos manipuladores, e no processo de maturação. A contaminação por estes microrganismos é devida à maturação desses queijos ser realizada em temperatura ambiente, precariedade na estrutura de armazenamento e condições higiênicas inadequadas de equipamentos e utensílios.

A presença de bolores e leveduras em alimentos indica produção sob condições de higiene insatisfatórias. Além disso, quando presentes em queijos, por exemplo, esses micro-organismos são os principais responsáveis pela deterioração do produto (Feitosa *et al.*, 2003), o que ressalta a importância de seu controle, já que a legislação brasileira não estabelece limite para bolores e leveduras nesse derivado lácteo (Silva *et al.*, 2001).

De acordo com Santos e Silva (2014) em um estudo com QMA nas análises realizadas estimou-se um valor de $6,5 \times 10^6$ UFC em relação à contagem de bolores e leveduras, já os valores obtidos no presente estudo foram de $1,0 \times 10^2$ UFC, abaixo do valor estimado pelo

autor pesquisado.

Os resultados microbiológicos para coliformes a 45°C determinados neste trabalho para os queijos analisados no município de Uberlândia, MG sob inspeção municipal, se encontram na Tabela 5.

Tabela 5: Classificação das amostras em função da Umidade e resultados obtidos para coliformes a 45°C dos queijos analisados no município de Uberlândia, MG, sob inspeção municipal.

Produtor/tempo de maturação	UMIDADE	Classificação da Umidade (Portaria 146, 1996)	TOLERÂNCIA PERMITIDA (Portaria 2303, 2024)	COLIFORME a 45°C (NMP/g)
A 0	Muita Alta	55,68 %	5×10^2	$< 3,0 \times 10^1$
A 7	Média	41,57 %	5×10^2	$< 3,0 \times 10^1$
A 14	Média	36,99 %	5×10^2	$< 3,0 \times 10^1$
A 21	Baixa	33,13 %	5×10^2	$< 3,0 \times 10^1$
B 0	Muita Alta	69,17 %	5×10^2	$< 3,0 \times 10^1$
B 7	Alta	49,62 %	5×10^2	$< 3,0 \times 10^1$
B 14	Média	39,27 %	5×10^2	$< 3,0 \times 10^1$
B 21	Baixa	34,50 %	5×10^2	$< 3,0 \times 10^1$
C 0	Alta	51,52 %	5×10^2	$> 1,1 \times 10^3$
C 7	Alta	47,03 %	5×10^2	$9,2 \times 10^1$
C 14	Baixa	31,80 %	5×10^2	$< 3,0 \times 10^1$
C 21	Baixa	27,46 %	5×10^2	$2,4 \times 10^2$
D 0	Alta	48,11 %	5×10^2	$> 1,1 \times 10^3$
D 7	Baixa	33,85 %	5×10^2	$2,3 \times 10^1$
D 14	Baixa	29,74 %	5×10^2	$< 3,0 \times 10^1$
D 21 I	Baixa	26,78 %	5×10^2	$< 3,0 \times 10^1$

Das amostras avaliadas, conforme tabela acima, os resultados $< 3,0 \times 10^1$ para todos os produtores estão de acordo com os parâmetros vigentes na Portaria nº 2303 (Minas Gerais, 2024). As amostras acima do limite permitido estão insatisfatórias de acordo com a legislação em questão e são uma constatação relativa à importância da aplicação de práticas higiênicas desde a obtenção do leite até o processo de maturação dos queijos, indicando que houveram falhas no processamento e que utensílios e equipamentos utilizados na fabricação do produto podem estar mal higienizados, bem como pode estar havendo falta de higiene por parte dos manipuladores. Sendo assim, a presença de coliformes a 45°C em alimentos processados é considerada uma indicação útil de contaminação pós-sanitização ou pós-processo, evidenciando práticas de higiene e sanitização insatisfatórias aos padrões requeridos para o processamento de alimentos (Silva *et al.*, 2001).

Os resultados microbiológicos para coliformes totais determinados neste trabalho para os queijos analisados no município de Uberlândia, MG, sob inspeção municipal, se encontram na Tabela 6.

Tabela 6: Classificação das amostras em função da Umidade e resultados obtidos para Coliformes Totais dos queijos analisados no município de Uberlândia, MG, sob inspeção municipal.

Produtor/ tempo de maturação	UMIDADE	Classificação da Umidade (Portaria 146, 1996)	TOLERÂNCIA PERMITIDA (Portaria 2303, 2024)	COLIFORMES TOTAIS (NMP/g)
A 0	Muita Alta	55,68 %	5×10^3	$< 3,0 \times 10^1$
A 7	Média	41,57 %	5×10^3	$< 3,0 \times 10^1$
A 14	Média	36,99 %	5×10^3	$< 3,0 \times 10^1$
A 21	Baixa	30,88%	5×10^3	$< 3,0 \times 10^1$
B 0	Muita Alta	69,17 %	5×10^3	$< 3,0 \times 10^1$
B 7	Alta	49,62 %	5×10^3	$< 3,0 \times 10^1$
B 14	Média	39,27 %	5×10^3	$< 3,0 \times 10^1$
B 21	Baixa	34,50 %	5×10^3	$< 3,0 \times 10^1$
C 0	Alta	51,52 %	5×10^3	$> 1,1 \times 10^3$
C 7	Alta	47,03 %	5×10^3	$9,2 \times 10^1$
C 14	Baixa	32,00 %	5×10^3	$2,3 \times 10^1$
C 21	Baixa	27,46 %	5×10^3	$2,4 \times 10^2$
D 0	Alta	48,11 %	5×10^3	$> 1,1 \times 10^3$
D 7	Baixa	33,85 %	5×10^3	$2,3 \times 10^1$
D 14	Baixa	29,74 %	5×10^3	$< 3,0 \times 10^1$
D 21	Baixa	26,78 %	5×10^3	$< 3,0 \times 10^1$

Das amostras avaliadas na tabela acima os valores $< 3,0 \times 10^1$ estão dentro dos parâmetros preconizado pela Portaria nº 2303 (Minas Gerais, 2024). Os valores acima de 5×10^3 são considerados fora dos limites estabelecidos. As bactérias do grupo coliforme totais são consideradas como os principais agentes causadores de contaminação associados à deterioração de queijos, causando fermentações anormais e estufamento precoce dos produtos (Silva *et al.*, 2001). A presença desse microrganismo no alimento está relacionada à má qualidade da matéria-prima e adoção de técnicas higiênicas inadequadas, que comprometem a segurança do produto final (Timm *et al.*, 2004).

Para o parâmetro de umidade analisado, as amostras dos quatro produtores apresentaram progressivamente queda na umidade das peças. Este fator é umas das consequências do processo de maturação dos queijos. Os queijos recém-fabricados apresentam muita alta ou alta umidade e aos 21 dias de maturação apresentam baixa

umidade, conforme classificação da Portaria nº 146 de 07 de março de 1996 (Brasil, 1996).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Conclui-se que as queijarias avaliadas se classificaram como estabelecimentos deficientes em relação às exigências indicando condições higienicossanitárias insatisfatórias. Por meio das avaliações microbiológicas, pode-se constatar que os queijos analisados apresentaram risco de veiculação de microrganismos patogênicos, confirmando que a não utilização das boas práticas torna o alimento inseguro para o consumidor. Propõe-se a necessidade de implantação de Boas Práticas de Fabricação e um melhor controle de todo o processo para identificação da origem da contaminação, tanto da matéria prima, no processamento dos queijos bem como na maturação, melhorando assim a qualidade sanitária e as condições de higiene dos estabelecimentos participantes deste estudo, resultando na produção de alimentos seguros aos consumidores.

REFERÊNCIAS

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTRY (AOAC). **Official methods of analysis of AOAC International**. 14 ed., Arlington, 1995.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Portaria nº 146 de 07 de março de 1996. Regulamento técnico geral para fixação de requisitos microbiológicos de queijos. **Brasília: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento**, 1996. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/>>. Acesso em 3 jan., 2022.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Instrução Normativa nº 161. Estabelece os padrões microbiológicos dos alimentos. **Diário Oficial União**. 01 jul 2022. Seção: 1, página 235.

BRASIL, Ministério da Saúde, Agência nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC nº 275, de 21 de outubro de 2002. Dispõe sobre o Regulamento Técnico de Procedimentos Operacionais Padronizados aplicados aos Estabelecimentos Produtores/Industrializadores de Alimentos e a Lista de Verificação das Boas Práticas de Fabricação em Estabelecimentos Produtores/Industrializadores de Alimentos. **Diário Oficial da União**; Brasília, DF, 23 out. 2002, seção 1, 2002. p. 126.

DANESI, E. D. G. et al. Monitoramento de pequenas propriedades leiteiras do município de Barbosa Ferraz/PR para assessoria tecnológica. **Revista Tecnológica** Maringá, v.21, p.27-33. 2012.

DCI - **Diário de Comércio Indústria e Serviço**. Produção de queijo deve crescer 2,5% neste ano com aumento do consumo. Publicado em 12/04/18. Disponível em:< <https://www.dci.com.br/industria/producao-de-queijo-deve-crescer-2-5-neste-ano-com-aumento-do-consumo-1.69857>> Acesso em: 06/01/2022.

DINIZ, T.T. et al. Diagnóstico Sanitário da Produção de Queijo Minas Artesanal em uma Propriedade Rural Localizada no Distrito de Nova Esperança – MG. **Rev. Bras. De Agroecologia**. vol. 4, n. 2, p.1229- 1232, nov. 2009.

MINAS GERAIS, INSTITUTO MINEIRO DE AGROPECUÁRIA – IMA. Portaria IMA Nº 2303 DE 20/05/2024. Estabelece o Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade do Queijo Minas Artesanal. Acesso em 22 de ago. de 2025. Disponível em: <https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=459460#:~:text=Estabelece%20o%20Regulamento%20T%C3%A9cnico%20de,o%20inciso%20I%20do%20art.>

MINAS GERAIS. Assembleia Legislativa do Estado de Minas Gerais. Lei nº 14.185, de 31 de janeiro de 2002. Dispõe sobre o processo de produção de queijo Minas artesanal e dá outras providências. Belo Horizonte: **Assembleia Legislativa do Estado de Minas Gerais**, 2002. Disponível em: <<http://www.almg.gov.br/>>. Acessado em 22 de janeiro de 2022.

MINAS GERAIS. Portaria nº 1397 de fevereiro de 2014. Identifica a microrregião do Triângulo Mineiro como produtora de queijo minas artesanal. 2014. **Palácio da Liberdade**, Belo Horizonte, 13 fev., 2014.

QUALIDADE FÍSICO-QUÍMICA DO QUEIJO MINAS ARTESANAL

PRODUZIDO NO MUNICÍPIO DE UBERLÂNDIA – MG

Leila Rodrigues Carrijo¹;

Instituto Federal do Triângulo Mineiro – *Campus* Uberlândia (IFTM), Uberlândia, MG.

<http://lattes.cnpq.br/8778589472052149>

Ana Cláudia Carrijo²;

Instituto Federal do Triângulo Mineiro – *Campus* Uberlândia (IFTM), Uberlândia, MG.

<http://lattes.cnpq.br/1198984661108668>

Fernanda Raghianti³;

Instituto Federal do Triângulo Mineiro – *Campus* Uberlândia (IFTM), Uberlândia, MG.

<http://lattes.cnpq.br/1258710253836494>

Deborah Santesso Bonnas⁴;

Instituto Federal do Triângulo Mineiro – *Campus* Uberlândia (IFTM), Uberlândia, MG.

<http://lattes.cnpq.br/4880832449286143>

Elaine Alves dos Santos⁵.

Instituto Federal do Triângulo Mineiro – *Campus* Uberlândia (IFTM), Uberlândia, MG.

<http://lattes.cnpq.br/7870619050486209>

RESUMO: Considera-se queijo artesanal o queijo produzido com leite fresco e cru, em propriedade de pecuária leiteira. Neste estudo avaliou-se as características físico-químicas de queijos minas artesanais produzidos em Uberlândia. Os queijos foram adquiridos de produtores identificados junto a Secretaria Municipal de Agropecuária e Abastecimento de Uberlândia que concordaram em participar da pesquisa. Foram coletadas duas (02) amostras de cada produtor para os tempos 0, 7, 14 e 21 dias de maturação, totalizando 32 amostras. Das peças íntegras foram aferidos o diâmetro e a massa. As análises foram realizadas em triplicata, a partir das amostras trituradas. Foram determinados, o pH, a acidez titulável, cinzas, cloretos a partir das cinzas; proteínas, lipídeos pelo método de Gerber e umidade em estufa a 105 °C. Os parâmetros umidade e lipídios foram comparados com a Portaria 146 (1996). Os valores médios para os parâmetros analisados estão de acordo com os descritos na literatura: diâmetro: 14,7 cm; massa: 820,0 g; acidez titulável: 0,8%; pH: 5,2; umidade: 40,4%; cinzas: 5,0%; cloreto: 1,9%; proteínas: 23,7% e lipídios: 24,0%. Não foi observado semelhança significativa entre os quatro produtores para nenhum dos

parâmetros analisados.

PALAVRAS-CHAVES: Microrregião produtora. Padrão físico químico. Agroindústria.

PHYSICAL AND CHEMICAL QUALITY OF ARTISANAL MINAS CHEESE PRODUCED IN UBERLÂNDIA CITY, MINAS GERAIS STATE

ABSTRACT: Artisanal cheese is defined as cheese produced with fresh, raw milk on dairy farms. This study evaluated the physical and chemical characteristics of artisanal Minas cheese produced in Uberlândia. The cheeses were purchased from producers identified by the Municipal Secretary of Agriculture and Supply of Uberlândia who agreed to participate in the study. Two (02) samples were collected from each producer at 0, 7, 14, and 21 days of maturation, totaling 32 samples. The diameter and mass of the intact pieces were measured. The analyses were performed in triplicate, using crushed samples. The following were determined: pH, titratable acidity, ash, chlorides from ash; proteins, lipids using the Gerber method, and moisture in an oven at 105 °C. The moisture and lipid parameters were compared with Ordinance 146 (1996). The average values for the parameters analyzed are in accordance with those described in the literature: diameter: 14.7 cm; mass: 820.0 g; titratable acidity: 0.8 %; pH: 5.2; moisture: 40.4 %; ash: 5.0 %; chloride: 1.9 %; proteins: 23.7 % and lipids: 24.0 %. No significant similarity was observed between the four producers for any of the parameters analyzed.

KEY-WORDS: Producing micro-region. Physical and chemical standard. Agroindustry.

INTRODUÇÃO

Considera-se Queijo Minas Artesanal, o queijo elaborado a partir do leite de vaca, integral, fresco, cru, hígido e recém ordenhado, com utilização de cultura láctica natural, que apresente consistência firme, cor e sabor próprios, massa uniforme, isenta de corantes e conservantes, com ou sem olhaduras mecânicas, produzido dentro do estado de Minas Gerais, conforme a tradição histórica e cultural da região de origem (Minas Gerais, 2024), sendo a matéria prima produzida em estabelecimento rural produtor de leite que respeite as boas práticas agropecuárias (Minas Gerais, 2020).

Em 2014 por meio da Portaria nº 1397, de 13 de fevereiro de 2014, do Instituto Mineiro de Agropecuária (IMA) por meio do estudo técnico, o Triângulo Mineiro foi reconhecido como à sexta microrregião de produção do queijo Minas artesanal. Abrangendo os seguintes municípios: Araguari, Cascalho Rico, Estrela do Sul, Indianópolis, Monte Alegre de Minas, Monte Carmelo, Nova Ponte, Romaria, Tupaciguara e Uberlândia (Minas gerais, 2014).

Apesar do reconhecimento recente obtido pelo queijo de Uberlândia em relação aos processos de fabricação, e da criação da Lei ordinária nº 10.800, de 13 de junho de 2011

que regulamenta a produção de queijo minas artesanal na cidade (Uberlândia, 2011) existe ainda a necessidade de se caracterizar o produto final, a fim de destacar os aspectos e características específicas do produto regional.

OBJETIVO

O presente estudo teve por objetivo avaliar por meio de análises físico-químicas o queijo minas artesanal produzido em Uberlândia-MG, podendo assim ser formulada uma identidade para o queijo de tal região.

MATERIAL E MÉTODOS

Os produtores participantes foram identificados e indicados pela Secretaria Municipal de Agropecuária e Abastecimento da Prefeitura Municipal de Uberlândia pelo seu processo de fabricação e interesse em certificação para comercialização. Foram selecionados 04 produtores que concordaram em participar da pesquisa nomeados com códigos 1, 2, 3 e 4 a fim de preservar a identidade pessoal de cada um.

De cada produtor adquiriu-se duas amostras de queijos para cada um dos tempos de maturação: 0, 7, 14 e 21 dias. O tempo '0' se refere aos queijos recém-fabricados; '7' a sete dias de fabricação; '14' a quatorze dias de fabricação e '21' a vinte e um dias de fabricação. As coletas foram feitas entre os meses de junho e agosto de 2015.

Das peças íntegras foi aferido o diâmetro e peso de cada amostra. Após triturar e homogeneizar as amostras realizou-se os seguintes testes: pH; acidez titulável; umidade; cinzas; cloreto; proteínas e lipídeos. Os resultados obtidos em triplicata foram tratados por meio do cálculo da média dos parâmetros analisados em função de cada produtor e do tempo de maturação estudado.

A determinação do pH foi realizada através de leitura direta, com emprego de um pHgâmetro digital de bancada PG 2000 (Gehaka), (AOAC, 1995). Para determinar a acidez total titulável a solução preparada para a aferição do pH foi filtrada em filtro de papel e foi titulada com solução de NaOH 0,01N (AOAC, 1995). A determinação da umidade foi realizada em estufa a 105 °C (AOAC, 1995). A determinação de cinzas foi realizada em mufla a 550 °C de acordo com Brasil (1981). O parâmetro cloreto foi determinado a partir das cinzas pelo método de Mohr (Brasil, 1981). O conteúdo proteico da amostra foi determinado pelo método de Kjeldahl, sendo que o conteúdo de nitrogênio obtido foi convertido em proteína por meio de fator de conversão 6,38 (AOAC, 1995). O teor de lipídios foi determinado pelo método de Gerber (AOAC, 1995).

Os parâmetros umidade e lipídios foram comparados com a Portaria 146, de 07 de março de 1996 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Brasil, 1996).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Como dados referentes aos produtores e dos aspectos da produção obtivemos os seguintes resultados, o leite utilizado para a produção dos queijos maturados é oriundo somente da propriedade; os produtores 2, 3 e 4 realizam ordenha mecânica, e o produtor 1 ordenha manual. Em relação a metodologia de fabricação os produtores 1 e 2 não fazem uso do “pingo” na produção dos queijos, já os produtores 3 e 4 usam o “pingo” como coadjuvante na fermentação dos queijos; quanto a salga dos queijos o produtor 2 realiza a salga na massa enquanto os demais (1,3 e 4) a realizam na superfície das peças prontas.

Os resultados físico químicos das amostras de queijo minas artesanal do município de Uberlândia, MG, analisados neste trabalho, para os parâmetros diâmetro, massa, pH, acidez titulável, umidade, cinzas, cloreto, proteínas e lipídeos estão dispostos na Tabela 1, por meio do cálculo da média por parâmetro tendo como dados os resultados parciais de cada produtor para os quatro tempos de maturação analisados nas amostras de queijo minas artesanal de Uberlândia, MG. A Tabela 1 também traz o intervalo do valor mínimo e máximo para cada parâmetro e dados disponíveis na literatura para queijos minas artesanal de outras regiões do Estado.

Para o parâmetro diâmetro Machado *et al.* (2004) verificou um valor médio de 13,60 para queijos na região do Serro-MG. No trabalho realizado com 20 amostras de queijos tratadas em duplicata, com 6 dias de fabricação. Observou-se que os queijos minas de Uberlândia analisados apresentaram diâmetro médio de 14,7 (Tabela 1) sendo este valor maior que o estabelecido para os queijos do Serro com 6 dias de maturação. Furtado (1980) encontrou para queijos artesanais também do Serro diâmetro aproximado de 14 cm.

Tabela 1: Valores médios calculados por produtores (queijaria) pelos tempos de maturação analisados de cada parâmetro, para os queijos minas artesanal produzidos em Uberlândia, MG, sob inspeção, e valores da literatura.

Parâmetro	Média	Intervalo	Araújo (2004)	Machado et al. (2004)	Silva (2007)	Resende (2010)	Soares (2014)
Diâmetro (cm)	14,7	12,6 a 16,6	-	13,60	-	-	-
Massa (g)	820,0	524,2 a 1225,0	-	927,30	-	-	-
Acidez Titulável (%)	0,8	0,1 a 1,7,0	0,77	0,28	1,21	0,65	1,97
pH	5,2	4,3 a 6,2	4,85	4,98	5,24	4,26 a 6,57	-
Umidade (%)	40,4	23,8 a 69,6	45,05	50,84	43,63	43,49	35,39
Cinzas (%)	5,0	1,5 a 10,8	-	3,79	-	-	5,3
Cloreto (%)	1,9	0,6 a 4,2	0,91 a 2,59	4,39	1,95	-	2,08
Proteína (%)	23,7	14,1 a 31,9	24,40	17,06	23,9	23,18	27,5
Lipídeos (%)	24	11 a 38	28,29	29,22	28,15	27,58	30,1

Para a massa Machado *et al.* (2004) verificou uma média de 927,30 gramas por queijo (com 6 dias de fabricação). Comparando-se as amostras de 7 dias analisadas neste trabalho apenas o queijo do produtor 3 possui maior massa que os do Serro, como pode ser observado na Tabela 2. A massa média encontrada para os 32 queijos (dos quatro produtores nos quatro tempos de maturação) analisados neste trabalho foi de 820 gramas. Este parâmetro se apresenta menor em virtude dos queijos de 21 dias que apresentaram massa entre 533,3 e 720,0 g (Tabela 1).

O pH médio para os queijos analisados em Uberlândia, MG foi de 5,2 (4,3 - 6,2). Machado *et al.* (2004) encontrou valor médio de 4,98, Silva (2007), encontrou valor médio de pH em queijos Canastra com 8 dias de fabricação de 5,24, sendo este próximo dos valores encontrados neste trabalho. Araújo (2004) encontrou valores de pH variando de 4,39 a 5,23 para queijos de Araxá com 8 dias de maturação. Em queijos da Serra da Canastra, com período de maturação variando entre 7 e 15 dias, Resende (2010) encontrou valores de pH variando de 4,25 a 6,57.

Para o parâmetro acidez Araújo (2004) encontrou valores entre 0,51% e 1,20% em seu estudo. No estudo de Machado *et al.* (2004) a acidez média foi de 0,28%; Silva (2007) encontrou valores médios de 1,21% e Resende (2010), 0,65%. Os valores encontrados neste trabalho, apresentam média de 0,84% com intervalo de 0,15 a 1,70%, estando portanto, próximos aos descritos na literatura para os queijos minas artesanais.

Furtado (1983), Silva (2007) e Resende (2010) afirmam que o processo de prensagem influencia o pH e a acidez final do queijo. A lactose presente no soro pode ser eliminada em maior ou menor quantidade da massa dependendo da força e do tempo de prensagem da coalhada. Assim diferentes teores de lactose podem ser convertidos em ácido láctico nos queijos por bactérias ácido lácteas provenientes do leite, soro-fermento e ambiente (Resende, 2010). Em relação aos produtores analisados, todos usam coalho químico, sendo que os produtores 3 e 4 adicionam conjuntamente o “pingo”. Mas em virtude do pequeno espaço amostral deste trabalho não foi possível estabelecer conclusões quanto ao uso ou não do pingo nos queijos.

O valor médio de umidade determinado neste trabalho é de 40,4% (intervalo de 23,8% a 69,6%). Valor semelhante ao encontrados por demais autores. Soares (2014), Araújo (2004) e Silva (2007) encontraram valores médios de umidade de 35,39%, 45,05% (intervalo de 39 a 45,05%) e 43,63%, respectivamente. Nos estudos de Machado *et al.* (2004) e Resende *et al.* (2010), os valores médios de umidade foram de 50,84% e 43,49%, respectivamente.

Vários fatores estão relacionados com a alteração da umidade nos queijos, como temperatura de coagulação, quantidade de coalho, corte da coalhada, mexedura, salga e condições de maturação (Furtado, 1990).

Para o teor de cinzas foi estabelecido neste trabalho um valor médio de 5,0%, Machado (2004) determinou para queijos do Serro com 6 dias de fabricação 3,79% e Soares (2014) encontrou valores médios de 5,3% de cinzas para queijos de Uberlândia. Resende *et al.* (2010) ressalta que as variações no teor de minerais está ligada a falta de padronização no processo produtivo dos queijos, a variação da quantidade de soro-fermento utilizado, por espécies e microbiota endógena do soro-fermento e por variações no tempo e quantidade de sal utilizada no processo de salga dos queijos.

Araújo (2004) encontrou teores de cloreto variando entre 0,91% a 2,59%. Vargas (1998) obteve 1,88% de cloretos para queijos Canastra da região de São Roque de Minas. Oliveira (1999) observou em queijos curados coletados em Belo Horizonte média de 2,34%. Machado *et al.* (2004) e Silva (2007) encontraram valores médios de 4,391 e 95% respectivamente. Para queijos com 8 dias de maturação Soares (2014) encontrou média de 2,08%. Estes valores estão próximos aos encontrados nos queijos de Uberlândia analisados no período de 2015, que é, média de 1,9% com intervalo de 0,6% a 4,2%.

De acordo com Silva (2007) a variação no teor de cloretos dos queijos se dá em virtude da quantidade e do tipo de sal utilizado na salga. Por sua vez a quantidade geralmente é estabelecida pelo produtor de acordo com as exigências dos consumidores. E varia de acordo com os saberes adquiridos por cada produtor.

O valor médio encontrado neste trabalho para o teor proteínas foi de 23,7%. Silva (2007) encontrou valor médio de proteína de 23,9%, para queijos minas artesanal da Canastra, Velloso *et al.* (2003) encontrou para queijos da mesma região com 10 a 20 dias de maturação média de 27,35%. Para queijos de Uberlândia Soares (2014) encontrou valores de 27,5%. Araujo (2004), Machado *et al.* (2004) e Resende (2010) encontraram os seguintes valores médios para proteína, 24,40%, 17,06 e 23,18%. Estes valores estão próximos aos determinados em nosso estudo.

A quantidade de proteínas nos queijos é afetada por fatores como, temperatura baixa durante a coagulação do leite, corte e mexedura da massa. Estes fatores são subjetivos em produções artesanais, pois são dependentes do tempo entre ordenha e fabricação dos queijos, da avaliação do tempo do “ponto” pelos produtores, variabilidade entre os agentes coagulantes utilizados. Quando a massa é quebrada antes do ponto ocorre a perda de proteína pelo soro pois a coalhada não havia desenvolvido rigidez suficiente para formar um entrelaçado resistente (Silva, 2007; Araújo, 2004).

Soares (2014) encontrou para queijos de Uberlândia - MG com 8 dias de maturação teor médio de gordura de 30,1%. Este valor foi maior aos estabelecidos neste trabalho para quase todas as amostras dos quatro tempos (Tabela 10). Sendo o valor médio encontrado neste trabalho de 24% com intervalo de 11% a 38%. Machado *et al.* E Silva (2007) encontrou valor médio de 29,22% e 28,15%, respectivamente. Para queijos produzidos em Araxá - MG, Araújo (2004) encontrou uma média de 28,29% para amostras com 8 dias de fabricação, e Resende (2010) 27,58% para as amostras dos produtores não cadastrados na região da

canastra.

Segundo Machado (2002), os teores de gordura, proteínas e umidade estão diretamente relacionados com a prensagem e com a maneira de se trabalhar a massa do queijo Minas artesanal. Uma agitação brusca na massa pode romper a sua estrutura, liberando lipídios, proteínas e outras substâncias que serão perdidas com a dessoragem. A força aplicada durante a prensagem influenciará a maior ou menor compactação da massa, resultando em queijos com diferentes teores de umidade, proteínas e gordura.

Em relação aos resultados médios por parâmetro conclui-se que todos os valores encontrados neste trabalho estão de acordo com os valores descritos na literatura para queijos minas artesanais das diferentes regiões do Estado. Sendo que os parâmetros cloreto e lipídios foram os que mais apresentaram variações.

Embora os resultados obtidos estejam de acordo com padrões esperados apresentados pela literatura, não foi possível estabelecer um perfil para o produto, referente aos parâmetros físico químicos analisados. Embora se tenha observado uma semelhança mais estreita entre os produtores 1 e 2 e 3 e 4 para, diâmetro e massa; e entre os produtores 1 e 2 para, pH, acidez e umidade.

Deve-se considerar que Uberlândia ainda possui poucos produtores do queijo minas artesanal, a maior parte deste produto comercializado na cidade em feiras livres e no mercado municipal é oriunda de cidades vizinhas (dados observados durante o desenvolvimento do presente estudo). Em virtude do espaço amostral ser pequeno, é necessário, portanto, um número maior de produtores e de amostras para tentar chegar a um perfil do queijo minas artesanal dessa microrregião.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Concluiu-se que, ainda não é possível estabelecer um perfil das características físico-químicas para o queijo minas artesanal produzido em Uberlândia, MG, em função do tempo de maturação. Porém os resultados obtidos indicam que o queijo fabricado se encontra dentro de padrões similares à queijos produzidos em outras regiões do Estado. Observou-se uma variação em relação a tecnologia de fabricação, produção da matéria prima entre outros fatores. É importante que se defina parâmetros de produção a fim de caracterizar este produto buscando assim sua valorização no mercado.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFICAS

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTRY (AOAC). **Official methods of analysis of AOAC international**. 14 ed., Arlington, 1995.

ARAÚJO, R. A. B. M., **Diagnostico socioeconômico, cultural e avaliação dos parâmetros físico-químicos e microbiológicos do queijo minas artesanal da região de Araxá**.

Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia dos alimentos). Universidade Federal de Viçosa, 2004. 121 p.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Laboratório Nacional de Referência Animal (LANARA). **Métodos Analíticos Oficiais para controle de produtos de origem animal e seus ingredientes**. Brasília, DF, 1981.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Portaria nº 146 de 07 de março de 1996. Regulamento técnico geral para fixação de requisitos microbiológicos de queijos. **Brasília: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento**, 1996. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/>>. Acesso em 3 jan., 2025.

FURTADO, M. M. Queijo do Serro: Tradição na história do povo mineiro. **Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes**, Juiz de Fora, v. 35, n. 210, p. 33-36, 1980.

FURTADO, M. M. Algumas considerações a respeito da fabricação dos queijos Prato e Minas curado. **Boletim do Leite**, Rio de Janeiro v. 55, n. 657, p. 1-66, 1983.

MACHADO, E.C. **Características físico químicas e sensoriais do queijo Minas artesanal produzido na região do Serro, Minas Gerais**. Dissertação (Mestrado em Medicina Veterinária) – Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte. 2002. 49f.

MACHADO, E. C.; FERREIRA, C. L. L.F.; FONSECA, L. M.; SOARES, F. M.; JÚNIOR, F. N. P. Características físico químicas e sensoriais do Queijo Minas Artesanal produzido na região do Serro, Minas Gerais. **Ciências e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 24, n. 4, p. 516-521, out./dez. 2004.

MINAS GERAIS, INSTITUTO MINEIRO DE AGROPECUÁRIA – IMA. Portaria IMA Nº 2303 DE 20/05/2024. Estabelece o Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade do Queijo Minas Artesanal. Acesso em 22 de ago. de 2025. Disponível em: <https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=459460#:~:text=Estabelece%20o%20Regulamento%20T%C3%A9cnico%20de,o%20inciso%20I%20do%20art.>

MINAS GERAIS. Assembleia Legislativa do Estado de Minas Gerais. Decreto nº 48.024, de 19/08/2020. Decreto nº 48.024, de 19/08/2020. Regulamenta a Lei nº 23.157, de 18 de dezembro de 2018, que dispõe sobre a produção e a comercialização dos queijos artesanais de Minas Gerais. Acesso em 22 de ago. de 2025. Disponível em: <https://www.almg.gov.br/legislacao-mineira/texto/DEC/48024/2020/> .

OLIVEIRA, F. A. **Perfil do queijo Minas curado destinado a fabricação de pão de queijo**. Dissertação (Mestrado em Ciências e Tecnologia de Alimentos) Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG, 1999.112 p.

RESENDE, M. de F. S.de. **Queijo Minas artesanal da Serra da Canastra: influência da altitude e do nível de cadastramento das queijarias nas características físico-químicas e microbiológicas**. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal) - Universidade Federal

de Minas Gerais, 2010. 72 p.

RESENDE, P. H. L.; MENDONÇA, E. P.; MELO, R. T. de; COELHO, L. R.; MONTEIRO, G. P.; ROSSI, D. A.; Aspectos sanitários do queijo minas artesanal comercializado em feiras livres. . **Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes**, v. 65, n. 377, p 36-42, nov/dez, 2010.

SILVA, J.G. **Características físicas, físico-químicas e sensoriais do queijo Minas artesanal da Canastra**. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) – Universidade Federal de Lavras, Lavras. 2007. 198p.

SOARES, D. B. **Caracterização físico-química e microbiológica do queijo minas artesanal na região de Uberlândia, MG**. Dissertação (Mestrado em Ciências Veterinárias) Universidade Federal de Uberlândia, 2014. 124 p.

UBERLÂNDIA. Lei nº 10.800, de 13 de junho de 2011. Dispõe sobre o processo de produção do queijo e do requeijão artesanais no município de Uberlândia e dá outras providências. **Diário Oficial do Município**, Uberlândia, MG, 14 jun. 2011. Edição especial, p.1.

VARGAS, O. L.; PORTO, M. A. C.; BRITO, A. L. de. Característica de origens para queijos naturais de Minas Gerais: Município do Serro e de São Roque de Minas. **Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes**, Juiz de Fora, v. 53, n. 301/303, p. 19-49, jan./jun. 1998.

VELLOSSO, C. R. V.; XAVIER, E.; GUSMAO, M. D.; LOPES, A. C. F.; MELLO, C. A.; PENA, L. A.; SILVEIRA, L. A. da; CAETANO, J. L. V. Avaliação da composição e da qualidade microbiológica dos queijos Minas Araxá, do Serro e da Canastra. **Higiene Alimentar**. São Paulo, v. 17, n. 101-105, jan/fev, 2003.

FONTES PROTEÍCIAS INOVADORAS À BASE DE VAGEM DO CACAU (*Theobroma cacao* L.) COMO INGREDIENTE FUNCIONAL E SUSTENTÁVEL NA INDÚSTRIA DE CARNES

Jéssica Silva Miranda¹;

Universidade Federal de Goiás (UFG), Goiânia, Goiás.

<https://lattes.cnpq.br/9397352409183874>

Eliane Teixeira Mársico²;

Universidade Federal Fluminense (UFF), Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

<http://lattes.cnpq.br/3971598714445106>

Gustavo Henrique Amaral Monteiro Rocha³;

Universidade Federal de Goiás (UFG), Goiânia, Goiás.

<http://lattes.cnpq.br/4535672303979643>

Tatianne Ferreira de Oliveira⁴;

Universidade Federal de Goiás (UFG), Goiânia, Goiás.

<http://lattes.cnpq.br/2017895913160804>

Tânia Aparecida Pinto de Castro Ferreira⁵.

Universidade Federal de Goiás (UFG), Goiânia, Goiás.

<http://lattes.cnpq.br/0312123979235562>

RESUMO: A sustentabilidade na cadeia produtiva de alimentos é um desafio global, especialmente na indústria de produtos cárneos, que promove o uso intensivo de recursos naturais e emissão de gases efeito estufa. Alternativas alimentares inovadoras têm sido propostas para reduzir impactos ambientais na indústria de cárneos, em consonância com os Objetivos do Desenvolvimento Sustentável. Dentre essas alternativas está a vagem de cacau, maior resíduo do processamento do fruto (70–76%). É rica em polifenóis (4,6–6,9%), proteínas (7–10%), pectina (6–12,6%) e carboidratos (32–47%). Esta é uma revisão narrativa sobre relatos de aplicação da vagem do cacau como ingrediente funcional e sustentável em alimentos cárneos “plant-based”, com ênfase em sua aplicação como alternativa a análogos e/ou substitutos de produtos cárneos. Dados observados na literatura demonstraram que a vagem de cacau possui diversos compostos bioativos, dentre eles fibras alimentares e compósitos fenólicos que conferem propriedades antioxidantes e emulsificantes, melhorando a estabilidade, textura e valor nutricional do produto. Com isso,

podem reduzir o uso de aditivos químicos, além de agregar valor econômico e tecnológico e contribuir para a redução do desperdício de alimentos. Mais estudos são necessários para consolidar sua aplicação e confirmar benefícios à saúde humana e ao meio ambiente.

PALAVRAS-CHAVE: Primeira. baseado em planta. Segunda. Análogos. Terceira. Economia circular.

INNOVATIVE PROTEIN SOURCES BASED ON COCOA POD (*Theobroma cacao* L.) AS A FUNCTIONAL AND SUSTAINABLE INGREDIENT IN THE MEAT INDUSTRY

ABSTRACT: Sustainability in the food production chain is a global challenge, especially in the meat industry, which promotes the intensive use of natural resources and greenhouse gas emissions. Innovative food alternatives have been proposed to reduce environmental impacts in the meat industry, in line with the Sustainable Development Goals. Among these alternatives is the cocoa pod, the main by-product of cocoa processing (70–76%). It is rich in polyphenols (4.6–6.9%), proteins (7–10%), pectin (6–12.6%), and carbohydrates (32–47%). This narrative review addresses reports on the application of cocoa pod as a functional and sustainable ingredient in plant-based meat products, with emphasis on its use as an alternative for analogs and/or substitutes for meat products. Evidence from the literature has demonstrated that cocoa pods contains several bioactive compounds, including dietary fibers and phenolic compounds that provide antioxidant and emulsifying properties, improving the stability, texture, and nutritional value of the final product. Consequently, it may reduce the use of chemical additives while adding economic and technological value and contributing to the reduction of food waste. Further studies are required to consolidate its application and confirm the benefits for human health and the environment.

KEY-WORDS: First. Plant-based. Second. Analogues. Third. Circular economy.

INTRODUÇÃO

O crescimento populacional e as mudanças climáticas impõem desafios significativos à segurança alimentar global. Estima-se que até 2050 a população mundial atinja nove bilhões de pessoas, exigindo um aumento de 70% na produção de alimentos para atender à demanda (OCDE-FAO, 2021). A FAO projeta um aumento no consumo global de proteína animal até 2030, de 14%, podendo chegar a 1,3 vezes o volume consumido entre 2005 e 2050 (GODFRAY, et al., 2018; OCDE-FAO, 2021). A pecuária e produção de carne bovina representa um dos setores mais importantes do ponto de vista ambiental. Tem sido responsável por altas emissões de gases de efeito estufa, pelo elevado consumo de recursos naturais e pela degradação ambiental (GUO; GU; MENG, 2024; SHAHID et al., 2024).

Nesse contexto, os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da Organização das Nações Unidas (ONU) propõem diretrizes para garantir produção e consumo sustentáveis, com foco na redução do desperdício de alimentos e na busca por soluções inovadoras para o setor agroalimentar. O ODS 12, por exemplo, incentiva práticas de produção sustentável, enquanto o ODS 13 destaca a necessidade de ações para combater as mudanças climáticas (UNITED NATIONS, 2024). A indústria de alimentos, incluindo a produção de carnes e seus substitutos, deve alinhar-se a essas metas, promovendo estratégias para minimizar impactos ambientais, reduzir perdas e agregar valor à subprodutos agroindustriais.

A valorização de resíduos agroalimentares tem se mostrado uma alternativa promissora para atender a essas exigências. O setor cacaueteiro, por exemplo, gera um volume significativo de resíduos ao longo da sua cadeia produtiva, pois para a fabricação de chocolate, são utilizados apenas 20% do fruto do cacau. Cerca de 70-80% da biomassa do fruto é descartada, dentre eles vagens, cascas de nibs e polpa. O descarte inadequado desses resíduos, realizado muitas vezes nas próprias fazendas, pode resultar na fermentação descontrolada da biomassa favorecendo a proliferação de doenças e pragas, além promover perdas econômicas (CAMPOS-VEGA; NIETO-FIGUEROA; OOMAH, 2018; LU et al., 2018).

O cacau (*Theobroma cacao* L.), fruto do cacaueteiro pertencente à família Malvaceae, apresenta formato alongado e é tradicionalmente classificado em três principais variedades: Criollo, Forastero e Trinitário. Sua estrutura é composta por uma casca externa rugosa, polpa adocicada e sementes de grandes dimensões, conhecidas como amêndoas. A casca, também chamada de pericarpo ou vagem, representa cerca de 70 a 80% do peso total do fruto, sendo formada por três camadas distintas: epicarpo (camada externa), mesocarpo (intermediária e espessa) e endocarpo (camada interna em contato com a polpa) (SENAR, 2018).

A vagem do cacau, que representa cerca de 70% do peso do fruto, vem sendo estudada pelo seu potencial nutricional e funcional com relação às suas aplicações na indústria de alimentos. Sua composição inclui proteínas (7-10%), cinzas (6,4-8,4%), pectina (6-12,6%), celulose (19,7-26,1%) e carboidratos (32-47%), além de ser rico em compostos bioativos como polifenóis (4,6-6,9%), flavonoides (catequina, epicatequina, quercetina), ácidos fenólicos (gálico e protocatecuico) e metilxantinas (LU et al., 2018; NIETO et al., 2020; VELÁSQUEZ-JIMÉNEZ et al., 2023).

Na indústria de produtos cárneos e seus análogos, a busca por ingredientes naturais que substituem aditivos sintéticos tem se intensificado. A presença de antioxidantes naturais e fibras pode contribuir para melhorar a estabilidade oxidativa, a retenção de umidade e a qualidade sensorial dos produtos (DELGADO-OSPINA et al., 2021).

Um dos maiores desafios dos alimentos plant-based e análogos de carne é reproduzir as características organolépticas desejadas dos produtos cárneos, tais como textura, sabor e aparência. Alguns ingredientes podem além dessas características, agregar valor por

serem ingredientes naturais que melhoram a funcionalidade, o valor nutricional e a pegada de carbono da produção de chocolates, com a aplicação em produtos cárneos como uma solução viável e sustentável para a redução do consumo e produção de carne bovina. Para a elaboração desta revisão narrativa, foram consultados artigos publicados entre 2014 e 2024, disponíveis em bases como ScienceDirect, Scopus e Web of Science, com ênfase em estudos sobre a utilização da vagem do cacau em produtos cárneos e análogos plant-based.

OBJETIVO

Avaliar o potencial da vagem do cacau como ingrediente natural na indústria de produtos cárneos e seus análogos, explorando seus benefícios tecnológicos, nutricionais e sua contribuição para a sustentabilidade na cadeia produtiva.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Aplicações da vagem de cacau em alimentos

Vagens de cacau já foram utilizadas em vários tipos de alimentos, passando por salsichas tipo Frankfurt (DELGADO-OSPINA et al., 2021); de pães produzidos com farinha de cacau substituindo parcialmente a farinha de trigo integral ou fermentada (HAASE ET AL., 2024); incorporado como antioxidante natural em óleo de soja (RAMOS ET AL., 2023) e por fim em análogos de carne com feijão caupi por meio da pectina oriunda do extrato da vagem (WIBOWO; SWASTI; PRANATA, 2023). As salsichas do tipo Frankfurt utilizaram a vagem de cacau como substituto parcial do amido em três formulações. Houve aumento no teor de proteínas, fibras, umidade e pH e redução nos teores de lipídios, devido à baixa capacidade de retenção de óleo da amostra. A substituição de farinha de trigo integral e fermentada demonstrou que a substituição parcial de farinha de trigo é viável. Entretanto, a escalabilidade industrial demanda mais estudos. Já a adição de vagem em formulações fermentadas e extrusadas aumentou o volume de produtos com elevado teor de umidade e possibilitou o uso deste subproduto como emulsificante ou estabilizante natural e *clean label*. Produtos *clean label* vem ganhando destaque na indústria de alimentos, especialmente em formulações cárneas e plant-based, por responderem à demanda por produtos com rótulos simples, transparentes e com substâncias naturais. Nesta tendência, busca-se substituir aditivos químicos sintéticos por ingredientes funcionais de origem natural, como fibras alimentares, proteínas e compostos bioativos oriundos dos resíduos agroindustriais (PEREIRA et al., 2024; TOSIF et al., 2025).

O uso do extrato da vagem como suplemento antioxidante em óleo de soja, demonstrou incremento de $\approx 48\%$ na atividade antioxidante em relação ao controle, reduzindo a oxidação lipídica. Esse resultado reforça a viabilidade de sua aplicação em produtos gordurosos, como embutidos e extrusados, incluindo análogos cárneos (RAMOS et al., 2023).

A substituição de pectina comercial por extrato de vagem de cacau em análogos de carne elaborados com farinha de feijão-caupi demonstrou que houve influência direta na textura, aumentando da mastigabilidade e gomosidade e redução da dureza. Além disso, conferiu coloração marrom natural ao produto, evidenciando potencial de corante natural. A formulação contendo 99% de farinha de feijão-caupi e 1% de extrato da vagem apresentou o melhor desempenho físico, microbiológico e sensorial (WIBOWO; SWASTI; PRANATA, 2023).

Outros autores produziram um ingrediente para serem incorporados em vários tipos de produtos a base de farinha de vagem e farinha de cogumelo. Obtiveram resultados promissores em relação à aceitabilidade do produto pelos consumidores (VALENZUELA-COBOS et al., 2023).

A literatura mostrou aplicação de vagem de cacau em salsichas tipo Frankfurt, pães integrais ou fermentado, como antioxidante natural de óleo de soja, misturado com farinha com cogumelo e em produtos análogos de carne com feijão caupi e pectina extraída da vagem de cacau. Essas aplicações relatadas corroboram o potencial da vagem como ingrediente sustentável em matrizes proteicas alternativas.

Composição nutricional da vagem do cacau

Do ponto de vista nutricional, a vagem do cacau é reconhecida por seu elevado teor de fibras (HAASE et al., 2024; CAMPOS-VEGA; NIETO-FIGUEROA; OOMAH, 2018; VELÁSQUEZ-JIMÉNEZ et al., 2023; DELGADO-OSPINA et al., 2021). A incorporação de fibras alimentares em formulações cárneas é uma estratégia promissora para o desenvolvimento de produtos mais saudáveis e funcionais. Além disso, fibras exercem efeito tecnológico importante, pois atuam na retenção de água e gordura, melhorando a textura, suculência e rendimento dos produtos, contribuem para a estabilidade oxidativa e prolongamento da vida útil. Do ponto de vista nutricional-fisiológico, a adição de fibras está associada à redução do teor calórico e lipídico dos alimentos, ao aumento da saciedade e à promoção da saúde digestiva e metabólica, alinhando esses produtos às demandas dos consumidores por alimentos com apelo funcional fisiológico (DAS et al., 2020; RAMOS et al., 2023; VELÁSQUEZ-JIMÉNEZ et al., 2023).

A farinha integral a base de vagem de cacau incorporada em pães apresentou teores de fibras totais de $\approx 63\%$, 10% solúveis e 53% insolúveis. Após a fermentação, os autores observaram aumento para $\approx 73\%$ nas fibras, com predomínio da fração insolúvel ($\approx 71\%$) e redução da fração solúvel (0,2%), possivelmente consumida pelos microrganismos fermentativos durante o processo fermentativo. Esses resultados evidenciam que o processamento pode modificar significativamente a composição proporcional da matriz. O estudo de Velásquez-Jiménez et al., (2023) reforça que ao mostrar o aumento do teor de fibras totais e de fibras insolúveis em formulações contendo maior concentração de vagem de cacau e menor teor em fibras solúveis após a fermentação de extrusado elaborado com

a vagem do cacau (HAASE et al., 2024).

A adição de proteínas em formulações cárneas e seus análogos desempenha papel essencial tanto no aspecto tecnológico quanto nutricional. Do ponto de vista tecnológico, proteínas vegetais e de subprodutos agroindustriais contribuem para a capacidade de emulsificação, gelificação e retenção de água, melhorando a textura, a suculência e a estabilidade dos produtos. Já sob a perspectiva nutricional, o enriquecimento proteico pode aumentar a densidade nutricional, fornecer aminoácidos essenciais e favorecer a substituição parcial de proteínas animais, atendendo à demanda crescente por alternativas mais saudáveis e sustentáveis. Estudos recentes apontam que a incorporação de proteínas provenientes da vagem do cacau, por exemplo, pode alcançar teores comparáveis aos encontrados em carnes tradicionais, destacando-se como uma fonte promissora de proteína vegetal para a indústria de alimentos (HAASE et al., 2024; RAMOS et al., 2023; GUO; GU; MENG, 2024).

A literatura também indica teores relevantes de proteínas. Haase et al. (2024) verificaram aumento de $\approx 7\%$ para $\approx 19\%$ após a fermentação da farinha de vagem, valores comparáveis aos encontrados em carnes suína e bovina, sugerindo potencial como fonte proteica alternativa de origem vegetal. O mesmo aconteceu com o extrusado elaborado por Velásquez-Jiménez et al., (2023) que verificou aumento de proteínas em formulação com maiores teores de vagem de cacau. Já Ramos et al. (2023) reportaram valores mais baixos, próximos de 5%, demonstrando que variações metodológicas e de matéria-prima podem impactar os resultados.

Além de fibras e proteínas, a vagem contém pectina em quantidades significativas. Essa característica a torna uma alternativa promissora para a pectina comercial utilizada em formulações. A pectina pode substituir agentes ligantes como o glúten. Para Delgado-Ospina et al., (2021) a aplicação da vagem do cacau em salsichas pode contribuir com a saciedade devido às propriedades funcionais das pectinas presentes nesse resíduo. Em seu estudo verificaram que o teor de fibras está associado principalmente aos teores de pectinas, fibras influenciaram as características funcionais tecnológicas em aplicações alimentares. Wibowo, Swasti e Pranata (2023) observaram que a incorporação de extrato de vagem em análogos de carne aumentou o teor de fibras solúveis relacionado à pectina e contribuiu para as propriedades tecnológicas, como textura e cor. Nessa matriz, foram relatados teores médios de $\approx 16,3\%$ de fibras solúveis e $\approx 26,1\%$ de fibras insolúveis. Velásquez-Jiménez et al., (2023) verificaram aumento no teor pectina ao elevar as concentrações da vagem do cacau.

Portanto, a composição da vagem do cacau apresenta relevância não apenas como resíduo e futuro subproduto agroindustrial, mas como ingrediente nutricionalmente rico e com grande potencial de aplicações tecnológicas.

Características tecnológicas

As propriedades tecno-funcionais da vagem do cacau são determinantes para sua aplicação em alimentos. Estudos relatam elevada capacidade de retenção de água (CRA) e de óleo (CRO), superiores às de farinhas convencionais, especialmente após fermentação, o que favorece a textura e a estabilidade de produtos com maior teor lipídico (HAASE et al., 2024). Além disso, a vagem apresenta bom desempenho como emulsificante e estabilizante natural, contribuindo para a formação de emulsões, retenção de umidade e aumento do volume em matrizes de alta umidade (VELÁSQUEZ-JIMÉNEZ et al., 2023; DELGADO-OSPINA et al., 2021).

Outro aspecto relevante é sua capacidade de formação de géis, atribuída à presença de pectina e ácido galacturônico, que conferem características de viscosidade e gelificação úteis em produtos cárneos e análogos (WIBOWO; SWASTI; PRANATA, 2023). Essas propriedades reforçam o potencial da vagem do cacau como ingrediente funcional e tecnológico versátil, com aplicações que podem melhorar textura, suculência e estabilidade em diferentes formulações alimentícias.

Características bioativas

A vagem do cacau é rica em compostos bioativos, principalmente polifenóis, flavonoides e ácidos fenólicos, associados à elevada capacidade antioxidante. Esses compostos neutralizam radicais livres, reduzem o estresse oxidativo e contribuem para a preservação da qualidade e da vida útil dos alimentos, além de apresentarem efeitos protetores contra doenças crônicas não transmissíveis.

Estudos indicam que a farinha integral da vagem contém altos teores de catequina e epicatequina, com aumento da biodisponibilidade após processos como fermentação e extrusão, resultando em maior atividade antioxidante (VELÁSQUEZ-JIMÉNEZ et al., 2023). Outro ponto relevante é a estabilidade desses compostos mesmo após o processamento térmico, o que reforça sua aplicabilidade em produtos cárneos e análogos submetidos ao cozimento (HIDALGO et al., 2019). Assim, a presença de antioxidantes naturais torna a vagem do cacau um ingrediente funcional promissor, capaz de substituir aditivos químicos sintéticos e agregar valor nutricional e tecnológico às formulações alimentícias.

A combinação dos aspectos relacionados nos artigos analisados por essa revisão determina as características e relevância da vagem de cacau para promover a sustentabilidade e a inovação na indústria de produtos análogos à carne com uso de compostos bioativos extraídos de resíduos do processamento do chocolate, que antes eram lixo, mas que hoje, na luz dos conhecimentos atuais podem gerar valor econômico e nutricional.

Considerando os múltiplos potenciais da vagem do cacau como ingrediente funcional fonte de compostos bioativos, fica explícito que seu aproveitamento não apenas agrega valor à cadeia produtiva, mas também dialoga diretamente com questões globais de

sustentabilidade. Nesse contexto, é importante analisar como a valorização desse resíduo agrícola pode contribuir para o cumprimento dos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS).

Sustentabilidade e os Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS)

Dentre os estudos selecionados, muitos destacaram a utilização da vagem do cacau sob a ótica da valorização de resíduos, especialmente para a produção de compostos bioativos e bioprodutos de valor agregado. O foco dessas pesquisas esteve voltado à sustentabilidade e ao desenvolvimento de novos ingredientes funcionais para a indústria alimentícia e de produtos cárneos, em consonância com os ODS. Entre os objetivos relacionados, destacam-se: erradicação da pobreza, fome zero e agricultura sustentável, saúde e bem-estar, trabalho decente e crescimento econômico, indústria, inovação e infraestrutura, consumo e produção responsáveis, ação contra a mudança climática e uso sustentável dos recursos naturais (UNITED NATIONS, 2024).

Os principais países produtores de cacau — Costa do Marfim, Gana, Nigéria, Indonésia, Camarões, Brasil, Equador e Colômbia (RAMOS et al., 2023; CAMPOS-VEGA; NIETO-FIGUEROA; OOMAH, 2018) enfrentam desafios significativos quanto ao manejo de resíduos, já que aproximadamente 75% do fruto corresponde à vagem descartada. Esse resíduo, quando não tratado, pode gerar problemas ambientais, como odores desagradáveis, proliferação de doenças, contaminação do solo, redução da fertilidade e emissão de gases de efeito estufa.

Assim, a valorização da vagem de cacau apresenta múltiplos potenciais, tais como mitigar impactos ambientais e criar oportunidades socioeconômicas. Para pequenos e médios produtores, especialmente em países em desenvolvimento, essa prática pode reduzir perdas, diversificar fontes de renda e fortalecer cadeias produtivas sustentáveis, alinhando a produção cacaueira com os princípios dos ODS. A integração de abordagens como “plant-based” e “clean label” permite a elaboração de produtos inovadores que conciliam saúde, sustentabilidade ambiental e aceitação do consumidor, configurando-se como estratégia promissora para a indústria alimentícia na busca por alternativas funcionais e de maior valor agregado.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A incorporação da vagem do cacau em produtos cárneos ou como análogos cárneos (plant-based) aumenta a densidade nutricional, melhora as propriedades tecnológicas e agrega apelo sustentável a esses alimentos. Contudo, os benefícios à saúde humana ainda precisam ser confirmados por estudos clínicos. Além disso, devido ao número ainda limitado de pesquisas sobre a aplicação da vagem do cacau em diferentes tipos de alimentos, são necessários novos estudos que explorem seu uso em maior escala e em diferentes matrizes

alimentares. Assim, o aproveitamento da vagem do cacau como ingrediente alimentar em análogos de carne apresenta-se como alternativa promissora do ponto de vista ambiental, econômico, tecnológico e nutricional, alinhando-se aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável e fortalecendo a transição para sistemas alimentares mais sustentáveis. Este estudo evidencia que o potencial de aproveitamento da vagem do cacau contribui para reduzir impactos ambientais associados ao acúmulo de resíduos nas fazendas de cacau, ao mesmo tempo em que gera benefícios econômicos aos produtores e promove a economia circular na cadeia produtiva. Os artigos analisados demonstram que este subproduto apresenta propriedades nutricionais e funcionais relevantes, destacando-se pelo elevado teor de fibras, pela presença de compostos antioxidantes e pelas características gelificantes e estabilizantes da pectina. Atributos que permitem classificar a vagem de cacau como ingrediente funcional, com alto valor agregado e potencial para melhorar a saúde humana por meio da promoção da saúde digestiva e do suporte à saúde metabólica.

REFERÊNCIAS

- CAMPOS-VEGA, R.; NIETO-FIGUEROA, K. H.; OOMAH, B. D. Cocoa (*Theobroma cacao* L.) pod husk: renewable source of bioactive compounds. **Trends in Food Science and Technology**, v. 81, p. 172–184, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2018.09.022>
- DAS, A. K.; NANDA, P. K.; MADANE, P.; BISWAS, S.; DAS, A.; ZHANG, W.; LORENZO, J. M. A comprehensive review on antioxidant dietary fibre enriched meat-based functional foods. **Trends in Food Science and Technology**, v. 99, p. 323–336, 2020. DOI: 10.1016/j.tifs.2020.03.010
- DELGADO-OSPINA, J., MARTUSCELLI, M., GRANDE-TOVAR, C. D., LUCAS-GONZÁLEZ, R., MOLINA-HERNANDEZ, J. B., VIUDA-MARTOS, M., FERNÁNDEZ-LÓPEZ, J., PÉREZ-ÁLVAREZ, J. Á., & CHAVES-LÓPEZ, C. Cacao pod husk flour as an ingredient for reformulating frankfurters: Effects on quality properties. **Foods**, v. 10, n. 6, 2021. DOI: <https://doi.org/10.3390/foods10061243>.
- FAO. **FAO framework on rural extreme poverty: Towards reaching Target 1.1 of the Sustainable Development**. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2019. Acesso em: 20 junho 2024.
- GODFRAY, H. C. J.; AVEYARD, P.; GARNETT, T.; HALL, J. W.; KEY, T. J.; LORIMER, J.; PIERREHUMBERT, R. ; SCARBOROUGH, P. ; SPRINGMANN, M. ; JEBB, S. A. Meat consumption, health, and the environment. **Science**, v. 361, n. 243, p. 1-8, 2018. DOI: 10.1126/science.aam5324
- GUO, J.; GU, X.; MENG, Z. Customized 3D printing to build plant-based meats: *Spirulina platensis* protein-based Pickering emulsion gels as fat analogs. **Innovative Food Science and Emerging Technologies**, v. 94, p. 103306, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2024.103306>

HAASE, T. B.; KLIS, V.; HAMMER, A. K.; LOPEZ, C. P.; VERHEYEN, C.; NAUMANN-GOLLA, S.; ZORN, H. Fermentation of cocoa pod husks with *Pleurotus salmoneo-stramineus* for food applications. **Food Science and Nutrition**, v. 12, n. 4, p. 2551–2566, 2024. DOI: 10.1002/fsn3.3937

LU, F.; RODRIGUEZ-GARCIA, J.; VAN DAMME, I.; WESTWOOD, N. J.; SHAW, L.; ROBINSON, J. S.; WARREN, G.; CHATZIFRAGKOU, A.; MCQUEEN MASON, S.; GOMEZ, L.; FAAS, L.; BALCOMBE, K.; SRINIVASAN, C.; PICCHIONI, F.; HADLEY, P.; CHARALAMPOPOULOS, D. Valorisation strategies for cocoa pod husk and its fractions. **Current Opinion in Green and Sustainable Chemistry**, v. 14, p. 80–88, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cogsc.2018.07.007>.

MELLINAS, A. C.; JIMÉNEZ, A.; GARRIGÓS, M. C. Optimization of microwave-assisted extraction of cocoa bean shell waste and evaluation of its antioxidant, physicochemical and functional properties. **LWT – Food Science and Technology**, v. 127, p. 109361, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.109361>

NIETO-FIGUEROA, K. H.; MENDOZA-GARCÍA, N. V.; GAYTÁN-MARTÍNEZ, M.; WALL-MEDRANO, A.; LOARCA-PIÑA, M. G. F.; CAMPOS-VEGA, R. Effect of drying methods on the gastrointestinal fate and bioactivity of phytochemicals from cocoa pod husk: in vitro and in silico approaches. **Food Research International**, v. 137, p. 109725, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109725>.

OECD; FAO. **OECD-FAO agricultural outlook 2021-2030**. Rome: FAO; Paris: OECD Publishing, 2021. Disponível em: https://www.oecd-ilibrary.org/agriculture-and-food/oecd-fao-agricultural-outlook-2021-2030_19428846-en. <https://doi.org/10.1787/19428846-en>. Acesso em: 20 ago. 2024.

PEREIRA, R. C.; BOURBON, A. I.; AZEVEDO, A. G.; FIGUEIRA, D.; CASTELO-BRANCO, D.; ROCHA, C.; LIMA, R. L.; CUNHA, L. M.; PASTRANA, L. M.; CERQUEIRA, M. A. Mayonnaise produced by ultrasound-assisted emulsification using plant-based and “clean label” ingredients. **Food Bioscience**, v. 61, p. 104847, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2024.104847>.

RAMOS, L. H.; CISNEROS-YUPANQUI, M.; SOTO, D. V. S.; LANTE, A.; FAVARO, L.; CASELLA, S.; BASAGLIA, M. Exploitation of Cocoa Pod Residues for the Production of Antioxidants, Polyhydroxyalkanoates, and Ethanol. **Fermentation**, v. 9, n. 9, p. 843, 2023. DOI: <https://doi.org/10.3390/fermentation9090843>.

SENAR_Serviço Nacional de Aprendizagem Rural. **Cacau**: produção, manejo e colheita - Brasília: Senar, 2018. Disponível em: <https://www.cnabrazil.org.br/assets/arquivos/215-CACAU.pdf>. Acesso em: 20 junho 2024.

SHAHID, M.; SHAH, P.; MACH, K.; RODGERS-HUNT, B.; FINNIGAN, T.; FROST, G.; NEAL, P.; HADJIKAKOU, M. The environmental impact of mycoprotein-based meat alternatives compared to plant-based meat alternatives: a systematic review. **Future Foods**, v. 10, p.

100410, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fufo.2024.100410>

TOSIF, M. M.; BAINS, A. ; GOKSEN, G.; KAUSHIK, R.; CHAWLA, P. Application of mucilage-based functional and clean-label food ingredients as vegan fat replacers in different food products. **Current Opinion in Food Science**, v. 62, p. 101275, 2025. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cofs.2025.101275>.

UNITED NATIONS. **Sustainable Development Goals**. Disponível em: <https://sdgs.un.org/goals>. Acesso em: 20 junho 2024.

VALENZUELA-COBOS, J. D.; GUEVARA-VIEJÓ, F.; GRIJALVA-ENDARA, A.; VICENTE-GALINDO, P.; GALINDO-VILLARDÓN, P.. Multivariate Statistical Techniques: a New Approach to Identify the Commercial Properties of Mixtures of Flours of *Lentinula edodes* and Cocoa Pod Husk. **Journal of Fungi**, v. 9, n. 991, p. 1-12, 2023. DOI: <https://doi.org/10.3390/jof9100991>.

VELÁSQUEZ-JIMÉNEZ, D.; LUZARDO-OCAMPO, I.; GAYTÁN-MARTÍNEZ, M.; CAMPOS-VEGA, R. Design and characterization of a solid-state fermented cacao pods and husk-based functional ingredient to potentially modulate circadian rhythm-associated proteins. **Food Bioscience**, v. 56, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2023.103199>.

WIBOWO, K. F.; SWASTI, Y. R.; PRANATA, F. S. Low fat and high protein meat analogue of cowpea (*Vigna unguiculata*) with stabilizer cocoa pod husk extract (*Theobroma cacao* L.). **Food Research**, v. 7, n. 5, p. 1–11, 2023. DOI: [https://doi.org/10.26656/fr.2017.7\(5\).789](https://doi.org/10.26656/fr.2017.7(5).789).

ÁREA TEMÁTICA: AGRONOMIA

FÓSFORO: O MACRONUTRIENTE QUE INFLUENCIA A PRODUÇÃO E A QUALIDADE DO RABANETE

Roniel Barreto de Freitas¹;

Universidade Federal do Piauí (UFPI), Bom Jesus, PI.

<http://lattes.cnpq.br/4931285654506897>

Adriana Ursulino Alves²;

Universidade Federal do Piauí (UFPI), Bom Jesus, PI.

<http://lattes.cnpq.br/3874014009497011>

Edson de Almeida Cardoso³;

Universidade Federal da Paraíba (UFPB), Areia, PB.

<http://lattes.cnpq.br/5766949579802117>

Lucas Carvalho Soares⁴;

Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ), Seropédica, RJ.

<http://lattes.cnpq.br/0490859606167537>

Gessica Lorranna Souza Ramos⁵;

Universidade Federal do Piauí (UFPI), Bom Jesus, PI.

<http://lattes.cnpq.br/9756675618512990>

Eduardo Alves de Souza⁶.

Instituto de Defesa Agropecuária e Florestal do Espírito Santo (Idaf), Vitória, ES.

<http://lattes.cnpq.br/0347044489538584>

RESUMO: O cultivo do rabanete (*Raphanus Sativus* L.) no Brasil se destaca não só pela adaptabilidade, assim como pelos benefícios nutricionais que proporciona. A adubação química é essencial para suprir as necessidades nutricionais das hortaliças e garantir altas produtividades. Diante do exposto, objetivou-se com este trabalho avaliar a produção e a qualidade de rabanete sob influência da adubação fosfatada em condições de altas temperaturas. O experimento foi conduzido em Latossolo Amarelo, em delineamento de blocos casualizados, constando de 4 blocos. Os tratamentos foram compostos de seis doses de fósforo (0, 250, 300, 350, 400 e 450 kg ha⁻¹ de P₂O₅), cuja área total do experimento foi de 105 m² (6 m de largura x 17,5 m de comprimento), e área útil da parcela constou de 0,5 m² em duas linhas centrais (80 plantas), desprezando-se 0,25 m no início e no final das linhas.

A colheita foi realizada 28 dias após a semeadura, após a colheita foram avaliados: Teores de P e M.O.; massa seca da parte aérea e raiz tuberosa; produtividade e classificação das raízes tuberosas. Observou-se que as doses de fósforo influenciaram diretamente na produção de rabanete, sendo responsiva a doses variando de 300 a 400 kg ha⁻¹.

PALAVRAS-CHAVE: *Brassicaceae*. Adubação. Produtividade.

PHOSPHORUS: THE MACRONUTRIENT THAT INFLUENCES RADISH PRODUCTION AND QUALITY

ABSTRACT: Radish (*Raphanus Sativus* L.) cultivation in Brazil stands out not only for its adaptability, but also for the nutritional benefits it provides. Chemical fertilization is essential to meet the nutritional needs of vegetables and ensure high productivity. Given the above, the objective of this study was to evaluate the production and quality of radish under the influence of phosphate fertilization under high temperature conditions. The experiment was conducted in a Yellow Latosol, in a randomized block design, consisting of 4 blocks. The treatments consisted of six phosphorus doses (0, 250, 300, 350, 400 and 450 kg ha⁻¹ of P₂O₅), whose total area of the experiment was 105 m² (6 m wide x 17.5 m long), and the useful area of the plot consisted of 0.5 m² in two central rows (80 plants), disregarding 0.25 m at the beginning and at the end of the rows. The harvest was carried out 28 days after sowing. After harvesting, the following were evaluated: P and M.O. Contents; dry mass of the aerial part and tuberous root; productivity and classification of tuberous roots. It was observed that the phosphorus doses directly influenced the radish production, being responsive to doses ranging from 300 to 400 kg ha⁻¹.

KEY-WORDS: *Brassicaceae*. Fertilization. Productivity.

INTRODUÇÃO

Nos últimos anos tem aumentado a demanda por alimentos, principalmente pelo crescimento da população mundial, implicando na otimização da produção de alimentos, saudáveis e com baixo custo, desta forma busca-se aumentar a produtividade. Contudo, para se aumentar a produtividade tem sido necessário o desenvolvimento de tecnologias, como: a biotecnologia, o melhoramento genético, o uso de microrganismos, o manejo e otimização do uso e escolha de fertilizantes tanto químicos como orgânicos (MARCATTO, 2021).

A adubação na olericultura tem se beneficiado da combinação de fertilizantes minerais e orgânicos. Estudos como o de Reis et al. (2012) e Mao et al. (2023) demonstram que a utilização de esterco bovino e de galinha, tanto isoladamente quanto em conjunto com fertilizantes minerais, tem impulsionado significativamente a produção de hortaliças.

O cultivo do rabanete (*Raphanus Sativus* L.) no Brasil destaca-se não só pela adaptabilidade, assim como pelos benefícios nutricionais que proporciona. A aplicação de práticas agrícolas modernas tem expandido as áreas de plantio e aumentado a produção em larga escala, atendendo à crescente demanda por alimentos saudáveis. Além disso, o rabanete é uma cultura de ciclo curto, o que possibilita múltiplas colheitas anuais, contribuindo para a sustentabilidade agrícola e o desenvolvimento da economia local (SOUZA et al., 2020).

O cultivo intensivo de hortaliças com frequentes fertilizações químicas pode ocasionar acúmulo de nutrientes no solo, que por sua vez, pode reduzir a produtividade das culturas, além de prejudicar o ambiente através de contaminação de lençóis freáticos, mananciais e rios (CECÍLIO FILHO et al., 2017). Contudo, estudos para se determinar quantidades adequadas de fertilizantes que atendam a necessidade das culturas são essenciais.

A adubação química é essencial para suprir as necessidades nutricionais das hortaliças e garantir altas produtividades. O fósforo participa de vários processos metabólicos nas plantas, sendo um elemento essencial facilmente adsorvido nos colóides do solo, tornando-o menos prontamente disponível na rizosfera. Mesmo quando se aplica fertilizante, a maior parte do P fica adsorvida em colóides do solo, se tornando com o passar do tempo não-disponível, dada formação de compostos de baixa solubilidade, sem proporcionar uma produtividade esperada para a produção vegetal (FERNANDES, 2006).

Além disso, o excesso de fósforo (P) pode resultar em seu acúmulo no solo, contribuindo para a eutrofização dos ambientes aquáticos locais por meio da lixiviação e do escoamento superficial para corpos d'água (KANG et al., 2018; ZHANG et al., 2018). Na região do Cerrado, a atenção para a produção agrícola se torna ainda mais essencial, onde a disponibilidade desse elemento, em condições naturais, é muito baixa. A adubação fosfatada, se torna indispensável nesse ambiente (SOUSA et al., 2004).

OBJETIVO

Neste contexto, o objetivo do presente estudo foi avaliar a produção e a qualidade de rabanete sob influência da adubação fosfatada em condições de altas temperaturas, no município de Bom Jesus/PI, Semiárido Piauiense.

METODOLOGIA

O experimento foi conduzido a campo aberto em uma área experimental da Universidade Federal do Piauí, do *Campus* Professora Cinobelina Elvas, localizada no município de Bom Jesus-PI (09° 04' 28"S, 44° 21' 31"W e altitude média de 277 m). O município integra a região do Semiárido Piauiense, possuindo clima quente e úmido, classificado por Köppen como Awa (Tropical chuvoso com estação seca no inverno e temperatura média do mês mais quente superior a 22 °C), com precipitação média entre

900 a 1200 mm ano⁻¹ e temperatura média de 26,2 °C (INMET, 2025).

O experimento foi conduzido no período de 28 de abril a 25 de maio em 2018. O trabalho foi realizado em um Latossolo Amarelo, em delineamento de blocos casualizados, constando de 4 blocos. Os tratamentos foram compostos de seis doses de fósforo (0, 250, 300, 350, 400 e 450 kg ha⁻¹ de P₂O₅), tendo-se como fonte do nutriente o superfosfato triplo.

A área de cada parcela foi de 2,125 m² representada por quatro fileiras espaçadas a 0,25 m de distância e 2,5 m de comprimento. A área útil da parcela constou de 0,5 m² em duas linhas centrais (80 plantas), desprezando-se 0,25 m no início e no final das linhas. A área total do experimento foi de 105 m² (6 m de largura x 17,5 m de comprimento). O cultivar utilizado foi o rabanete Apolo, o qual além de ser resistente a rachadura e à isoporização, apresenta sabor agradável e já tinha sido utilizado em aulas práticas e apresentado boa adaptação e precocidade.

Antes da instalação do experimento foi coletada amostras de solo da camada 0-0,20 m na área experimental e determinado as características químicas e físicas do solo, apresentando as seguintes características, respectivamente: M.O. = 15,8 g kg⁻¹; pH (em H₂O) = 5,2; P (Melich) = 21,27 mg dm⁻³; K = 0,34 cmolc dm⁻³; Ca = 1,02 cmolc dm⁻³; Mg = 0,14 cmolc dm⁻³; H+ Al = 2,15 cmolc dm⁻³; SB = 1,49 cmolc dm⁻³; T = 3,64 cmolc dm⁻³; V = 41,0%; m = 0,0%; Argila = 218,0 g kg⁻¹; Silte = 23 g kg⁻¹; Areia = 759 g kg⁻¹. O solo foi preparado por meio de aração e gradagem e mediante resultado da análise de solo foram realizadas calagem e adubação para atender as exigências nutricionais do rabanete, assim como a aplicação das doses de P dos tratamentos pré-estabelecidos.

A semeadura do rabanete com as diferentes doses de P foi realizada no dia 28 de abril de 2018 em leitos com espaçamento de 0,25 m entre fileiras. Aos 15 dias após a semeadura (DAS), o desbaste foi realizado removendo o excesso de plantas e ajustando o espaçamento para 0,05 m entre as plantas, já a semeadura do rabanete com diferentes doses de N foi realizada no dia 5 de maio de 2018, a aplicação das doses de N foi realizada 10 dias após a semeadura ter sido realizada e o desbaste 15 dias após a semeadura. As práticas culturais foram realizadas quando necessário para manter a área livre de ervas daninhas, doenças e pragas, proporcionando condições favoráveis para o desenvolvimento da cultura. A irrigação foi realizada diariamente por sistema de microaspersão, mantendo o solo na capacidade de campo. A colheita foi realizada 28 dias após a semeadura.

Foram avaliados no final do experimento: (a) teores de P e Matéria orgânica (M.O) no solo: após a colheita das plantas foram coletadas amostras de solo (0-0,20 m) em cada parcela experimental e amostras foram analisadas mediante metodologia utilizada pelo Laboratório de Química e Fertilidade do Solo da Universidade Federal do Piauí, Campus Professora Cinobelina Elvas; (b) massa seca da parte aérea (MSPA) e massa seca da raiz tuberosa (MSR), as plantas foram colhidas e separadas em partes aéreas e raízes tuberosas, posteriormente foram lavados com água potável (água corrente) e água destilada e acondicionados em saco de papel Kraft de cor parda, identificados com etiqueta

e levados para estufa de circulação de ar forçada a uma temperatura controlada de 65°C até atingir massa constante. Após esse período a massa seca da parte aérea e massa seca da raiz tuberosa foram obtidas pela pesagem em balança analítica com precisão de 0,001 g; (c) produtividade comercial (PC): as raízes com mais de 2 cm de diâmetro e sem fissuras e podridões foram consideradas comerciais, sendo pesadas em balança digital com capacidade para 5 kg, e foi estimada a produtividade em t/ha; (d) Produtividade não comercial (PCN): todas as raízes de plantas colhidas na área útil que apresentavam defeitos e menores que 2 cm de diâmetro foram pesadas em balança digital com capacidade para 5 kg, e foi estimada a produtividade em t/ha; (e) Produtividade total (PT): obtida pelo somatório da produtividade comercial e não comercial.

Para a análise de classificação das raízes de rabanete, foi utilizado um paquímetro digital com precisão de 0,01 mm, realizando-se a medição do diâmetro transversal das raízes comerciais. A classificação foi realizada adotando duas categorias: C1 – rabanetes com diâmetro de até 45 mm, e C2 – rabanetes com diâmetro entre 45 e 55 mm. Essa faixa de classificação foi baseada segundo dados da CEAGESP (2024) baseado no padrão de aceitação comercial.

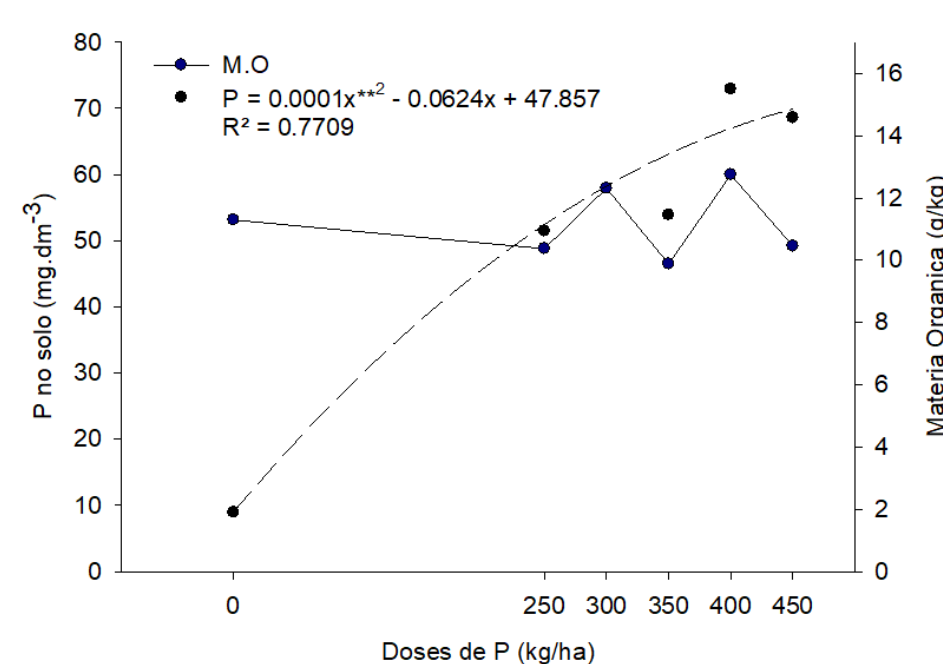
Os dados foram submetidos ao teste de normalidade Shapiro-Wilk. Posteriormente procedeu-se a análise de variância. Os dados foram submetidos à análise de variância e utilizando-se o software SAS Version 9.1 (2002), em caso de significância do teste F para tratamentos, os dados foram submetidos a análise de regressão. Para os resultados que apresentaram diferença significativa, foram feitos gráficos com software Sigma Plot, versão 11.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Observou-se que o teor de fósforo disponível no solo foi significativamente influenciado pelos tratamentos aplicados, atingindo uma média de 53,29 mg dm⁻³, valor aproximadamente 2,5 vezes superior ao teor inicial da área experimental (Figura 1). Considerando a elevada capacidade de extração de fósforo pelo rabanete, estimada em 38,7 kg ha⁻¹ (HAAG; MINAMI, 1987), esse incremento nos teores disponíveis indica uma resposta positiva à adubação fosfatada. Com base na relação estimada de incremento de 2,99 mg dm⁻³ de P para cada quilograma de fósforo adicionado ao solo, infere-se que as doses aplicadas foram suficientes para atender à exigência nutricional da cultura. Nesse sentido, Cecílio Filho et al. (2017) demonstraram que teores de 60 mg dm⁻³ de P no solo são adequados para suprir as demandas nutricionais do rabanete em condições edafoclimáticas semelhantes. Ressalta-se, ainda, que a disponibilidade de fósforo no solo é um fator crítico para o desenvolvimento das culturas, sobretudo em solos tropicais, os quais, em sua maioria, apresentam baixa fertilidade natural e elevada capacidade de adsorção de fósforo, dificultando sua disponibilidade às plantas (NOVAIS et al., 2007).

Além disso, observa-se uma dinâmica oscilante nos teores de matéria orgânica do solo em função das diferentes doses de P aplicadas. Embora os dados apresentem variações pontuais, nota-se uma tendência de incremento nos teores de M.O. nas doses de 300 e 400 kg ha⁻¹ de fósforo, as quais coincidem com os maiores valores de P disponível no solo. Esse comportamento sugere uma possível resposta dose-dependente, ainda que não linear, indicando que a adubação fosfatada pode ter contribuído para o acúmulo de matéria orgânica, possivelmente por meio do aumento da biomassa vegetal e da atividade microbiana associada.

Figura 1 – Teores de P e Matéria Orgânica (M.O.) no solo após o final do experimento. **Significativo a 1% de probabilidade pelo teste F.

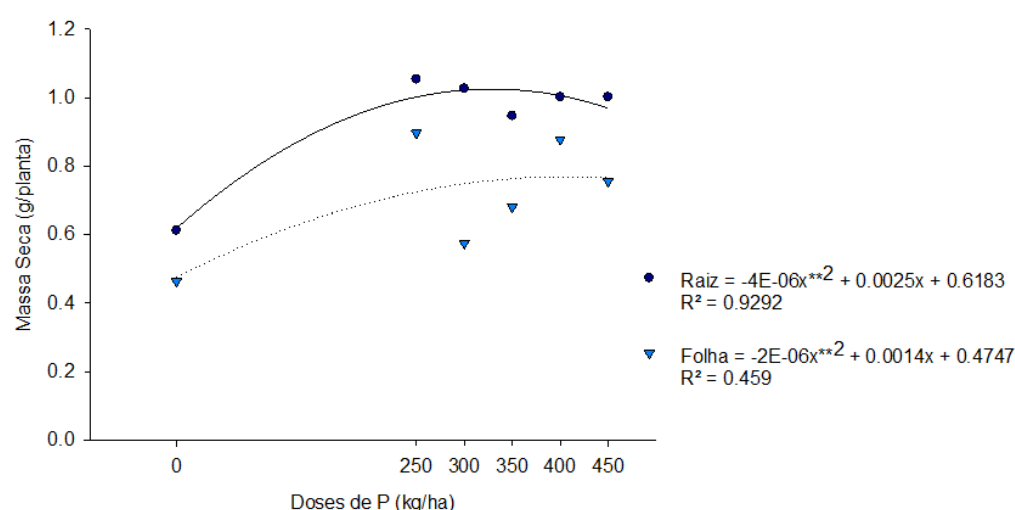


Fonte: Autores (2025).

Foi constatada diferença significativa na massa seca das raízes e folhas de rabanete (Figura 2), sendo que as doses de 312,5 e 350 kg ha⁻¹ de P proporcionaram os valores máximos de 1,65 g e 1,09 g de massa seca para raízes e folhas, respectivamente. O aumento nas doses de fósforo refletiu-se diretamente no acúmulo de biomassa no sistema radicular, resultado da maior translocação de fotoassimilados para as raízes tuberosas, acompanhado também por um incremento na parte aérea (LUZ et al., 2013). A adubação fosfatada favorece o crescimento do sistema radicular ao intensificar a absorção de água e nutrientes, o que impacta positivamente no rendimento da cultura e na massa foliar (AVALHÃES et al., 2009). Além disso, o suprimento adequado de fósforo estimula processos fisiológicos essenciais como o florescimento e a frutificação (MALAVOLTA et al., 2002). Nesse contexto, esse comportamento também pode ser associado a possível dessorção

lenta de P no solo que pode repor continuamente o reservatório lábil de fósforo, mantendo um fluxo suficientemente alto do nutriente em direção às raízes, contribuindo assim para a sustentação do crescimento vegetal a médio e longo prazo (SMOLDERS et al., 2020).

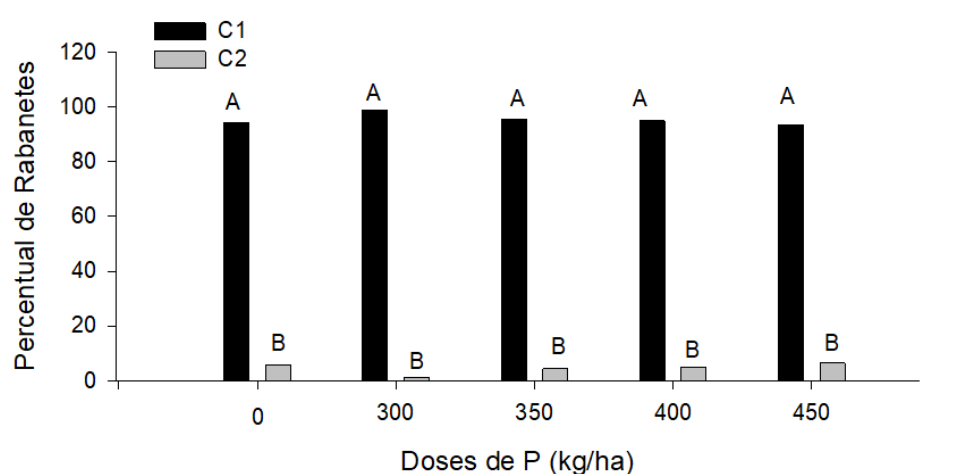
Figura 2 – Massa seca das folhas e raízes de rabanete em função das doses de P. **Significativo a 1% de probabilidade pelo teste F.



Fonte: Autores (2025).

Em relação a classificação dos rabanetes, foi constatado que em média 95% dos rabanetes apresentam diâmetro médio de 45 mm (Figura 3). Essa constatação é de grande importância pois os rabanetes de até 45 mm apresentam elevada aceitação no mercado consumidor (mais de 55%), com um bom índice de aproveitamento (0.71), assim como um índice médio de valorização (1,29) segundo a cotação da CEAGESP (2024).

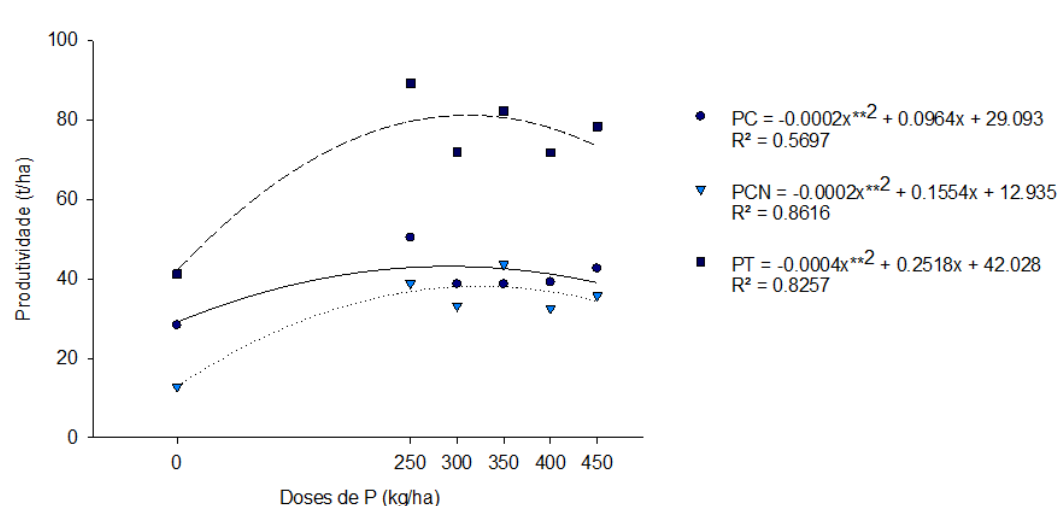
Figura 3 – Classificação dos rabanetes em função das doses de P_2O_5 . C1 – Rabanetes de até 45 mm, C2 – Rabanetes de 45 a 55 mm de diâmetro. Medias seguidas por mesma letra não diferem entre si pelo teste Tukey.



Fonte: Autores (2025).

Os parâmetros relacionados à produtividade foram significativamente influenciados pelas doses de fósforo, abrangendo a produtividade comercial, não comercial e total (Figura 5). No presente estudo, verificou-se que aproximadamente metade da produção foi classificada como comercial. Esses resultados são congruentes com estudos anteriores que avaliaram a adubação fosfatada em solos com elevado teor de fósforo na produção de rabanete, nos quais não foram observadas diferenças estatisticamente significativas entre as doses de fósforo aplicadas, registrando-se 62,74% de raízes comerciais na cultivar Sakata nº 19 (CECÍLIO FILHO et al., 2017). A redução considerável no percentual de raízes comerciais pode estar associada a fatores climáticos, tais como precipitação, temperatura e umidade relativa do ar. A variação hídrica combinada com altas temperaturas no solo, especialmente em áreas sem cobertura, pode ocasionar déficit de água na camada superficial do solo onde as raízes tuberosas do rabanete se desenvolvem, predispondo danos à estrutura radicular (COSTA et al., 2006).

Figura 4 – Produtividade Comercial (PC), Não comercial (PNC) e Total (PT) em função das doses de P
 **Significativo a 1% de probabilidade pelo teste F.



Fonte: Autores (2025).

Apartir da derivação das equações de regressão, foram estimados os valores máximos de produtividade comercial, não comercial e total de raízes tuberosas de rabanete em 40,70 t ha⁻¹, 43,12 t ha⁻¹ e 81,65 t ha⁻¹, correspondentes às doses de 241, 388,5 e 314 kg ha⁻¹ de P, respectivamente. Resultados semelhantes foram observados por Sousa et al. (2017), os quais identificaram efeito quadrático da produtividade em função de doses crescentes de fósforo. Utilizando superfosfato simples, os autores verificaram que a dose de 507,06 kg ha⁻¹ de P proporcionou uma produtividade comercial de 14 t ha⁻¹. Comparativamente, os valores obtidos no presente estudo foram substancialmente superiores, fato atribuído, principalmente, a cultivar empregada e às condições experimentais específicas.

Observou-se, ainda, influência significativa das doses de fósforo sobre a produtividade das raízes tuberosas, reafirmando a importância desse macronutriente essencial para o adequado desenvolvimento da cultura do rabanete. Tal constatação é corroborada por Avalhães et al. (2009), os quais verificaram que, na ausência de fósforo, as plantas apresentaram desenvolvimento radicular comprometido, parte aérea reduzida e sintomas clássicos de deficiência, como o avermelhamento foliar.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A adubação fosfatada influenciou significativamente o desempenho agrônomo do rabanete, promovendo aumentos nos teores de fósforo disponível no solo, na matéria orgânica, na biomassa e na produtividade das raízes. As doses entre 300 e 400 kg ha⁻¹ de P mostraram-se mais eficientes, resultando em maior rendimento e qualidade comercial das raízes tuberosas. Dessa forma, o manejo adequado do fósforo é essencial para o máximo aproveitamento produtivo da cultura, especialmente em solos com baixa disponibilidade natural do nutriente.

AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela Bolsa de Iniciação Científica concedida ao primeiro autor.

REFERÊNCIAS

- AVALHAES, C. C.; PRADO, R. M.; GONDIM, A. R. O.; ALVES, A. U.; CORREIA, M. A. R. Rendimento e crescimento da beterraba em função da adubação com fósforo. **Scientia Agraria**, Curitiba, v. 10, n. 1, p. 075-080, 2009.
- CECÍLIO FILHO, A. B.; DUTRA, A. F.; SILVA, G. S. Phosphate and potassium fertilization for radish grown in a latosol with a high content of these nutrients. **Revista Caatinga**, v. 30, n. 2, p. 412-419, 2017.
- COMPANHIA DE ENTREPOSTOS E ARMAZÉNS GERAIS DE SÃO PAULO – CEAGESP. **Rabanete**. Hortipedia, 2024. Disponível em: <https://ceagesp.gov.br/hortiescolha/hortipedia/rabanete/>. Acesso em: 21 jul. 2025
- COSTA, C. C.; OLIVEIRA, C. D.; SILVA, C. J.; TIMOSSI, P. C.; LEITE, I. C. Crescimento, produtividade e qualidade de raízes de rabanete cultivadas sob diferentes fontes e doses de adubos orgânicos. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 24, p. 118-122, 2006.
- FERNANDES, M. S. Nutrição mineral de plantas. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2006. 432p.
- HAAG, H. P.; MINAMI, K. Nutrição mineral de hortaliças LXXIV: marcha de absorção de

nutrientes pela cultura do rabanete. **Anais da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz**, v. 44, n. 1, p. 409-418, 1987.

INMET – Instituto Nacional de Meteorologia. **Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa – BDMEP**. Brasília, 2018. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/projetos/rede/pesquisa/>. Acesso em: 20 junho. 2025.

KANG, L.; FAN, B.; CHEN, S.; CHEN, Q. Fertigation combined with catch crop maximize vegetable yield and minimize N and P surplus. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, v. 112, p. 87–99, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10705-018-9932-8>.

LUZ, J. M. Q.; QUEIROZ, A. A.; BORGES, M.; OLIVEIRA, R. C.; LEITE, S. S.; CARDOSO, R. R. Influence of phosphate fertilization on phosphorus levels in foliage and tuber yield of the potato cv. Ágata. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 34, n. 2, p. 649-656, 2013.

MALAVOLTA, E.; PIMENTEL-GOMES, F.; ALCARDE, J. C. **Adubos & Adubações**. São Paulo. Nobel, 2002. 200p.

MAO, Y.; HU, W.; LI, Y.; LI, Y.; LEI, B.; ZHENG, Y. Long-term cattle manure addition enhances soil-available phosphorus fractions in subtropical open-field rotated vegetable systems. **Frontiers in Plant Science**, v. 14, 1138207, 2023. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpls.2023.1138207>.

MARCATTO, G. Z. **Manejo da adubação com esterco bovino na cultura do rabanete (*Raphanus sativus* L.)**. 2021. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Agrônoma) – Universidade Federal de São Carlos, Araras, 2021. Disponível em: <https://repositorio.ufscar.br/handle/ufscar/13837>. Acesso em junho. 2025.

NOVAIS, R. F.; SMYTH, T. H.; NUNES, F. N. Fósforo. In: Novais et al. (Eds). **Fertilidade do solo**. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. Viçosa-MG, 2007. p. 471- 552.

REIS, J. M.; RODRIGUES, J.; REIS, M. Combinação de fertilizantes na produção de rabanete. **Enciclopédia Biosfera**, v. 8, n. 15, 2012.

SMOLDERS, E.; NAWARA, S.; DE COOMAN, E.; MERCKX, R.; MARTENS, S.; ELSEN, A.; ODEURS, W.; VANDENDRIESSCHE, H.; SANTNER, J.; AMERY, F. The phosphate desorption rate in soil limits phosphorus bioavailability to crops. **European Journal of Soil Science**, p. 1–13, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1111/ejss.12978>.

SOUZA, L. M. et al. Modernização da agricultura e cultivo do rabanete. **Revista Brasileira de Desenvolvimento Agrícola**, v. 25, n. 4, p. 412-420, 2020.

ZHANG, W.; LI, H.; LI, Y. Spatio-temporal dynamics of nitrogen and phosphorus input budgets in a global hotspot of anthropogenic inputs. **Science of the Total Environment**, v. 656, p. 1108–1120, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.11.450>.

UTILIZAÇÃO DE DIFERENTES SUBSTRATOS NA PRODUÇÃO DE MICROVERDES DE RÚCULA E RABANETE

Rodrigo Donizete Domingues¹;

Faculdade Calafiori, São Sebastião do Paraíso, MG.

<http://lattes.cnpq.br/2185261276508582>

Renata Brito²;

Universidade do Estado de Minas Gerais (UEMG), Passos, MG.

<http://lattes.cnpq.br/3664546487771369>

Thaís Helena de Araújo³;

Universidade do Estado de Minas Gerais (UEMG), Passos, MG.

<http://lattes.cnpq.br/8926270695946333>

Maria Gabriela de Queiroz⁴;

Universidade do Estado de Minas Gerais, Passos, MG.

<http://lattes.cnpq.br/2053330973064133>

Fabiana Froes Cordeiro⁵.

Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ.

<http://lattes.cnpq.br/0246042264250517>

RESUMO: Microverdes também conhecidos como *microgreens* são plantas jovens consumidas no estágio de muda, com porte de 5 a 10 cm, e são produzidas a partir de diferentes espécies vegetais, aromáticas e condimentares, apresentando alto valor nutricional com vitaminas e sais minerais, se tornando uma possibilidade de consumo saudável e sustentável. Perante o exposto, o presente trabalho teve por objetivo comparar o efeito de diferentes tipos de substratos na produção de microverdes de rúcula e rabanete. Para tanto, foram avaliadas características agrônômicas nas plântulas, como o comprimento de plântulas (mm) e peso de massa fresca (g). O experimento foi desenvolvido no período de 21 de maio à 10 de junho de 2024 no município de Itamogi-Mg. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado (DIC), constituído de 3 tratamentos (terra, areia e substrato comercial Carolina Soil®) e sete repetições, totalizando 21 parcelas experimentais para cada cultivar. Os dados foram tabulados e submetidos à análise de variância e a comparação das médias pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. O substrato areia apresentou resultados inferiores para as variáveis avaliadas tanto para a rúcula como para

o rabanete.

PALAVRAS-CHAVE: *Microgreens*. Solo. Brassicaceae.

USE OF DIFFERENT SUBSTRATES IN THE PRODUCTION OF ARUGULA AND RADISH MICROGREENS

ABSTRACT: Microgreens, also known as “microgreens”, are young plants that are consumed at the seedling stage, measuring 5 to 10 cm, and are produced from different aromatic and condiment plant species, presenting high nutritional value with vitamins and mineral salts, becoming a possibility for healthy and sustainable consumption. Given the above, the present study aimed to compare the effect of different types of substrates on the production of arugula and radish microgreens. For this purpose, agronomic characteristics of the seedlings were evaluated, such as seedling length (mm) and fresh mass weight (g). The experiment was developed from May 21 to June 10, 2024, in the municipality of Itamogi-MG. The experimental design used was completely randomized (CRD), consisting of 3 treatments (soil, sand and commercial substrate Carolina Soil®) and seven replicates, totaling 21 experimental plots for each cultivar. The data were tabulated and submitted to analysis of variance and comparison of means by Tukey’s test, at 5% probability. The sand substrate presented inferior results for the variables evaluated for both arugula and radish. The abstract must have up to 200 words.

KEY-WORDS: Microgreens. Soil. Brassicaceae

INTRODUÇÃO

Os microverdes têm ganhado relevância como aliados na promoção de hábitos alimentares saudáveis, especialmente em grandes centros urbanos. A associação entre a facilidade de cultivo, os atributos sensoriais diferenciados e o elevado valor funcional contribuem para sua crescente incorporação aos padrões alimentares atuais, reforçando seu potencial como alimento funcional de fácil acesso. Evidências indicam que o cultivo de microverdes em ambientes domésticos pode contribuir para a promoção da saúde e do bem-estar, tanto pelo valor nutricional do alimento quanto pelo estímulo a práticas alimentares mais conscientes. As práticas de agricultura urbana, especialmente quando incorporam técnicas de cultivo adequadas e estratégias de uso eficiente dos recursos, têm potencial para promover padrões alimentares mais saudáveis, ao mesmo tempo em que oferecem benefícios relacionados à saúde física e mental, ao bem-estar e à valorização de atividades recreativas e de lazer. O cultivo específico de microverdes representa uma alternativa viável para a obtenção desses benefícios, mesmo em espaços reduzidos e sem a necessidade de estruturas complexas (EMBRAPA, 2023).

Segundo Xiao et al. (2016), os microverdes são especialmente ricos em minerais essenciais, como potássio, fósforo, cálcio, magnésio, sódio, ferro, zinco, manganês e cobre. Esses micronutrientes desempenham funções vitais no metabolismo humano, o que reforça o caráter funcional desses alimentos.

Diversos estudos indicam que crianças, jovens e adultos não consomem hortaliças em quantidade suficiente. Entre os fatores que explicam essa realidade, destacam-se a dificuldade de acesso, o custo elevado, a conveniência e a preferência por sabores mais intensos e processados. Dados apontam uma redução de aproximadamente 50% no consumo de hortaliças por crianças de 1 a 10 anos nos últimos 15 anos. Além disso, apenas 2% dos jovens em idade escolar consomem hortaliças em níveis satisfatórios (ZHANG et al., 2021). Diante desse cenário, os microverdes surgem como uma alternativa promissora, oferecendo elevada densidade nutricional, sabor agradável e aparência atrativa, o que pode favorecer sua aceitação e incorporação nas dietas, inclusive infantis.

Microverdes são plantas jovens, colhidas ainda no estágio de muda, com porte variando entre 5 a 10 cm, e são produzidas a partir de diferentes espécies vegetais, aromáticas e condimentares. Caracterizam-se por apresentar um ciclo de produção curto, geralmente entre duas a três semanas, dependendo da espécie, e demandam pouco espaço para o cultivo, o que torna seu manejo acessível e adaptado aos centros urbanos (Kopsell et al., 2012).

A densidade de semeadura na produção de microverdes é determinada com base no peso das sementes, na taxa de germinação e na população desejada, variando geralmente entre 1 a 4 sementes por centímetro quadrado. A produção desses vegetais, que tem conquistado espaço entre chefs de cozinha, também tem despertado interesse acadêmico e científico, sobretudo nas áreas da nutrição e das ciências agrárias, por se tratar de uma forma prática, acessível e funcional de cultivo de alimentos (Freitas, 2020).

A ideia de se produzir e comercializar microverdes teve origem na Califórnia, Estados Unidos, no final da década de 1980, e desde então vem se consolidando como ingrediente nobre em pratos culinários comercializados em restaurantes sofisticados e grandes redes varejistas (Treadwell et al., 2010, apud Freitas, 2020, p. 13).

As espécies vegetais mais utilizadas para a produção de microverdes pertencem a diferentes famílias botânicas, como Brassicaceae (couve-flor, brócolis, repolho, couve chinesa, couve, agrião, rabanete, rúcula, mostarda), Asteraceae (alface, endívia, escarola, chicória), Apiaceae (endro, cenoura, erva-doce, aipo), Amaryllidaceae (alho, cebola, alho-poró), Amaranthaceae (amaranto, acelga, beterraba, espinafre) e Cucurbitaceae (melão, pepino, abóbora). Também são empregadas variedades de cereais (aveia, trigo mole, trigo duro, milho, cevada, arroz), pseudocereais como a quinoa, leguminosas (grão-de-bico, alfafa, feijão, fava, lentilha, ervilha, trevo), oleaginosas (girassol) e espécies fibrosas, como o linho, além de plantas aromáticas como manjerição, cebolinha, coentro e cominho (Di Gioia et al., 2017).

Além dos benefícios nutricionais, os microverdes agregam valor estético e sensorial aos pratos, com textura macia e delicada, paladar refinado, cores vibrantes e elevada qualidade visual. Tornam, assim, a alta gastronomia mais acessível e democrática. Devido ao rápido ciclo produtivo, representam uma oportunidade econômica para horticultores, com potencial de retorno financeiro em curto prazo. Os custos de produção são relativamente baixos, sendo necessários apenas sementes adequadas (sem tratamento químico), algum tipo de substrato, embalagens (preferencialmente recicladas) e uma pequena área de cultivo.

Estudos já realizados demonstram que microverdes de manjerição apresentam teores de filoquinonas até 7,8 vezes maiores do que os encontrados na mesma planta colhida em estágio adulto. Além disso, microverdes pertencentes às famílias Brassicaceae, Fabaceae, Pedaliaceae, Polygonaceae, Convolvulaceae e Malvaceae apresentam baixos teores calóricos (entre 22,60 e 53,43 kcal por 100 g) e de gorduras (entre 0,15 e 0,66 g por 100 g), o que os torna especialmente indicados para dietas equilibradas e saudáveis (EMBRAPA, 2023).

Nesse contexto, o presente capítulo tem como objetivo avaliar o efeito de diferentes substratos sobre características agrônômicas na produção de microverdes de rúcula (*Eruca sativa*) e rabanete (*Raphanus sativus*), buscando contribuir para a adoção de práticas eficientes e sustentáveis no cultivo urbano de hortaliças.

OBJETIVO

Avaliar o efeito dos substratos (Carolina Soil®, Terra e Areia), sob características agrônômicas de microverdes de rúcula e rabanete, como comprimento de plântulas (mm) e peso de massa fresca (g).

METODOLOGIA

Caracterização da área experimental: O experimento foi desenvolvido no período de 21 de maio à 10 de junho de 2024 no município de Itamogi-Mg, tendo como coordenadas geográficas: 21°04'42"S 47°02'22"W.

Sementes utilizadas, substratos e semeadura: As sementes foram adquiridas em uma empresa sementeira, sendo escolhidas duas espécies sendo elas Rúcula (*Eruca sativa*) e Rabanete (*Raphanus sativus*), ambas com 100% de pureza e 92% de germinação. Foi utilizado 1 grama de sementes por repetição para Rúcula e 1 grama de sementes por repetição para Rabanete, totalizando 21 gramas de sementes respectivamente para cada cultivar. As sementes foram semeadas nos diferentes substratos em embalagens plásticas de polipropileno de tamanho todas iguais (14cmx14cmx5cm), contendo 0,5 litros de substrato por embalagem. As embalagens foram dispostas sobre uma mesa de 5m de comprimento por 1m de largura por 1,10m de altura, recebendo luz natural após o período

de germinação, o qual levou entorno de 3 dias, contados a partir da semeadura.

A quantidade de água utilizada para a irrigação dos microverdes variou conforme a espécie cultivada, o tipo de substrato utilizado e o estágio de desenvolvimento das plantas. A irrigação foi realizada manualmente, três vezes ao dia, com volumes ajustados semanalmente de acordo com a demanda hídrica observada.

Para os microverdes de rabanete cultivados nos substratos Carolina® e Terra Vegetal, foram aplicados, em média, 18 mL de água por dia na primeira semana, distribuídos em três irrigações de 6 mL cada. Na última semana antes da colheita, esse volume foi aumentado para 30 mL diários, correspondendo a três irrigações de 10 mL cada. Já no substrato Areia, observou-se uma maior demanda hídrica para o rabanete, sendo necessário aplicar 21 mL de água por dia na primeira semana (3 regas de 7 mL) e 33 mL por dia na última semana (3 regas de 11 mL).

No caso dos microverdes de rúcula, observaram-se variações pouco acentuadas nos volumes de irrigação. Nos substratos Carolina® e Terra Vegetal, utilizou-se também 18 mL por dia na primeira semana, com três irrigações de 6 mL. Contudo, na última semana, a quantidade de água foi ajustada para 25 mL por dia, sendo realizadas três irrigações de aproximadamente 8,3 mL cada. No substrato areia, a rúcula manteve o mesmo volume de 18 mL por dia na primeira semana (3 x 6 mL), mas a demanda hídrica aumentou na última semana, sendo aplicados 30 mL diários, divididos em três irrigações de 10 mL.

Dentre os substratos utilizados, o substrato terra foi retirado na zona rural do município de Itamogi-Mg, o qual não foi corrigido com calcário de forma intencional, tratando-se de um substrato simples, que qualquer pessoa sem conhecimento técnico é capaz de conseguir. Já o substrato areia e o substrato Carolina Soil® foram adquiridos em casa de construção e casa agropecuária respectivamente.

Para as aferições de peso e medidas foram utilizados uma balança de precisão digital na escala de 0,1g e um paquímetro profissional na escala de 0,02mm.

Para a avaliação do comprimento das plântulas de rabanete e rúcula, foram coletadas dez plântulas de cada repetição dos tratamentos. O comprimento foi medido individualmente utilizando paquímetro, e os valores obtidos foram utilizados para o cálculo da média do comprimento por repetição. No caso da massa fresca (g), as mesmas dez plântulas utilizadas na medição do comprimento foram pesadas em conjunto utilizando balança de precisão. Os valores obtidos foram registrados para posterior análise estatística.

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado (DIC), constituído de 3 tratamentos (terra, areia e substrato comercial Carolina Soil®) e sete repetições, totalizando 21 parcelas experimentais. Os dados foram submetidos à análise estatística de variância pelo teste de Tukey a 5% de significância, utilizando o programa de software gratuito Sisvar.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nas avaliações realizadas, verificou-se que os diferentes substratos influenciaram significativamente o comprimento e a massa fresca das plântulas de microverdes de rabanete. Para a variável comprimento das plântulas, observou-se diferença estatisticamente significativa entre os substratos testados (Tabela 1). As maiores médias foram obtidas nos cultivos com substrato Carolina Soil® (67,59 mm) e substrato terra (64,63 mm), os quais não diferiram estatisticamente entre si. No entanto, ambos apresentaram valores superiores ao do substrato areia, que resultou em menor comprimento médio das plântulas (57,78 mm).

Tabela 1 - Comprimento de plântulas (mm) de microverdes de rabanete (*Raphanus sativus*) em função de três substratos.

Substratos	Comprimento (mm)	
Carolina Soil®	67.59	a
Terra	64.63	a
Areia	57.78	b
C.V. (%)	7.25	

Fonte: Elaborado pelo autor, 2024. Médias seguidas pela mesma letra nas colunas, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância.

Esses resultados indicam que substratos com maior capacidade de retenção de água e oferta de nutrientes, como é o caso do Carolina Soil® e do substrato terra, favorecem o desenvolvimento inicial das plântulas de rabanete. Resultados semelhantes foram reportados por Nagel et al. (2024), que observaram melhor desempenho de plântulas cultivadas em substratos comerciais em comparação a substratos inertes, como a areia, reforçando os achados do presente estudo.

Para a variável massa fresca (g) das plântulas de microverdes de rabanete, foram observadas diferenças estatísticas significativas entre os substratos avaliados (Tabela 2). O maior valor médio de massa fresca foi obtido com o uso do substrato Carolina Soil®, enquanto o menor valor foi registrado no cultivo com substrato areia. Esses resultados reforçam a superioridade dos substratos comerciais em relação aos inertes, como a areia, no fornecimento de condições físico-químicas mais favoráveis ao acúmulo de biomassa nas fases iniciais de desenvolvimento das plântulas.

Tabela 2 - Massa fresca de plântulas (g) de microverdes de rabanete (*Raphanus sativus*) em função de três substratos.

Substratos	Massa fresca 10 (g)	
Carolina Soil®	0.95	a
Terra	0.84	ab
Areia	0.72	b
C.V. (%)	12.37	

Fonte: Elaborado pelo autor, 2024. Médias seguidas pela mesma letra nas colunas, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância.

Para a variável comprimento das plântulas (mm) de microverdes de rúcula, foram observadas diferenças estatísticas significativas entre os substratos utilizados (Tabela 3). O maior comprimento médio foi registrado no cultivo com substrato terra, enquanto o menor valor foi obtido com o uso do substrato areia, evidenciando o efeito do tipo de substrato sobre o desenvolvimento inicial das plântulas.

Tabela 3 - Comprimento de plântula (mm) de microverdes de rúcula (*Eruca sativa*) em função de três substratos.

Substratos	Comprimento (mm)	
Carolina Soil®	38.84	ab
Terra	40.92	a
Areia	35.54	b
C.V. (%)	7.08	

Fonte: Elaborado pelo autor, 2024. Médias seguidas pela mesma letra nas colunas, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância.

Para a variável massa fresca (g) dos microverdes de rúcula, observaram-se diferenças estatísticas significativas entre os substratos utilizados (Tabela 4). Os substratos Carolina Soil® e terra apresentaram as maiores médias, sem diferença significativa entre si. No entanto, ambos diferiram significativamente do substrato areia, que apresentou o menor valor médio, indicando que substratos com maior capacidade de retenção de água e disponibilidade de nutrientes favorecem o acúmulo de biomassa nas plântulas de rúcula.

Tabela 4 - Massa fresca de plântulas (g) de microverdes de rúcula (*Eruca sativa*), em função de três substratos.

Substratos	Massa fresca 15 (g)	
Carolina Soil®	0.28	a
Terra	0.27	a
Areia	0.21	b
C.V. (%)	11.71	

Fonte: Elaborado pelo autor, 2024. Médias seguidas pela mesma letra nas colunas, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância.

Araújo Neto et al. (2009), ao avaliarem a produção de mudas de pimentão em diferentes substratos, observaram que o substrato comercial apresentou desempenho superior em todas as características analisadas, o que se atribui à sua composição química balanceada. Os autores destacam que a utilização de um único material na formulação de substratos é, em geral, inviável, uma vez que não atende plenamente às exigências nutricionais e físicas da cultura. Dessa modo, a formulação de substratos ideais requer a combinação de diferentes materiais orgânicos, a fim de alcançar propriedades adequadas ao desenvolvimento das plantas.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A produção de microverdes de rúcula e rabanete mostrou-se viável em todos os substratos avaliados. Entretanto, o substrato areia apresentou desempenho inferior em relação às variáveis comprimento de plântula e massa fresca para ambas as espécies. Em contraste, o substrato comercial Carolina Soil® destacou-se entre os tratamentos, evidenciando-se como o mais adequado para o desenvolvimento das características agrônômicas avaliadas, indicando seu potencial de aplicação frente aos demais substratos testados.

REFERÊNCIAS

- ARAÚJO NETO, S. E.; AZEVEDO, J. M. A.; GALVÃO, R. O.; OLIVEIRA, E. B. L.; FERREIRA, R. L. F. Produção de muda orgânica de pimentão com diferentes substratos. **Ciência Rural**, v. 39, n. 5, p. 1408-1413, 2009. Disponível em: <https://journal.unoeste.br/index.php/ca/article/view/2823/2750>. Acesso em: 08 nov. 2024.
- DI GIOIA, F.; RENNA, M.; SANTAMARIA, P. Microgreens and “Baby Leaf” Vegetables. In: **MINIMALLY PROCESSED REFRIGERATED FRUITS AND VEGETABLES**. 2. ed. Estados Unidos: Springer, 2017. p. 411-428. Disponível em: <https://tede.ufrj.br/handle/jspui/6587>. Acesso em: 16 out. 2024.
- EMBRAPA. **Microverdes: Cultivo fácil e oportunidade de melhoria nutricional na dieta dos consumidores**. Brasília: EMBRAPA, mar. 2023. Disponível em: <https://www.embrapa>.

br/en/busca-de-noticias/-/noticia/79478103/artigo---microverdes-cultivo-facil-e-oportunidade-de-melhoria-nutricional-na-dieta-dos-consumidores. Acesso em: 04 set. 2024.

FREITAS, Isabela Scavacini de. **Suplementação luminosa com lâmpadas LED no cultivo de microverdes em ambiente protegido**. 2020. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2020. DOI: 10.11606/D.11.2020.tde-12082020-173606. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11136/tde-12082020-173606/pt-br.php>. Acesso em: 24 set. 2024.

KOPSELL, D. A. et al. Shoot tissue pigment levels increase in ‘Florida Broadleaf’ mustard (*Brassica juncea* L.) microgreens following high light treatment. **Scientia Horticulturae**, v. 140, n. 1, p. 96-99, 2012. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0304423812001707?via%3Dihub#preview-section-cited-by>. Acesso em: 15 out. 2024.

NAGEL, Jordana Caroline; SOMMER, Laura Reisdörfer; FREITAG, Stephanie França; DRIEMEIER, Danieli Smolski; HEINZMANN, Natália; VALANDRO, Gabrielli Batista. Produção de microverdes de alface Deva em diferentes substratos. **Revista Sociedade Científica**, [S. l.], v. 7, n. 1, p. 2507–2515, 2024. Disponível em: <https://journal.scientificsociety.net/index.php/sobre/article/view/458>. Acesso em: 13 nov. 2024.

TREADWELL, D. D. et al. **Microgreens: a new specialty crop**. University of Florida IFAS Extension, n. July, p. 1-3, 2010.

XIAO, Z. et al. Microgreens of Brassicaceae: mineral composition and content of 30 varieties. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 49, p. 87-93, 2016. Disponível em: <https://tede.ufrj.br/handle/jspui/6587>. Acesso em: 16 out. 2024.

ZHANG, Y. Z. et al. Nutritional quality and health benefits of microgreens, a crop of modern agriculture. **Journal of Future Foods**, v. 1, n. 1, p. 58-66, set. 2021. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2772566921000057?via%3Dihub>. Acesso em: 24 set. 2024.

CULTIVO DO TOMATE EM CAMPO E SOB TELA FOTOSSELETIVA VERMELHA E DIFERENTES ESPAÇAMENTOS

Letícia Ferreira Campos¹;

Universidade Federal de Goiás (UFG), Goiânia, Goiás.

<http://lattes.cnpq.br/7982457637551971>

Regis De Castro Ferreira²;

Universidade Federal de Goiás (UFG), Goiânia, Goiás.

<http://lattes.cnpq.br/3206688887219284>

Tânia Aparecida Pinto de Castro Ferreira³.

Universidade Federal de Goiás (UFG), Goiânia, Goiás.

<http://lattes.cnpq.br/0312123979235562>

RESUMO: O presente estudo objetivou avaliar os efeitos de dois diferentes ambientes de cultivo, céu aberto e telado vermelho e dois espaçamentos entre plantas sobre a composição químico-nutricional de frutos de tomate, cultivar híbrido Ivety. O cultivo dos tomates foi conduzido em uma área experimental da Universidade Federal de Goiás, no município de Goiânia, GO, Brasil. As análises bromatológicas seguiram métodos clássicos de análise. Os resultados demonstraram que os frutos cultivados a céu aberto exibiram teores significativamente superiores de vitamina C, sólidos solúveis totais (°Brix) e pH mais ácidos em comparação àqueles cultivados sob tela fotsseletiva. Verificou-se que o maior espaçamento (0,4 m) promoveu um incremento no teor de vitamina C em ambos os sistemas de cultivo, fenômeno atribuído à maior interceptação de radiação solar pelos frutos. Contudo, as vantagens em determinados parâmetros de qualidade no cultivo a céu aberto, os resultados de produtividade indicam que o tomate sob telado vermelho é mais produtivo e firme, características valorizadas pelo mercado. Diante do exposto, a escolha do sistema de cultivo implica um balanço entre a otimização de atributos nutricionais e as exigências de produtividade e de mercado.

PALAVRAS-CHAVE: Sistema de cultivo. Macronutrientes. Vitamina C.

FIELD TOMATO PRODUCTION UNDER RED PHOTOSELECTIVE NETS AND VARYING PLANT DENSITIES

ABSTRACT: The present study aimed to evaluate the effects of different cultivation environments, open field and photoselective screens, and two plant spacings on the chemical-nutritional composition of tomato fruits (Ivety hybrid). The experiment was conducted in an experimental area of the Federal University of Goiás, in the municipality of Goiânia, GO. The results demonstrated that fruits grown in the open field exhibited significantly higher levels of vitamin C, total soluble solids (°Brix), and more acidic pH values compared to those cultivated under the photoselective screen. It was observed that the wider spacing (0.4 m) promoted an increase in the vitamin C content in both cultivation systems, a phenomenon attributed to the greater interception of solar radiation by the fruits. Notwithstanding the advantages in certain quality parameters for open-field cultivation, productivity results suggest that tomatoes grown under the red screen house are more productive and firmer, which are characteristics valued by the market. Therefore, the choice of cultivation system implies a trade-off between the optimization of nutritional attributes and the demands for productivity and marketability.

KEY-WORDS: Cultivation System. Macronutrients. Vitamin C.

INTRODUÇÃO

O tomate (*Solanum lycopersicum*) é uma das hortaliças mais produzidas e consumidas em todo o mundo devido ao seu valor nutricional e versatilidade em aplicações culinárias (Tilesi et al., 2021). Segundo a FAOSTAT (2024), a produção de tomate ultrapassou 192 milhões de toneladas anuais em 2023, com o Brasil contribuindo com aproximadamente 0,41 milhão de toneladas. O tomate é um alimento básico em muitas dietas por ser rico em vitamina C, minerais essenciais e fibra alimentar (Vats et al., 2022). Os tomates contêm componentes bioativos como licopeno, vitamina C e ácidos fenólicos, que possuem propriedades antioxidantes e contribuem para uma série de benefícios à saúde, como a capacidade de reduzir inflamações (Laranjeira et al., 2022).

A composição dos frutos de tomate varia conforme a cultivar, técnicas de cultivo, dentre eles, o espaçamento entre as áreas de cultivo, condições ambientais e nutrição mineral do solo (Gomes et al., 2025). O uso de telas fotosselativas, uma nova abordagem na prática do cultivo protegido que pode acrescer diversos outros benefícios além dos conhecidos pelas telas convencionais, devido a atenuação da densidade de fluxo de radiação solar que chega ao vegetal (Rana et al., 2014). Estudo recente investigou o efeito de telas coloridas nas métricas foliares das plantas e na qualidade dos frutos de tomate e mostrou que as telas fotosselativas vermelhas proporcionam as melhores condições para o desenvolvimento das plantas, produzem frutos com pericarpo mais espesso, possuem

níveis significativos de licopeno e apresentam sabor ideal (Mustafa et al., 2025).

Até o momento, na luz dos conhecimentos dos autores, não existem estudos que verificam o uso de telas fotosseletivas combinados com diferentes espaçamentos. O objetivo deste trabalho foi avaliar a composição químico-nutricional de frutos de tomate cultivados sob tela fotosseletiva vermelha, condições de campo e dois espaçamentos entre plantas.

OBJETIVO

A finalidade esperada do estudo foi orientar a tomada de decisão de produtores de tomate sobre qual sistema de cultivo adotar, demonstrando como diferentes ambientes (céu aberto vs. telado vermelho) e espaçamentos influenciam a qualidade nutricional.

METODOLOGIA

Trata-se de estudo observacional transversal, com coleta pontual. O delineamento experimental da coleta dos frutos foi inteiramente casualizado segundo maturação dos frutos ao atingirem o ponto de maturação vermelho maduro (mais de 90% da superfície do fruto com coloração vermelha) (SALTVEIT, 2005).

O cultivo foi realizado em esquema fatorial 2x2 (dois espaçamentos, dois tipos de ambiente de produção), compreendendo os seguintes tratamentos: CA (céu aberto) 0,3; CA 0,4; TV (telado vermelho) 0,3 e TV 0,4. As medidas bromatológicas foram avaliadas em triplicata e as medidas de massa fresca em dextuplicata.

Cultivo dos tomates

O estudo foi conduzido em área experimental da Escola de Agronomia da Universidade Federal de Goiás/EA-UFG, situada no Campus Samambaia, no município de Goiânia, Goiás, Brasil, a 16° 40' de latitude Sul e 49° 15' de longitude Oeste e a uma altitude de 730 metros. Pela classificação climática de Köppen-Geiger (1884), o clima local é classificado como quente e semi-úmido com estação seca bem definida, de maio a setembro, com temperatura média anual de 23,2°C, com médias máximas e mínimas de 29,8°C e 17,9°C, respectivamente. A precipitação pluvial média anual é de 1.529 mm, e a insolação total anual média é de 1.200 h (EMBRAPA, 2015). A cultivar analisada foi o híbrido Ivety, gentilmente cedida pela Sakata Seeds, pertencente ao segmento tipo salada intermediário, longa vida e de crescimento indeterminado.

Coleta e preparo das amostras

Foram coletados 20 frutos maduros por lote por tratamento para as análises físico-químicas. Os tomates foram colhidos com 93 dias (lote 1) e 123 dias (lote 2) após o

transplântio de mudas para o campo. Ao final, os lotes foram combinados em uma amostra única para as análises.

Os frutos foram imersos em água com hipoclorito de sódio 50 ppm/15 minutos, para sua desinfecção e secos em papel toalha. As análises de pH, sólidos solúveis totais (°Brix), Acidez Total e Vitamina C foram realizadas em amostra liquidificada (tomate inteiro sem pedúnculo) e filtrada com gaze (IAL, 2008).

Massa fresca

A avaliação da massa fresca individual dos frutos foi conduzida como um dos principais indicadores de produtividade. O procedimento consistiu na pesagem dos frutos inteiros, em dez repetições por tratamento (n=10), realizadas em balança analítica, imediatamente após a colheita para evitar perdas de umidade que pudessem interferir nos resultados.

Vitamina C

Foi realizada conforme Instituto Adolfo Lutz - IAL (2008) por titulometria com iodo. Foram tomados 10 g de filtrado e diluídos com 50 mL de água destilada em Erlenmeyer. Adicionou-se mais 1 mL de solução de amido 1%, 1 mL de iodeto de potássio à 10% e 10 mL de ácido sulfúrico 20% (v/v). Titulou-se com solução de iodato de potássio 0,002 M até ponto de viragem produzindo cor verde clara (mistura da cor vermelha da solução de filtrado de tomate liquidificado adicionado de iodo com amido que dá cor azul). Assim, azul + vermelho = verde. Até atingir equilíbrio mol por mol de vitamina C, em que a mudança de pH foi evidenciada pela mudança de cor. Os cálculos de concentração foram feitos de acordo com a equação abaixo:

No qual: V = volume de iodato gasto na titulação; F = 8,806 ou 0,806, respectivamente para KIO_3 0,02 M ou 0,002 M; P = n° de g ou mL da amostra.

Sólidos solúveis totais e pH

O resultado de sólidos solúveis foi obtida por meio de leitura de uma gota de amostra filtrada em refratômetro digital Abbe (modelo 10450, Abbe, American Optical, Hanover, EUA) interligado a banho termostatizado e realizada a 20 °C (IAL, 2008).

O pH foi determinado em potenciômetro de bancada (modelo W3B Bell Equipamentos Ltda, Piracicaba, Brasil), da amostra de tomate integral sem pedúnculo, liquidificado e filtrado, segundo metodologia descrita por IAL (2008).

Acidez total

Foram pesados 10 g do filtrado e adicionados em Erlenmeyer contendo 50 mL de água destilada e esta solução foi mantida em repouso por 30 minutos. Foram adicionados 3 mL de indicador de fenolftaleína e em seguida, titulados com solução fatorada de NaOH 0,1 N, até formação de coloração rósea persistente. O teor de acidez foi expresso em % de ácido cítrico e % de ácido málico (IAL, 2008).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Tabela 1. Teores médios observados de ganho de massa e propriedades físico-químicas do tomate.

Tratamentos	Peso médio (g) ¹	Vitamina C (mg%/100g) ²	°Brix ²	pH ²	Acidez Total Titulável (g ácido cítrico/100g de tomate) ²
Céu Aberto Espaçamento 0,3	182,247	232,90 ± 6,88	5,0 ± 0,1	4,16 ± 0,0	0,29 ± 0,02
Céu Aberto Espaçamento 0,4	171,759	267,48 ± 7,43	5,0 ± 0,2	4,14 ± 0,01	0,37 ± 0,01
Telado Vermelho Espaçamento 0,3	167,157	204,73 ± 3,13	4,6 ± 0,2	4,06 ± 0,01	0,36 ± 0,02
Telado Vermelho Espaçamento 0,4	185,707	259,32 ± 6,87	4,4 ± 0,1	4,13 ± 0,01	0,29 ± 0,01

Fonte: próprio autor. 1: n=10; 2: Dados expressos em média ± desvio-padrão amostral, n=3 por lote.

A massa fresca variou 115g a 270g, valores em concordância com *Ciro et al.*, 2004, para frutas vermelhas.

O teor de vitamina C dos tomates variaram entre 204,73 mg% e 267,48 mg% (base úmida). Observou-se que o maior espaçamento, tanto em condições de cultivo a céu aberto ou sob telado vermelho, promoveu teores significativamente mais elevados de vitamina C, é considerado que a interceptação de luz proporciona o maior acúmulo de vitamina C pelos frutos (*Zushi et al.*, 2020).

No presente trabalho, o amadurecimento dos tomates ocorreu justamente no final do veranico Goiano, caracterizado pela ausência de dias nublados e com temperaturas máximas diárias de até 34,3°C, o que justifica os altos teores encontrados, mesmo nos frutos cultivados sob telado.

As mudanças externas mais óbvias estão associadas à perda de clorofila e ao acúmulo de licopeno. O teor de licopeno torna-se aparente primeiro na parte inferior do fruto (lado da flor) e progride em direção à parte superior (lado do caule). Portanto, o fruto pode ser parcialmente verde e parcialmente vermelho durante o amadurecimento. No entanto,

uma vez maduro, um fruto de alta qualidade tem uma cor vermelha uniforme distribuída por toda a sua superfície.

Os tomates cultivados a céu aberto apresentaram de forma estatisticamente significativa, mais sólidos solúveis totais e valores de pH ácido, que os cultivados sob telado vermelho. Mustafa et al. (2025) encontraram resultados semelhantes em seus estudos conduzidos na Hungria, justificado pela menor atividade fotossintética em condições de ambiente protegido, devido à menor intensidade luminosa recebida.

Em relação à acidez, notou-se um comportamento interessante nos dados dos diferentes espaçamentos para o cultivo a céu aberto. A relação entre espaçamento e acidez foi distinta para cada ambiente de cultivo. No sistema a céu aberto, a acidez foi superior no maior espaçamento, ao passo que no ambiente protegido pelo telado vermelho, a maior acidez foi registrada no menor espaçamento. Em plantios adensados, o aumento da sobreposição e do sombreamento das folhas reduz a área foliar e logo reduz a taxa fotossintética por planta, assim são esperados valores menores de acidez e sólidos solúveis. Os valores encontrados para pH (4,06- 4,16) encontram-se dentro da faixa aceitável para tomates de qualidade. (Campos et al., 2025).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados da análise físico-química indicam que o tratamento com telado vermelho e espaçamento de 0,4 m influenciou negativamente o acúmulo de sólidos solúveis (°Brix) nos frutos. Por outro lado, foi verificado que o espaçamento entre plantas teve um efeito significativo no teor de vitamina C, sendo que os maiores valores foram quantificados no tratamento de maior espaçamento, independentemente do uso de cobertura.

Os resultados obtidos demonstram que o uso de telado fotosselativo vermelho confere aos frutos de tomate características agronômicas e físicas de grande interesse comercial, notadamente o aumento da produtividade e da firmeza da polpa. Tais características são preponderantes para o mercado de consumo in natura. As análises subsequentes do teor de licopeno serão cruciais para validar o impacto deste sistema de cultivo sobre os compostos bioativos.

Em contrapartida, o cultivo convencional em campo aberto, embora menos produtivo em termos de massa de frutos, gerou tomates com qualidade nutricional superior em relação aos teores de vitamina C e sólidos solúveis, o cultivo sob telado vermelho se mostrou mais vantajoso comercialmente, gerando tomates com maior peso médio, sendo assim, mais produtivos. Portanto, a pesquisa aponta para um balanço entre a qualidade nutricional e os parâmetros agronômicos e de qualidade exigidos pelo mercado, destacando o sistema protegido como uma alternativa viável para otimizar a produção comercial.

PRINCIPAIS REFERÊNCIAS

- AOAC. **Official methods of analysis of the Association Analytical Chemists**. 22 ed. Washington: AOAC, 2023.
- CAMPOS, Camila M. A.; CAMPOS, Luiz F. C.; BEZERRA, Ricardo S.; NASCIMENTO, Abadia R. **Plant density and planting arrangement for tomato plants of determinate growth**. Campina Grande: Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, 2025.
- CASAROLI, Derblai; RODRIGUES, Tallyta R.; MARTINS, Angélica P. B.; EVANGELISTA, Adão W. P.; ALVES JÚNIOR, José. **Padrões de Chuva e de Evapotranspiração em Goiânia, GO**. Goiânia: Revista Brasileira de Meteorologia, 2018.
- CIRO H., VAHOS D., MARQUEZ C. **Estudio experimental de la fuerza de fractura en frutas tropicales: el tomate de árbol (*Cyphomandra betaceum* sendt)**. Colômbia: DYNA, 2004.
- EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Diagnóstico do Setor de Florestas Plantadas no Estado de Goiás**. Brasília: Embrapa Florestas, 2015.
- FAOSTAT - FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. FAO. 2024. **Food and agriculture data**. Disponível em: <<https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL>> Acesso em: 19 agosto. 2025.
- INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Métodos físico-químicos para análises de alimentos**. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008.
- KÖPPEN, W. **The thermal zones of the Earth**, considered according to the duration of the hot, temperate, and cold periods and the effect of heat on the organic world. Stuttgart: Meteorologische Zeitschrift, 1884.
- LARANJEIRA, T., COSTA, A., FARIA-SILVA, C., RIBEIRO, D., DE OLIVEIRA, J. M. P. F., SIMOES, S., et al. **Sustainable valorization of tomato by-products to obtain bioactive compounds: Their potential in inflammation and cancer management**. Basel: Molecules, 2022.
- MUSTAFA, Mohammed; MWANGI, Ruth W.; SZALAI, Zita; KAPPEL, Noémi; CSAMBALIK, László. **Sustainable responses to open field tomato (*Solanum lycopersicum* L.) stress impacts**. Budapeste: Journal of Agriculture and Food Research, 2025.
- RANA, Neerja; KUMAR, Manish; ABHISHEK, Walia; SHARMA, Surabhi. **Tomato Fruit Quality under Protected Environment and Open Field Conditions**. Nauni: International Journal of Bio-resource and Stress Management, 2014.
- SALVEIT, M. E. **Fruit Ripening and Fruit Quality**. Crop Production in Horticulture: Tomatoes. 1. ed. Wageningen: Cabi Publishing, 2005.
- TILESI, F., LOMBARDI, A., MAZZUCATO, A. **Scientometric and methodological analysis of the recent literature on the health-related effects of tomato and tomato products**.

Basel: Foods, 2021.

VATS, S., BANSAL, R., RANA, N., KUMAWAT, S., BHATT, V., JADHAV, P., et al. **Unexplored nutritive potential of tomato to combat global malnutrition**. Londres: Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 2022.

ZUSHI, Kazufumi; SUEHARA, Chisato; SHIRAI, Minori . **Effect of light intensity and wavelengths on ascorbic acid content and the antioxidant system in tomato fruit grown in vitro**. Miyazaki: Scientia Horticulturae, 2020.

André Cayô Cavalcanti¹;

Faculdade Multivix, Nova Venécia, Espírito Santo.

<http://lattes.cnpq.br/1392974044923456>

Francismar Silva Coelho²;

Faculdade Multivix, Nova Venécia, Espírito Santo.

<http://lattes.cnpq.br/6893364633794953>

Helton Barros de Moraes³;

Faculdade Multivix, Nova Venécia, Espírito Santo.

<http://lattes.cnpq.br/8489771307461946>

Marcelo Babilonio⁴;

Faculdade Multivix, Nova Venécia, Espírito Santo.

Ivanildo Schmith Kuster⁵;

Faculdade Multivix, Nova Venécia, Espírito Santo.

<http://lattes.cnpq.br/8076091911867812>

Sérgio de Oliveira Alves⁶;

Faculdade Multivix, Nova Venécia, Espírito Santo.

<http://lattes.cnpq.br/9652229956705948>

Wanderson Alves Ferreira⁷;

Faculdade Multivix, Nova Venécia, Espírito Santo.

<http://lattes.cnpq.br/6218341903351479>

Marcel Merlo Mendes⁸;

Universidade Federal do Espírito Santo (UFES).

<http://lattes.cnpq.br/4538184163113541>

Josete Pertel⁹;

Faculdade Multivix, Nova Venécia, Espírito Santo.

<http://lattes.cnpq.br/7816353380400598>

Juliana Maria Piassi¹⁰;

Faculdade Multivix, Nova Venécia, Espírito Santo.

<http://lattes.cnpq.br/3824373640026505>

Janio Laurindo¹¹;

Universidade Federal do Espírito Santo (UFES), Nova Venécia, Espírito Santo.

<http://lattes.cnpq.br/7235234921414971>

Deivid Garbrecht Feltz¹².

Universidade Federal do Espírito Santo (UFES), Nova Venécia, Espírito Santo.

<http://lattes.cnpq.br/4076769345051474>

RESUMO: A ferrugem do cafeeiro, causada por *Hemileia vastatrix*, é uma das principais ameaças à cafeicultura brasileira, reduzindo produtividade e longevidade dos cafezais. No café Conilon (*Coffea canephora*), amplamente cultivado no Espírito Santo e em outras regiões tropicais, o manejo integrado é crucial para a sustentabilidade. Esta revisão sintetiza estudos sobre estratégias combinadas: práticas culturais, cultivares resistentes, controle químico racional e enfoques agroecológicos. O manejo inicia-se na implantação do cafezal, com escolha de áreas bem ventiladas e materiais genéticos menos suscetíveis. Práticas como podas regulares, espaçamento adequado e nutrição equilibrada reduzem a incidência. O controle químico é eficaz quando guiado por monitoramento e aplicado nos períodos críticos de infecção, evitando uso indiscriminado. Avanços de melhoramento, como clones mais resistentes e porta-enxertos adaptados, têm diminuído a pressão da doença. A integração dessas ações, somada à capacitação técnica dos produtores, sustenta um sistema de manejo alinhado aos princípios do manejo integrado de doenças. Conclui-se pela necessidade de abordagens multidisciplinares e ajustadas às realidades regionais para o enfrentamento eficaz da ferrugem no café Conilon.

PALAVRAS-CHAVE: Ferrugem do cafeeiro. Manejo integrado de doenças. *Hemileia vastatrix*.

INTEGRATED MANAGEMENT OF COFFEE LEAF RUST IN CONILON COFFEE

ABSTRACT: Coffee leaf rust, caused by *Hemileia vastatrix*, is one of the main threats to Brazilian coffee cultivation, reducing both yield and the longevity of coffee stands. In Conilon coffee (*Coffea canephora*), widely grown in Espírito Santo and other tropical regions, integrated management is crucial for sustainability. This review synthesizes studies on combined strategies: cultural practices, resistant cultivars, rational chemical control, and agroecological approaches. Management begins at field establishment, with the selection of well-ventilated sites and less susceptible genetic materials. Practices such as regular pruning, appropriate spacing, and balanced nutrition reduce disease incidence. Chemical

control is effective when guided by monitoring and applied during critical infection periods, avoiding indiscriminate use. Breeding advances—such as more resistant clones and adapted rootstocks—have reduced disease pressure. The integration of these actions, together with producers' technical training, supports a management system aligned with the principles of integrated disease management. We conclude that multidisciplinary approaches tailored to regional contexts are necessary to effectively confront rust in Conilon coffee.

KEY-WORDS: Coffee leaf rust; integrated disease management; *Hemileia vastatrix*.

INTRODUÇÃO

O café é uma das principais commodities agrícolas do Brasil, ocupando papel estratégico na economia nacional e na geração de empregos, sobretudo nas regiões produtoras. Dentro desse contexto, o café Conilon (*Coffea canephora*), cultivado predominantemente nas regiões Norte e Noroeste do Espírito Santo, além de áreas dos estados da Bahia, Rondônia e Minas Gerais, destaca-se por sua elevada produtividade, rusticidade e adaptação a climas mais quentes e altitudes mais baixas (VENTURA et al., 2017; FERRÃO et al., 2017). Atualmente, o Conilon representa cerca de 30% da produção nacional de café, sendo fundamental para o abastecimento interno e para o equilíbrio dos blends da indústria cafeeira (EMATER-MG, 2016).

Apesar de sua relevância, o cultivo do café Conilon enfrenta diversos desafios fitossanitários, entre os quais a ferrugem do cafeeiro, causada pelo fungo *Hemileia vastatrix*, figura como uma das doenças mais destrutivas da cultura. A ferrugem compromete o vigor das plantas, reduz a área foliar fotossintética, antecipa a queda de folhas e, conseqüentemente, provoca expressivas perdas na produção (ZAMBOLIM, 2015; SENAR, 2017). Embora mais comum em cultivares de *Coffea arabica*, a doença tem se tornado uma ameaça crescente em áreas de cultivo intensivo de *Coffea canephora*, especialmente sob condições ambientais favoráveis à patogênese, como alta umidade e temperaturas amenas (VENTURA et al., 2017; ZAMBOLIM et al., 1997).

Diversas estratégias têm sido propostas para o controle da ferrugem, desde práticas culturais, como desbaste e podas (COSTA, ZAMBOLIM & RODRIGUES, 2006), até o uso de cultivares resistentes, manejo nutricional e controle químico (ZAMBOLIM et al., 2005; VENTURA et al., 2017). No entanto, a eficácia duradoura dessas estratégias depende da adoção de um conjunto coordenado de ações, conforme preconiza o conceito de manejo integrado de doenças (MID). Este enfoque visa à sustentabilidade da produção, aliando técnicas de controle químico, biológico e cultural à melhoria genética e ao monitoramento constante da lavoura (ZAMBOLIM et al., 1999; OLIVEIRA et al., 2013). Além disso, o uso de porta-enxertos resistentes, como o ES8161 'Goytacá', tem sido apontado como alternativa complementar para melhorar a sanidade do cafeeiro e sua tolerância a estresses bióticos (LIMA et al., 2022b).

OBJETIVO

Realizar uma revisão bibliográfica sobre o manejo integrado da ferrugem em café Conilon, abordando os principais avanços em práticas culturais, controle químico, genética vegetal e estratégias sustentáveis, com base nas contribuições técnicas e científicas mais relevantes da área.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Estratégias de controle genético para resistência à ferrugem em café conilon

O controle genético de doenças é uma das ferramentas mais eficazes e sustentáveis dentro do manejo integrado em culturas perenes como o cafeeiro, e, para a ferrugem causada por *Hemileia vastatrix*, a adoção de cultivares resistentes constitui estratégia central de longo prazo, diminuindo a dependência de insumos químicos e os custos de produção (ZAMBOLIM et al., 1997; VENTURA et al., 2017). Embora a resistência tenha sido historicamente mais desenvolvida para *Coffea arabica*, o avanço do cultivo de café Conilon (*Coffea canephora*) direcionou esforços ao desenvolvimento de cultivares e clones resistentes, beneficiando-se de sua base genética mais diversa, que amplia a plasticidade para melhoramento convencional e assistido por marcadores (VENTURA et al., 2017). Programas do Incaper e da Embrapa têm identificado genótipos resistentes, e a seleção de clones superiores considera rendimento, qualidade da bebida e tolerância a doenças e pragas, gerando materiais adaptados ao ambiente e resistentes a estresses bióticos como a ferrugem (FERRÃO et al., 2017). Com o avanço biotecnológico, a seleção assistida por marcadores acelera a identificação de genes de resistência, especialmente os associados aos loci SH, mais estudados em *C. arabica*, com esforços crescentes de transferência e aplicação ao Conilon (ZAMBOLIM, 2015).

Uso de Porta-Enxertos com resistência múltipla

Outra abordagem promissora no controle genético da ferrugem em Conilon é o uso de porta-enxertos clonais com resistência a múltiplos patógenos. O clone ES8161 ‘Goytacá’, por exemplo, desenvolvido pelo Incaper, apresenta resistência ao nematoide-das-galhas (*Meloidogyne spp.*) e, segundo LIMA et al. (2022b), também demonstra maior vigor e sanidade das plantas enxertadas. Embora seu foco principal seja a resistência a nematoides, a saúde geral proporcionada por esse porta-enxerto pode refletir em menor suscetibilidade secundária a doenças como a ferrugem.

Essa estratégia é especialmente relevante quando se considera o conceito de “planta sadia como fator preventivo”. Segundo ZAMBOLIM et al. (1999), plantas vigorosas e bem nutridas apresentam menor incidência e severidade de doenças foliares, como a ferrugem. Portanto, o uso de materiais clonais resistentes ou tolerantes contribui para um sistema de produção mais resiliente e alinhado aos princípios do manejo integrado.

Além disso, o uso de enxertia com clones adaptados ao ambiente pode contribuir para uma lavoura mais uniforme, facilitando as práticas de manejo, como poda e adubação, que também impactam na sanidade vegetal. Assim, o controle genético, por meio tanto da seleção de cultivares quanto da adoção de porta-enxertos resistentes, constitui uma base sólida sobre a qual as demais estratégias de manejo devem ser construídas.

Por fim, é importante destacar que a resistência genética, apesar de eficaz, não é permanente. A variabilidade genética de *H. vastatrix* permite o surgimento de raças fisiológicas capazes de superar barreiras genéticas, como observado no *C. arabica* em diversas regiões produtoras (ZAMBOLIM et al., 2005). Dessa forma, a resistência genética deve ser entendida como um componente dentro de um sistema mais amplo e dinâmico de manejo integrado, que requer monitoramento constante e, idealmente, deve ser combinado com práticas culturais, químicas e, futuramente, biológicas.

O Papel do controle químico no manejo integrado

O controle químico da ferrugem do cafeeiro (*Hemileia vastatrix*) permanece entre as ferramentas mais utilizadas, sobretudo em cultivos comerciais, devendo ser empregado de forma racional, estratégica e complementar às práticas genéticas e culturais, pois o uso isolado eleva custos, riscos ambientais e seleção de patógenos resistentes, além de favorecer a quebra de resistência genética (ZAMBOLIM et al., 1997; ZAMBOLIM, 2015). Os principais grupos de fungicidas incluem triazóis, estrobilurinas e carboxamidas, com ação preventiva, curativa e erradicante, e sua aplicação deve considerar o estágio fenológico, a previsão climática, o histórico da área e a presença de sintomas iniciais, conforme recomenda o SENAR (2017).

Em Conilon, a menor sistematização do uso de fungicidas em comparação a *C. arabica* representa risco adicional em ambientes de alta umidade e temperatura, que favorecem a germinação de esporos (VENTURA et al., 2017). Aplicações fora de momento, com dose incorreta ou sem cobertura foliar adequada reduzem a eficácia e aceleram a resistência do patógeno (ZAMBOLIM et al., 2005). A rotação de princípios ativos com diferentes modos de ação, o uso de misturas comerciais ou a alternância entre grupos químicos, incluindo parceiros multissítios, é amplamente recomendada para diminuir a pressão de seleção (ZAMBOLIM et al., 1999).

A decisão deve ser integrada a dados de monitoramento, histórico da lavoura e modelos epidemiológicos para prever surtos (ZAMBOLIM et al., 1999; OLIVEIRA et al., 2013), associada a poda, adubação equilibrada e sombreamento que reduzem a pressão da doença. A nutrição adequada, especialmente de potássio, cálcio e boro, pode aumentar a resistência induzida e reduzir a necessidade de intervenções frequentes (ZAMBOLIM, 2015). A racionalização no uso de defensivos atende também a limites máximos de resíduos e a exigências de mercado, o que é relevante em termos econômicos e sanitários (SENAR, 2017). Para pequenos produtores, cujo acesso pode ser limitado, políticas públicas e

capacitação técnica são essenciais para a adoção efetiva do manejo integrado (VENTURA et al., 2017; LIMA et al., 2022a). Em síntese, o controle químico segue relevante e necessário quando integrado a outras estratégias, com escolha correta de produtos, observância do calendário fitossanitário e uso baseado em evidências técnicas.

Práticas culturais como ferramentas de manejo da ferrugem

As práticas culturais são componentes essenciais do manejo integrado da ferrugem do cafeeiro Conilon, com foco em prevenção e sustentabilidade, ajustando o microclima da lavoura para reduzir umidade e sombreamento e elevar o vigor das plantas, tornando o ambiente menos favorável a *Hemileia vastatrix* (VENTURA et al., 2017; ZAMBOLIM, 2015). A densidade de plantio deve ser criteriosamente definida; sistemas adensados podem ser produtivos quando acompanhados de podas regulares que assegurem ventilação e penetração de luz, reduzindo microclimas propícios à germinação de esporos (ZAMBOLIM et al., 1994). A poda periódica facilita o monitoramento e a aplicação de fungicidas, renova ramos produtivos e remove partes infectadas, diminuindo a carga de inóculo; a posição das folhas e sua exposição solar afetam diretamente a severidade da doença, evidenciando a importância da arquitetura da planta (Custódio et al., 2011).

A orientação das fileiras no sentido leste oeste tende a aumentar a incidência luminosa e a reduzir a severidade, especialmente em regiões tropicais como o Espírito Santo (SANTOS, 2002). A nutrição equilibrada, com adequado suprimento de potássio, cálcio, magnésio e boro, fortalece tecidos e aumenta resistência estrutural, enquanto o excesso de nitrogênio deve ser evitado por favorecer tecidos jovens e suscetíveis (ZAMBOLIM, 2015). O manejo da irrigação deve priorizar gotejamento e evitar excesso por aspersão que eleva a umidade foliar e favorece a infecção (MESQUITA et al., 2016). O desbaste de frutos contribui para o equilíbrio fisiológico, aumentando carboidratos solúveis e açúcares redutores e melhorando a nutrição geral, com redução da intensidade da doença (Costa, Zambolim e Rodrigues, 2006). Integradas, essas medidas potencializam o controle químico e a resistência genética, são acessíveis aos pequenos produtores e, quando adaptadas ao clima e à economia locais, sustentam a cafeicultura.

Potencial de controle biológico e outras abordagens inovadoras

O controle biológico vem se consolidando como estratégia promissora no manejo integrado da ferrugem do cafeeiro, inclusive no Conilon, por empregar inimigos naturais e bioinsumos que reduzem o patógeno com menor impacto ambiental, sem resíduos tóxicos e alinhados à sustentabilidade (SENAR, 2017; ZAMBOLIM, 2015). Entre os agentes avaliados destacam-se *Aureobasidium pullulans*, com supressão de *Hemileia vastatrix* por competição na superfície foliar, além de *Bacillus subtilis* e *Trichoderma* spp., que atuam por antibiose, parasitismo ou indução de resistência (VENTURA et al., 2017). A adoção

ampla ainda enfrenta desafios de variabilidade ambiental, necessidade de reaplicações, compatibilidade com outros insumos e entraves regulatórios para registro e disponibilização de produtos (ZAMBOLIM, 2015).

Complementarmente, ganham espaço abordagens que induzem resistência sistêmica adquirida via elicitores naturais e sintéticos, como ácido salicílico, jasmonato de metila e extratos de algas, capazes de ativar defesas fisiológicas e reduzir infecções por *H. vastatrix* (ZAMBOLIM, 1997; COSTA et al., 2006). Ferramentas de agricultura de precisão, com drones e sensores ópticos, permitem detecção precoce de focos por análise da coloração foliar e intervenções localizadas, elevando a eficiência e reduzindo o uso indiscriminado de fungicidas (IBARRA, 2006; LIMA, 2001). No melhoramento, marcadores moleculares e edição gênica por CRISPR-Cas9 tendem a acelerar a obtenção de variedades resistentes, mesmo diante da complexidade genômica do Conilon (LIMA et al., 2022b; VENTURA et al., 2017). Integradas às práticas consolidadas, essas inovações exigem capacitação, acesso à informação e apoio institucional, sobretudo para pequenos e médios produtores, mas apontam para uma cafeicultura mais resiliente, eficiente e ambientalmente equilibrada.

Desafios e perspectivas para a implementação do manejo integrado

A adoção do manejo integrado da ferrugem em café Conilon é indispensável à sustentabilidade da cafeicultura, mas enfrenta limitações técnicas, econômicas e estruturais. Destacam-se o déficit de capacitação técnica, a dependência de orientações empíricas e do uso recorrente de defensivos pela facilidade e rapidez de resposta, além da carência de assistência continuada e de acesso a tecnologias atualizadas (SENAR, 2017; MESQUITA et al., 2016). A efetivação das práticas exige planejamento e monitoramento constante, demandando mão de obra treinada e tempo, o que é desafiador para estruturas reduzidas; somam-se custos iniciais para cultivares resistentes, irrigação localizada e bioinsumos, sobretudo sem políticas públicas e crédito orientado (ZAMBOLIM et al., 1999; VENTURA et al., 2017). A variabilidade edafoclimática condiciona respostas distintas da ferrugem e impõe ajustes locais, dificultando padronizações, enquanto a ausência de dados regionais robustos sobre incidência, severidade e resposta varietal limita recomendações específicas (ZAMBOLIM, 2015).

As perspectivas são favoráveis com a demanda por sustentabilidade e a intensificação de pesquisas por Embrapa, Incaper e universidades em materiais genéticos com resistência parcial, práticas culturais otimizadas e tecnologias de controle biológico e digital (VENTURA et al., 2017; LIMA et al., 2022b). A ampliação do uso de bioinsumos, inclusive via cooperativas e redes de produtores, pode reduzir custos e a dependência de fungicidas, enquanto marcos regulatórios mais ágeis aceleram a adoção (ZAMBOLIM, 2015; SENAR, 2017). Na extensão rural, capacitações, parcerias público-privadas, plataformas digitais e projetos-piloto com resultados técnicos e econômicos divulgados tendem a ampliar a confiança e a adoção (OLIVEIRA et al., 2013; LIMA, 2001). A articulação entre políticas públicas e

incentivos de mercado — certificações, bonificações e apoio à transição agroecológica — será decisiva para consolidar o manejo integrado como norma técnica e comercialmente viável, promovendo uma cafeicultura mais equilibrada, produtiva e resiliente.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A ferrugem do cafeeiro, causada por *Hemileia vastatrix*, permanece como um dos principais limitadores da produtividade e da estabilidade temporal dos sistemas cafeeiros brasileiros, incluindo o Conilon (*Coffea canephora*). A síntese das evidências indica que a estratégia tecnicamente mais robusta é o manejo integrado, entendido como a orquestração de múltiplas táticas com mecanismos de ação complementares e independentes. A resistência genética constitui a base do sistema por reduzir a taxa básica de infecção e a área sob a curva de progresso da doença (AUDPC); contudo, sua durabilidade depende de diversidade genética, piramidação de genes e alinhamento com práticas que diminuam a pressão de seleção sobre populações do patógeno. O uso de fungicidas deve ser posicionado como suporte, guiado por monitoramento epidemiológico e modelos de risco, calibração fenológica e rotação de modos de ação, preferencialmente combinando moléculas sistêmicas com multissítios para mitigar a evolução de resistência. Práticas culturais que modulam o microclima do dossel (arquitetura, espaçamento, poda), a estoiquimetria nutricional (ênfase em K, Ca, Mg e B, com parcimônia no N) e a gestão hídrica (prioridade a irrigação localizada) reduzem a aptidão do hospedeiro e a janela de infecção. Abordagens biológicas e bioestimulantes (antagonistas, indutores de resistência) ampliam o repertório, enquanto ferramentas digitais de agricultura de precisão e sensoriamento remoto antecipam detecção e direcionam intervenções localizadas, elevando eficiência e custo-efetividade.

A consolidação desse paradigma exige superar gargalos recorrentes: heterogeneidade edafoclimática que demanda recomendações localmente calibradas; assimetria de acesso a assistência técnica, crédito e bioinsumos; e marcos regulatórios que precisam conciliar celeridade com segurança. Nesse contexto, a efetividade em escala depende da integração entre pesquisa, extensão e cooperativismo, com experimentação multifatorial e ensaios regionais que quantifiquem impactos agronômicos, econômicos e ambientais (produtividade, AUDPC, retorno marginal, conformidade de resíduos). Prioridades de investigação incluem a avaliação de combinações sinérgicas (cultivares resistentes + manejo nutricional e hídrico + bioinsumos + fungicidas de suporte), o desenvolvimento e validação de sistemas de apoio à decisão baseados em clima e fenologia, e análises de custo de transição para pequenos e médios produtores. Diante do aquecimento e da variabilidade climática, que tendem a ampliar janelas de infecção e a complexidade dos surtos, o manejo integrado deixa de ser mera exigência fitossanitária para se tornar condição necessária de viabilidade econômica, resiliência ambiental e competitividade da cafeicultura do Conilon no Brasil.

REFERÊNCIAS

- COSTA, M.J.N.; ZAMBOLIM, L.; RODRIGUES, F.A. **Efeito de níveis de desbaste de frutos do cafeeiro na incidência da ferrugem, no teor de nutrientes, carboidratos e açúcares redutores**. Fitopatologia Brasileira, v. 31, p. 564-571, 2006.
- EMBRAPA. **Implantação de cafezais Conilon**. Brasília: Embrapa, 2017. Disponível em: http://www.sapc.embrapa.br/arquivos/consorcio/publicacoes_tecnicas/livro_implantacao_cafezais.pdf. Acesso em: 28 de abril.
- IBARRA, R. T. L. B. **Monitoring of Leucoptera coffeella with sexual pheromone traps**. Journal of Applied Entomology, v. 159, p. 1-15, 2006.
- LIMA, I. de M.; VENTURA, J. A.; COSTA, H.; VOLPI, P. S.; FERRÃO, M. A. G.; VERDIM FILHO, A. C.; FERRÃO, R. G.; FONSECA, A. F. A da.; COMERIO, M. ES8161 **‘Goytacá’: porta-enxerto clonal de café Conilon resistente a nematoide das galhas**. Vitória: DCM/ Incaper, 2022b. (Incaper. Documentos, n. 293).
- LIMA, E. R. de. **Feromônio sexual do bicho-mineiro do café, Leucoptera coffeella: avaliação para uso em programas de manejo integrado**. 2001. Disponível em: <https://dx.doi.org/10.18066/inic0533.23>. Acesso em: 28 de abril.
- MESQUITA, Carlos Magno de et al. **Manual do café: implantação de cafezais Coffea arábica L**. Belo Horizonte: EMATER-MG, 2016.
- OLIVEIRA, C. M.; AUAD, A. M.; MENDES, S. M.; FRIZZAS, M. R. **Economic impact of exotic insect pests in Brazilian agriculture**. Journal of Applied Entomology, v. 159, p. 1-15, 2013.
- SENAR – SERVIÇO NACIONAL DE APRENDIZAGEM RURAL. **Café: controle de pragas, doenças e plantas daninhas**. Brasília: SENAR, 2017.
- VENTURA, J. A.; COSTA, H.; LIMA, I. M. **Manejo de doenças do cafeeiro Conilon**. In: FERRÃO, R. G.; FONSECA, A. F. A.; FERRÃO, M. A. G.; DE MUNER, L. H. Café Conilon. Vitória: Incaper, 2017. p. 435-480.
- ZAMBOLIM, L. **Manejo de doenças**. In: FONSECA, A. F. A.; SAKIYMA, N. S.; BOREN, A. Café Conilon: do plantio à colheita. Viçosa: UFV, 2015. p. 114-137.
- ZAMBOLIM, L.; CHAVES, G. M.; RIBEIRO DO VALE, F. X.; PEREIRA, A. A. **Manejo integrado das doenças do cafeeiro em cultivo adensado**. In: Simpósio Internacional sobre Café Adensado, 1994.
- ZAMBOLIM, L.; VALE, F. X. R.; ZAMBOLIM, E. M.; **Doenças do cafeeiro (Coffea arabica e C. canephora)**. In: KIMATI, L. et al. (Ed.). Manual de fitopatologia: doenças das plantas cultivadas. 3. ed. São Paulo: Fundação Cargill, 2005. p. 457-474.
- ZAMBOLIM, L.; VALE, F. X. R.; PEREIRA, A. A.; CHAVES, G. M. **Café (Coffea arábica L.), controle de doenças causadas por fungos, bactérias e vírus**. In: VALE, F. X. R.; ZAM-

BOLIM, L. (Eds.). Controle de doenças de plantas: grandes culturas. 2. ed. Viçosa: UFV, 1997. p. 331-375.

ÁREA TEMÁTICA: PECUÁRIA

TEMPOS DE REALOCAÇÃO NA ESTABILIDADE AEROBIA E COMPOSIÇÃO QUÍMICA-BROMATOLOGICA DE SILAGENS DE SORGO (*Sorghum bicolor* L. Moench)

Iago Maia Gomes¹;

Universidade Federal do Oeste do Pará, UFOPA, Santarém, Pará.

<http://lattes.cnpq.br/2804031284461531>

Ronaldo Francisco Lima²;

Universidade Federal do Oeste do Pará, UFOPA, Santarém, Pará.

<http://lattes.cnpq.br/6389797944810296>

Andréa Krystina Vinente Guimarães³.

Universidade Federal do Oeste do Pará, UFOPA, Santarém.

<http://lattes.cnpq.br/0041955407499360>

RESUMO: O estudo avaliou os efeitos de tempos de realocação na composição químico-bromatológica e na estabilidade aeróbia de silagens de sorgo. Esse trabalho buscou avaliar a composição bromatológica da realocação em diferentes tempos, associado a estabilidade após abertura monitorando a variação de temperatura e pH. Para avaliação dos resultados foram submetidos a análise estatística utilizando o SAS (Statistical Analysis System), atestado por controle linear e quadrático para efeito do tempo de abertura. Os resultados mostraram que os teores de proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), matéria orgânica (MO) e matéria mineral (MM) mantiveram-se adequados em todos os tempos de realocação, com a matéria seca (MS) variando entre 24,02% e 28,91%, indicando níveis estáveis de umidade. No entanto, a estabilidade aeróbia foi comprometida após 12 horas de exposição ao ar, com aumento da temperatura e elevação do pH acima de 4, especialmente em períodos mais longos de realocação (16 e 32 dias), devido à ativação de microrganismos aeróbios que aceleram a deterioração. Conclui-se que, embora a qualidade nutricional da silagem tenha sido preservada, a exposição prolongada ao ar durante a realocação compromete sua estabilidade, desse modo, os tratamentos de 8 e 16h apresentaram melhores resultados.

PALAVRAS-CHAVES: Ensilagem. pH. Aerobiose.

RELOCATION TIMES ON THE AEROBIC STABILITY AND CHEMICAL-BROMATOLOGICAL COMPOSITION OF SORGHUM SILAGENS (*Sorghum bicolor* L. Moench)

ABSTRACT: The study evaluated the effects of different reallocation times on the chemical-bromatological composition and aerobic stability of sorghum silages. The results showed that the contents of crude protein (CP), neutral detergent fiber (NDF), acid detergent fiber (ADF), organic matter (OM) and mineral matter (MM) remained adequate at all reallocation times, with dry matter (DM) varying between 24.02% and 28.91%, indicating stable moisture levels. However, aerobic stability was compromised after 12 hours of exposure to air, with an increase in temperature and a rise in pH above 4, especially at longer relocation times (16 and 32 days), due to the activation of aerobic microorganisms that accelerate deterioration. It is concluded that although the nutritional quality of the silage has been preserved, prolonged exposure to air during relocation compromises its stability, reinforcing the need for management practices that minimize the entry of oxygen, such as rapid recompaction and the use of high-barrier plastic films, to guarantee the preservation and nutritional value of the silage.

KEY-WORDS: Ensilage. pH. Aerobic.

INTRODUÇÃO

A silagem de sorgo é uma alternativa nutricional amplamente utilizada na alimentação de ruminantes, especialmente em regiões onde as condições climáticas não favorecem o cultivo do milho (Martinkoski; Vogel, 2013). O sorgo apresenta boa adaptação a solos de menor fertilidade e períodos de estiagem, tornando-se uma escolha viável para a produção de volumoso conservado. A técnica de ensilagem permite armazenar o sorgo por longos períodos, garantindo uma oferta contínua de alimento para os animais durante o ano, especialmente em períodos de escassez de pastagem (Marques et al., 2022). A composição bromatológica da silagem de sorgo varia conforme a cultivar utilizada e as condições de colheita, mas geralmente apresenta teores satisfatórios de fibra, proteína bruta e carboidratos solúveis (Avelino et al., 2011). Seu teor de matéria seca pode variar entre 25% e 35%, sendo fundamental para um bom processo fermentativo e conservação adequada.

Marques et al. (2022) defendem que a realocação da silagem é um processo estratégico dentro do manejo alimentar dos animais, pois envolve o transporte e distribuição da silagem para os cochos de alimentação. Esse processo deve ser realizado com cuidado para evitar perdas nutricionais e desperdício do alimento. Durante a retirada da silagem do silo, é fundamental manter a compactação adequada e evitar a entrada excessiva de oxigênio, pois isso pode favorecer a deterioração aeróbica, reduzindo a qualidade da

forragem.

Vale destacar que a realocação eficiente da silagem de sorgo contribui para a manutenção do desempenho animal e da produtividade do rebanho. O planejamento adequado da alimentação, aliado ao monitoramento da qualidade da silagem, permite um melhor aproveitamento dos nutrientes disponíveis. Isso reflete diretamente na conversão alimentar, no ganho de peso e na produção de leite dos animais, tornando a silagem uma opção viável e economicamente sustentável para a pecuária (Marinho et al., 2024).

Assim, este estudo pretende fornecer informações detalhadas sobre a composição química do sorgo e seus fatores determinantes, auxiliando produtores, nutricionistas e pesquisadores na tomada de decisões estratégicas para o melhor aproveitamento dessa cultura.

Com isso, espera-se contribuir para a valorização do sorgo como uma cultura agrícola fundamental para a sustentabilidade da produção de alimentos e rações. Diante disso, este estudo tem como objetivo de avaliar a estabilidade e composição química da silagem de sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) realocada em tempos diferentes de realocação.

MATERIAL E MÉTODOS

O sorgo forrageiro foi cultivado na Fazenda Experimental da Universidade Federal do Oeste do Pará – UFOPA, localizada na rodovia PA-370, Km 37, Santarém Curuá-una, com coordenadas geográficas de latitude 2° 41' 6.44" S e longitude de 54° 32' 22.03" W, e altitude de 51 metros. As plantas foram colhidas aproximadamente com 120 dias, quando os grãos estavam no ponto pastoso – farináceo, manualmente, utilizando facão a 15 cm da superfície do solo, e foram processadas em ensiladeira acoplada ao trator regulado para cortar a forragem em partículas em torno de 2,0 a 3,0 cm.

Este material foi então ensilado em um silo de superfície, realizando a compactação com o trator e vedado com uma lona de 200 micras para proteger contra água e outros contaminantes. Essa espessura proporciona uma barreira eficiente contra a penetração de oxigênio, um dos principais fatores que contribuem para a deterioração da forragem. Ao limitar a entrada de ar, a lona grossa ajuda a manter o ambiente anaeróbico ideal para a fermentação adequada, preservando os nutrientes e evitando perdas por aquecimento ou proliferação de microrganismos indesejáveis. Após um período de 30 dias de fermentação anaeróbica, o silo foi aberto, suas bordas descartadas, enquanto o material central foi reensilado e compactado manualmente em baldes de polipropileno copolímero de aproximadamente 15kg, recompactado e vedado com plástico filme para garantir a qualidade e prevenir o desenvolvimento de microrganismos indesejáveis devido à entrada de ar. Posteriormente, as amostras foram transferidas para o laboratório de Bromatologia da Universidade Federal do Oeste do Pará, onde foram mantidas em condições controladas de temperatura, para avaliar o efeito do tempo de realocação na qualidade da silagem. Adotando o formato DIC

(Delineamento Inteiramente Casualizado), foram estabelecidos seis tratamentos diferentes: 4, 8, 16, 32, 64 e 198 dias, com quatro repetições cada. No início de cada tratamento, foi realizado o descarte dos primeiros 10 cm da silagem, e foram coletadas amostras de 500g para análises bromatológicas e congeladas 300g para determinação do nitrogênio amoniacal seguindo a metodologia de Bolsen et al. (1992).

Foram realizadas as determinações de matérias, seca, orgânica e mineral, proteína bruta, extrato etéreo, fibras em detergente neutro e ácido, nutrientes digestíveis totais e digestibilidade da matéria seca. As análises foram realizadas de acordo com técnicas descritas por AOAC (1990), para matéria seca (MS), matéria mineral (MM), matéria orgânica (MO), proteína bruta (PB). As Fibras em detergente neutro (FDN) em detergente ácido (FDA) foram determinadas de acordo com Van Soest et al. (1991). Os valores de FDN corrigido para cinzas (FDNc) e a MO (matéria orgânica) foram estimados pelas seguintes fórmulas: Os nutrientes digestíveis totais (NDT) e digestibilidade da matéria seca (DMS) foram estimados conforme Rodrigues (2010), pelas equações: $NDT = 87,84 - (0,7 \times \% FDA)$ e $DMS = 88,9 - (0,779 \times \% FDA)$. Para o ensaio da estabilidade aeróbia foi feita uma amostra composta de cada tratamento (silagem não realocada, 0, 6, 12, 18, 30, 36, 42, 48 e 60 horas) com 2 kg de silagem não compactado acondicionadas em baldes de polipropileno com capacidade para 7 kg, onde ficaram por 7 dias em uma sala fechada com temperatura ambiente. A temperatura da sala foi monitorada duas vezes ao dia (8:00 e 20:00 h), com uso de termômetro inserido a 10 cm da massa. A temperatura ambiente foi monitorada com um termômetro de ambiente digital. Foram avaliados 13 tempos (0, 24, 36, 48, 60, 72, 84, 96, 108, 120, 132, 144, 156 horas após a abertura dos SE) e no mesmo horário foram aferidos também os valores de pH, segundo a metodologia descrita por Silva e Queiroz (2002).

A estabilidade aeróbia foi calculada como o número de horas observado para que a silagem, após a abertura do silo experimental, apresentasse elevação em 2°C em relação à temperatura ambiente (MORAN *et al.*, 1996).

Os resultados das análises químico-bromatológicas foram submetidos à análise estatística por meio do software SAS (Statistical Analysis System). As médias obtidas foram avaliadas utilizando análise de contraste, considerando os efeitos linear e quadrático em relação ao tempo de abertura do silo. Essa abordagem permitiu uma interpretação mais precisa das tendências e variações nos dados ao longo do tempo, contribuindo para uma compreensão mais detalhada dos impactos do período de abertura na qualidade da silagem.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos na análise bromatológica da silagem de sorgo demonstram variações significativas nos parâmetros avaliados ao longo do período de armazenamento, impactando diretamente na qualidade nutricional e no potencial de utilização do material ensilado como é possível observar ao analisar a tabela 1.

Tabela 1: Composição Bromatológica da Silagem de Sorgo em Diferentes Período de Armazenamento.

VARIÁVEL (%)	DIAS DE ABERTURA						EPM	P	EFEITO	
	4	8	16	32	64	198			L	Q
%PB MS	7,93	7,78	7,59	7,83	7,68	7,93	0,042	<0,01	0,92	<0,01
NH3/N	0,81	0,53	1,88	0,97	0,69	0,86	0,636	0,73	0,97	0,47
%FDA	43,73	43,93	47,90	40,04	36,88	42,62	2,890	0,19	0,17	0,97
%NDT	57,23	57,08	54,31	59,81	62,02	58,01	2,023	0,19	0,17	0,97
%DMS	54,84	54,67	51,59	57,71	60,17	55,70	2,251	0,19	0,17	0,97
%FDN	34,57	35,39	34,32	40,50	34,97	31,5	2,247	0,18	0,59	0,07
%MM	95,66	95,98	95,90	96,03	94,83	94,21	0,561	0,17	0,04	0,10
%MO	4,34	4,01	4,10	3,97	5,17	5,79	0,561	0,17	0,04	0,09
%MS	24,02	28,68	28,91	27,95	26,73	24,55	1,010	<0,01	0,63	<0,01

Fonte: Dados da pesquisa (2025). *%PB MS = Proteína Bruta na Matéria Seca; NH3/N = Fração amoniacal; %FDA = Fibra em Detergente Ácido; %NDT = Nutrientes Digestíveis Totais; %DMS = Digestibilidade da Matéria Seca; %FDN = Fibra em Detergente Neutro; %MM = Matéria Mineral; %MO = Matéria Orgânica; %MS = Matéria Seca. EPM = Erro Padrão da Média; P = Significância estatística; L = Efeito Linear; Q = Efeito Quadrático.

Houve diferença estatística nos teores de proteína bruta em relação aos tempos de realocação ($P<0,01$). Foi observado efeito quadrático ($P<0,01$), com redução nos tempos de 4, 8 e 16 e posteriormente os valores foram subindo novamente. A proteína bruta (PB) apresentou valores médios relativamente estáveis, variando entre 7,59% e 7,93%. Isso sugere que a degradação proteica foi mínima durante os períodos analisados, o que pode estar relacionado a um adequado controle das condições de fermentação e vedação da silagem. Foi observado efeito quadrático nos teores de matéria seca, com redução nos tempos de 4, 8 e 16 e posteriormente os valores foram subindo novamente. Comparando-se esses resultados com os obtidos por Marinho et al. (2024), observa-se que a adição de ureia em silagens de sorgo promoveu um aumento significativo nos teores de PB, atingindo valores médios de 7,5%, semelhantes aos registrados no presente estudo. No entanto, a exposição aeróbia prolongada reduziu a qualidade da silagem, tornando-a inviável para o consumo animal após 72 horas (Marinho et al., 2024). No entanto, a fração amoniacal (NH3/N), um indicativo da degradação proteica, não apresentou diferenças entre os dias de realocação ($P=0,73$). Os valores variaram consideravelmente entre os tratamentos, atingindo um pico de 1,88% aos 16 dias. Esse aumento pode indicar uma maior atividade microbiana nesse período, o que pode ter comprometido parcialmente a estabilidade da proteína (SILVA et al., 2018). Vale destacar que a concentração de nitrogênio amoniacal em relação ao nitrogênio total (N-NH3/NT) e a capacidade tamponante aumentada de forma linear com a adição de enzimas no processo de silagem. Durante a fermentação, a manipulação proteica ocorre com a redução do pH, aumentando as concentrações de

N-NH₃. Embora essa manipulação seja uma consequência das fermentações normais, valores superiores a 15% apresentam interferências prejudiciais, geralmente associadas à atividade proteolítica dos clostrídios (Pereira et al., 2023).

Os teores de fibra em detergente ácido (FDA) e fibra em detergente neutro (FDN) não apresentaram diferenças estatísticas ($P=0,59$ e $0,17$, respectivamente). A FDN variou de 31,5% a 40,50%, enquanto a FDA, indo de 40,04% a 47,90%. A redução nos valores de FDA nos tratamentos posteriores pode estar associada a modificações estruturais nos carboidratos da planta, o que pode influenciar a digestibilidade do material ensilado. Já a digestibilidade da matéria seca (DMS) seguiu um padrão semelhante, oscilando entre 51,59% e 60,17%, sem diferenças significativas ($P=0,97$). Esses dados indicam que a estabilidade da fração fibrosa e a digestibilidade do material foram preservadas ao longo do tempo de armazenamento (Silva et al., 2018). As variações nos teores de fibra em detergente ácido (FDA) e fibra em detergente neutro (FDN) ao longo do tempo podem ser influenciadas por diversos fatores, incluindo o estágio de maturação da planta no momento da colheita, as condições de fermentação durante a ensilagem e a composição específica da forragem utilizada (Sousa et al., 2025). Além disso, o estágio de maturação da planta no momento da colheita é um fator determinante na composição da silagem, plantas colhidas em estágios mais avançados de maturação tendem a apresentar teores mais elevados de FDA e FDN, devido ao aumento da lignificação das paredes celulares. Isso pode resultar em silagens com menor digestibilidade e valor nutritivo (Moura et al., 2024). A alteração nos teores de Fibra em Detergente Neutro (FDN) após a abertura dos silos ocorre principalmente devido à entrada de oxigênio, que ativa microrganismos aeróbios, como leveduras e fungos, que consomem carboidratos solúveis e ácidos orgânicos, como o ácido lático, essenciais para manter a estabilidade da silagem. Com o consumo desses compostos, a proporção de fibras (celulose, hemicelulose e lignina) na matéria seca aumenta, já que esses componentes são menos degradáveis.

Além disso, a oxidação dos ácidos orgânicos eleva o pH, favorecendo o crescimento de microrganismos deteriorantes que degradam proteínas e carboidratos, aumentando ainda mais a FDN. A perda de matéria seca por respiração microbiana e evaporação, somada à possível lignificação das paredes celulares e à degradação parcial de hemiceluloses, também contribui para o aumento da FDN. Portanto, a exposição ao ar durante a realocação promove reações que elevam a proporção de fibras, reforçando a necessidade de práticas de manejo que minimizem a entrada de oxigênio, como a recompactação rápida e o uso de filmes plásticos de alta barreira, para preservar a qualidade da silagem (Ogunade et al., 2018; Silva et al., 2021; Marques et al., 2022). Os teores de nutrientes digestíveis totais (NDT) não diferiram estatisticamente entre os dias de realocação ($P=0,17$). Os valores variaram entre 54,31% e 62,02%. Apesar da flutuação, os resultados não indicaram efeitos significativos do tempo de armazenamento sobre essa variável ($P=0,97$), o que sugere que a qualidade energética do material permaneceu estável (Silva et al., 2018). Em contraste, Marinho et al. (2023) encontraram um efeito linear do uso de inoculantes em silagens de sorgo, sobre os

teores de NDT, indicando uma leve redução na eficiência digestiva das silagens tratadas, o que pode ser explicado pela maior atividade de microrganismos fermentativos que degradam compostos solúveis (Marinho et al., 2023). A matéria mineral (MM) e a matéria orgânica (MO) apresentaram efeito linear ao longo do tempo de armazenamento ($P=0,04$ e $P=0,09$, respectivamente). O aumento da MO e a redução da MM nos tratamentos mais longos de realocação sugerem um processo contínuo de transformação da matéria orgânica, possivelmente devido à atividade microbiana residual (Marinho et al., 2023).

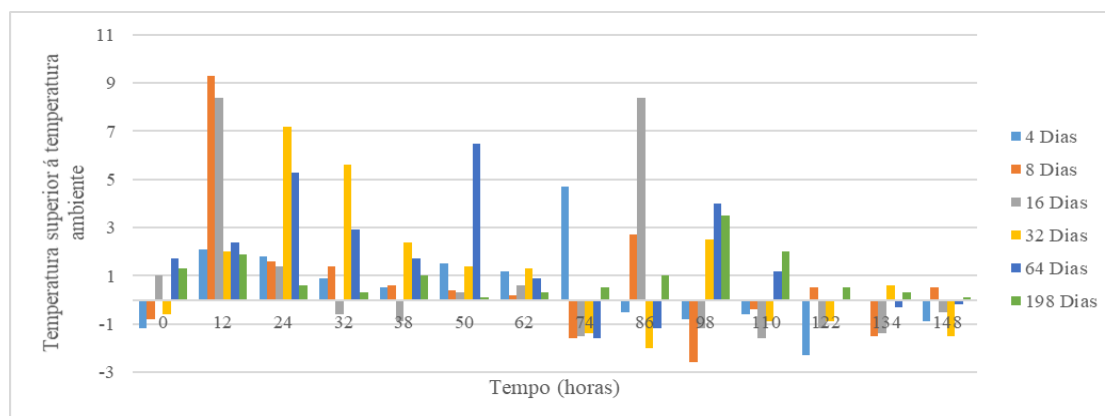
A digestibilidade da matéria seca (%DMS) variou entre 51,59% e 60,17% ao longo dos diferentes períodos de realocação, sem diferenças estatisticamente significativas entre os tempos analisados ($P=0,19$). Esses resultados indicam que a digestibilidade do material ensilado se manteve estável, sem grandes perdas nutricionais ao longo do armazenamento. A ausência de variação significativa sugere que o processo de realocação da silagem não comprometeu a capacidade de aproveitamento dos nutrientes pelos animais. No entanto, a leve oscilação nos valores pode estar associada a modificações estruturais na fibra e à ação de microrganismos fermentativos ao longo do tempo. Dessa forma, mesmo sem impacto estatístico expressivo, é essencial monitorar as condições de armazenamento e realocação para evitar possíveis perdas de qualidade na alimentação animal. Foi possível observar que a matéria seca (MS) variou de 24,02% a 28,91%, apresentando efeito significativo ao longo do tempo de realocação ($P<0,01$). A estabilidade da MS ao longo dos diferentes períodos indica que a silagem manteve níveis adequados de umidade, essenciais para garantir sua conservação e evitar perdas excessivas por fermentação indesejada, conforme observado por Marinho et al., (2024) em silagens realocadas de sorgo. Silva et al. (2021) ressaltam que a estabilidade da silagem está diretamente relacionada ao teor de matéria seca (MS) e à capacidade de manter um ambiente anaeróbico adequado durante o armazenamento. Além disso, a baixa MS pode ter contribuído para a compactação excessiva e a ocorrência de fermentações indesejadas, impactando a qualidade final do material ensilado.

Neumann et al. (2021) argumentam que armazenamento prolongado da silagem de sorgo pode influenciar sua composição química, embora a maioria das variáveis tenha apresentado variações dentro de padrões aceitáveis para a alimentação animal. O monitoramento desses parâmetros ao longo do tempo é fundamental para garantir a qualidade nutricional da silagem e seu adequado aproveitamento na dieta dos animais.

Venturini et al. (2024) destacam que a temperatura desempenha um papel crucial na qualidade da silagem. Durante a fase inicial da ensilagem, a atividade microbiana e a fermentação aumentam a temperatura do material armazenado. Entretanto, temperaturas excessivas podem levar à degradação de proteínas e à formação de compostos indesejáveis, como aminas biogênicas, reduzindo a qualidade da silagem. O superaquecimento está frequentemente associado a altos teores de matéria seca e a uma compactação inadequada, que permitem a entrada de oxigênio e favorecem reações oxidativas indesejáveis. Além disso, a rápida elevação da temperatura após a abertura do silo está associada à oxidação de ácidos orgânicos e ao aumento do pH, fatores que contribuem para a perda de estabilidade

fermentativa, conforme destacado por Silva et al. (2021). Portanto, a exposição ao ar durante a realocação tem um impacto significativo na estabilidade térmica da silagem, com a deterioração aeróbia sendo mais intensa em períodos mais longos de armazenamento, reforçando a necessidade de práticas de manejo que minimizem a entrada de oxigênio e mantenham a qualidade nutricional da silagem, como sugerido por Marques et al. (2022).

Figura 1: Variância da temperatura da amostra ao ambiente.



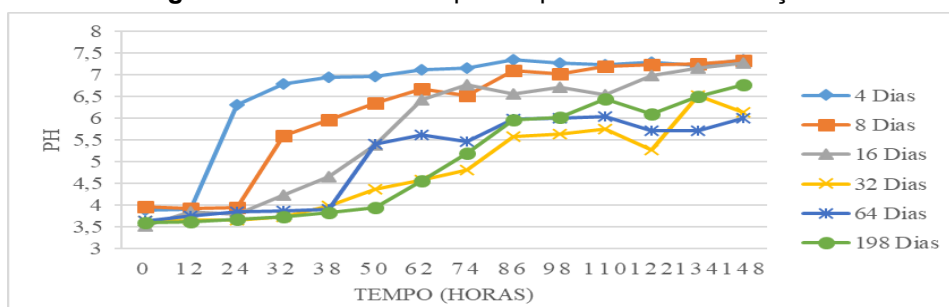
A figura 1 apresenta a diferença de temperatura entre a silagem de sorgo e o ambiente ao longo do tempo, avaliando diferentes períodos de realocação. A quebra da estabilidade aeróbia, definida como uma diferença de temperatura superior a 2°C entre a silagem e o ambiente (Moran et al., 1996), foi observada após 12 horas de exposição ao ar, com elevações térmicas mais pronunciadas entre 36 e 84 horas, dependendo do tratamento. Esse aumento de temperatura está diretamente relacionado à atividade de microrganismos aeróbios, como leveduras e fungos, que consomem carboidratos solúveis e liberam calor, acelerando a deterioração da silagem (Ogunade et al., 2018). Nos tratamentos com maior tempo de realocação (16 e 32 dias), a elevação da temperatura foi mais abrupta, indicando que a exposição prolongada ao ar favoreceu uma maior atividade microbiana e, conseqüentemente, uma deterioração mais acelerada, conforme discutido por Silva et al. (2021). Por outro lado, nos tratamentos com menor tempo de realocação (4 e 8 dias), a elevação térmica foi mais gradual, sugerindo que a silagem realocada por períodos mais curtos apresenta maior resistência à deterioração aeróbia. Esses resultados reforçam a importância de práticas de manejo que minimizem a entrada de oxigênio durante a realocação, como a recompactação rápida e o uso de filmes plásticos de alta barreira, para preservar a qualidade nutricional da silagem e evitar perdas por deterioração aeróbia, conforme destacado por Marques et al. (2022).

Portanto, demonstra que a exposição ao ar durante a realocação impacta significativamente a estabilidade da silagem, com a quebra da estabilidade aeróbia ocorrendo mais rapidamente em períodos mais longos de armazenamento.

Os dados obtidos por Marinho et al. (2023) também indicam que todas as silagens analisadas apresentaram instabilidade aeróbia nas primeiras 24 horas, com temperaturas máximas variando de 35,3 °C a 42,3 °C. Esses valores são semelhantes aos registrados na presente análise, sugerindo que a rápida elevação de temperatura após a abertura do silo está associada à atividade de microrganismos oportunistas, que iniciam processos de deterioração ao consumir carboidratos solúveis da silagem.

A estabilidade fermentativa da silagem está intimamente ligada ao pH durante o processo de ensilagem. Durante a fermentação, microrganismos como bactérias do ácido láctico convertem carboidratos solúveis em ácidos orgânicos, especialmente ácido láctico, reduzindo o pH e criando um ambiente anaeróbio favorável à conservação da forragem. Um pH adequado impede o desenvolvimento de microrganismos indesejáveis, como clostrídios e fungos, que comprometem a qualidade da silagem (Silva; Silva e Santos, 2024).

Figura 2: Estabilidade do pH em períodos de realocação.



Valores de pH entre 3,6 e 4,2 são indicativos de uma silagem bem conservada, com altas proporções de ácido láctico em relação a outros ácidos. Silagens com pH entre 3,6 e 3,8 são consideradas de ótima qualidade; entre 3,8 e 4,2, boas; entre 4,2 e 4,6, médias; e acima de 4,6, de qualidade inferior. Um pH elevado pode estar associado a um processo fermentativo inadequado, baixa produção de ácido láctico e maior atividade de microrganismos deteriorantes, resultando em perdas nutricionais e menor aceitação pelos animais (Silva et al., 2021). A Figura 2 apresenta a variação do pH ao longo do tempo para diferentes tempos de realocação da silagem. Pode-se observar que após as 12 horas do ensaio de estabilidade todas as silagens apresentaram pH acima de 4. Esse aumento do pH está diretamente relacionado à entrada de oxigênio durante a realocação, que ativa microrganismos aeróbios, como leveduras e fungos, os quais oxidam ácidos orgânicos, especialmente o ácido láctico, e elevam o pH da silagem (Ogunade et al., 2018). Sendo indicativo de uma silagem de qualidade inferior, conforme destacado por Silva et al. (2021).

No estudo de Marinho et al. (2023), a adição de inoculantes comerciais não resultou em uma maior estabilidade aeróbia da silagem de sorgo. O pH médio das silagens analisadas variou entre 3,52 e 3,77, com a quebra da estabilidade ocorrendo entre 36 e 84 horas,

dependendo do tratamento. Esses valores estão em consonância com os encontrados na presente análise, confirmando que a exposição ao ar impacta diretamente a estabilidade fermentativa e que a adição de inoculantes pode não ser suficiente para prolongar essa estabilidade.

A exposição da silagem ao ar durante a realocação pode afetar significativamente sua qualidade fermentativa. A entrada de oxigênio ativa microrganismos aeróbios, como leveduras e fungos, que oxidam ácidos orgânicos e elevam o pH da silagem. Esse aumento do pH favorece o desenvolvimento de bactérias deteriorantes, que competem com microrganismos benéficos e reduzem a estabilidade da silagem. Como resultado, a digestibilidade e o valor nutricional podem ser comprometidos, afetando o desempenho animal (Marques et al., (2022).

Sabe-se que tempos prolongados de exposição ao ar aumentam os valores de pH, especialmente após 16 e 24 horas de exposição.

A realocação sem o uso de inoculantes bacterianos pode resultar em menor recuperação de matéria seca, indicando maiores perdas durante o processo.

CONCLUSÃO

Conclui-se com este trabalho que a realocação da silagem manteve seu valor nutricional ao longo dos diferentes tempos de armazenamento. No entanto, a estabilidade aeróbia foi comprometida após 12 horas de exposição ao ar, com aumento da temperatura e elevação do pH acima de 4, indicando a ativação de microrganismos aeróbios que aceleram a deterioração. Dentre os tratamentos avaliados, os períodos de 8 e 16 dias apresentaram os melhores resultados, mantendo a estabilidade da silagem após a abertura do silo. Dessa forma, esses tratamentos demonstraram ser eficazes em disponibilizar nutrientes de forma adequada e manter a silagem estável no cocho dos animais, garantindo sua qualidade e aproveitamento nutricional.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BOLSEN, K. K.; LIN, B. E.; BRENT, B. E.; FEVERHERM, A. M.; URBAN, J. E.; AIMUTIS, W. R. Effect of silage additives on the microbial succession and fermentation process of alfalfa and corn silage. *Journal of Dairy Science*, v. 75, p. 3066-3083, 1992.

CHETROIU, R.; BOLFE, L.; SANTOS, V. O.; SILVA, J. T.; MARQUES, D. E. O. Cenários de forrageamento de sustentabilidade econômica para produção de carne de ruminantes — Uma alternativa de adaptação às mudanças climáticas. *Sustainability*, v. 16, n. 22, p. 9858, 2024. Disponível em: <<https://www.mdpi.com/2071-1050/16/22/9858>> Acesso em: 10 out. 2024.

SILAGEM DE CAPIM PIATÃ (*Brachiaria brizantha* cv. BRS Piatã) COM CASCA DE MARACUJÁ DESIDRATADA

Andréa Krystina Vinente Guimarães¹;

Universidade Federal do Oeste do Pará, UFOPA, Santarém, Pará.

<http://lattes.cnpq.br/0041955407499360>

Ronaldo Francisco de Lima²;

Universidade Federal do Oeste do Pará, UFOPA, Santarém, Pará.

<http://lattes.cnpq.br/6389797944810296>

Fabrizia Sayuri Otani³.

Universidade Federal do Oeste do Pará, UFOPA, Santarém.

<http://lattes.cnpq.br/3506071373362378>

RESUMO: Objetivou-se avaliar as características bromatológicas e a estabilidade aeróbia da silagem de capim piatã incluindo casca de maracujá (CM) desidratada como aditivo. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com cinco tratamentos e quatro repetições: T1 –100% Capim, T2 –95% Capim + 5% CM, T3 –90% Capim + 10% CM, T4 –85% Capim + 15% CM e T5 –80% Capim + 20% CM. Os silos foram abertos após 40 dias e coletadas amostras para análises da composição bromatológica e da estabilidade aeróbia. As médias foram submetidas a análise de variância e testados os contrastes linear e quadrático a 5% de significância. O teor de MS variou de 31,25 à 48,38%, com 0 e 20% de adição da CM, a MO foi de 89,69 a 91,48%, a MM reduziu de 10,31 para 8,52%, a FDN de 58,73 para 55,06% e o pH de 5,18 para 4,20, os teores de PB de 10,81 e 11,74%, e os de N-NH₃ foram de 6,89 e 9,83%, com 10 e 20% de CM, a FDA de 30,32 a 33,63%, o NDT e o DMS foram de 64,85% e 62,71%. As silagens aditivadas apresentaram temperatura e pH adequados, até 60 horas de exposição ao ar.

PALAVRAS-CHAVE: SUBPRODUTO. pH. FDN.

PIATÃ GRASS SILAGE (*Brachiaria brizantha* cv. BRS Piatã) WITH DEHYDRATED PASSION FRUIT PEEL

ABSTRACT: The objective of this study was to evaluate the chemical characteristics and aerobic stability of Piatã grass silage including dehydrated passion fruit peel (CM) as an additive. The experimental design was completely randomized, with five treatments and four replicates: T1 – 100% grass, T2 – 95% grass + 5% CM, T3 – 90% grass + 10% CM, T4 – 85% grass + 15% CM, and T5 – 80% grass + 20% CM. The silos were opened after 40 days, and samples were collected for analysis of chemical composition and aerobic stability. The means were subjected to analysis of variance, and linear and quadratic contrasts were tested at 5% significance level. The DM content ranged from 31.25 to 48.38%, with 0 and 20% CM addition, OM was from 89.69 to 91.48%, MM reduced from 10.31 to 8.52%, NDF from 58.73 to 55.06% and pH from 5.18 to 4.20, CP contents were 10.81 and 11.74%, and N-NH₃ contents were 6.89 and 9.83%, with 10 and 20% CM, ADF from 30.32 to 33.63%, TDN and DMS were 64.85% and 62.71%. The added silages showed adequate temperature and pH, up to 60 hours of exposure to air.

KEY-WORDS: BY-PRODUCT. pH. FDN

INTRODUÇÃO

O uso de silagens de gramíneas tropicais tem se tornado muito comuns em sistemas de produção animal, por tratar-se de uma alternativa alimentar disponível em períodos críticos de escassez de alimentos, tal como no período seco (LIRA JUNIOR, 2011). Dá-se o nome de silagem ao produto resultante da conservação da forragem úmida, por meio de um processo de fermentação em ambiente anaeróbio e armazenada em silos.

Neste contexto, a produção de silagem do capim piatã, utilizando o excedente da pastagem do período chuvoso, torna-se uma opção para melhorar a disponibilidade de forragem ao longo do ano.

O Capim Piatã (*Brachiaria brizantha* cv. BRS Piatã) é uma cultivar de braquiária, lançada pela Embrapa em 2007, como mais uma alternativa para a diversificação das pastagens no Brasil. É uma forrageira perene com boa adaptação a solos de média à boa fertilidade e mal drenados (EMBRAPA, 2007). Destaca-se pela elevada taxa de crescimento foliar, disponibilidade de folhas sob pastejo e bom valor nutritivo, além de apresentar maior acúmulo de folhas que outras espécies do mesmo gênero (VALLE et al., 2007). No entanto, a ensilagem de capim apresenta alguns entraves, como os baixos teores de matéria seca, carboidratos solúveis e alto poder tampão, que dificulta o declínio do valor de pH, culminando em silagem de menor qualidade (BORGES et al., 2018).

Neste cenário, de acordo com Negrão et al. (2020), uma opção para melhorar o valor nutricional da silagem, seria a utilização de aditivos absorventes de umidade, que promo-

vam aumento no teor de matéria seca e beneficiem a fermentação durante o processo de conservação da forrageira. Nesse sentido, Bonfá et al. (2015) enfatizam a importância de estudos sobre o aproveitamento dos resíduos produzidos pela agroindústria na alimentação animal, a fim de contribuírem efetivamente na conservação e sustentabilidade do meio ambiente, haja vista que o descarte destes resíduos de modo inadequado representa uma potencial fonte poluidora de solos e rios.

Estudos apontam que os resíduos agroindustriais (cascas, bagaços e sementes) são boas fontes de nutrientes alimentares e compostos, que podem ser utilizados como produtos alternativos para dietas de animais de produção (FERREIRA, 2018).

As cascas são o principal componente do subproduto do maracujá, sendo importante o estudo sobre o seu valor nutritivo (CRUZ et al., 2010), visando sua utilização como aditivo em silagens. A casca do maracujá, representa de 40 a 50% do peso da fruta e, é considerada resíduo industrial (SEBRAE, 2015). Sendo assim, a casca do maracujá, oriunda do processamento do maracujá para produção de polpa, quando desidratada, pode ser uma opção viável a ser utilizada como aditivo em silagens, pois apresenta elevado teor de matéria seca (85%) e alto valor energético (LOUSADA JÚNIOR et al., 2006).

Diante desse contexto, tendo em vista a necessidade de beneficiamento do resíduo do maracujá gerado pela agroindústria, torna-se fundamental elaborar estudos que visem analisar o desempenho deste subproduto quando inserido na dieta animal.

Neste sentido, o presente trabalho tem como objetivo avaliar as características químico-bromatológicas e a estabilidade aeróbia da silagem de capim piatã utilizando a inclusão da casca de maracujá desidratada como aditivo, aos níveis de 0, 5, 10, 15 e 20%.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no Laboratório de Bromatologia da Universidade Federal do Oeste do Pará (UFOPA), no município de Santarém, Pará. O período de realização do estudo foi de maio de 2018 à junho de 2019. Utilizou-se como volumoso para a confecção da silagem o capim piatã, retirado de uma área pré-estabelecida da Fazenda Experimental da Ufopa, localizada na Rodovia PA-370, Santarém - Curuá-Una. O capim foi cortado após 30 dias de rebrota, com o auxílio de uma roçadeira e picado em partículas de aproximadamente 3 cm, em picadeira de forragem estacionária. Utilizou-se a casca do maracujá amarelo (*Passiflora edulis f. flavicarpa* Degener) como aditivo nas silagens. Este resíduo foi proveniente de feiras e cooperativas de polpas de frutas do município de Santarém, Pará. As cascas foram submetidas a um processo de desidratação natural, expostas ao sol, espalhadas sobre uma lona plástica preta e a noite recolhidas, por um período de 15 dias. Após a secagem as cascas foram trituradas em picadeira de forragem estacionária.

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, contendo cinco tratamentos e quatro repetições. Os tratamentos consistiram de: T1 –100% Capim Piatã,

T2 –95% Capim Piatã + 5% CM, T3 –90% Capim Piatã + 10% CM, T4 –85% Capim Piatã + 15% CM e T5 –80% Capim Piatã + 20% CM.

A silagem foi armazenada em mini silos laboratoriais de PVC, com capacidade para 1,650 kg de silagem, com dimensões de 10 cm de diâmetro e 35 cm de comprimento, contendo tampas providas de válvulas tipo Bunsen. A casca de maracujá desidratada foi adicionada à massa de forragem e homogeneizada em baldes de polipropileno de 15 litros.

Foram ensilados 1,650 kg de capim piatã e da mistura com a casca de maracujá, compactado dentro dos silos com o auxílio de bastão de madeira, a uma densidade de 600 kg/m³. Após a compactação, os silos foram tampados, pesados, vedados com fita adesiva e acondicionados em local com temperatura ambiente, protegidos do sol e da chuva. Foram retiradas amostras de 300 g da casca do maracujá e dos tratamentos antes de ensilar, colocados em sacos de papel e secos em estufa de circulação forçada à 55°C por 72 horas.

As amostras pré-secas foram moídas em moinho de facas tipo Willey, com peneira de porosidade de 1 mm de diâmetro e guardadas em recipientes plásticos para posterior análises. A composição químico-bromatológica da casca do maracujá e dos tratamentos antes da ensilagem, estão descritas na Tabela 1.

Tabela 1 - Composição químico-bromatológica da casca de maracujá desidratada e da mistura com o capim piatã na pré-ensilagem.

VARIÁVEL	Casca do Maracujá	Nível de inclusão (%)				
		0	5	10	15	20
Matéria Seca (%)	83,92	28,46	39,64	42,22	44,08	46,83
Matéria Mineral (%)	6,00	9,69	9,53	9,46	9,04	8,81
Matéria Orgânica (%)	94,00	91,31	91,47	91,54	91,96	90,19
Fibra em Detergente Ácido (%)	33,95	31,37	31,26	34,28	32,15	34,17
Fibra em Detergente Neutro (%)	33,76	56,18	59,81	56,37	58,54	58,97
Proteína Bruta (%)	8,63	12,38	11,25	12,92	12,77	11,73
Nutrientes Digestíveis Totais (%)	64,07	65,88	65,95	63,84	63,91	64,07
Digestibilidade da Matéria Seca (%)	62,45	64,46	64,54	62,19	63,85	62,28

A abertura dos silos ocorreu após 40 dias de fermentação. Inicialmente, descartou-se 10 cm do material ensilado e mediu-se a temperatura do interior do silo, com o auxílio de um termômetro digital. Foram retiradas 300 g de amostras de cada repetição para composição bromatológica dos diferentes tratamentos após o processo fermentativo. Para determinação do pH pesou-se 9 g de amostra da silagem diluída em 60 ml de água destilada e após repouso de 30 minutos procedeu-se a leitura utilizando um pHmetro, conforme metodologia de Silva e Queiroz (2002). A composição químico-bromatológica das amostras in natura e da silagem foram determinadas conforme metodologia descrita por AOAC (1990), para matéria seca (MS), matéria mineral (MM) e proteína bruta (PB). A matéria orgânica (MO)

foi calculada pela fórmula: $\%MO = 100 - \%MM$, descrita por Rodrigues (2010). Para a determinação do nitrogênio amoniacal, retirou-se 200 g de amostras das silagens, colocadas em sacos plásticos e armazenadas em um congelador, para posterior análises, conforme metodologia proposta por Bolsen et al. (1992).

Para as análises de Fibra em Detergente Ácido (FDA) e Fibra em Detergente Neutro (FDN), foram confeccionados saquinhos de TNT (Tecido Não Tecido) de 80g/m², medindo 5x5 cm. Foram colocadas 1 g de amostra de cada repetição dentro dos saquinhos, previamente pesados e identificados, levados ao aparelho Determinador de Fibra, adicionando-se solução de FDN ou FDA, conforme metodologia de Van Soest et al. (1991).

Os nutrientes digestíveis totais (NDT) e digestibilidade da matéria seca (DMS) foram estimados conforme Rodrigues (2010), pelas equações: $NDT = 87,84 - (0,7 \times \%FDA)$ e $DMS = 88,9 - (0,779 \times \%FDA)$.

A análise do ensaio de estabilidade aeróbia da silagem foi realizada com base na diferença entre a temperatura interna da silagem e a temperatura ambiente, na qual se avaliou o tempo, em horas, para que a temperatura interna da silagem atingisse 2°C acima da temperatura ambiente, conforme metodologia proposta por Kung et al. (2003).

Foram retiradas amostras de 500 g de cada repetição, formando uma amostra composta para cada tratamento (0, 5, 10, 15 e 20%) com 2 kg de silagem, armazenada em baldes de polipropileno com capacidade para 15 litros. Essas amostras foram acondicionadas em sala fechada, expostas a temperatura ambiente controlada (27°C). O período de avaliação consistiu de 15 tempos (0, 24, 36, 48, 60, 72, 84, 96, 108, 120, 132, 144, 156, 168 e 180 horas após a abertura dos silos), totalizando 7 dias. O monitoramento da temperatura de cada amostra foi realizado a cada 12 horas, duas vezes ao dia (7 e 19 horas), onde mediu-se a temperatura interna da massa ensilada, em profundidade de 10 cm, com auxílio de um termômetro digital e foram aferidos os valores de pH da silagem, conforme metodologia descrita por Silva e Queiroz (2002).

As médias obtidas dos componentes químico-bromatológicos foram analisadas por meio do programa computacional SAS (Statistical Analysis System). Os dados foram submetidos à análise de variância através do PROC GLM (General Linear Models), onde foram testados os contrastes linear e quadrático, considerando uma probabilidade de 5% ($P < 0,05$) como nível de significância estatística.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores médios da composição químico-bromatológica das silagens de capim piatã com casca de maracujá desidratada estão expressos na Tabela 2. Observou-se efeito linear crescente ($P < 0,05$) para MS à medida em que se aumentou a inclusão da casca de maracujá na silagem, apresentando teor de 31,25 e 48,38%, nos níveis sem aditivo e com 20% de adição da CM, respectivamente. Essa elevação ocorreu, possivelmente, em razão

do alto teor de MS da casca de maracujá (83,92%) no momento da ensilagem, devido seu processo de desidratação.

Todos os tratamentos apresentaram teor de MS superior ao teor mínimo de 30% preconizado por McDonald et al. (1991), onde relatam que teores de matéria seca adequados devem variar entre 30 a 35%, para que o processo fermentativo dentro dos silos seja satisfatório e as silagens de boa qualidade. Os níveis com 5 e 10% de adição do aditivo apresentaram teores dentro da faixa recomendada com 34,04 e 35,07% de MS, respectivamente. Entretanto, para os demais tratamentos os teores de MS encontrados foram de 46,62 e 48,38% (T4 e T5), esses valores são superiores a 40%, que segundo o exposto por Jobim et al. (2007) podem causar problemas relacionados à dificuldade de compactação e presença de oxigênio no interior do silo, propiciando o desenvolvimento de microrganismos aeróbios e anaeróbios facultativos, ocasionando prejuízos ao material ensilado. Portanto, teores de MS acima de 40% não são desejáveis para silagens.

Pompeu et al. (2006) relataram comportamento similar em relação ao aumento no teor de MS utilizando a CM desidratada (0, 5, 10 e 20%) na ensilagem de capim elefante, apresentando teor de 26,61% de MS no nível máximo de inclusão (20%). Cruz et al. (2010) avaliando a inclusão da casca de maracujá desidratada na silagem de capim elefante também observaram aumento nos teores de MS conforme a inclusão da CM (0, 10, 20 e 30%), de 23,2%, 28,9%, 33,1% e 41,8%, respectivamente, demonstrando resultados semelhantes ao deste estudo. Com isso, pode-se inferir que o processo de secagem do subproduto é eficiente para reduzir a umidade da massa ensilada e promover aumento nos teores de matéria seca. O emurchecimento aumenta a MS e conseqüentemente, melhora o ambiente para as bactérias produtoras de ácido láctico, favorecendo a fermentação e garantindo a qualidade das silagens (Diniz et al., 2018).

A MM apresentou efeito linear decrescente ($P < 0,05$), reduzindo o teor à proporção que aumentava a inclusão da CM ao capim piatã (Tabela 2). Essa redução pode ser explicada pelo efeito de diluição causado, provavelmente, pelo menor teor de MM da casca de maracujá (6%) em comparação com o capim piatã (9,69%) no momento da ensilagem (Tabela 1). Da mesma forma, Diniz et al. (2018) observaram redução na MM de 12,06 para 8,95% em silagens com adição de CM nos níveis de 12, 24 e 36%.

Houve efeito linear crescente para MO em relação aos níveis de adição da casca de maracujá (Tabela 2). Esse resultado era esperado, já que ocorreu a redução nos níveis de matéria mineral. Possivelmente, esse aumento está relacionado ao alto teor de MO do resíduo do maracujá na ensilagem (94%). Resultado similar ao da casca de maracujá foi observado por Maia (2015), onde o resíduo da acerola apresentou teor de matéria orgânica de 96,25% na ensilagem.

Tabela 2. Composição química-bromatológica da silagem de capim piatã com a inclusão de níveis crescentes da casca de maracujá desidratada.

VARIÁVEL	Nível da casca de maracujá (%)					EPM	Efeito	
	0	5	10	15	20		L	Q
MS (%)	31,25	34,04	35,07	46,62	48,38	2,002	<0,001	0,3
MM (%)	10,31	10,32	9,57	9,91	8,52	0,464	0,02	0,3
MO (%)	89,69	89,68	90,43	90,09	91,48	0,464	0,02	0,3
FDA (%)	33,58	30,32	33,27	33,63	33,41	0,634	0,1	0,2
FDN (%)	58,73	56,80	56,26	55,47	55,06	0,668	<0,001	0,3
PB (%)	11,47	11,32	11,74	11,66	10,81	0,445	0,5	0,3
N-NH ₃ (%NT)	7,68	7,17	6,89	8,85	9,83	0,648	0,01	0,05
NDT (%)	64,34	66,62	64,55	64,30	64,45	0,444	0,1	0,2
DMS (%)	62,74	62,28	62,98	62,70	62,87	0,494	0,1	0,2
pH	5,18	4,20	4,03	4,13	4,20	0,128	<0,001	<0,001
TEMP (°C)	28,55	26,37	26,07	26,40	26,47	0,225	<0,001	<0,001

MS – matéria seca, MM – matéria mineral, MO – matéria orgânica, FDA – fibra em detergente ácido, FDN – fibra em detergente neutro, PB – proteína bruta, N-NH₃ – nitrogênio amoniacal, NDT – nutrientes digestíveis totais, DMS – digestibilidade da matéria seca, pH – potencial hidrogeniônico, TEMP – temperatura. EPM – Erro Padrão da Média, L – efeito linear, Q – efeito quadrático.

Verificou-se que não houve efeito ($P>0,05$) entre os tratamentos para FDA. Os teores variaram de 30,32 a 33,63%, esse resultado, provavelmente, está relacionado ao teor de FDA da casca de maracujá desidratada (33,95%) que é próximo ao teor do capim piatã (31,37%). Os teores de FDA encontrados no presente estudo estão abaixo do teor máximo de 40% preconizado por Van Soest (1994), para que não ocorra redução na ingestão de alimento e efeito negativo sobre a digestibilidade. Valores reduzidos de FDA são desejáveis, uma vez que o FDA constitui a parte mais indigestível da fibra presente nos volumosos (LIRA JÚNIOR et al., 2018).

Os teores de FDN apresentaram redução de 58,73 para 55,06% (Tabela 2) com a adição da CM nas silagens, provavelmente, o baixo teor de FDN da CM desidratada (33,76%) quando comparada ao capim piatã (56,18%), tenha contribuído para esse resultado. Lira Junior et al. (2018) relataram comportamento semelhante ao deste estudo, com o decréscimo da FDN à medida que se adicionava a CM na silagem.

Em relação aos teores de PB, não houve efeito ($P>0,05$) entre os níveis de inclusão (Tabela 2), é importante ressaltar que todas as silagens apresentaram teores entre 10,81 e 11,74%, valores superiores ao teor mínimo de 6 a 8% preconizado por Van Soest (1994), para que seja produzida proteína microbiana de alto valor biológico em animais ruminantes e, assim, manter o bom funcionamento ruminal.

Observou-se comportamento quadrático para os teores de N-NH_3 (Tabela 2), com teores mínimos e máximos de 6,89 e 9,83% nas silagens com 10 e 20% de adição do subproduto, respectivamente. As silagens somente com capim piatã apresentaram 7,68% de nitrogênio amoniacal. Todos os tratamentos ficaram abaixo de 12%, teor recomendado por McDonald et al. (1991) e Van Soest (1994), como percentual máximo para uma silagem ser considerada de boa qualidade.

Quanto aos teores de NDT e DMS não houve efeito significativo ($P>0,05$) com os crescentes níveis de inclusão da casca de maracujá desidratada na silagem de capim piatã. As silagens apresentaram teor médio de NDT de 64,85%. Conforme Keplin (1992), o adequado teor energético da silagem deve situar-se entre 64% e 70% de NDT. Dessa forma, os valores encontrados neste estudo encontram-se na faixa predita pelo autor citado. Esse resultado pode estar relacionado ao teor de NDT da casca do maracujá na ensilagem, que foi de 64,07%.

Quanto a digestibilidade da MS, as silagens não apresentaram variações entre os tratamentos, obtendo teor médio de 62,71%. Bonfá et al. (2015) observaram que a casca de maracujá proporcionou aumento da DIVMS (digestibilidade *in vitro* da matéria seca) quando adicionada na silagem de capim elefante, obtendo teores próximos a 35% na silagem exclusiva de capim elefante e de 48% no nível de 50% de inclusão do subproduto.

Observou-se comportamento quadrático ($P<0,05$) da adição da casca do maracujá sobre o pH e temperatura das silagens. As silagens exclusivas com capim piatã apresentaram pH mais elevado (5,8) em comparação aquelas com aditivos, que obtiveram valores iguais ou menores a 4,2. Todas as silagens com aditivos apresentaram valores de pH dentro da faixa de 3,8 e 4,2 recomendada por McDonald et al. (1991), para se obter fermentação satisfatória e preservar a qualidade do material ensilado.

Portanto, a adição da casca do maracujá na ensilagem do capim piatã promoveu a redução do pH até valores considerados ideais para silagens. Cruz et al. (2010) relataram que o abaixamento do pH é influenciado pela produção de ácido lático, que depende do teor de MS do material ensilado e de uma eficiente compactação dentro dos silos.

A maior temperatura foi verificada na silagem sem aditivo com 28,55°C e para os demais tratamentos observou-se diminuição da temperatura ao se incluir a CM nas silagens, que apresentaram média de 26,33°C. De modo geral, as silagens deste experimento apresentaram temperaturas consideradas adequadas, na faixa 20 a 30°C de acordo com o preconizado por Betancourt et al. (2003), pois silagens que apresentam temperaturas acima de 40°C podem levar a ocorrência de reação de Maillard, alterando o valor nutritivo e o aspecto da silagem (VAN SOEST, 1994). Quando a silagem apresenta temperatura muito elevada, tem-se perdas na forma de CO_2 , devido a oxidação da matéria seca da forragem (NEUMANN et al., 2007).

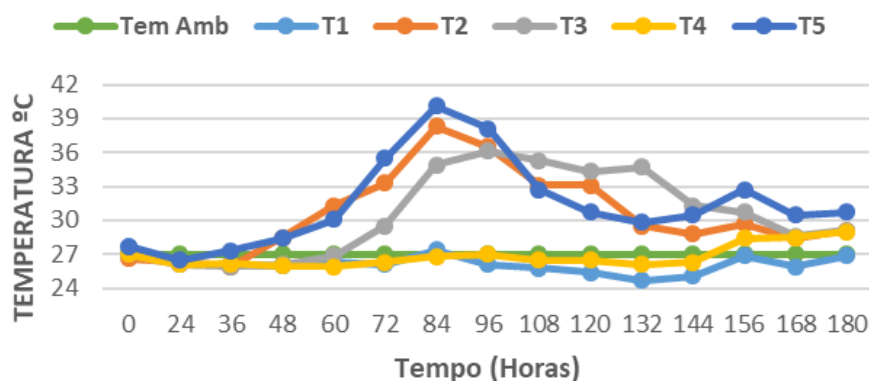
Nas figuras 1 e 2 são apresentados os resultados do ensaio de estabilidade aeróbia das silagens. De acordo com Bernardes et al., (2013) a estabilidade aeróbia representa a resistência da massa ensilada à deterioração, após sua abertura e contato com o ar, sendo definida como o tempo que a massa de forragem leva para atingir 2°C acima da temperatura ambiente (KUNG et al., 2003), no caso desta pesquisa, considerando a temperatura ambiente de 27°C.

A figura 1 apresenta o tempo, em horas, que as silagens mantiveram sua estabilidade durante a exposição ao ar. Dessa forma, as silagens de capim piatã com 5% e 20% de inclusão da casca de maracujá apresentaram a quebra da estabilidade após 60 horas de exposição ao ar e o nível de 10% após 72 horas em contato com oxigênio. Os demais tratamentos (T1 e T4) ficaram estáveis durante o período de avaliação.

Conforme Falson (2021) considerando a aplicabilidade prática, uma estabilidade aeróbia de 60 horas ainda representa um tempo confortável para que o produtor realize a retirada diária de silagem do silo, sem que haja comprometimento significativo de sua composição química.

Os níveis com 5%, 10% e 20% de inclusão da CM, que apresentaram instabilidade aeróbia, obtiveram as temperaturas máximas de 38,3°C, 36,1°C e 40,1°C, respectivamente.

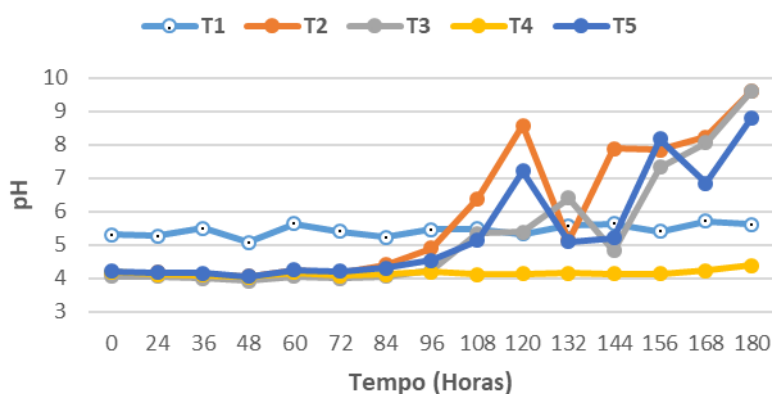
Figura 1. Variação temporal da temperatura interna das silagens durante o período de exposição aeróbia.



Quanto ao pH (Figura 2), as silagens que apresentaram instabilidade aeróbia (T2, T3 e T5), também demonstraram elevação do pH a partir de 80 horas de avaliação, obtendo máximas de 9,59, 9,59 e 8,78, respectivamente.

As silagens exclusivas com capim piatã obtiveram pH médio de 5,44, valores acima da faixa ideal proposta por McDonald (1991), porém, não ultrapassaram 2°C acima da temperatura ambiente. Somente o nível de inclusão de 15% de casca de maracujá apresentou pH recomendado para silagens e manteve sua estabilidade, até o final do período de avaliação da estabilidade aeróbia.

Figura 2. Variação do pH das silagens durante o período de exposição aeróbia.



De modo geral, correlacionando a temperatura e o pH, observa-se que até as 60 horas de exposição ao ar, todas as silagens com aditivos mantiveram-se estáveis, não ocorrendo alteração do pH e da temperatura. Silva et al. (2021) observaram que a adição do resíduo de fecularia da mandioca na silagem de capim elefante proporcionou maior estabilidade aeróbia das silagens em comparação ao tratamento controle, sem aditivo, que teve quebra de estabilidade após 36 horas de exposição ao ar. Em conformidade com o exposto, Macêdo et al. (2021) relatam que é comum que silagens de capins tropicais, como o capim piatã, apresentem valores de pH elevado e menores concentrações de ácido lático, o que implica em aumento das concentrações de ácido butírico, resultando na deterioração das silagens. Portanto, pode-se concluir que a adição do resíduo do maracujá na ensilagem de capim piatã promove a estabilidade da silagem, após a abertura, até 60 horas de exposição à ambiente aeróbio.

Neste sentido, a casca de maracujá pode ser considerada como fonte alternativa de aditivos para silagens, uma vez que favorece as características químico-bromatológicas e o processo fermentativo dentro dos silos, além de promover a sustentabilidade ambiental, reaproveitando os resíduos que são gerados pela agroindústria processadora de polpa de frutas na alimentação animal.

CONCLUSÃO

A casca de maracujá desidratada na ensilagem de capim piatã melhora o valor nutritivo das silagens, promovendo aumento no teor de matéria seca, redução das frações fibrosas e do pH. Além de contribuir para o processo fermentativo da massa ensilada e manter a estabilidade aeróbia das silagens aditivadas até 60 horas de exposição ao ar. Portanto, recomenda-se a adição de 10% da CM desidratada, pois apresenta teores de matéria seca adequados (35%) para que se realize uma boa compactação da forragem ensilada e as silagens sejam de qualidade.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE, A. P. et al. Aspectos qualitativos da silagem de capim-elefante com fubá de milho e casca de soja. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 33, n. 3, p. 1209-1218, maio/jun. 2012. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.5433/1679-0359.2012v33n3p1209>>. Acesso em: 09 mai. 2022.

AOAC – ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis**. V.1, 15.ed., Virginia: Arlington. 1990, 1117p.

BERNARDES, T. F. et al. Uso de inoculante bacteriano e melaço na ensilagem de capim-elefante. **Revista de Ciências Agrárias**, Belém, PA, v.56, n.2, p.173-178, jun. 2013. Disponível em: <<http://repositorio.ufla.br/jspui/handle/1/42297>>. Acesso em: 22 mai. 2022.

CAMPO AGROSTOLÓGICO DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO OESTE DO PARÁ: UM RELATO DE EXPERIÊNCIA E DESCRIÇÃO DAS ESPÉCIES FORRAGEIRAS

Lívia Ferreira de Araújo¹;

Universidade Federal do Oeste do Pará, UFOPA, Santarém.

<http://lattes.cnpq.br/8999320887793323>

Raquel Nascimento da Cunha²;

Universidade Federal do Oeste do Pará, UFOPA, Santarém.

<http://lattes.cnpq.br/3504358323069405>

Andréa Krystina Vinente Guimarães³;

Universidade Federal do Oeste do Pará, UFOPA, Santarém, Pará.

<http://lattes.cnpq.br/0041955407499360>

Fabrizia Sayuri Otani⁴.

Universidade Federal do Oeste do Pará, UFOPA, Santarém, Pará.

<http://lattes.cnpq.br/3506071373362378>

RESUMO: Objetivou-se no presente trabalho descrever as atividades realizadas com manejo de plantas forrageiras no campo agrostológico da UFOPA – Campus Santarém, e descrever as espécies forrageiras que compõe o campo. O campo agrostológico fica localizado na Unidade Santana da UFOPA, em Santarém-PA. Ele contém 15 canteiros implantados medindo 2x3 m. A diversidade de espécies cultivadas no campo incluem: quicuí da amazônia (*Urochloa humidicola*), capim cv. Llanero (*U. humidicola* cv. Llanero), capim-marandu (*U. brizantha* cv. Marandu), capim-piatã (*U. brizantha* cv. BRS Piatã), capim-sabiá (*U. brizantha* cv. Sabiá), capim ruziziensis (*U. ruziziensis* cv. Ruziziensis) mulato II (*Brachiaria híbrida* cv. Mulato II), capim elefante roxo (*Cenchrus purpureus* Schum), capim elefante BRS capiaçu (*C. purpureus* Schum cv. BRS Capiaçu), capim elefante BRS kurumi (*C. purpureus* Schum cv. BRS Kurumi), capim-mombaça *Megathyrsus maximus* (Sin. *Panicum maximum*), capim tifton-85 (*Cynodon* ssp.), amendoim forrageiro (*Arachis pintoï*) e cana forrageira (*Saccharum officinarum*). Os manejos realizados no campo incluem: nivelamento dos canteiros, calagem, adubação, avaliação e conservação das plantas forrageiras.

PALAVRAS-CHAVE: Manejo, Morfologia, Agrostologia.

AGROSTOLOGICAL FIELD OF THE FEDERAL UNIVERSITY OF WESTERN PARÁ: AN EXPERIENCE REPORT AND DESCRIPTION OF FORAGE SPECIES

ABSTRACT: The objective of this study was to describe the forage plant management activities carried out in the agrostological field of the Federal University of Pará (UFOPA) – Santarém Campus, and to describe the forage species that comprise the field. The agrostological field is located at the Santana Unit of UFOPA, in Santarém, Pará. It contains 15 established beds measuring 2x3 m. The diversity of species cultivated in the field includes: Amazonian kikuyu (*Urochloa humidicola*), grass cv. Ilanero (*U. humidicola* cv. Llanero), marandu grass (*U. brizantha* cv. Marandu), piatã grass (*U. brizantha* cv. BRS Piatã), sabiá grass (*U. brizantha* cv. Sabiá), ruziziensis grass (*U. ruziziensis* cv. Ruziziensis) mulato II (*Brachiaria* hybrid cv. Mulato II), purple elephant grass (*Cenchrus purpureus* Schum), elephant grass BRS capiaçu (*C. purpureus* Schum cv. BRS Capiaçu), elephant grass BRS kurumi (*C. purpureus* Schum cv. BRS Kurumi), mombaça grass (*Panicum maximum*), tifton-85 grass (*Cynodon* ssp.), forage peanut (*Arachis pintoi*) and forage sugarcane (*Saccharum officinarum*). Management carried out in the field includes: leveling the beds, liming, fertilization, evaluation and conservation of forage plants.

KEY-WORDS: Management. Morphology. Agrostology.

INTRODUÇÃO

O Pará já detém o segundo maior rebanho bovino do País, 26.754.388 animais, o que representa um crescimento superior a 6.062.288 bovídeos em um período de quatro anos (ADEPARÁ, 2023). Conforme o IBGE (2021) o rebanho bovino da região do Baixo Amazonas, que engloba dentre outros municípios, Santarém, Mojuí do Campos, Belterra, Alenquer, Monte Alegre, Prainha, Itaituba, Rurópolis e outros, corresponde a 6,3% do rebanho paraense e 24,2% de bubalinos.

De acordo com os dados do Projeto MapBiomas ocorreu uma perda histórica de áreas naturais no Brasil, que até 1985 totalizava 20% do território. Nos 39 anos seguintes (1985-2023), essa perda avançou para outros 13% do território (110 milhões de hectares), totalizando em 2023 a marca de 33%. As perdas neste período mais recente impressionam, pois representam 33% de tudo que foi antropizado desde a chegada da colonização europeia até 2023. A agropecuária passou de 28% para 47% no Cerrado; de 28% para 45% no Pampa; de 3% para 16% na Amazônia; de 5% para 17% no Pantanal; de 28% para 38% na Caatinga; e de 63% para 65% na Mata Atlântica. Em 1985, 48% dos municípios tinham o predomínio da agropecuária; enquanto em 2023, esse predomínio chegou a 60% dos municípios (PROJETO MAPBIOMAS, 2024).

É na manutenção inadequada das pastagens que está grande parte dos problemas de degradação e de baixos níveis de produção forrageira e animal. Isso poderia não só

liberar áreas para a agricultura, mas também permitiria melhor uso da logística instalada. Assim, manutenção de níveis de produção forrageira satisfatórios, compatíveis com o clima e com as condições físico-químicas do solo, de forma a manter o sistema sustentável ao longo do tempo constitui-se, hoje, em um dos grandes problemas da pecuária. As principais causas para que o complexo solo-planta entre em processo de degradação são: a falta de reposição de nutrientes no solo; o manejo do pastejo inadequado; e as práticas culturais inadequadas; podendo, ainda, serem agravadas pelo déficit hídrico, pragas e doenças.

Desta forma, é urgente que os estudantes tenham essa visão generalista e também específica sobre a necessidade da manutenção dos ecossistemas forrageiros, sendo que, no processo de ensino-aprendizagem dos estudantes de graduação, as práticas experimentais são muito importantes pois despertam nos discentes crescente interesse pelo assunto abordado permitindo maior interação, assim como o desenvolvimento de habilidades sociais e profissionais (Peruzzi e Fofonka, 2021).

O campo agrostológico é uma unidade didática permanente da Universidade Federal do Oeste do Pará. É um excelente recurso didático demonstrativo associado às atividades de pesquisa e extensão adaptadas à região Oeste do Pará, para o ensino do plantio à colheita de gramíneas e leguminosas forrageiras. Essa unidade é utilizada nos cursos de ciências agrárias, agronomia e zootecnia e envolve os estudantes nas práticas de implantação, manejo. Avaliação e conservação de plantas forrageiras.

Através dessas práticas no campo é possível vivenciar as técnicas aprendidas de manejo visando o tripé solo-planta-animal, onde o solo é a base do sistema, e dessa forma os discentes aprendem a interpretar resultados de análises de solo e calcular as correções necessárias e as quantidades de adubos para atender as necessidades das plantas. O manejo das plantas por meio da avaliação e acompanhamento de alturas preconizadas para pastejo e para descanso. E a importância do estudo da composição bromatológica e o valor nutritivo das plantas.

O conhecimento das características físicas e químicas do solo é muito importante no direcionamento de técnicas de manejo que aumentem a produção, como por exemplo a escolha da espécie forrageira, o uso estratégico de adubações. A combinação adequada no manejo do pastejo e da fertilidade do solo pode influenciar positivamente nos aspectos estruturais do solo, na produtividade forrageira, na sustentabilidade da atividade, e por fim, no desempenho animal (FARIA et al. 2023).

Visto que é necessário desenvolver esse interesse nos estudantes, o campo agrostológico foi instalado na Universidade Federal Do Oeste do Pará a fim de estimular o aprendizado teórico e prático na morfologia, fisiologia das plantas forrageiras e manejo do solo de pastagens cultivadas. Este artigo visa descrever a implantação e o manejo que é realizado no campo agrostológico da UFOPA, bem como descrever as espécies implantadas.

Implantação e práticas no campo agrostológico

O campo agrostológico foi implantado em abril de 2020 por discentes das turmas de forragicultura dos cursos de Agronomia e Zootecnia no viveiro da UFOPA, todos os canteiros foram alinhados e dimensionados com medidas 2x3m e 10 cm de altura, com molduras de madeira.

Antes do estabelecimento das espécies e/ou cultivares de gramíneas e leguminosas forrageiras, foi realizado o planejamento de quais espécies seriam relevantes, considerando como parâmetro de seleção, a importância econômica e a qualidade da forragem em termos de adaptação às condições edafoclimáticas da região, produtividade e valor nutricional. A diversidade de espécies cultivadas no campo incluem: quicuí da amazônia (*Urochloa humidicola*), capim cv. Llanero (*U. humidicola* cv. Llanero), capim-marandu (*U. brizantha* cv. Marandu), capim-piatã (*U. brizantha* cv. BRS Piatã), capim-sabiá (*U. brizantha* cv. Sabiá), capim ruziziensis (*U. ruziziensis* cv. Ruziziensis) mulato II (*Brachiaria híbrida* cv. Mulato II), capim elefante roxo (*Cenchrus purpureus* Schum), capim elefante BRS capiaçu (*C. purpureus* Schum cv. BRS Capiaçu), capim elefante BRS kurumi (*C. purpureus* Schum cv. BRS Kurumi), capim-mombaça *Megathyrsus maximus* (Sin. *Panicum maximum*), capim tifton-85 (*Cynodon ssp.*), amendoim forrageiro (*Arachis pintoii*) e cana forrageira (*Saccharum officinarum*).

Inicialmente foi realizada a calagem dos canteiros de acordo com a análise do solo do viveiro e os estudantes ficaram irrigando os canteiros por 30 dias. Posteriormente foi feita a distribuição das sementes das espécies próprias a esse sementeio e, o transplante de mudas das espécies propagadas vegetativamente. Nessa etapa foi feita a adubação fosfatada. Após 15 dias da germinação das sementes e da brotação das gemas das mudas foram realizadas as adubações nitrogenada e potássica. Todas as adubações foram feitas baseadas na análise de solo do viveiro.

Após esse período os discentes ficaram semanalmente realizando o acompanhamento das plantas, sua fenologia, crescimento e desenvolvimento, verificando a ocorrência de pragas (notificando à professora, quando da ocorrência), bem como, o controle das plantas invasoras. Para tal, utilizou-se o controle mecânico, por meio da capina manual, com auxílio de enxadas, foices e a roçadeira no entorno dos canteiros.

Terminando o estabelecimento das culturas, após cerca de 30 dias, realizou-se o corte de padronização e adubação de manutenção, com as doses recomendadas de nitrogênio, fósforo e potássio (NPK) para as forrageiras.

Os acompanhamentos e manejos das espécies forrageiras dos canteiros ficaram sendo atividades dos discentes da disciplina de forragicultura, semestre após semestre, sendo que nos canteiros que as espécies não perderam o vigor vegetativo as equipes realizavam apenas o corte de padronização, a correção, adubação e tratos culturais necessários. Entretanto, nos canteiros que perderam o vigor os estudantes precisaram fazer o plantio e estabelecimento novamente. Após todos os procedimentos, semanalmente

os estudantes avaliam o crescimento morfológico, o perfilhamento e quando as plantas atingem a altura de corte estabelecida na literatura, eles cortam os capins e fazem as determinações das matérias frescas, secas, orgânica e mineral.

Os discentes das turmas de Forragicultura II que são responsáveis por realizar práticas de fenação e ensilagem das plantas, também fazem o corte de padronização, a correção, adubação e tratos culturais necessários e quando as plantas atingem o ponto vegetativo para as práticas de conservação eles cortam os capins e desidratam para fazer o feno ou cortam, picam e fazem a ensilagem das espécies forrageiras em baldes e após os processos de conservação os discentes fazem as determinações das matérias frescas, secas, orgânica e mineral e no caso da ensilagem é feita a avaliação sensorial da qualidade nutritiva e sanitária das silagens produzidas.

Espécies forrageiras

Seguem as descrições das forrageiras cultivadas no campo agrostológico da Universidade Federal do Oeste do Pará.

Capim Quicuiu da amazônia (*Urochloa humidicola*)

A *U. humidicola* cv. Comum popularmente conhecida pelos nomes de capim agulha, quicuiu-da-Amazônia e braquiária-espetudinha (REIS et al., 2013) foi introduzida no Brasil nos anos 1970. Esta gramínea é uma das poucas que pode tolerar certas pragas como as cigarrinhas-das-pastagens e solos alagados, mal drenados e de baixa fertilidade (KELLER-GREIN et al., 1998). É uma espécie que se adapta bem a solos pobres e mal drenados. Outra característica da espécie é a tolerância ao pastejo pesado e adaptação aos solos ácidos (KELLER-GREIN et al., 1996). As plantas apresentam crescimento prostrado (rastejante), mas seus colmos podem alcançar 90 cm de altura. Esse hábito surge de dois tipos de rizomas (curtos e compactos; finos e delgados) e estolões robustos, cujos nós se enraízam em contato com o solo, permitindo que a planta se expanda horizontalmente (SENDULSKY, 1978) e forme emaranhados densos. Perenes com crescimento de estolões e numerosos botões de flores rente ao solo; com estolões roxos longos e duros que se ramificam em novas plantas; dois tipos de rizomas: curtos, firmes e com catafilos glabros e coriáceos, e longos, finos e com nós originando novas plantas (CRISPIM; BRANCO, 2002; VALLE et al., 2010). É uma planta fortemente estolonífera que produz touceiras, rizomas curtos e estolões mais longos que os produzidos por outras cultivares da espécie, das quais se distingue também pela coloração amarela das anteras e pela maior pilosidade das espiguetas (MACHADO et al., 2013). Sob condições de livre crescimento, suas plantas podem alcançar 75 cm de altura (EMBRAPA, 2012b). Esta cultivar foi selecionada com base no rendimento, vigor, produção de sementes, capacidade de suporte e desempenho animal.

Capim cv. Llanero (*U. humidicola* cv. Llanero)

Introduzida na Colômbia em 1987, erroneamente como *U. dictyoneura* (ICA, 1987), que também é uma planta estolonífera que produz touceiras eretas de até 90 cm; seus estolões são curtos, enraizados nos nós, de cor púrpura e cobertos de pelos brancos curtos. É outra cultivar utilizada no país, introduzida na Colômbia em 1987 erroneamente como *U. dictyoneura* (CIAT 6133). Tratando-se, sem dúvida de *U. humidicola*, seja pelas características morfológicas (planta nitidamente estolonífera, com colmos finos e eretos e três ráculos por inflorescência) (RENVOIZE et al., 1996). Introduzida no país por empresas de sementes (EMBRAPA, 2012a). Além da floração precoce, apresenta estigmas brancos e pontas roxas (EMBRAPA, 2012b); O modo principal de reprodução observado nas espécies de *U. humidicola* é apomixia facultativa do tipo apospórica (JUNGSMANN et al., 2010), caracterizada pela capacidade da planta em se reproduzir tanto sexual como apomiticamente.

Capim-marandu (*U. brizantha* cv. Marandu)

É uma gramínea tropical, teve origem na África. Perene; Cespitosa de porte médio; Altura de 1,5 m em crescimento livre; Média proteção ao solo; Aceita solos com média/alta fertilidade; Textura do solo média ou arenosa; Densa pilosidade nos colmos. Produção de até 36 t/ms/hect/ano; Média tolerância ao sombreamento; Média tolerância ao fogo e a seca; Não tolera solos encharcados; Suscetível a geadas; Resistente a cigarrinha das pastagens; Altura de entrada de 30 cm; Altura de saída de 15 cm; Intenso perfilhamento; Boa capacidade de rebrota.

Capim-piatã (*U. brizantha* cv. BRS Piatã)

O capim-piatã (*Brachiaria brizantha* cv. BRS Piatã) é uma nova cultivar de braquiária, lançada pela Embrapa em 2007, como mais uma alternativa para a diversificação das pastagens no Brasil. Trata-se de uma cultivar selecionada após 16 anos de avaliações pela Embrapa e parceiros, em estudos realizados em diversas regiões do País (VALLE et al., 2007). Conforme apresentado por Valle et al. (2007), o capim-piatã possui hábito de crescimento ereto, com a formação de touceiras que variam de 0,85 m a 1,10 m de altura. Os colmos são finos, verdes e as bainhas foliares têm poucos pelos claros. Suas folhas medem até 45 cm de comprimento e 1,8 cm de largura. Não há pelos na lâmina foliar, que se mostra áspera na face superior e tem bordas serrilhadas e cortantes. O capim-piatã apresenta perfilhamento aéreo, semelhante ao capim-brizantão. Uma característica interessante, que o diferencia das demais cultivares de *B. brizantha* é a sua inflorescência, que possui até 12 ráculos. O capim-piatã é indicado para solos de média fertilidade (VALLE et al., 2007). Os resultados obtidos demonstraram que o capim-piatã apresenta grau de adaptação intermediário à síndrome da morte do capim-brizantão. Apresenta resistência às

cigarrinhas típicas de pastagens, *Notozulia entreriana* e *Deois flavopicta*. Portanto, o capim-piatã somente deve ser utilizado na formação de pastagens em solos arenosos, pouco sujeitos ao encharcamento. Produção de forragem cerca de 12 t/ha de MS.

Capim-sabiá (*U. brizantha* cv. Sabiá)

A *Urochloa* híbrida cultivar Convert 330, denominada comercialmente como capim-sabiá foi desenvolvida pela empresa Barenbrug do Brasil e lançada no mercado brasileiro oficialmente na safra 2020/2021, após mais de 10 anos de pesquisa. O capim-sabiá é uma gramínea perene; recomendada para solos de média a alta fertilidade, tolerante aos solos arenosos e que estejam corrigidos, não tolera solos mal drenados, tolerante à geada e seis meses de seca. Outra característica importante do capim-sabiá é sua elevada resistência à cigarrinha das pastagens, principal inseto praga da atualidade, que compromete a produção de forragem. Forma touceira decumbente, com intenso perfilhamento basal; tem folhas lanceoladas e com pilosidade na lâmina foliar; colmo fino e arredondado; presença de pilosidade na bainha foliar; boa produção de sementes viáveis; porte médio. A produção de forragem possui uma média de valores na faixa de 9,1 a 28,7 (t.ha.ano⁻¹ de MS). Os teores de proteína bruta e de digestibilidade da MS do capim-sabiá variam de 9,2 a 13,4% e de 69,5 a 81,5%, respectivamente (BARENBRUG, 2022).

Capim-ruzizensis (*U. ruzizensis* cv. Ruzizensis)

Esta é uma variedade de brachiaria que foi desenvolvida pela Embrapa, para as condições de solo e clima brasileiro, e por se destinar ao sistema de Integração Lavoura, Pecuária e Florestas (ILPF), esta cultivar foi denominada de BRS Íntegra. Gramínea de porte médio; Altura média de 80 a 110 cm; Crescimento ereto; Folhas com terço final arqueado, medindo cerca de 25 cm de comprimento e 1,5 cm de largura; Colmos finos; Alta taxa de perfilhamento basal e axilar. Boa capacidade de cobertura do solo; Baixa tolerância ao alagamento; Suscetível a cigarrinha das pastagens; Ideal para ILPF; Média a alta exigência de fertilidade do solo; Pode ser cultivada em altitude de até 1800.

Capim-mulato II (*Brachiaria híbrida* cv. Mulato II)

É o primeiro híbrido desenvolvido e testado pelo CIAT fruto do cruzamento entre *Brachiaria ruzizensis* e *Brachiaria brizantha* cv. Marandu, apresenta alta produtividade, é uma cultivar exigente que necessita de um bom solo, é utilizado para pastejo, silagem ou pré secado. É uma planta estolonífera; Alta resposta à adubação; Produção de 8 a 28 t/ms/ha/ano; Média tolerância a seca; Baixa tolerância a solos encharcados; Média/alta tolerância a cigarrinha das pastagens; Altura de entrada de 30 a 35 cm; Altura de saída de 15 a 20 cm.

Capim elefante roxo (*Cenchrus purpureus* Schum)

É uma forrageira muito utilizada em todas as regiões tropicais e subtropicais do mundo (CARVALHO et al., 1997). O capim elefante roxo é uma espécie forrageira que possui ciclo vegetativo perene, originária da África, sua adaptação está voltada para climas úmidos e quentes, preferencialmente, é geralmente ofertada aos animais na sua forma “in natura”, pastejo e em forma de silagem. Crescimento cespitoso; Folhas largas de cor roxa; Touceira ereto e raízes fasciculadas; Planta de grande porte; Altura de até 6 m; Plantio a partir de mudas vegetativas. Alta exigência em fertilidade; Média tolerância à seca e ao frio; Média digestibilidade; Boa palatabilidade; Precipitação pluviométrica acima de 800mm anuais.

Capim elefante BRS capiaçu (*C. purpureus* Schum cv. BRS Capiacu)

O clone CNPGL 92-79-2 foi obtido do cruzamento entre os acessos Guaco (BAGCE 60) e Roxo (BAGCE 57) no ano de 1992 pelo programa de melhoramento do capim-elefante conduzido pela Embrapa . Gado de Leite. Em 2015, este clone recebeu a denominação de BRS Capiacue foi registrado como cultivar no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Mapa) (PEREIRA et al.2016). Cultivar de porte alto; Touceiras de formato ereto; Possui folhas largas e compridas da cor verde; Colmos grossos; Elevada densidade de perfilhos basais; Florescimento tardio. Se propaga por meio de colmos apresentando gemas com elevado poder de brotação. Boa resistência ao tombamento. Facilidade para a colheita mecânica; Potencial de produção é na média de 50 t/MS/ha/ano; Tolerante ao estresse hídrico; Susceptível à cigarrinha das pastagens (PEREIRA et al, 2016). O BRS Capiacü tem capacidade de tolerar estresse hídrico (MONTEIRO et al., 2016). Segundo o mesmo autor, a cultivar é exigente em relação as condições de solo, exigindo solos profundos, bem drenados e de boa fertilidade. O plantio deve ser realizado no início da estação chuvosa, em sulcos de aproximadamente 20-30cm de profundidade e espaços entre si de 0,80 m e 1,20 m.

Capim elefante BRS kurumi (*C. purpureus* Schum cv. BRS Kurumi)

A cultivar de capim elefante anão, o BRS Kurumi (CNPGL 92-198-7), foi lançada no ano de 2015 pela EMBRAPA, sendo bem adaptada ao pastejo e com elevada produtividade e qualidade de forragem. É uma cultivar do grupo anão, de porte baixo, com origem do cruzamento entre a cv. Merkeron de Pinda (BAGCE 19) e a cv. Roxo (BAGCE 57), pertencentes ao Banco Ativo de Germoplasma de capim elefante da Embrapa (BAGCE). Tem crescimento vegetativo vigoroso com rápida expansão foliar. Touceiras de formato semiaberto; Folha e colmo de cor verde; Intenso perfilhamento; Porte baixo; Altura de 70 a 80 cm; Perene. Elevada relação folha/colmo; Facilidade de manejo devido seu porte; Exigente em fertilidade do solo; Não tolera solos úmidos ou encharcados; Alta tolerância a estresse

hídrico; Boa tolerância ao frio; Geralmente usada para pastejo direto; Boa digestibilidade e palatabilidade; Média tolerância a seca; Boa tolerância à seca; Possui produção de forragens de 25 a 30 ton/ha/ano de MS; Susceptível à cigarrinha das pastagens. O plantio do BRS Kurumi é feito em sulcos com 20 cm de profundidade e espaçamento que pode variar de 50 a 80 cm, com atenção especial para espaçamentos menores que aceleram o fechamento das entrelinhas, mas aumentam a demanda por mudas. O rendimento de mudas: 1 hectare fornece colmos para o plantio de 3 a 4 hectares. Outra forma de plantio é por covas com estacas ou mudas, onde o espaçamento recomendado é de 50x 50 cm.

Capim-mombaça *Megathyrsus maximus* (Sin. *Panicum maximum*) cv. Mombaça

Essa cultivar apresenta bons comportamentos em solos com média e alta fertilidade, onde se torna mais eficiente com a disponibilidade de fósforo no solo, com emissão de perfilhos vigorosos. De origem africana, no Brasil teve seu crescimento e produção lançado pela Embrapa Gado de Corte 1993, sua propagação é por sementes. Ereta e Cespitosa; Crescimento em touceiras; Planta de porte alto, altura média de 1,65 m; Folhas longas e largas; Pelos na parte superior da folha; Espécie perene. Média tolerância à seca, ao frio e a umidade; Baixa tolerância a inverno rigoroso; Alta tolerância à seca; Não aceita sombreamento; Não tolera encharcamento; Altura de entrada: 85 a 90 cm; Altura de saída de 30 a 50 cm é necessário respeitar essa altura para que a gema apical não seja afetada; Com boas condições impostas pela cultivar apresenta uma capacidade produtiva de 70 a 80% podendo alcançar de 25 a 30 t/ms/ha/ano; Adaptada em solos arenosos e argilosos; Alta tolerância a cigarrinha; Resistente a pragas e doenças.

Capim tifton-85 (*Cynodon dactylon* Cv. Tifton 85)

É um híbrido, resultante de um cruzamento entre o Tifton 68 x PI290884, é considerada a melhor cultivar de tifton e uma das mais utilizadas no Brasil, tem sua origem nos Estados Unidos e foi introduzido no território brasileiro na década de 90. Gramínea perene, estolonífera e rizomatosa; Possui estolões e rizomas grandes e grossos; Colmos e flores largas da cor verde escuro; Cultivar de porte baixo. Alta produção; Facilidade de se propagar na área, de maneira competitiva; Exigente em fertilidade do solo; Tem boa resposta à adubação nitrogenada; Resistente a baixas temperaturas; Alta resistência a pisoteio e corte; Utilizada geralmente para pastejo e fenação.

Amendoim forrageiro (*Arachis pintoi*)

O amendoim forrageiro é uma leguminosa herbácea perene originária da América do Sul, se adapta muito bem ao clima de regiões tropicais, pode ser cultivado solteiro ou em consórcio com alguma gramínea. No Brasil as espécies mais utilizadas são Alqueire-1,

Amarillo e Belmonte. Crescimento prostrado e estolonífero; Propagação por mudas (pois as sementes raramente são encontradas no mercado); Mudas são feitas a partir dos ramos estolões. Alta produção de matéria seca; Alta capacidade de cobertura do solo; Alta resistência a pragas e doenças; Média exigência em fertilidade do solo; Alta tolerância ao mau manejo (superpastejo) e persistência; Ótima competidora com plantas daninhas; Realiza a fixação biológica de nitrogênio no solo; Resistente a solos encharcados. Plantação em covas com espaçamento 50 x 50 cm, com 5 a 8 cm de profundidade;

Cana forrageira (*Saccharum officinarum*)

No ano de 2002 o Instituto Agronômico de Campinas (IAC) lançou uma variedade de cana-de-açúcar melhorada especificamente para a produção de forragem; trata-se da variedade IAC86-2480. Segundo Jacovetti (2010) esta variedade possui o crescimento ereto, bainha aderida fracamente ao colmo, o que consequentemente facilita a desfolha natural, e possui uma boa relação entre o teor de fibra e a quantidade de açúcar. Esta variedade, que apresenta baixa relação FDN/sacarose aparente, confere melhor digestibilidade, possuindo bons resultados de manejo e ganhos de peso animal. No entanto, outras variedades de cana-de-açúcar com potencial forrageiro como a RB 83-5486, apresentam características superiores à IAC86-2480, tais como melhores relações de fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA) e FDN/Carboidratos solúveis (FREITAS et al., 2006). Os teores de proteína bruta (PB) e extrato etéreo (EE) podem variar respectivamente entre 1,89-3,34% e 0,61-0,89% (MELLO et al., 2006). Os teores de minerais variam em função da variedade, podendo apresentar valores entre 0,03% ou 3,4% (OLIVEIRA, 1999; PINTO et al., 2003).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

É importante frizar que o campo agrostológico é uma unidade didática valiosa para o ensino da forragicultura e para que os estudantes tenham experiências práticas de manejo e conservação das plantas e do solo ocupado por essas forrageiras.

Conhecendo a botânica, a fisiologia e o manejo das espécies vegetais, vinculados a aspectos sociais, econômicos e ambientais, os alunos podem perceber que é possível ter áreas de pastagens sustentáveis com o manejo correto de altura e da correção e adubação dos solos.

A descrição das espécies forrageiras é de suma importância para enfocar o componente curricular forragicultura, ressaltando as plantas de interesse zootécnico da região e as espécies que historicamente tem sido utilizadas pelos pecuaristas locais.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADEPARÁ. <http://www.adepara.pa.gov.br/artigos/estado-do-par%C3%A1-det%C3%A9m-o-2%C2%BA-maior-rebanho-bovino-do-brasil-e-o-maior-de-b%C3%BAfalos>. Acessado em 06 de maio de 2023.

EMBRAPA Gado de Leite. **Brasil cria a sua primeira cultivar do capim *Brachiaria ruziziensis***. 2022.

PERUZZI, S. L.; FOFONKA, L. A importância da aula prática para a construção significativa do conhecimento: a visão dos professores das ciências da natureza. Revista Educação Ambiental em Ação, nº 47, 2021.

MAP BIOMAS. “Projeto MapBiomas – Mapeamento Anual de Cobertura e Uso da Terra do Brasil - Coleção 9, acessado em **15 de abril de 2025** através do link: https://brasil.mapbiomas.org/wp-content/uploads/sites/4/2024/08/Fact_Colecao-9_21.08-OK.pdf.

ÁREA TEMÁTICA: SEGURANÇA ALIMENTAR

PLANTAS ALIMENTÍCIAS NÃO CONVENCIONAIS (PANCs) E SUA CONTRIBUIÇÃO PARA O DESENVOLVIMENTO DA AGRICULTURA URBANA SUSTENTÁVEL

Luciane Lanser¹.

Centro Universitário Internacional (UNINTER), Curitiba - PR, Brasil.

<http://lattes.cnpq.br/7491968686322724>

RESUMO: O acesso à alimentação saudável, segura e de qualidade é um direito humano fundamental que necessita sobrepor-se a barreiras econômicas, políticas e culturais, sobretudo em contextos urbanos marcados pela desigualdade e insegurança alimentar. Neste cenário, as Plantas Alimentícias Não Convencionais (PANCs) despontam como alternativas estratégicas para a reconfiguração da agricultura urbana, articulando produção de alimentos, conservação da biodiversidade e valorização sociocultural. Este estudo teve como objetivo revisar a literatura científica dos últimos 15 anos, abordando aspectos agrônômicos, nutricionais, ecológicos e socioculturais das PANCs na agricultura urbana. A pesquisa foi realizada em bases indexadas como Scopus, Web of Science, SciELO, ScienceDirect, PubMed e Google Scholar. Os resultados evidenciam que espécies como ora-pro-nóbis (*Pereskia aculeata*), beldroega (*Portulaca oleracea*) e taioba (*Xanthosoma sagittifolium*) apresentam elevado valor nutricional, rusticidade agrônômica e adaptabilidade a espaços urbanos reduzidos. Além disso, seu cultivo favorece a conservação da agrobiodiversidade, a segurança alimentar e o fortalecimento de saberes tradicionais, especialmente em comunidades vulneráveis. Apesar de seu potencial, limitações relacionadas ao desconhecimento popular e à ausência de normativas específicas ainda restringem sua disseminação. Neste sentido, a valorização das PANCs como recurso para a sustentabilidade urbana exige articulação entre conhecimento científico, saberes tradicionais e instrumentos institucionais de fomento à agroecologia.

PALAVRAS-CHAVE: Sustentabilidade. Segurança alimentar. Agrobiodiversidade.

UNCONVENTIONAL FOOD PLANTS (UFPs) AND THEIR CONTRIBUTION TO THE DEVELOPMENT OF SUSTAINABLE URBAN AGRICULTURE

ABSTRACT: Access to healthy, safe, and high-quality food is a fundamental human right that must transcend economic, political, and cultural barriers, particularly in urban contexts marked by inequality and food insecurity. In this context, unconventional food plants (UFPs) emerge as strategic alternatives for reshaping urban agriculture by integrating food production,

biodiversity conservation, and sociocultural valorization. This study aimed to review the scientific literature from the past 15 years, addressing agronomic, nutritional, ecological, and sociocultural aspects of UFPs in urban agriculture. The research was conducted using indexed databases, including Scopus, Web of Science, SciELO, ScienceDirect, PubMed, and Google Scholar. The results show that species such as ora-pro-nobis (*Pereskia aculeata*), purslane (*Portulaca oleracea*), and taioba (*Xanthosoma sagittifolium*) exhibit high nutritional value, agronomic resilience, and adaptability to restricted urban spaces. Additionally, their cultivation supports agrobiodiversity conservation, food security, and the preservation of traditional knowledge, especially in vulnerable communities. Despite their potential, barriers such as limited public awareness and the lack of specific regulations still hinder their widespread adoption. Therefore, promoting UFPs as a resource for urban sustainability requires coordination among scientific knowledge, traditional practices, and institutional mechanisms to foster agroecology.

KEY-WORDS: Sustainability. Food security. Agrobiodiversity.

INTRODUÇÃO

A intensa urbanização, associada a padrões insustentáveis de consumo e produção, tem acentuado os desafios ambientais e sociais nas cidades brasileiras, especialmente no que se refere à segurança alimentar, à degradação de espaços urbanos e à gestão de resíduos sólidos (SILVA *et al.*, 2022; DURIGON, MADEIRA & KINUPP, 2023). Paralelamente, a preocupação com a qualidade da alimentação humana tem aumentado, especialmente em contextos urbanos, uma vez que a manutenção das funções biológicas está vinculada à ingestão adequada de nutrientes essenciais, como vitaminas e minerais. Estes elementos têm, em grande parte, origem vegetal, cuja relevância ao longo da história foi determinante para o surgimento e consolidação de sistemas agrícolas voltados ao fornecimento estável e sistematizado de alimentos (PEREIRA, MORAES & MIRANDA, 2021; LIBERATO, LIMA & SILVA, 2019).

Neste cenário, a agricultura urbana tem emergido como uma estratégia viável e multifuncional para a promoção da sustentabilidade, ao integrar a produção local de alimentos com benefícios ecológicos, sociais e econômicos. A inserção da agricultura nos centros urbanos contribui não apenas para o abastecimento de alimentos frescos, mas também para o aumento da biodiversidade, a mitigação das ilhas de calor, a gestão descentralizada de resíduos orgânicos e o fortalecimento dos vínculos comunitários (DURIGON, MADEIRA & KINUPP, 2023). Tais práticas alinham-se diretamente aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), especialmente à Fome Zero e Agricultura Sustentável (ODS 2), Saúde e Bem-Estar (ODS 3), Cidades e Comunidades Sustentáveis (ODS 11), Consumo e Produção Responsáveis (ODS 12) e Ação Contra a Mudança Global do Clima (ODS 13) (ONU, 2022; PEREIRA, MORAES & MIRANDA, 2021).

Apesar dos avanços, a agricultura urbana ainda encontra obstáculos significativos, como a limitação de espaços, a baixa fertilidade dos solos e a escassez de recursos hídricos. Neste contexto, as PANCs despontam como alternativas estratégicas para o fortalecimento da agricultura urbana sustentável, visto que apresentam características agronômicas vantajosas, como rusticidade, crescimento espontâneo, baixa exigência nutricional e hídrica, além de elevado valor nutricional e funcional (LIBERATO, LIMA & SILVA, 2019; SARTORI *et al.*, 2020; JACOB, 2020). Seu cultivo em hortas urbanas, quintais produtivos, escolas, instituições públicas e espaços comunitários permite o aproveitamento de áreas subutilizadas, além de incentivar práticas agroecológicas baseadas na diversidade biológica, no uso eficiente de recursos locais e na resiliência dos sistemas produtivos (PROENÇA *et al.*, 2018).

No entanto, ainda que representem uma alternativa promissora para a diversificação alimentar e a sustentabilidade urbana, as PANCs têm sua adoção em larga escala significativamente limitada. Entre as principais barreiras relacionadas, destaca-se o desconhecimento da população acerca das práticas adequadas de cultivo, manejo e aproveitamento destas espécies. Esta lacuna reflete a perda gradual dos saberes tradicionais, agravada pela intensificação da urbanização e pela globalização econômica (DURIGON, MADEIRA & KINUPP, 2023; PEREIRA, MORAES & MIRANDA, 2021). Nos últimos anos, iniciativas voltadas à valorização das PANCs têm impulsionado sua incorporação à agricultura urbana, sinalizando não apenas uma tendência emergente, mas uma possibilidade concreta de reconexão cultural e ecológica (QUINTINO, ANDRADE & PACHECO, 2024). Neste contexto, torna-se imprescindível aprofundar o conhecimento sobre tais recursos, de modo a subsidiar políticas públicas e práticas inovadoras que contribuam para a segurança e a soberania alimentar, bem como para a construção de cidades mais resilientes, inclusivas e ambientalmente sustentáveis.

OBJETIVO

Este capítulo tem como objetivo discutir o potencial das Plantas Alimentícias Não Convencionais (PANCs) como alternativa para a promoção da agricultura urbana sustentável, com ênfase em suas características agronômicas, contribuição à segurança alimentar, conservação da biodiversidade e fortalecimento de práticas agroecológicas em contextos urbanos.

METODOLOGIA

O presente estudo consistiu em uma revisão bibliográfica de natureza básica, com abordagem qualitativa e objetivo descritivo, voltada à identificação e análise do potencial das Plantas Alimentícias Não Convencionais (PANCs) para a agricultura urbana sustentável. A pesquisa foi realizada em bases de dados indexadas, como Scopus, Web of Science,

SciELO, ScienceDirect, PubMed e Google Scholar, utilizando descritores em português e inglês, como “plantas alimentícias não convencionais”, “agricultura urbana”, “innovative food products” e “agrobiodiversity”. Foram analisados trabalhos publicados nos últimos 15 anos, considerando parâmetros como confiabilidade metodológica, relevância de resultados e adequação ao tema.

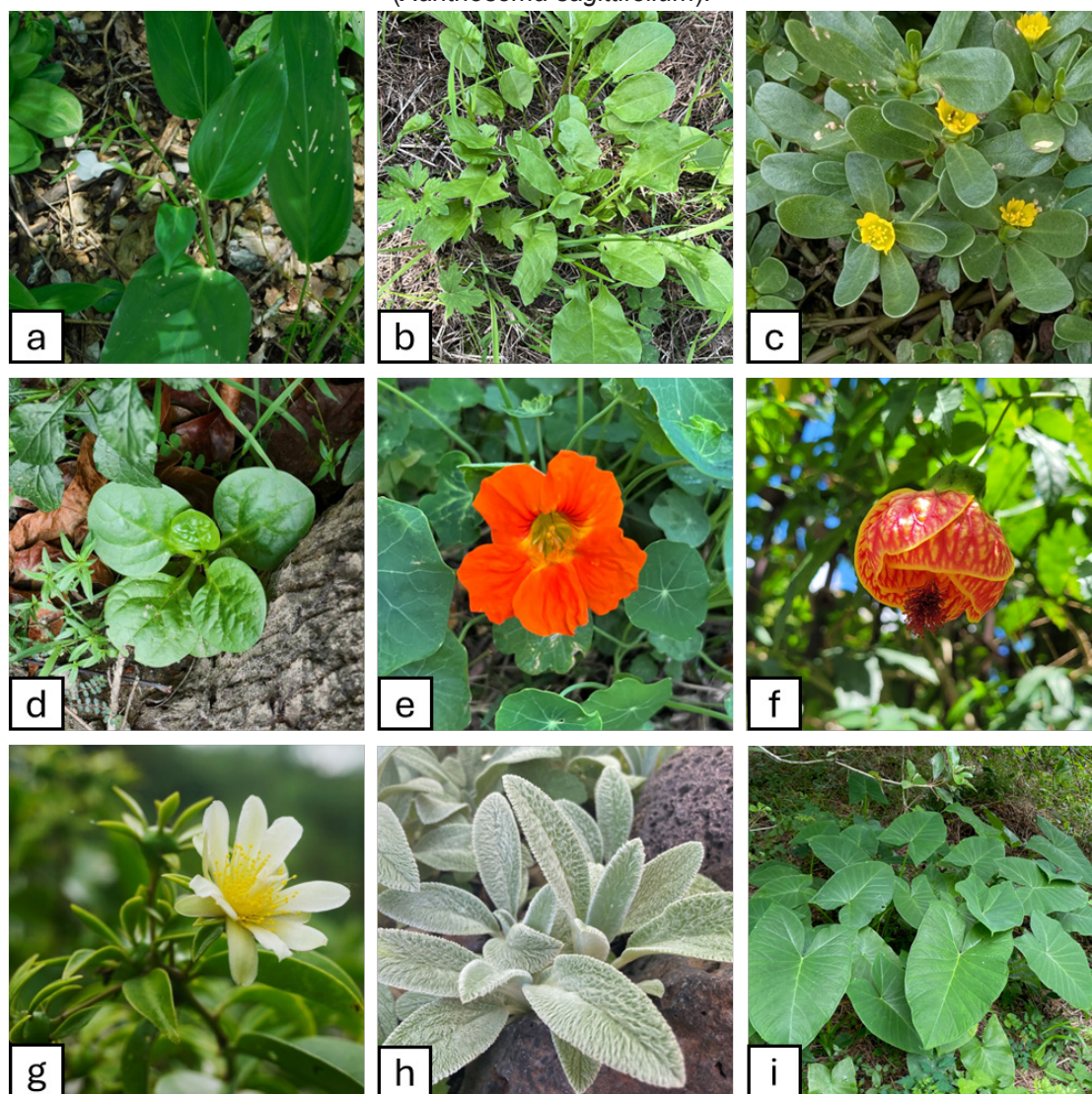
FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

As Plantas Alimentícias Não Convencionais (PANCs) constituem um grupo diversificado de espécies vegetais nativas ou naturalizadas, com partes comestíveis, mas que permanecem subutilizadas ou desconhecidas pela maioria da população (SARTORI *et al.*, 2020). Embora tradicionalmente presentes na alimentação de agricultores familiares e comunidades indígenas, seu consumo foi gradualmente excluído da dieta cotidiana devido à homogeneização dos sistemas convencionais de produção e comercialização de alimentos (PEREIRA, MORAES & MIRANDA, 2021). Nos últimos anos, o interesse pelo uso de PANCs tem se ampliado, evidenciando sua viabilidade como alternativa promissora para a promoção da segurança alimentar, conservação da biodiversidade e sustentabilidade urbana. Tal potencial se relaciona, em grande parte, à sua composição nutricional ampla e diversificada, com presença significativa de proteínas, carboidratos, minerais, vitaminas, fibras e compostos fenólicos (JACOB, 2020; MOURA *et al.*, 2021).

O cultivo de PANCs em contextos urbanos apresenta diversas vantagens agronômicas e ambientais. De crescimento espontâneo, muitas espécies são rústicas, adaptam-se bem a solos pobres, exigem baixos aportes hídricos e nutricionais, são resistentes a pragas e doenças e mantêm produtividade mesmo sob condições climáticas adversas (LIBERATO, LIMA & SILVA, 2019; SARTORI *et al.*, 2020). Além disso, a elevada variabilidade genética e a capacidade de adaptação a diferentes ambientes permitem seu cultivo com baixo impacto ambiental (COBUS *et al.*, 2023). Estudos apontam que, globalmente, existem cerca de 30 mil espécies vegetais com potencial para consumo humano. No entanto, uma parcela muito baixa deste total é realmente utilizada na alimentação, concentrando quase 90% da produção em cerca de 100 espécies (KINUPP & LORENZI, 2014; PEREIRA, MORAES & MIRANDA, 2021).

A Figura 1 ilustra diferentes espécies de PANCs, contribuindo para sua identificação visual e reconhecimento. Na sequência, a Tabela 1 apresenta informações sobre seu potencial de cultivo, considerando características agronômicas, resiliência ecológica e qualidade nutricional. Tais dados visam facilitar a difusão do conhecimento referente a estes alimentos, promovendo sua valorização no contexto da agricultura urbana sustentável e ampliando as possibilidades de inserção em sistemas alimentares comunitários.

Figura 1. Espécies selecionadas de Plantas Alimentícias Não Convencionais (PANCs) com potencial na agricultura urbana: (a) Araruta (*Maranta arundinacea*); (b) Azedinha (*Rumex acetosa*); (c) Beldroega (*Portulaca oleracea*); (d) Bertalha (*Basella alba*); (e) Capuchinha (*Tropaeolum majus*); (f) Lanterna chinesa (*Abutilon pictum*); (g) Ora-pro-nóbis (*Pereskia aculeata*); (h) Peixinho-da-horta (*Stachys byzantina*) e (i) Taioba (*Xanthosoma sagittifolium*).



Fonte: Neptalí Ramírez Marcial, wheretheroesestwine, Piermario Maculan, Hong, Jamie Smith, Dksevero, Beatriz Gómez, Geo H Melville, Matt. *iNaturalist* (<https://www.inaturalist.org>) sob licença Creative Commons CC BY-NC 4.0.

Tabela 1. Plantas Alimentícias Não Convencionais (PANCs) com potencial para agricultura urbana.

Nome comum	Nome científico	Partes comestíveis	Principais características	Ambientes recomendados	Referência
Araruta	<i>Maranta arundinacea</i>	Rizomas	Boa adaptação a solos arenosos, rústica, baixo consumo hídrico	Hortas urbanas em solo leve	SILVA <i>et al.</i> , 2022
Azedinha	<i>Rumex acetosa</i>	Folhas	Sabor ácido característico, rica em vitamina A e C, tolerante a clima ameno	Vasos, canteiros sombreados	SILVA <i>et al.</i> , 2022; SARTORI <i>et al.</i> , 2020
Beldroega	<i>Portulaca oleracea</i>	Folhas, talos	Herbácea anual suculenta, ciclo curto, resistente à seca	Canteiros, hortas verticais	BÖHM & CECATTO, 2024; SARTORI <i>et al.</i> , 2020
Bertalha	<i>Basella alba</i>	Folhas	Trepadeira produtiva, fácil condução, baixo custo de cultivo	Hortas verticais, muros verdes	CAMPOS <i>et al.</i> , 2012
Capuchinha	<i>Tropaeolum majus</i>	Folhas, flores, sementes	Ciclo rápido, atrai polinizadores, valor ornamental e antioxidante	Vasos, floreiras, canteiros elevados	COBUS <i>et al.</i> , 2023; SARTORI <i>et al.</i> , 2020
Lanterna chinesa	<i>Abutilon pictum</i>	Flores	Planta rústica, de fácil cultivo, flores com potencial decorativo e comestível pouco explorado	Vasos grandes, canteiros bem drenados e ensolarados	SARTORI <i>et al.</i> , 2020
Ora-pro-nóbis	<i>Pereskia aculeata</i>	Folhas	Alta rusticidade, tolerância à seca, adaptação a solos pobres	Cercas vivas, quintais, hortas	GARCIA <i>et al.</i> , 2019; MILIÃO <i>et al.</i> , 2022
Peixinho-da-horta	<i>Stachys byzantina</i>	Folhas (fritas)	Folhas aveludadas, alto valor culinário, resistência a estiagem	Vasos, canteiros bem drenados	SILVA <i>et al.</i> , 2022; SARTORI <i>et al.</i> , 2020
Taioba	<i>Xanthosoma sagittifolium</i>	Folhas, rizomas (cozidos)	Tolerante à sombra e encharcamento, baixa exigência nutricional	Hortas sombreadas, margens úmidas	SILVA <i>et al.</i> , 2022

Além da adaptabilidade agronômica, muitas PANCs possuem elevado valor nutricional. Estudos mostram que espécies como ora-pro-nóbis (*Pereskia aculeata*), taioba (*Xanthosoma sagittifolium*) e beldroega (*Portulaca oleracea*) são ricas em proteínas, fibras, vitaminas A e C, minerais como ferro e cálcio, além de compostos bioativos com propriedades antioxidantes e anti-inflamatórias (GARCIA *et al.*, 2019; SILVA *et al.*, 2022; BÖHM & CECATTO, 2024). A beldroega, especificamente, apresenta alta concentração de ácidos graxos do tipo ômega-3, superando os níveis encontrados em grande parte das hortaliças

cultivadas tradicionalmente (BÖHM & CECATTO, 2024). Já a ora-pro-nóbis destaca-se pelo teor proteico, chegando a cerca de 25% na matéria seca, sendo uma alternativa viável para suplementação proteica em dietas vegetarianas e semelhantes (MILIÃO *et al.*, 2022).

Estas características tornam o aproveitamento das PANCs uma estratégia promissora no enfrentamento da insegurança alimentar e da desnutrição urbana, especialmente em comunidades com acesso limitado a alimentos frescos e nutritivos. A inserção destas espécies em hortas urbanas, merendas escolares e programas de alimentação social revela potencial para melhorar a qualidade nutricional das dietas e mitigar deficiências micronutricionais (PROENÇA *et al.*, 2018; SILVA *et al.*, 2022). Do ponto de vista ecológico, as PANCs também reforçam a sustentabilidade dos sistemas de produção ao favorecer a cobertura vegetal do solo, melhorar sua estrutura física e química, promover a ciclagem de nutrientes e reduzir a dependência de insumos externos, como fertilizantes sintéticos e pesticidas. Sua integração em sistemas agroecológicos e práticas de permacultura urbana contribui para um manejo mais sustentável, baseado na diversidade biológica, resiliência ecológica e uso racional de recursos locais (MILIÃO *et al.*, 2022; QUINTINO, ANDRADE & PACHECO, 2024).

Outro aspecto fundamental é o papel sociocultural destas espécies. O cultivo e consumo de PANCs promovem o resgate de saberes tradicionais e a valorização da cultura alimentar local, frequentemente invisibilizada pelos modelos agrícolas hegemônicos (QUINTINO, ANDRADE & PACHECO, 2024; SILVA *et al.*, 2022). Apesar do crescente interesse, a ampla adoção das PANCs ainda enfrenta entraves significativos. Entre os principais obstáculos destacam-se a limitação do conhecimento popular sobre a identificação, o preparo e os benefícios nutricionais destas espécies, bem como o estigma cultural que as associa a plantas invasoras ou impróprias para consumo humano (SARTORI *et al.*, 2020). Adicionalmente, a ausência de normativas específicas que regulamentem sua produção e comercialização restringe seu acesso a circuitos formais de mercado e a políticas públicas de segurança alimentar. Em 2021, o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) instituiu a Portaria MAPA/MMA Nº 10/2021, que estabelece uma lista de espécies nativas da sociobiodiversidade de valor alimentício para comercialização *in natura* (BRASIL, 2021). Mesmo assim, a listagem contempla apenas uma fração das PANCs conhecidas, o que inviabiliza, para muitas delas, a comercialização regularizada.

Diante deste cenário, políticas públicas articuladas e ações institucionais integradas tornam-se essenciais para a consolidação das PANCs como ferramentas estratégicas na transição agroecológica urbana. Investimentos em pesquisa científica, capacitação técnica, extensão rural, educação alimentar e campanhas de sensibilização são medidas urgentes e complementares para ampliar o conhecimento, a aceitação e o uso destas espécies no cotidiano urbano, contribuindo para a construção de sistemas alimentares mais sustentáveis e resilientes.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

As Plantas Alimentícias Não Convencionais (PANCs) representam elementos estratégicos para a promoção de sistemas alimentares urbanos mais sustentáveis, resilientes e inclusivos. Suas características agronômicas favoráveis, elevada densidade nutricional e contribuição para a conservação da biodiversidade local reforçam sua relevância no contexto da agroecologia e da segurança alimentar. Além disso, seu cultivo e consumo resgatam saberes tradicionais e fortalecem a cultura alimentar regional. Entretanto, sua ampla adoção ainda encontra obstáculos significativos, como barreiras culturais, lacunas no acesso a informações técnicas e a inexistência de diretrizes normativas que regulamentem adequadamente sua produção e comercialização. Neste sentido, políticas públicas integradas, associadas a investimentos em pesquisa, extensão rural, educação alimentar e estratégias de sensibilização social, são essenciais para fomentar a inserção efetiva das PANCs nos circuitos produtivos e nas práticas alimentares urbanas.

REFERÊNCIAS

- BÖHM, E. M.; CECATTO, A. P. **Potencial antioxidante da beldroega (*Portulaca oleracea*) / Antioxidant potential of purslane (*Portulaca oleracea*)**. Journal of Exact Sciences – JES, v. 41, n. 3, p. 40–45, abr./jun. 2024. ISSN 2358-0348.
- BRASIL. Portaria Interministerial MAPA/MMA nº 10, de 21 de julho de 2021. **Institui lista de espécies nativas da sociobiodiversidade de valor alimentício para fins de comercialização in natura ou de seus produtos derivados**. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, p. 4, 22 jul. 2021. Revoga a Portaria Interministerial MMA/MDS nº 284, de 30 de maio de 2018.
- CAMPOS, R. A. da S. et al. **Crescimento e desempenho de bertalha (*Basella alba* L.) em função do tipo de propagação**. Revista Caatinga, Mossoró, v. 25, n. 4, p. 11–18, dez. 2012.
- COBUS, D.; NUNES, G.; MAIOR, L. de O.; LACERDA, L. G.; ITO, V. C. **Plantas alimentícias não convencionais (PANCs): uma abordagem às propriedades nutricionais e funcionais da capuchinha (*Tropaeolum majus* L.)**. Food Science Today, v. 1, n. 1, 2023. <https://doi.org/10.58951/fstoday.v1i1.4>.
- DURIGON, Jaqueline et al. **Plantas alimentícias não convencionais (PANC): da construção de um conceito à promoção de sistemas de produção mais diversificados e resilientes**. Revista Brasileira de Agroecologia, v. 18, n. 1, p. 268-291, 2023. ISSN 1980-9735. DOI: <https://doi.org/10.33240/rba.v18i1.23722>.
- GARCIA, J. A. A. et al. **Phytochemical profile and biological activities of ‘Ora pro-nobis’ leaves (*Pereskia aculeata* Miller), an underexploited superfood from the Brazilian Atlantic Forest**. Food Chemistry, v. 294, p. 302–308, 2019.

INATURALIST. Disponível em: <https://www.inaturalist.org>. Acesso em: 29 jul. 2025.

JACOB, M. **Biodiversidade de plantas alimentícias não convencionais em uma horta comunitária com fins educativos**. Demetra: Alimentação, Nutrição & Saúde, v.15, p.44037, 2020.

KINUPP, V. F.; LORENZI, H. **Plantas alimentícias não convencionais (PANC) no Brasil: guia de identificação, aspectos nutricionais e receitas ilustradas**. Nova Odessa: Plantarum, 2014.

LIBERATO, P.; LIMA, D. V. T.; SILVA, G. M. B. **PANCs - Plantas alimentícias não convencionais e seus benefícios nutricionais**. Environmental Smoke, v. 2, n. 2, p. 102–111, 2019.

MILIÃO, G. L.; OLIVEIRA, A. P. H. de; SOARES, L. de S.; ARRUDA, T. R.; VIEIRA, É. N. R.; LEITE JUNIOR, B. R. de C. **Unconventional food plants: nutritional aspects and perspectives for industrial applications**. Future Foods, v. 5, 100124, 2022. ISSN 2666-8335. <https://doi.org/10.1016/j.fufo.2022.100124>.

MOURA, I. O.; SANTANA, C. C.; LOURENÇO, Y. R. F.; SOUZA, M. F.; SILVA, A. R. S. T.; DOLABELLA, S. S.; SILVA, A. M. O.; OLIVEIRA, T. B.; DUARTE, M. C.; FARAONI, A. S. **Chemical characterization, antioxidant activity and cytotoxicity of the unconventional food plants: sweet potato (*Ipomoea batatas* (L.) Lam.) leaf, major gomes (*Talinum paniculatum* (Jacq.) Gaertn.) and caruru (*Amaranthus deflexus* L.)**. Waste Biomass Valorization, v. 12, n. 5, p. 2407–2431, 2021. DOI: 10.1007/s12649-020-01186-z.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS – ONU. **Objetivos do Desenvolvimento Sustentável**, 2022. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/sdgs>. Acesso em: 22 jul. 2025.

PEREIRA, E. de F.; MORAES, I. de F. V. de; MIRANDA, S. B. L. de. **Plantas alimentícias não convencionais: a importância e seu uso na alimentação brasileira**. Aprendendo Ciência, v. 10, n. 1, p. 36–42, 2021. ISSN 2237-8766.

PROENÇA, I. C. et al. **Plantas alimentícias não convencionais (PANC's): relato de experiência em horta urbana comunitária em município do sul de Minas Gerais**. Revista Extensão em Foco, n. 17, p. 133–148, 2018.

QUINTINO, E.; ANDRADE, W.; PACHECO, C. S. **Agroecologia: impactos e contribuições das plantas alimentícias não convencionais (PANCs) para a soberania alimentar**. 2024. DOI: 10.37885/240817407.

SARTORI, V. C.; MINELLO, H. T. L. V.; BASSO, M. R. P. A.; SCUR, L. **Plantas alimentícias não convencionais – PANC: resgatando a soberania alimentar e nutricional**. In: CAMATTI SARTORI, V.; et al. (Ed.). Caxias do Sul, RS: EDUCS, 2020. 118 p.

SILVA, G. M. da; ROCHA, N. C.; SOUZA, B. K. M. de; AMARAL, M. P. do C.; CUNHA, N. S. R. da; MORAES, L. V. de S.; GEMAQUE, E. de M.; DUTRA, C. D. T.; MOURA, J. da S.; MENDES, P. M. **O potencial das plantas alimentícias não convencionais (PANC): uma**

revisão de literatura / The potential of unconventional food plants (PANC): a literature review. Brazilian Journal of Development, v. 8, n. 2, p. 14838–14853, 2022. DOI: <https://doi.org/10.34117/bjdv8n2-416>.

DETECÇÃO DE ADULTERANTES E CONTAMINANTES EM LEITE CRU: O PAPEL ESTRATÉGICO DA ESPECTROSCOPIA FTIR

Larissa Karla Monteiro¹;

Núcleo de Ciência, Tecnologia e Inovação do Leite (NCTI)/Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC), Pinhalzinho, Santa Catarina.

<http://lattes.cnpq.br/6575243577701104>

Mariane Wolf²;

Núcleo de Ciência, Tecnologia e Inovação do Leite (NCTI)/Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC), Pinhalzinho, Santa Catarina.

<http://lattes.cnpq.br/8711783303286696>

Andréia Zilio Dinon³.

Núcleo de Ciência, Tecnologia e Inovação do Leite (NCTI), Departamento de Engenharia de Alimentos e Engenharia Química (DEAQ)/Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC), Pinhalzinho, Santa Catarina.

<http://lattes.cnpq.br/3603845531003036>

RESUMO: A qualidade e a segurança do leite e seus derivados podem ser comprometidas por adulterações intencionais ou por contaminações químicas acidentais, impactando a saúde pública e a confiança do consumidor. Nesse cenário, a Espectroscopia no Infravermelho com Transformada de Fourier (FTIR) tem se destacado como uma técnica analítica promissora, por permitir a detecção rápida e precisa de diferentes tipos de adulterantes e contaminantes, abrangendo desde fraudes na composição até a presença de compostos potencialmente tóxicos. Trata-se de um método não destrutivo, com baixo preparo de amostras e que dispensa o uso de reagentes, o que o torna atrativo para aplicações no controle de qualidade na indústria de laticínios. Esta revisão tem como objetivo apresentar os avanços mais recentes relacionados ao uso da FTIR na identificação de adulterantes e contaminantes em leite e derivados, com base na literatura científica publicada na última década em bases de dados de livre acesso. Os estudos analisados demonstram que a combinação da espectroscopia FTIR com ferramentas quimiométricas amplia sua capacidade diagnóstica, promovendo maior confiabilidade analítica. Conclui-se que essa abordagem contribui de forma significativa para o monitoramento, a rastreabilidade e a segurança alimentar ao longo da cadeia produtiva do leite.

PALAVRAS-CHAVE: Espectroscopia FTIR. Lácteos. Segurança alimentar.

DETECTION OF ADULTERANTS AND CONTAMINANTS IN RAW MILK: THE STRATEGIC ROLE OF FTIR SPECTROSCOPY

ABSTRACT: The quality and safety of milk and dairy products can be compromised by intentional adulteration or accidental chemical contamination, impacting public health and consumer confidence. In this scenario, Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR) has emerged as a promising analytical technique, enabling the rapid and accurate detection of a wide range of adulterants and contaminants, ranging from composition frauds to the presence of potentially toxic compounds. It is a non-destructive method with minimal sample preparation and no reagents, making it attractive for quality control applications in the dairy industry. This review aims to present the most recent advances in the use of FTIR to identify adulterants and contaminants in milk and dairy products, based on scientific literature published over the last decade in open-access databases. Evidence from the reviewed studies indicates that integrating FTIR spectroscopy with chemometric analysis substantially enhances diagnostic performance and analytical robustness, thereby advancing monitoring, traceability, and food safety throughout the milk production chain

KEY-WORDS: FTIR spectroscopy. Dairy products. Food safety.

INTRODUÇÃO

O leite é um dos alimentos mais consumidos mundialmente, caracterizando-se por uma composição complexa que inclui majoritariamente água, além de gorduras, proteínas, carboidratos, vitaminas e minerais. De acordo com Ceniti et al. (2023), trata-se de um alimento de elevado valor nutricional, que desempenha papel essencial na nutrição humana em diferentes fases da vida. No entanto, justamente por seu alto valor nutricional e ampla aceitação no mercado, o leite torna-se vulnerável a práticas fraudulentas e à contaminação por agentes químicos. Nesse sentido, a identificação de adulterantes e contaminantes em produtos lácteos é fundamental tanto para a segurança alimentar quanto para a credibilidade da cadeia produtiva (KAROUI et al., 2007; CHU et al., 2024).

O uso de métodos analíticos modernos, como os baseados em espectroscopia, especialmente a espectroscopia no infravermelho com transformada de Fourier (FTIR), têm sido cada vez mais explorados (DARWESH et al., 2025). A técnica tem se mostrado eficaz na detecção de adulterações como adição de água, amido, sacarose, leite em pó, ureia, melamina, entre outros compostos, por meio de análises rápidas, não destrutivas e ambientalmente sustentáveis (NICOLAOU et al., 2010).

A crescente globalização e o avanço das cadeias logísticas, associado a necessidade de controle das fraudes alimentares e da garantia da segurança dos alimentos, exige ferramentas analíticas sensíveis, confiáveis e aplicáveis em larga escala. A FTIR combinada com técnicas quimiométricas tem se destacado nesse contexto, oferecendo

suporte à rastreabilidade, à transparência e ao cumprimento das exigências regulatórias, especialmente diante do aumento da complexidade das fraudes no setor de alimentos (COITINHO et al., 2017).

OBJETIVO

Este capítulo tem como objetivo compilar e analisar criticamente as principais pesquisas científicas que utilizaram a espectroscopia FTIR na análise de leite e seus derivados. A ênfase do presente capítulo está em contextualizar o uso da FTIR e sua aplicação para detectar adulterantes e contaminantes no leite, considerando sua importância para o controle de qualidade, a segurança alimentar e a integridade da cadeia produtiva de laticínios.

METODOLOGIA

A presente revisão foi conduzida por meio de pesquisa bibliográfica, com abordagem qualitativa, natureza aplicada e caráter descritivo.

A seleção das fontes bibliográficas foi realizada em bases de dados científicas de acesso livre, incluindo Scielo, PubMed e Google Scholar. Foram considerados artigos publicados no período de 2015 a 2025, que abordaram o uso da espectroscopia FTIR na análise de leite e derivados, especialmente no que se refere à detecção de adulterantes em associação com técnicas quimiométricas.

Foram excluídos da análise os trabalhos duplicados, aqueles com foco exclusivo em outras matrizes alimentares ou que não utilizaram a FTIR como ferramenta principal de investigação. A seleção de artigos buscou garantir relevância, atualidade e aplicabilidade dos estudos selecionados ao tema proposto.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Fundamentos e vantagens da espectroscopia FTIR

A identificação de contaminantes e adulterantes em produtos lácteos é fundamental para garantir a segurança do consumidor e a credibilidade da indústria de laticínios. Técnicas como cromatografia, espectrometria de massa e eletroforese têm sido amplamente utilizadas devido à sua alta precisão. Entretanto, esses métodos apresentam limitações, incluindo custos elevados, consumo intenso de reagentes, longos períodos de análise e a geração de resíduos ambientais nocivos (KAROUI et al., 2007; CHU et al., 2024).

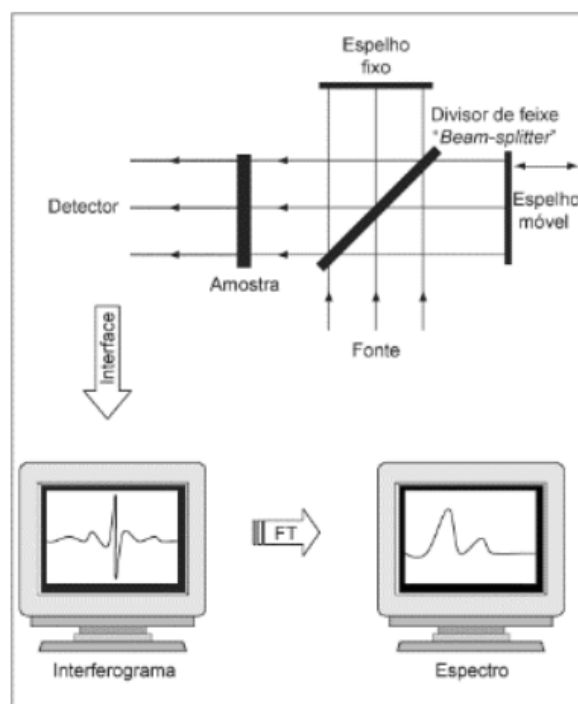
A espectroscopia no infravermelho fundamenta-se na capacidade das ligações moleculares de absorver radiação em faixas específicas do espectro eletromagnético. Essa absorção, que varia conforme os modos vibracionais dos grupos funcionais

presentes, permite identificar com precisão a composição química das amostras. As regiões do infravermelho médio (MIR: 2.500–25.000 nm) e próximo (NIR: 800–2.500 nm) são particularmente relevantes, pois concentram transições vibracionais características. A sensibilidade a essas variações torna a técnica altamente eficaz para aplicações analíticas em alimentos, inclusive na detecção de adulterações (CENITI et al., 2023).

O desenvolvimento da espectroscopia no infravermelho foi significativamente impulsionado pela introdução da transformada de Fourier e pelo uso do interferômetro de Michelson, que aumentaram a rapidez e a eficiência das análises (SALIBA et al., 2003). O princípio de funcionamento desse dispositivo baseia-se em dois espelhos (um fixo e outro móvel) e um divisor de feixes semitransparente. A radiação proveniente da fonte é dividida pelo divisor, que direciona parte para o espelho móvel e parte para o espelho fixo. Após a reflexão, os feixes são recombinados, gerando interferências construtivas ou destrutivas de acordo com a diferença de percurso óptico (LIMA et al., 2022).

Quando os dois espelhos estão equidistantes do divisor, há interferência construtiva. Ao deslocar o espelho móvel em distâncias específicas, surgem interferências destrutivas. O feixe resultante atravessa a amostra e segue para o detector. Como a radiação infravermelha é policromática, a combinação dessas interações para cada componente espectral origina um sinal complexo, denominado interferograma (Figura 1). Como esse sinal não é interpretável diretamente, ele é processado por meio da transformada de Fourier, que o converte em um espectro relacionando intensidade e número de onda, o que facilita a análise e a interpretação (LIMA et al., 2022; HELFER et al., 2006).

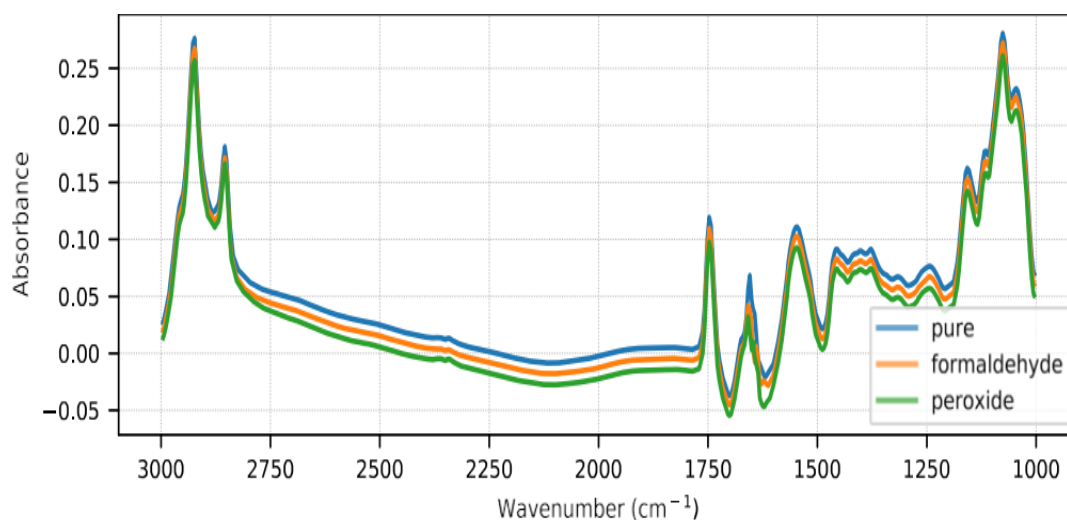
Figura 1: Apresentação do esquema ilustrativo para o interferômetro de Michelson e o espectro resultante da aplicação da transformada de Fourier.



Fonte: Webster et al. (2000).

A espectroscopia no infravermelho é uma ferramenta valiosa para diferenciar com exatidão os componentes presentes em uma amostra. Os picos no espectro correspondem às vibrações entre os átomos das moléculas, enquanto a intensidade desses picos reflete a concentração da substância, permitindo também análises quantitativas com boa sensibilidade e confiabilidade (Figura 2) (MORGANO et al., 2005).

Figura 2: Exemplo de espectro de infravermelho para amostras de leite cru puro e adulterado com formaldeído e peróxido, com a absorbância versus o comprimento de onda.



Fonte: Neto et al. (2019).

Cada molécula interage com a radiação infravermelha de forma particular, originando um espectro de absorção específico que atua como uma verdadeira “assinatura molecular”. Esse perfil espectral único permite a identificação qualitativa e quantitativa de compostos, sendo especialmente útil na análise de alimentos. A eficácia da FTIR está diretamente relacionada às vibrações moleculares, que ocorrem em faixas específicas do espectro de acordo com a natureza das ligações químicas. Essas frequências de absorção são influenciadas por características estruturais, como a geometria da molécula, a massa dos átomos e, ocasionalmente, por interações entre movimentos vibracionais e eletrônicos, conhecidas como acoplamentos vibrônicos (LIMA et al., 2022).

No caso de produtos lácteos, a interação da radiação infravermelha com os constituintes moleculares resulta em espectros únicos, que funcionam como marcadores estruturais. Devido à complexidade natural do leite e à variabilidade inerente à sua composição, torna-se essencial o uso de bibliotecas espectrais de referência ou de modelos de calibração robustos. Esses recursos permitem comparar amostras desconhecidas com padrões previamente estabelecidos, contribuindo para a avaliação da autenticidade, qualidade e integridade do alimento (KAROUI et al., 2007; COITINHO et al., 2017).

A interpretação adequada dos espectros obtidos exige o uso de ferramentas estatísticas e computacionais, especialmente em contextos com elevado volume de dados.

Métodos como análise de componentes principais (PCA), análise discriminante (DA) e regressão por mínimos quadrados parciais (PLS) têm sido amplamente empregados na quimiometria aplicada à FTIR. Esses algoritmos permitem reduzir a dimensionalidade dos dados espectrais, identificar padrões relevantes e construir modelos preditivos com alto grau de sensibilidade e especificidade (CENITI et al., 2023).

Nesse contexto, a quimiometria destaca-se como uma área essencial para maximizar a informação extraída dos dados espectrais. Trata-se da aplicação de métodos matemáticos e estatísticos para resolver problemas complexos em química analítica. Na análise de leite e derivados, sua integração com a espectroscopia FTIR tem sido determinante para aprimorar a confiabilidade dos resultados, viabilizando tanto a detecção de adulterantes quanto a quantificação de suas concentrações em diferentes níveis de contaminação (DE MARCHI et al., 2011).

A FTIR oferece diversas vantagens em relação a outros métodos analíticos, destacando-se pela rapidez na aquisição dos espectros, alta resolução espectral e caráter não destrutivo. Além disso, proporciona excelente reprodutibilidade dos resultados. Em um cenário de fraudes alimentares de crescente complexidade, a isenção do uso de reagentes e a viabilidade de análises em larga escala tornam essa técnica especialmente estratégica para o monitoramento, a rastreabilidade e a conformidade regulatória na indústria de laticínios (COITINHO et al., 2017).

Aplicações na detecção de adulterantes e contaminantes

A adulteração do leite e de seus derivados representa um desafio significativo para a segurança alimentar e a credibilidade da cadeia produtiva, motivada por interesses econômicos e, em alguns casos, por falhas nos sistemas de controle de qualidade. Uma vez que a precificação do leite considera parâmetros como teor de proteína, gordura e qualidade microbiológica, o produto torna-se suscetível a fraudes, incluindo diluição com água e adição de substâncias nitrogenadas ou espessantes, como ureia, amido, sacarose e detergentes, com o objetivo de aumentar artificialmente os sólidos não gordurosos e a viscosidade (FRANCIS et al., 2024). Outro fator preocupante é a presença de resíduos de medicamentos veterinários, especialmente antibióticos, que podem impactar a saúde pública (CHU et al., 2024).

Essas práticas fraudulentas alteram as propriedades físico-químicas do leite, mascaram deteriorações e simulam qualidades nutricionais inexistentes, colocando em risco o consumidor, especialmente crianças, gestantes e indivíduos imunocomprometidos (CENITI et al., 2023). Os adulterantes variam desde diluentes simples, como água e amido, até compostos potencialmente tóxicos, como melamina e peróxido de hidrogênio (FRANCIS et al., 2024). A Tabela 1 resume os principais adulterantes, suas finalidades e riscos associados.

Tabela 1: Principais adulterantes utilizados na adulteração de leite cru, suas finalidades e riscos à saúde

Adulterante	Finalidade	Efeitos sobre o leite	Riscos à saúde humana
Água	Aumentar volume	Diluição de nutrientes	Contaminação microbiana, perda nutricional
Ureia	Simular teor de proteína	Aumenta sólidos não gordurosos e melhora aparência	Indigestão, disfunções renais e hepáticas, puberdade precoce
Melamina	Falsificar teor de proteína	Eleva nitrogênio total	Falência renal, risco de morte
Detergentes	Criar aparência espumosa	Emulsificação falsa de gordura	Lesões intestinais, náusea, gastrite
Peróxido de Hidrogênio	Prolongar validade em altas temperaturas	Inibe deterioração microbiológica	Danos gastrointestinais, envelhecimento precoce
Amido e farinhas	Elevar sólidos não gordurosos	Aumenta viscosidade	Desequilíbrio eletrolítico, riscos cardíacos
Cloro	Compensar densidade após diluição com água	Restaura densidade artificialmente	Toxicidade crônica, risco a gestantes e lactentes
Neutralizantes	Reduzir acidez de leite estragado	Mascaram deterioração	Potencial alergênico e tóxico

Fonte: Francis et al. (2024).

Com o aumento da complexidade das cadeias produtivas e a intensificação do comércio global, a detecção de adulterações exige métodos analíticos rápidos, acessíveis, sustentáveis e confiáveis. Nesse cenário, a espectroscopia no infravermelho, especialmente na modalidade FTIR associada a ferramentas quimiométricas, tem se destacado pela capacidade de realizar análises não destrutivas e de alta eficiência.

A análise comparativa de estudos que utilizaram a espectroscopia FTIR, especialmente na região do infravermelho médio (MIR), demonstra elevados índices de eficácia da técnica para detecção de adulterantes em leite, sobretudo quando combinada com métodos quimiométricos ou algoritmos de aprendizado de máquina.

Em estudo realizado por Guerra et al. (2024), foram investigados sete adulterantes comuns (água, ureia, bicarbonato de sódio, cloreto de sódio, hidroxiprolina, glicose e citrato de sódio) em diferentes concentrações, utilizando modelos de regressão por mínimos quadrados parciais discriminantes (PLS). Embora os autores não tenham apresentado dados quantitativos específicos sobre sensibilidade ou especificidade, relataram que os modelos exibiram boa capacidade discriminativa, identificando com precisão as amostras adulteradas.

Outro estudo relevante foi conduzido por Coitinho et al. (2017), que utilizou o equipamento MilkoScan FT1 para analisar cerca de 4.000 amostras contendo adulterantes como amido, bicarbonato, citrato, formaldeído, sacarose, água e soro de leite. Nesse

trabalho, o modelo desenvolvido com a técnica PLS-DA alcançou uma sensibilidade média de aproximadamente 84%, além de apresentar especificidade de 100% na detecção simultânea dos diversos adulterantes. Resultados ainda mais expressivos foram descritos por Chu et al. (2024), que associaram espectros de FTIR a algoritmos de classificação e regressão para a identificação de adulterantes. O modelo apresentou uma acurácia de 97,4% na classificação das amostras, com coeficientes de determinação (R^2) superiores a 0,95 na predição da concentração dos adulterantes, evidenciando desempenho excelente tanto na identificação quanto na quantificação.

Outros adulterantes merecem atenção, como a adição de soro de queijo ou manteiga ao leite, prática fraudulenta que visa aumentar o volume do produto sem o conhecimento do consumidor. Essa conduta, motivada por interesses lucrativos, pode alterar o valor nutricional do leite e causar problemas em indivíduos sensíveis aos componentes intencionais adicionados (VIEIRA, 2025). A crioscopia é um método comumente utilizado para detectar a presença de água no leite, porém mostra-se ineficaz para identificar a adição de soro de queijo. Este subproduto é frequentemente empregado em fraudes devido à facilidade de obtenção, muitas vezes a baixo custo ou gratuitamente, além da capacidade de elevar artificialmente o teor proteico do leite (CARVALHO et al., 2007).

Estudos que combinaram espectroscopia FTIR, refletância total atenuada (ATR - attenuated total reflectance) e quimiometria multivariada demonstraram eficiência no reconhecimento e quantificação da adulteração por soro de queijo. Vinciguerra et al. (2019), compararam diferentes modelos de regressão, calibrando casos padrão com amostras autorizadas validadas por LC-MS/MS. Entre os modelos testados, o LS-SVM aplicado aos espectros completos destacou-se como o mais eficaz na determinação da quantidade de caseinomacropeptídeo (CMP), um marcador específico do soro.

Outra questão importante é a substituição parcial do leite bovino por leites de outras espécies, como bubalino, ovino ou caprino, prática considerada uma adulteração relevante, pois altera a composição e o valor comercial do produto. Conforme Cirak et al. (2018), a combinação da espectroscopia FTIR na região do infravermelho médio (MIR) com métodos quimiométricos (PCA, HCA, PLS-DA) permitiu a discriminação precisa de misturas binárias contendo entre 5% e 50% de leite de outras espécies. As regiões espectrais correspondentes às bandas de amida I ($1650\text{--}1600\text{ cm}^{-1}$) e amida II ($1565\text{--}1520\text{ cm}^{-1}$) foram essenciais para a diferenciação da origem animal. Essa abordagem possibilitou a quantificação rápida e precisa das proporções adulteradas entre leite bovino e leite de búfalo, cabra ou ovelha.

As estratégias cada vez mais sofisticadas de adulteração do leite evidenciam a necessidade de tecnologias capazes de detectar essas fraudes de maneira eficaz. Contudo, os métodos atualmente empregados apresentam limitações relevantes, como baixa sensibilidade analítica, forte dependência de procedimentos manuais e uso intensivo de reagentes químicos. Além disso, destaca-se o desafio adicional da identificação imediata de novos tipos de adulteração, visto que, historicamente, metodologias específicas para

detecção de tais fraudes são desenvolvidas apenas após sua ocorrência (COITINHO et al., 2017; CASSOLI et al., 2011).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A Espectroscopia no Infravermelho com Transformada de Fourier (FTIR) consolidou-se como uma ferramenta estratégica para a detecção de adulterantes e contaminantes químicos no leite, pois se destaca pela rapidez da análise, alta sensibilidade e caráter não destrutivo. Sua integração com métodos quimiométricos amplia seu potencial diagnóstico, possibilitando a identificação e a quantificação de adulterações com elevado grau de precisão e reprodutibilidade.

Os avanços recentes em instrumentação e em algoritmos de análise fortalecem ainda mais seu papel no monitoramento da qualidade, na rastreabilidade e na segurança alimentar, contribuindo para a conformidade regulatória e a proteção do consumidor. Em um cenário de fraudes cada vez mais sofisticadas e de maior exigência por parte do mercado, a FTIR se destaca como uma alternativa viável para ser implementada rotineiramente em indústrias e laboratórios de controle de qualidade.

Observa-se que, para consolidar o uso da metodologia de análise por FTIR em escala industrial, é essencial investir na padronização de modelos preditivos, no treinamento de equipes e na validação de metodologias em condições reais de produção. Com esses avanços, a técnica tende a ocupar uma posição central entre as ferramentas analíticas destinadas à garantia da autenticidade e da segurança dos produtos lácteos.

REFERÊNCIAS

CARVALHO, B. M. A. et al. **Métodos de detecção de fraude em leite por adição de soro de queijo**. REDVET. Revista Electrónica de Veterinária, v. 8, n. 6, p. 1-7, 2007.

CASSOLI, L. D. et al. **An assessment of Fourier Transform Infrared spectroscopy to identify adulterated raw milk in Brazil**. International Journal of Dairy Technology, v. 64, p. 480–485, 2011.

CENITI, C. et al. **Recent Advances in the Determination of Milk Adulterants and Contaminants by Mid-Infrared Spectroscopy**. Foods, v. 12, n. 15, p. 2917, 2023.

CHU, C. et al. **Rapid detection and quantification of melamine, urea, sucrose, water, and milk powder adulteration in pasteurized milk using Fourier transform infrared (FTIR) spectroscopy coupled with modern statistical machine learning algorithms**. Heliyon, v. 10, n. 12, 2024.

CIRAK, O. et al. **Rapid detection of adulteration of milks from different species using Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR)**. Journal of Dairy Research, v. 85, n. 2 p. 222–225, 2018.

- COITINHO, T. B. et al. **Adulteration identification in raw milk using Fourier transform infrared spectroscopy**. Journal of Food Science and Technology, v. 54, n. 8, p. 2394–2402, 2017.
- DARWESH, O. M. et al. **Recent technologies for detection of milk contaminants: characterization and mechanism of action: a review article**. Discover Food, v. 5, n. 140, 2025.
- DE MARCHI, M. et al. **Effectiveness of mid-infrared spectroscopy to predict fatty acid composition of Brown Swiss bovine milk**. Animal, v. 5, p. 1653–1658, 2011.
- FRANCIS, A. et al. **Adulteration of Milk: A Review**. Journal of Science and Technology, v. 5, n. 6, p. 37–41, 2024.
- GUERRA, A. et al. **Detection of common adulterants in bulk bovine milk using fourier transformed mid-infrared spectroscopy**. Acta Imeko, v. 13, n. 1, p. 1-5, 2024.
- HELPER, G. A. et al. **Using multivariate analysis methods in quality control of food essence by mid-infrared spectroscopy**. Food Science and Technology, v. 26, n. 4, p. 779–786, 2006.
- KAROUI, R. et al. **A review of the analytical methods coupled with chemometric tools for the determination of the quality and identity of dairy products**. Food Chemistry, v. 102, n. 3, p. 621–640, 2007.
- LIMA, J. S. et al. **A machine learning proposal method to detect milk tainted with cheese whey**. Journal of Dairy Science, v. 105, p. 9496-9508, 2022.
- NICOLAOU, N. et al. **Fourier transform infrared spectroscopy and multivariate analysis for the detection and quantification of different milk species**. Journal of Dairy Science, v. 93, n. 12, p. 5651–5660, 2010.
- MORGANO, M. A. et al. **Determination of protein in raw coffee for NIR spectroscopy and regression PLS**. Food Science and Technology, v. 25, n. 1, p. 25–31, 2005.
- SALIBA, E. O. S. et al. **Predição da composição química do sorgo pela técnica de espectroscopia de refletância no infravermelho próximo**. Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia, v.55, n.3, 2003.
- NETO, H. A. et al. **On the utilization of deep and ensemble learning to detect milk adulteration**. BioData Mining, v. 12, n. 13, p. 1-13, 2019.
- VIEIRA, S. M. **Caracterização dos espectros de soros de queijo e manteiga por meio do FTIR-MIR para detecção de fraudes em leite**. Revista Delos, v. 18, n. 64, 2025.
- VINCIGUERRA, L. L. et al. **Chemometric tools and FTIR-ATR spectroscopy applied in milk adulterated with cheese whey**. Química Nova, v. 42, 2019.
- WEBSTER, L. et al. **The authentication of olive oil on the basis of hydrocarbon concentration and composition**. Analyst London, v.125, p. 97-104, 2000.

APLICAÇÕES DA ESPECTROSCOPIA FTIR NA CADEIA DO LEITE: INOVAÇÃO PARA SEGURANÇA, RASTREABILIDADE E SUSTENTABILIDADE

Mariane Wolf¹;

Núcleo de Ciência, Tecnologia e Inovação do Leite/ Universidade do Estado de Santa Catarina (NCTI/UDESC), Pinhalzinho, Santa Catarina.

<http://lattes.cnpq.br/8711783303286696>

Larissa Karla Monteiro²;

Núcleo de Ciência, Tecnologia e Inovação do Leite/ Universidade do Estado de Santa Catarina (NCTI/UDESC), Pinhalzinho, Santa Catarina.

<http://lattes.cnpq.br/6575243577701104>

Andréia Zilio Dinon³.

Núcleo de Ciência, Tecnologia e Inovação do Leite/ Departamento de Engenharia de Alimentos e Engenharia Química/ Universidade do Estado de Santa Catarina (NCTI/DEAQ/ UDESC), Pinhalzinho, Santa Catarina.

<http://lattes.cnpq.br/3603845531003036>

RESUMO: A busca pela segurança alimentar, associada a rastreabilidade e a sustentabilidade tem estimulado a adoção de tecnologias avançadas na cadeia do leite. Nesse contexto, a espectroscopia no infravermelho com transformada de Fourier (FTIR) se destaca como uma ferramenta promissora para a detecção rápida e não destrutiva de resíduos de antibióticos, sanitizantes, contaminantes e adulterantes no leite e em seus derivados. Neste capítulo de revisão, são analisadas criticamente suas principais aplicações, abordando-se os fundamentos físico-químicos, os modos de operação (transmitância, refletância e ATR) e as vantagens frente aos métodos convencionais. A integração da FTIR com a quimiometria e sistemas de monitoramento em tempo real amplia sua utilização em ambientes industriais, favorecendo decisões mais ágeis e o controle da qualidade de forma contínua. A espectroscopia FTIR também contribui com a rastreabilidade por meio da transparência na cadeia produtiva de leite, cumprindo às exigências regulatórias pertinentes e às expectativas dos consumidores. Por fim, são discutidos os desafios e as perspectivas de expansão da FTIR, consolidando seu papel estratégico na modernização e na inovação do setor lácteo.

PALAVRAS-CHAVE: FTIR. Leite. Segurança alimentar.

APPLICATIONS OF FTIR SPECTROSCOPY IN THE MILK SUPPLY CHAIN: INNOVATION FOR SAFETY, TRACEABILITY AND SUSTAINABILITY

ABSTRACT: The growing demand for food safety, traceability, and sustainability has driven the use of advanced technologies in the dairy chain. In this context, Fourier transform infrared spectroscopy (FTIR) stands out as a promising tool for the rapid and non-destructive detection of antibiotic, sanitizer, contaminant, and adulterant residues in milk and dairy products. This review chapter provides a critical appraisal of its main applications, elucidating the underlying physicochemical principles, delineating the operating modes (transmittance, reflectance, ATR), and highlighting its advantages over conventional analytical approaches. The integration of FTIR with chemometric models and real-time monitoring systems has expanded its use in industrial settings, promoting faster decision-making and continuous quality control. Furthermore, the technique contributes to traceability and transparency in the production chain, aligning with regulatory requirements and consumer expectations. Finally, the challenges and prospects for FTIR's expansion are discussed, consolidating its strategic role in the modernization and innovation of the dairy sector.

KEY-WORDS: FTIR. Milk. Food safety.

INTRODUÇÃO

A cadeia produtiva do leite é importante para a economia e a segurança alimentar, sendo uma das mais complexas e extensas do setor agroalimentar. No Brasil, o setor leiteiro contribui significativamente para a geração de renda e empregos, além de promover o desenvolvimento regional, posicionando o país entre os maiores produtores mundiais. No entanto, tanto no âmbito nacional quanto internacional, essa cadeia enfrenta desafios crescentes relacionados à segurança dos alimentos, à autenticidade dos produtos e à sustentabilidade ambiental (MÉNARD et al., 2024).

Entre as principais preocupações estão a presença de contaminantes e de resíduos de antibióticos, as fraudes por adulteração e os impactos ambientais associados à produção, ao processamento e à distribuição do leite e de seus derivados. Esses desafios se agravam diante das exigências regulatórias e do maior interesse dos consumidores por transparência, rastreabilidade e práticas sustentáveis. Nesse contexto, é fundamental incorporar tecnologias analíticas inovadoras que proporcionem respostas rápidas, confiáveis e economicamente viáveis para o controle de qualidade, a gestão ambiental e a rastreabilidade (MÉNARD et al., 2024; CENITI et al., 2023).

A espectroscopia no infravermelho com transformada de Fourier (FTIR) tem se destacado como uma solução tecnológica promissora, com cada vez mais aplicações na indústria de alimentos. Por ser uma técnica não destrutiva, ela permite a análise simultânea de diversos constituintes químicos de maneira rápida, reprodutível e com mínima preparação

da amostra. Além disso, seu uso contribui para práticas mais sustentáveis, pois otimiza o uso de recursos e reduz a necessidade de reagentes químicos, bem como a geração de resíduos laboratoriais.

OBJETIVO

O presente capítulo tem como objetivo revisar criticamente as contribuições da espectroscopia FTIR como ferramenta analítica aplicada à cadeia produtiva do leite. São apresentadas as principais aplicações na detecção de contaminantes, adulterantes e resíduos de antibióticos, bem como seu potencial em promover rastreabilidade e sustentabilidade por meio da otimização de processos, do controle em tempo real e da redução de impactos ambientais.

METODOLOGIA

A pesquisa foi conduzida por meio de um delineamento qualitativo, de natureza aplicada e abordagem descritiva. A construção metodológica baseou-se em uma revisão da literatura científica, com foco nas aplicações da espectroscopia no infravermelho com transformada de Fourier (FTIR) na cadeia produtiva do leite, especialmente nos aspectos relacionados à segurança alimentar, rastreabilidade e sustentabilidade.

A seleção das referências foi realizada por meio de busca dirigida em bases científicas como Scopus, Web of Science, PubMed, ScienceDirect e SciELO, utilizando descritores relacionados à espectroscopia FTIR aplicada a leite e derivados. Foram priorizados artigos completos, publicados nos últimos anos, com abordagem aplicada à cadeia do leite em contextos de controle de qualidade, detecção de resíduos ou adulterantes, rastreabilidade ou sustentabilidade.

Para fins de concisão e foco, optou-se por incluir referências representativas e relevantes, que ilustram os principais avanços e aplicações da espectroscopia FTIR na área, com base em avaliação crítica e categorização temática dos estudos selecionados.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Fundamentos da Espectroscopia FTIR

A FTIR é uma técnica analítica baseada na absorção de radiação infravermelha por ligações químicas das moléculas, o que gera espectros característicos que possibilitam a identificação qualitativa e, em muitos casos, a quantificação de compostos. Entre suas principais vantagens estão a rapidez, a análise não destrutiva, a necessidade mínima de preparo da amostra e a possibilidade de aplicação direta — atributos especialmente relevantes para o setor de alimentos, em particular o de lácteos (CENITI et al., 2023).

Na espectroscopia de infravermelho médio (MIR, de 4000 a 400 cm^{-1}), o modo ATR (attenuated total reflectance) é amplamente utilizado, pois permite a análise direta de amostras líquidas, pastosas ou sólidas planas sem a necessidade de um preparo complexo. Esse modo se baseia na reflexão interna atenuada da radiação IR em um cristal, com penetração superficial de poucos micrômetros. O modo de transmissão, também no MIR, exige que a radiação atravesse a amostra entre janelas translúcidas ao IR, sendo indicado para filmes, soluções ou comprimidos, desde que haja preparo prévio. A reflectância difusa (DRIFT), por sua vez, baseia-se na dispersão da radiação refletida em múltiplas direções e é adequada para sólidos em pó ou granulados, especialmente quando não é possível aplicar pressão direta (CHERNIIENKO et al., 2024).

A espectroscopia no infravermelho próximo (NIR), que opera entre 10.000 e 4.000 cm^{-1} , utiliza absorções de sobretons e bandas combinadas, permitindo análises rápidas, não invasivas e com mínimo preparo. A espectroscopia NIR é amplamente aplicada na indústria de laticínios na determinação de constituintes como gordura, proteína, lactose e sólidos totais, entre outras aplicações específicas (SAJI et al., 2024).

O avanço tecnológico dos dispositivos FTIR ampliou o seu uso em análises em tempo real ao longo da cadeia produtiva. Além da notável contribuição das ferramentas quimiométricas associadas, como o PCA (*Principal Component Analysis* — Análise de Componentes Principais) e o PLS (*Partial Least Squares* — Regressão por Mínimos Quadrados Parciais), que potencializa a extração de informações a partir dos espectros, tornando as análises mais eficientes (SAJI et al., 2024; ALTEMIMI et al., 2025; CENITI et al., 2023).

Aplicações da FTIR na Segurança da Cadeia do Leite

A segurança dos alimentos é um dos pilares fundamentais da cadeia produtiva do leite. A presença de contaminantes químicos, de resíduos de medicamentos veterinários ou de adulterações intencionais não apenas compromete a qualidade nutricional do produto, como também a saúde pública. Nesse contexto, a espectroscopia FTIR tem se destacado como uma ferramenta promissora para o monitoramento rápido e não destrutivo de parâmetros críticos de segurança no leite e seus derivados.

Deteção de resíduos de antibióticos

A administração de antibióticos no rebanho leiteiro, embora essencial para o controle de infecções, pode resultar na presença de resíduos no leite, especialmente quando os períodos de carência não são respeitados. As classes de antibióticos mais frequentemente investigadas incluem os β -lactâmicos (como a penicilina G e a ampicilina), as tetraciclina e os macrolídeos (como a tilosina), devido ao seu uso difundido e ao potencial de indução de resistência antimicrobiana em humanos (CENITI et al., 2023). Estudos recentes demonstram

que a FTIR, especialmente no modo de reflexão total atenuada (ATR), é capaz de identificar padrões espectrais associados à presença desses fármacos, mesmo em concentrações próximas aos limites máximos de resíduos estabelecidos por órgãos reguladores. Os espectros característicos desses compostos geralmente apresentam bandas específicas associadas a grupos funcionais, como carbonilas (C=O) e aminas (N–H), o que facilita sua identificação (CASARRUBIAS-TORRES et al., 2018; FREITAS et al., 2021).

Comparativamente, os métodos tradicionais, como a cromatografia líquida de alta eficiência e os testes microbiológicos de inibição, oferecem elevada sensibilidade e especificidade, mas são demorados e exigem reagentes e um preparo laboratorial complexo. A FTIR, por outro lado, permite uma triagem inicial rápida e tem potencial para ser utilizada *in loco* como ferramenta de monitoramento contínuo (SAJI et al., 2024; CENITI et al., 2023).

Identificação de sanitizantes e contaminantes químicos

Durante a higienização dos equipamentos da indústria de laticínios, compostos como hipoclorito de sódio, peróxidos e soluções de limpeza CIP (*Cleaning in Place*) podem permanecer no leite como resíduos, caso os enxágues não sejam eficientes. A ingestão desses contaminantes pode modificar as características sensoriais e funcionais do leite e de seus derivados, além de representarem um risco à saúde humana (KEMMERLING et al., 2025).

A espectroscopia FTIR tem sido eficaz na identificação desses resíduos por meio de bandas de absorção específicas para grupos cloro-oxigenados, peróxidos e compostos oxidantes. Esses contaminantes podem alterar o perfil espectral do leite e sua detecção é fundamental para garantir a integridade do produto (CHOWDHURY et al., 2023).

Detecção de adulterações fraudulentas

A adulteração do leite é uma prática fraudulenta que tem por objetivo aumentar o volume ou mascarar a baixa qualidade do produto. Entre as formas mais comuns de adulteração estão a adição de água, sacarose, ureia, peróxidos e neutralizantes alcalinos. Esses aditivos alteram a composição química do leite, podendo comprometer sua segurança, qualidade e valor nutricional (DA COSTA FILHO et al., 2022).

A FTIR tem se destacado como uma ferramenta sensível e não destrutiva para a detecção de adulterações no leite, pois é capaz de identificar alterações específicas nas bandas de absorção associadas aos principais constituintes químicos da matriz láctea. Cada adulterante introduz modificações mensuráveis no espectro infravermelho, o que permite sua identificação e quantificação. A adição de água, por exemplo, dilui as bandas de proteínas (amida I, $\sim 1650\text{ cm}^{-1}$) e lipídios ($\sim 1740\text{ cm}^{-1}$), além de intensificar a região de absorção da água ($3200\text{--}3600\text{ cm}^{-1}$). A sacarose exibe bandas distintas entre 1000 e 1200 cm^{-1} , atribuídas às vibrações C–O e C–C dos açúcares. A ureia apresenta sinais

entre 1.500 e 1.700 cm^{-1} , relacionados às ligações C=O e N–H. Já os peróxidos afetam principalmente a região de 850 a 950 cm^{-1} , correspondente ao estiramento O–O de grupos oxigenados. Assim, a FTIR não apenas permite a detecção da presença de adulterantes, como também possibilita a compreensão dos mecanismos químicos envolvidos nas alterações da composição do leite (SAJI et al., 2024; DA COSTA FILHO et al., 2022). A capacidade da espectroscopia FTIR de identificar essas alterações de maneira rápida e sem o uso de reagentes químicos permite o desenvolvimento de modelos de triagem para verificar a autenticidade e a integridade do leite, contribuindo significativamente para a prevenção de fraudes ao longo da cadeia produtiva.

Contribuições da FTIR para a Rastreabilidade Láctea

A rastreabilidade na cadeia produtiva do leite é essencial para garantir a qualidade e segurança alimentar. Ao assegurar a autenticidade do produto e atender às normas regulatórias e de mercado, o produto lácteo ganha credibilidade e valorização. Nesse contexto, a espectroscopia FTIR tem se destacado como uma ferramenta promissora para determinar a origem e o histórico produtivo do leite por meio das características físico-químicas detectadas em espectro infravermelho.

Rastreabilidade geográfica e zootécnica

Estudos têm mostrado a capacidade da FTIR ao diferenciar amostras de leite de acordo com a região geográfica de produção, refletindo fatores como clima, solo e vegetação, que influenciam sua composição nutricional. A FTIR também permite distinguir entre diferentes sistemas zootécnicos, como a alimentação à base de pasto e concentrados, e entre modos de produção convencionais e orgânicos, por meio da identificação de variações nos perfis lipídicos e/ou proteicos (KARAMAN et al., 2021).

A utilização conjunta da FTIR com técnicas de análise multivariada, como PCA e PLS, têm apresentado alto potencial discriminatório, contribuindo para a certificação de origem, a valorização de produtos com indicação geográfica e o combate a fraudes de rotulagem (SPINA et al., 2022). Além disso, a FTIR possibilita a caracterização de atributos associados ao bem-estar animal e às práticas sustentáveis de produção, promovendo transparência na cadeia láctea e fortalecendo a confiança do consumidor.

Rastreabilidade tecnológica

A rastreabilidade tecnológica consiste na capacidade de monitorar e documentar continuamente as etapas do processamento industrial do leite, garantindo a integridade do produto final e sua conformidade com os padrões de qualidade e segurança. Nesse contexto, a espectroscopia FTIR tem se destacado como uma ferramenta eficaz, especialmente

quando empregada em sistemas de monitoramento em tempo real, seja *inline* (instalada diretamente na linha de produção) ou *online* (com coleta e análise imediata de amostras) (CHERNIIENKO et al., 2024).

A técnica FTIR permite a detecção de parâmetros críticos como a composição química de lácteos durante processos tecnológicos na indústria. Por exemplo, em leites fermentados, a técnica pode monitorar a conversão da lactose em ácido lático por meio da redução de intensidade de bandas características da lactose ($\sim 1040\text{ cm}^{-1}$) e o aumento de sinais relacionados aos grupos carboxílicos. Além disso, a FTIR garante suporte ao controle de qualidade ao detectar modificações indesejadas causadas por desvios de processo, como contaminações, degradação de componentes sensíveis, entre outros (SAJI et al., 2024). O potencial da espectroscopia FTIR é especialmente relevante quando se pensa em indústria 4.0, onde a integração de sensores analíticos inteligentes visa otimizar a produção, reduzir perdas e garantir rastreabilidade automatizada e a tomada de decisões em tempo real.

Assim, a utilização da FTIR como parte de sistemas de rastreabilidade tecnológica fortalece o controle da cadeia produtiva do leite, promovendo maior eficiência operacional, redução de riscos e garantia da qualidade final.

Vantagens e Limitações da FTIR na Cadeia do Leite

A aplicação da FTIR na cadeia produtiva do leite proporciona diversas vantagens estratégicas, porém também impõe limitações que devem ser consideradas, principalmente no que se refere à validação e à padronização de sua aplicação em larga escala.

Vantagens

A espectroscopia FTIR se destaca por sua rapidez, precisão e caráter não destrutivo, sendo altamente adequada para aplicações em rotina industrial e monitoramento em tempo real. Com um preparo mínimo das amostras, ela reduz significativamente o uso de reagentes e o tempo de análise, fornecendo resultados em segundos. Essa agilidade permite sua integração eficiente a sistemas de controle de processo *in situ* e *online*. A partir de um único espectro, a técnica permite a identificação simultânea da composição química e de possíveis adulterações ou contaminações no leite e em seus derivados (CENITI et al., 2023).

Ela é compatível com o uso da quimiometria, que possibilita o desenvolvimento de modelos robustos de predição e classificação baseados em grandes volumes de dados espectrais, aumentando significativamente sua sensibilidade e especificidade na detecção de padrões e desvios no leite e seus derivados (SAJI et al., 2024). A incorporação de ferramentas de inteligência artificial potencializa ainda mais esse processo ao permitir a identificação automática de tendências complexas e a adaptação contínua dos modelos

preditivos. Com isso, são promovidas análises mais rápidas, precisas e escaláveis em ambientes industriais e laboratoriais (ALTEMIMI et al., 2025).

Limitações

Algumas limitações da espectroscopia precisam ser reconhecidas, como a sobreposição de bandas espectrais em matrizes complexas, como a do leite, que pode dificultar a identificação direta de compostos específicos. Esses casos exigem um tratamento de dados com softwares avançados, além de bibliotecas espectrais estruturadas para a aplicação (SAJI et al., 2024). Além disso, a sensibilidade da FTIR pode ser inferior à dos métodos cromatográficos na detecção de contaminantes em níveis traços, como os antibióticos, sendo necessária uma calibração rigorosa ou a associação com técnicas complementares. Ainda, a variação natural na composição da matriz do leite (por exemplo, entre estações, raças e dietas) pode afetar a robustez dos modelos, exigindo validação contínua das curvas de calibração (CENITI et al., 2023).

Outro desafio envolve o conhecimento técnico necessário para a operação e a interpretação dos resultados, principalmente ao envolver análise quimiométrica multivariada, o que pode limitar sua adoção em pequenas unidades produtoras. Contudo, apesar dessas limitações, a FTIR continua sendo uma ferramenta promissora e estratégica para garantir a segurança e a qualidade da cadeia do leite, principalmente quando associada a protocolos padronizados, treinamento técnico e integração com outras ferramentas analíticas (ALTEMIMI et al., 2025; SAJI et al., 2024).

Sustentabilidade e Inovação tecnológica com o uso da FTIR

A FTIR é considerada uma ferramenta estratégica ao promover a sustentabilidade e impulsionar a inovação tecnológica na cadeia do leite. Sua aplicação reduz significativamente a necessidade de reagentes químicos e solventes, que são tradicionalmente utilizados em métodos analíticos convencionais, como a cromatografia. Essa característica contribui diretamente para a minimização do impacto ambiental e geração de resíduos laboratoriais, alinhando-se aos princípios da química verde e às exigências contemporâneas de responsabilidade ambiental. Além disso, a rapidez das análises por FTIR e a possibilidade de realizar medições diretas em amostras com mínima ou nenhuma preparação proporcionam economia de tempo e energia, otimizando rotinas laboratoriais e industriais. Essa eficiência operacional, associada à alta reprodutibilidade dos resultados, favorece o uso da técnica em ambientes industriais que demandam análises em tempo real (CHERNIIENKO et al., 2024; AGIOMAVRITI et al., 2024).

O avanço na miniaturização de dispositivos FTIR e sua integração com tecnologias digitais ampliam seu potencial de aplicação. Dispositivos robustos e portáteis podem ser utilizados em laboratórios móveis e linhas de produção inteligentes. Os espectros FTIR

podem ser conectados a sistemas com inteligência artificial, possibilitando a interpretação automatizada de espectros e facilitando a tomada de decisões em tempo real. Além disso, o uso de tecnologias para o registro seguro e imutável dos dados espectrais melhora a rastreabilidade ao longo da cadeia produtiva, fortalecendo a transparência e a confiança do consumidor e impulsionando a inovação nos sistemas de controle de qualidade e de segurança alimentar (AGIOMAVRITI et al., 2024; CHERNIENKO et al., 2024).

Desafios e Perspectivas futuras

Apesar dos avanços da espectroscopia FTIR, sua ampla adoção na cadeia do leite ainda enfrenta obstáculos ligados principalmente à falta de infraestrutura, capacitação e recursos. Dessa forma, a oportunidade de ampliação de acesso a esta tecnologia depende de políticas públicas, de equipamentos mais acessíveis e de treinamentos específicos.

Além dos entraves econômicos, a padronização de modelos quimiométricos também representa um desafio. É essencial construir bases de dados robustas e representativas, considerando diferentes regiões, raças e tipos de processamento. Tudo isso para assegurar a reprodutibilidade e a confiabilidade dos resultados alcançados. Um ponto a ser destacado é a baixa quantidade de validações interlaboratoriais, o que compromete a comparabilidade entre estudos, dificultando a consolidação da FTIR como ferramenta de rotina na indústria e na regulação. A articulação entre centros de pesquisa, órgãos públicos e o setor produtivo é crucial para harmonizar protocolos e validar metodologias.

Do ponto de vista tecnológico, a FTIR tem um grande potencial de detectar adulterantes, contaminantes, antibióticos e sanitizantes. A FTIR também se destaca em sistemas de certificação e rastreabilidade, como no caso dos leites orgânicos, leite tipo A2, leite livre de antibióticos ou com indicação geográfica. A identificação de assinaturas espectrais específicas permite análises preditivas mais amplas, especialmente com o apoio de algoritmos avançados (SPINA et al., 2022; KARAMAN et al., 2021). A integração da FTIR com outras tecnologias, como a técnica de Raman, a dos biossensores e a da microfluídica, favorece o desenvolvimento de plataformas multianalíticas mais sensíveis, seletivas e operacionais em tempo real, tanto no laboratório quanto na linha de produção. A geração de dados objetivos em tempo real fortalece a transparência e amplia a confiança do consumidor. Dessa maneira, a técnica contribui para uma indústria mais moderna, segura e alinhada à demanda por alimentos sustentáveis e rastreáveis.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A espectroscopia FTIR é uma ferramenta estratégica para a indústria de lácteos diante das demandas por segurança alimentar, rastreabilidade e sustentabilidade. Trata-se de uma técnica analítica rápida, não destrutiva e confiável, capaz de fornecer informações precisas sobre compostos químicos de interesse, contribuindo para o controle de qualidade

e para o cumprimento das exigências regulatórias.

Sua integração com modelos quimiométricos e sistemas de monitoramento em tempo real amplia sua aplicação nas linhas de produção, contribuindo para decisões mais ágeis e embasadas. No que se refere à rastreabilidade, a técnica possibilita verificar a autenticidade e a conformidade dos produtos, aumentando a transparência e agregando valor à cadeia produtiva.

Do ponto de vista ambiental, a FTIR reduz o uso de reagentes e a geração de resíduos, alinhando-se às práticas sustentáveis e à eficiência dos processos. Apesar dos desafios, como a padronização de métodos e o acesso à tecnologia, a espectroscopia FTIR se projeta como uma aliada essencial para um setor lácteo mais moderno, seguro e responsável.

REFERÊNCIAS

AGIOMAVRITI, A. A. et al. **Spectroscopy-Based Methods and Supervised Machine Learning Applications for Milk Chemical Analysis in Dairy Ruminants**. Chemosensors, v. 12, n. 12, p. 263, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/chemosensors12120263>

ALTEMIMI, A. B. et al. **AI-powered advancements in food analysis and safety: ensuring quality, protection, and precision in modern food systems: a review**. eFood, v. 6, n. 4, e70076, 2025. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/efd2.70076>.

CASARRUBIAS-TORRES, L. M. et al. **Mid-infrared spectroscopy and multivariate analysis for determination of tetracycline residues in cow's milk**. Acta Veterinaria Brno, v. 87, n. 2, p. 181–188, 2018. Disponível em: https://actavet.vfu.cz/media/pdf/acta-vet_2018087020181.pdf.

CENITI, C. et al. **Recent advances in the determination of milk adulterants and contaminants by mid infrared spectroscopy**. Foods, v. 12, n. 15, art. 2917, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/foods12152917>.

CHERNIIENKO, A. et al. **IR-EcoSpectra: Exploring sustainable ex situ and in situ FTIR applications for green chemical and pharmaceutical analysis**. Journal of Pharmaceutical Analysis, v. 14, n. 9, p. 100951, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jpha.2024.02.005>.

CHOWDHURY, A. R. et al. **Detection of toxic contaminants in alcohol-based hand sanitizers using infrared spectroscopy**. Applied Spectroscopy Practica, v. 1, n. 2, p. 27551857231204630, 2023. Disponível em: <https://journals.sagepub.com/doi/full/10.1177/27551857231204630>.

DA COSTA FILHO, P. A. et al. **Mid-infrared spectroscopy: screening method for analysis of food adulterants in reconstituted skimmed milk powder**. Food Control, v. 136, 108884, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2022.108884>.

FREITAS, A. G. M. de et al. **Infrared spectroscopy combined with random forest to determine tylosin residues in powdered milk.** Food Chemistry, v. 365, p. 130477, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.130477>.

KARAMAN, A. D. et al. **Determination of the compositional differences in organic and conventional milk using FTIR spectroscopy.** Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology, v. 9, n. 3, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.24925/turjaf.v9i3.452-459.3365>

KEMMERLING, L. et al. **The most effective strategy for verifying the absence of sanitizer contamination in milk depends on the sanitizer type used in fluid milk processing facilities.** Journal of Dairy Science, 2025. Disponível em: <https://doi.org/10.3168/jds.2025-26394>.

MÉNARD, H. et al. **Fraude alimentar no Brasil: panorama e impactos para leite e derivados dos último 25 anos.** Observatório de la Economía Latinoamericana, v. 22, n. 8, e6280, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.55905/oelv22n8-119>.

SAJI, R. et al. **Application of FTIR spectroscopy in dairy products: a systematic review.** Food and Humanity, v. 2, 100239, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.foohum.2024.100239>.

SPINA, A. A. et al. **Mid-infrared (MIR) spectroscopy for the detection of cow's milk in buffalo milk.** Journal of Animal Science and Technology, v. 64, n. 3, p. 531, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.5187/jast.2022.e22>.

***Escherichia coli* PRODUTORA DE TOXINA SHIGA EM ALIMENTOS: UMA REVISÃO INTEGRATIVA**

Paloma do Carmo de Brito¹;

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Triângulo Mineiro (IFTM) *campus* Uberaba, MG.

<http://lattes.cnpq.br/0335499025423773>

Elaine Alves dos Santos²;

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Triângulo Mineiro (IFTM) *campus* Uberlândia, MG.

<http://lattes.cnpq.br/7870619050486209>

Otávio Augusto Martins³;

Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (UNESP) – *campus Botucatu*, SP.

<http://lattes.cnpq.br/7339679220069654>

Fernanda Raghianti⁴.

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Triângulo Mineiro (IFTM) *campus* Uberlândia, MG.

<http://lattes.cnpq.br/1258710253836494>

RESUMO: As doenças transmitidas por alimentos e água contaminados por micro-organismos patogênicos constituem um problema de saúde pública global. Entre os agentes de maior relevância está a *Escherichia coli* produtora de toxina Shiga (STEC), capaz de causar não apenas sintomas gastrointestinais, mas também complicações sistêmicas graves, como distúrbios hemolíticos e disfunção renal. Esta revisão integrativa teve como objetivo reunir e analisar informações atualizadas sobre a STEC e os riscos associados à sua presença em alimentos. Para tanto, foram consultadas publicações científicas das bases SciELO, CAPES, PubMed e MEDLINE, legislações aplicáveis e outras fontes em Ciências e Tecnologia de Alimentos. Foram selecionados artigos dos últimos cinco anos que abordassem a ocorrência, detecção e controle da STEC na indústria alimentícia, utilizando os descritores *E. coli*, STEC, indústria de alimentos e qualidade microbiológica. Os achados indicam que a presença de STEC em alimentos representa uma ameaça significativa à saúde pública, destacando a necessidade de fortalecer a vigilância, o diagnóstico e o monitoramento microbiológico em toda a cadeia produtiva, especialmente em produtos de origem animal. Além disso, a aplicação de Boas Práticas de Fabricação, o cumprimento

das normas sanitárias e a educação continuada de manipuladores e consumidores são essenciais para reduzir riscos e prevenir surtos.

PALAVRAS-CHAVE: STEC. Produtos alimentícios. Contaminação.

***Escherichia coli* PRODUCING SHIGA TOXIN IN FOOD: AN INTEGRATIVE REVIEW**

ABSTRACT: Diseases transmitted by food and water contaminated with pathogenic microorganisms are a global public health problem. Among the most relevant agents is Shiga toxin-producing *Escherichia coli* (STEC), capable of causing not only gastrointestinal symptoms but also serious systemic complications, such as hemolytic disorders and renal dysfunction. This integrative review aimed to gather and analyze updated information on STEC and the risks associated with its presence in food. To this end, scientific publications from the SciELO, CAPES, PubMed, and MEDLINE databases, applicable legislation, and other sources in Food Science and Technology were consulted. Articles from the last five years that addressed the occurrence, detection, and control of STEC in the food industry were selected using the descriptors *E. coli*, STEC, food industry, and microbiological quality. The findings indicate that the presence of STEC in food poses a significant threat to public health, highlighting the need to strengthen surveillance, diagnosis, and microbiological monitoring throughout the production chain, especially in products of animal origin. In addition, the application of Good Manufacturing Practices, compliance with health standards, and continuing education for handlers and consumers are essential to reduce risks and prevent outbreaks.

KEY-WORDS: STEC. Food products. Contamination.

INTRODUÇÃO

As doenças infecciosas continuam sendo um dos maiores desafios para a saúde pública global, responsáveis por elevadas taxas de morbidade e mortalidade, especialmente em países em desenvolvimento. Entre os agentes bacterianos de maior impacto epidemiológico destacam-se *Salmonella* spp. e *Escherichia coli*, microrganismos frequentemente associados a surtos de Doenças de Transmissão Hídrica e Alimentar (DTHA). A principal via de transmissão dessas bactérias ocorre pelo consumo de alimentos contaminados, em especial produtos de origem animal, como carnes, ovos e laticínios, além da água não potável, configurando um importante problema para a segurança alimentar (CDC, 2024).

E. coli apresenta ampla diversidade de patótipos, que variam em sua patogenicidade e manifestações clínicas, podendo causar desde quadros de diarreia autolimitada até complicações graves, como a Síndrome Hemolítico-Urêmica (SHU). Além disso, determinadas

cepas podem estar associadas a infecções extraintestinais, incluindo infecções do trato urinário, pneumonias e problemas respiratórios, representando um risco adicional para populações vulneráveis (CDC, 2024). Pertencente à família *Enterobacteriaceae*, essa espécie apresenta ampla distribuição na natureza, sendo predominante no trato intestinal de humanos e animais. Enquanto as cepas comensais de *E. coli* integram a microbiota intestinal e não apresentam caráter patogênico, existem oito categorias de *E. coli* diarreigênicas capazes de causar infecções intestinais, devido à presença de fatores de virulência como adesinas, toxinas e invasinas. Essas categorias incluem: enteropatogênica (EPEC), enterotoxigênica (ETEC), enteroinvasiva (EIEC), produtora de toxina Shiga (STEC), enteroagregativa (EAEC), difusamente aderente (DAEC), aderente-invasiva (AIEC) e enteroagregativa produtora de toxina Shiga (STEAEC) (Silva *et al.*, 2024).

Escherichia coli é uma bactéria mesófila que se multiplica em temperaturas variando de 7 °C a 45 °C, com crescimento ideal entre 35 °C e 42 °C, e tolera uma faixa de pH de 4 a 10. Logo após o nascimento, micro-organismos comensais como *E. coli* podem colonizar o trato intestinal de animais de sangue quente, permanecendo ao longo de toda a vida (Sy; Tree, 2021). As cepas patogênicas apresentam elevada capacidade de adaptação a diferentes hospedeiros, devido à sua plasticidade genética, que permite a expressão diversificada de moléculas de virulência (Sheikh, 2023). Na Europa, *E. coli* patogênica é responsável pela terceira infecção bacteriana mais comum em surtos alimentares, com 7.775 casos confirmados por análises laboratoriais e uma taxa de letalidade de 0,21% (EFSA, 2021).

Escherichia coli produtora de toxina Shiga (STEC) é reconhecida como um agente relevante na ocorrência de surtos de Doenças de Transmissão Hídrica e Alimentar (DTHA), sendo associada a quadros clínicos que variam desde diarreia sanguinolenta e colite hemorrágica (CH) até manifestações mais graves, como a síndrome hemolítica urêmica (Zotta *et al.*, 2019). Infecções por STEC têm sido relatadas em diversos países da América do Sul, incluindo uma endemia na Argentina (Castro *et al.*, 2019). A toxina Shiga é composta por duas subunidades: A, responsável pela clivagem, e B, responsável pela ligação às células-alvo, classificando-se em dois tipos principais, Stx1 e Stx2, com suas respectivas variantes (Stx1: a, c, d, e; Stx2: a a I). As cepas associadas à Stx2 apresentam maior potencial de virulência e estão frequentemente ligadas a casos mais graves de infecção (Koutsoumanis *et al.*, 2020).

OBJETIVO

O presente estudo teve como objetivo reunir e analisar informações atualizadas acerca da *Escherichia coli* produtora de toxina Shiga (STEC), bem como os riscos associados à sua presença em alimentos.

METODOLOGIA

Trata-se de uma pesquisa bibliográfica quantitativa exploratória aplicada. Para a elaboração desta revisão bibliográfica, foram consultadas publicações científicas disponíveis nas bases de dados SciELO, CAPES, PubMed, MEDLINE, além de outras fontes relevantes em diferentes áreas em Ciências e Tecnologia de Alimentos, incluindo as legislações vigentes aplicáveis. Foram selecionados artigos publicados nos últimos cinco anos que abordassem *Escherichia coli* produtora de toxina Shiga (STEC) em contextos relacionados à indústria de alimentos. Para guiar a busca e garantir a relevância das informações, utilizaram-se os termos: *E. coli*, STEC, indústria de alimentos, contaminantes alimentares, qualidade microbiológica. Os artigos selecionados atenderam a critérios de inclusão previamente definidos, contemplando estudos que abordassem desde a descrição, presença e detecção de STEC em alimentos até práticas de controle e prevenção na cadeia produtiva. A análise crítica e a síntese dos dados extraídos dessas publicações permitiram consolidar o conhecimento existente sobre a temática, fornecendo subsídios técnicos e científicos que contribuem para a compreensão dos riscos, estratégias de mitigação e boas práticas na indústria alimentícia.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

E. coli STEC

As cepas de *E. coli* STEC, também conhecidas como verocitotóxicas (VTEC) ou enterohemorrágicas (EHEC), apresentam alta patogenicidade, podendo alterar proteínas e provocar lesões nos hospedeiros. Esses microrganismos causam doenças graves em humanos, como diarreia sanguinolenta e síndrome hemolítico-urêmica, com maior risco para crianças e idosos. A maioria dos surtos está associada ao consumo de produtos cárneos crus ou malcozidos, sendo a contaminação frequentemente relacionada a falhas no processo de abate, especialmente durante esfolagem, evisceração e oclusão do reto (WHO, 2022).

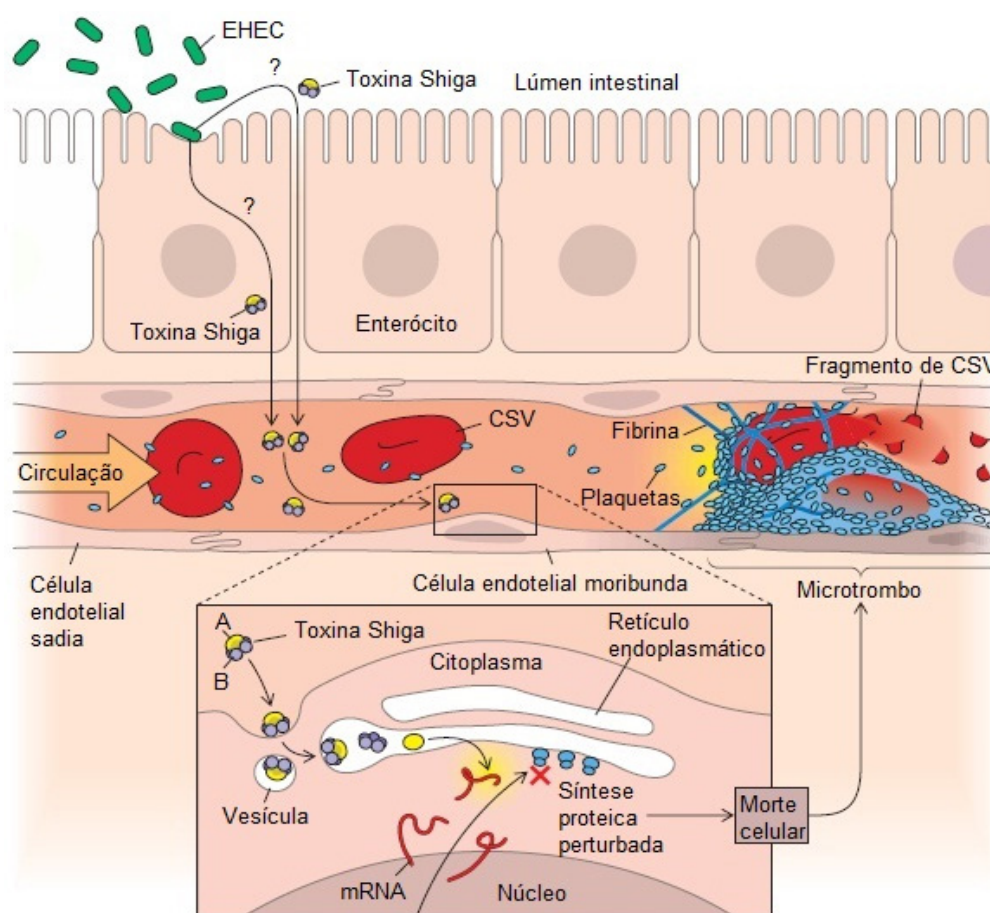
Escherichia coli STEC possui a capacidade de produzir diferentes tipos de toxina Shiga, classificadas como Stx1 e Stx2. Essas toxinas atuam diretamente sobre as células endoteliais, aumentando o risco de trombose e causando danos a diversos órgãos, com destaque para os rins. Como consequência, podem surgir quadros clínicos como Colite Hemorrágica (CH), que, em evolução, pode levar à Síndrome Hemolítica Urêmica (SHU), resultando em falência renal, e à Púrpura Trombocitopênica (PTT). Além disso, as toxinas Shiga interferem na regulação do sistema complemento, potencializando a resposta inflamatória e contribuindo para a gravidade das manifestações clínicas (Nieto-Rios *et al.*, 2020).

A toxinfecção por STEC geralmente manifesta-se como diarreia sanguinolenta, que na maioria dos casos evolui sem complicações a longo prazo. No entanto, em pacientes que

desenvolvem Síndrome Hemolítica Urêmica (SHU), o prognóstico torna-se grave devido aos danos significativos às funções renais. A SHU caracteriza-se como uma condição de alta morbidade multissistêmica e apresenta mortalidade considerável, exigindo atenção clínica imediata para manejo e prevenção de complicações (Fatima; Aziz, 2023).

A ingestão de alimentos contaminados por STEC resulta na colonização do epitélio do cólon pela bactéria. Após a colonização, as toxinas Shiga são liberadas na circulação, causando danos ao sistema vascular da mucosa intestinal e desencadeando a colite hemorrágica (Liu *et al.*, 2022). De forma sistêmica, a toxina se liga a granulócitos e plaquetas, alcançando os rins e outros órgãos suscetíveis, conforme ilustrado na Figura 1.

Figura 1. Mecanismo de ação da toxina Shiga.



Fonte: Forsythe (2013).

Fatores de Virulência

As cepas de *Escherichia coli* classificadas nos patotipos STEC, EHEC e ETEC apresentam mecanismos de patogênese intimamente relacionados às infecções humanas, embora sejam comumente detectadas também nas fezes de bovinos e de animais silvestres. Por outro lado, as cepas extraintestinais (*ExPEC*) têm sido descritas em diferentes hospedeiros, incluindo humanos, aves, bovinos e animais de companhia, sendo menos

frequentemente observadas em populações silvestres. Nesse contexto, tanto os patótipos entéricos quanto as cepas extraintestinais demonstram notável potencial zoonótico, reforçando sua relevância para a saúde pública e para a compreensão das interações entre humanos, animais domésticos e a fauna silvestre (Foster-Nyarko; Pallen, 2022).

As cepas comensais e patogênicas de *Escherichia coli* podem coexistir em um mesmo hospedeiro, refletindo processos adaptativos resultantes da evolução microbiana. Essa plasticidade está ligada à aquisição, perda ou modulação de fatores de virulência, que além de causarem doença, também favorecem a sobrevivência, resistência e colonização no ambiente intestinal. A emergência de cepas extraintestinais patogênicas (ExPEC) exemplifica esse fenômeno, pois derivam de populações comensais que, por meio de elementos genéticos móveis e pressões seletivas, adquiriram maior versatilidade adaptativa. Essa capacidade permite não apenas a sobrevivência no hospedeiro, mas também a persistência em ambientes externos, sustentada pela expressão de genes de virulência, resistência antimicrobiana e adaptação ambiental (Yu; Banting; Neumann, 2021).

Na infecção por *Escherichia coli* produtora de toxina Shiga (Stx1 e Stx2), observa-se a inibição da síntese proteica celular, resultando na destruição do endotélio vascular e na subsequente ativação de processos que culminam em distúrbios de coagulação intravascular disseminada e em lesões renais. Uma vez presentes na corrente sanguínea, essas toxinas atingem preferencialmente as vias renais, desencadeando alterações funcionais que podem evoluir para a síndrome hemolítico-urêmica (SHU). Essa síndrome representa a manifestação clínica mais grave associada à infecção por *E. coli*, caracterizando-se pela destruição de eritrócitos, disfunção renal decorrente do desequilíbrio homeostático e pela ocorrência de trombocitopenia (Kim; Lee; Kim, 2020).

Estudos têm evidenciado o aumento de toxinfecções alimentares causadas por *Escherichia coli* STEC, adquiridas principalmente por meio do consumo de alimentos contaminados ou em decorrência da ausência de saneamento básico (Araújo Júnior *et al.*, 2020; Antônio *et al.*, 2021). A gravidade da doença tem sido associada aos fatores de virulência da bactéria, que desempenham papel determinante na progressão clínica e na manifestação de quadros mais severos em indivíduos infectados. Esses fatores de virulência, intrínsecos às características do microrganismo, contribuem para a intensidade dos sintomas e para o desenvolvimento de complicações graves, como a síndrome hemolítico-urêmica (Fatima; Aziz, 2023).

Manifestações clínicas por STEC e tratamento

As infecções por *Escherichia coli* STEC geralmente iniciam-se com diarreia aquosa, que pode evoluir para diarreia sanguinolenta entre o terceiro e o quinto dia, acompanhada de dor abdominal, náuseas e vômitos. Em alguns casos, surgem complicações renais após a fase gastrointestinal, incluindo proteinúria, oligúria, hipertensão e até insuficiência renal aguda, que pode exigir terapia renal substitutiva. Além disso, podem ocorrer manifestações

extra-renais, como complicações cardiovasculares, pulmonares, gastrointestinais e pancreáticas (Amaral *et al.*, 2021; Boyer; Niaudet, 2022).

Os sintomas mais comuns aparecem entre o 3º e o 8º dia após a exposição, sendo a diarreia a principal manifestação, presente em até 60% dos casos na forma sanguinolenta. Outros sinais incluem fadiga, palidez, petéquias e equimoses, associados a distúrbios hematológicos. Complicações mais graves, como colite hemorrágica, necrose intestinal e síndrome hemolítico-urêmica (SHU), podem surgir, estando esta última relacionada também a manifestações neurológicas em até 20% dos casos, como convulsões e alterações de consciência. (Oliveira, 2021; Bernabeu; Escribano; Vilarino, 2020)

O tratamento da infecção por *E. coli* STEC é basicamente de suporte, com foco na reposição hídrica e no acompanhamento da função renal. O uso de antibióticos não é recomendado, pois pode intensificar a liberação da toxina Shiga e agravar o quadro clínico. Em casos de SHU, pode haver necessidade de suporte intensivo, como diálise e tratamento com anticonvulsivantes. O monitoramento constante dos parâmetros hematológicos, renais, neurológicos e cardiovasculares é essencial para reduzir complicações e melhorar o prognóstico (Araújo Júnior, 2020).

O manejo da infecção por *Escherichia coli* STEC é essencialmente de suporte, priorizando a reposição hídrica e o monitoramento da função renal. Antibióticos não são indicados devido ao risco de intensificação da liberação de toxinas Shiga. Pacientes com síndrome hemolítico-urêmica (SHU) podem necessitar de suporte intensivo, como diálise, anticonvulsivantes e, em casos específicos, inibidores da via do complemento. O acompanhamento constante de parâmetros hematológicos, renais, pressão arterial e sinais neurológicos é fundamental para detectar precocemente complicações e melhorar o prognóstico (Raina *et al.*, 2019; Kim; Lee; Kim, 2020; Brown *et al.*, 2021).

Epidemiologia

A epidemiologia da *Escherichia coli* representa um importante desafio de saúde pública, pois está associada a surtos de doenças transmitidas por alimentos e pode causar desde sintomas gastrointestinais leves até complicações graves, como insuficiência renal em crianças. No Brasil, a prevalência de *E. coli* STEC ainda não é bem estabelecida devido à subnotificação e à ausência de diagnóstico rotineiro nos serviços de saúde. Estudos apontam ocorrências esporádicas, geralmente relacionadas ao consumo de carne bovina malcozida, leite cru, derivados lácteos contaminados e água não tratada, sendo os bovinos os principais reservatórios, embora outros animais também possam atuar como fontes de infecção (Ministério da Saúde, 2021).

A transmissão ocorre, predominantemente, pela ingestão de alimentos contaminados, como carnes malcozidas e produtos lácteos não pasteurizados, além da água contaminada. A disseminação também pode ocorrer de pessoa a pessoa, especialmente em ambientes

de cuidados infantis com práticas de higiene deficientes. Apesar de surtos de *E. coli* STEC serem menos comuns no Brasil em comparação com outros países, eles já foram registrados em regiões de intensa atividade pecuária e de processamento de alimentos. A subnotificação de casos leves e a falta de vigilância ativa dificultam a estimativa da real incidência da doença, que pode variar de acordo com práticas regionais de criação e manipulação de alimentos (Ministério da Saúde, 2024).

No contexto nacional, a Instrução Normativa nº 60 estabelece a obrigatoriedade de pesquisas para detecção de *E. coli* STEC, mas a vigilância ainda é limitada. É necessário fortalecer a capacidade diagnóstica e adotar estratégias de monitoramento mais eficazes, principalmente em áreas de maior risco de contaminação. Medidas como o controle de qualidade na produção, a aplicação de Boas Práticas de Fabricação e a promoção da higiene alimentar são fundamentais para prevenir surtos e reduzir os riscos associados a essa bactéria na saúde pública (Brasil, 2018).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise da literatura evidencia que a presença de *Escherichia coli* produtora de toxina Shiga (STEC) em alimentos constitui uma ameaça significativa à saúde pública, em razão de seu elevado potencial de virulência e da gravidade dos quadros clínicos que pode desencadear. A revisão realizada demonstra a necessidade de ampliar os esforços de vigilância, diagnóstico e monitoramento microbiológico em toda a cadeia produtiva de alimentos, especialmente em produtos de origem animal, reconhecidamente mais suscetíveis à contaminação. Além disso, destaca-se a relevância da aplicação de Boas Práticas de Fabricação (BPF), do cumprimento das legislações sanitárias vigentes e da educação continuada de manipuladores e consumidores como medidas fundamentais para reduzir os riscos de surtos.

Conclui-se que, embora avanços científicos e tecnológicos tenham ampliado o conhecimento sobre a detecção e o controle de STEC, persistem desafios relacionados à prevenção, ao diagnóstico precoce e à mitigação de seus impactos. Dessa forma, estudos contínuos e a integração entre ciência, indústria e órgãos reguladores são essenciais para o fortalecimento da segurança alimentar e para a proteção da saúde da população frente às doenças de transmissão alimentar.

REFERÊNCIAS

- AMARAL, S. M. B. *et al.* Panorama dos surtos de doenças transmitidas por alimentos no Brasil no período de 2009 a 2019. **Revista Científica Multidisciplinar**, v. 2, n. 11, p. ze211935, 2021.
- ANTÔNIO, L. dos S. *et al.* Notificações de surtos de doenças veiculadas por alimentos no Estado de São Paulo, no período de 2011 a 2018. **Revista Brasileira de Higiene e Sani-**

dade Animal, v.15, n.2, p.1-17, 2021.

ARAÚJO JÚNIOR, G. M. *et al.* Condições de comercialização da carne bovina em mercados municipais e percepção de atores sociais sobre a qualidade. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 3, p. 15369–15386, 2020.

BERNABEU, A. I. A.; ESCRIBANO, T. C.; VILARINO, M. C. Atypical Hemolytic Uremic Syndrome: New Challenges in the Complement Blockage Era. **Nephron**, p. 537-549, 2020.

BOYER, O.; NIAUDET, P. Overview of hemolytic uremic syndrome in children. **Pediatric Clinics of North America**, v.69, n. 6, p. 1181-1197, 2022.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 60 de 20 de dezembro de 2018. Fica estabelecido o controle microbiológico em carcaça de suínos e em carcaça e carne de bovinos em abatedouros frigoríficos, registrados no Departamento de Inspeção de Produtos de Origem Animal (DIPOA), com objetivo de avaliar a higiene do processo e reduzir a prevalência de agentes patogênicos, na forma desta Instrução Normativa e dos seus Anexos. **Diário Oficial da União**, 24 de dezembro de 2018, seção 1, página 04, Brasília, DF. Disponível em: https://wikisda.agricultura.gov.br/dipoa_baselegal/in_60-2018_ecoli_e_salmonella_pncp_su%C3%ADnos_bovinos.pdf. Acesso em: 15 ago 2025.

BROWN, C. C. *et al.* Severe Acute Neurologic Involvement in Children With Hemolytic-Uremic Syndrome. **Pediatrics**, v. 147, n.3:e2020013631, 2021. DOI: <http://dx.doi.org/10.1542/PEDS.2020-013631>.

CASTRO, V.S. *et al.* Shiga-Toxin producing *Escherichia coli* in Brazil: a systematic review. **Microorganisms**, v.16, n.7, p.137, 2019.

CDC - CENTER FOR DISEASE CONTROL AND PREVENTION. **About *Escherichia coli* infection**, Atlanta, GA, 2024.

DENAMUR, E. *et al.* The population genetics of pathogenic *Escherichia coli*. **Nature Reviews Microbiology**, v. 19, p. 37–54, 2021.

EFSA. European Food Safety. The European Union One Health 2019 Zoonoses Report. **EFSA Journal**; v. 17, n. 12, p. 5926, 2021.

FATIMA R.; AZIZ, M. Enterohemorrhagic *Escherichia coli*. National Library of Medicine – National Center for Biotechnology Information. In: **StatPearls. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing**; 2023. PMID: 30137794. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK519509/> Acesso em: 09 de ago. 2025.

FORSYTHE, S. J. **Microbiologia da Segurança dos Alimentos**. São Paulo: Artmed, 2. ed. 2013. 620 p.

FOSTER-NYARKO, E.; PALLLEN, M. J. The microbial ecology of *Escherichia coli* in the vertebrate gut. **FEMS Microbiology**, v. 46, n. 3, 2022.

KIM, J. S.; LEE, M.; KIM, J.H. Recent updates on outbreaks of Shiga toxin-producing *Esch-*

erichia coli and its potential reservoirs. **Frontiers in Cellular and Infection Microbiology**, v. 10, n. 273, 2020.

KOUTSOUMANIS, K. *et al.* Pathogenicity assessment of Shiga toxin-producing *Escherichia coli* (STEC) and the public health risk posed by contamination of food with STEC. **EFSA Journal**, v. 18, n.1, p.5967, 2020.

LIU, Y. *et al.* Diagnosis and Treatment for Shiga Toxin-Producing *Escherichia coli* Associated Hemolytic Uremic Syndrome. **Toxins (Basel)**, v.15, n. 1, 2022.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. Secretaria de Vigilância em Saúde. Departamento de Imunizações e Doenças Transmissíveis. **Vigilância epidemiológica das doenças de transmissão hídrica e alimentar: manual de treinamento**. Secretaria de Vigilância em Saúde, Departamento de Imunização e Doenças Transmissíveis. – Brasília 2021. Disponível em: https://www.gov.br/saude/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/svsa/doencas-transmitidas-por-alimentos-dta/manual_dtha_2021_web.pdf/view. Acesso em: 28 set. 2024.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. Surtos de Doenças de Transmissão Hídrica e Alimentar no Brasil – Informe 2024. 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/view>. Acesso em: 04 dez. 2024.

NIETO-RIOS, J.F. *et al.* Síndrome hemolítico-urêmica causada por *Escherichia coli* produtora da toxina Shiga em paciente transplantado renal. **Revista Brasileira de Nefrologia**, v. 43, n. 4, pág. 591–596, 2020.

OLIVEIRA, F. S. Epidemiological analysis of the bacterial profile involved in Foodborne Diseases (DTA) in the Northeast region of Brazil for the year 2019. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 11, 2021.

RAINA, R. *et al.* Atypical Hemolytic-Uremic Syndrome: An Update on Pathophysiology, Diagnosis, and Treatment. **Therapeutic Apheresis and Dialysis**, v. 23, n. 1, p. 4-21, 2019.

SILVA, I.A. *et al.* Study of *Escherichia coli*, EPEC, ETEC AND STEC, in water offered in schools in a municipality with low human development index in Maranhão State, Brazil. **Revista Ambient & Água**, v. 19, 2024.

SOARES, V.M. *et al.* Identification of *Salmonella* spp., *Listeria monocytogenes*, and indicator microorganisms in commercialized raw meats and fresh sausages from Uruguaiana, Rio Grande do Sul, Brazil. **Ciência Rural**, v. 51, n. 6, 2021.

SHEIKH, A.; FLECKENSTEIN, J.M. Interactions of pathogenic *Escherichia coli* with CEA-CAMs. **Frontiers in Immunology**, v. 14, 2023.

SY, B.M.; TREE, J.J. Small RNA Regulation of Virulence in Pathogenic *Escherichia coli*. **Frontiers in Cellular and Infection Microbiology**, v. 27, n. 10, 2020.

WHO. World Health Organization. Control measures for Shiga toxin-producing *Escherichia coli* (STEC) associated with meat and dairy products – Meeting report. **Microbiological**

Risk Assessment Series, n. 39, 2022. Disponível em: <https://www.who.int/publications/item/9789240058576>. Acesso em: 08 jun. 2023.

YU, D.; BANTING, G.; NEUMANN, N. F. Review of the taxonomy, genetics, and biology of the genus *Escherichia* and the type species *Escherichia coli*. **Canadian Journal of Microbiology**, v. 7, n. 8, p.553-571, 2021

ZOTTA, C. M. *et al.* Infecciones por *Escherichia coli* productora de toxina Shiga O121:H19 en pacientes atendidos en Mar del Plata. *Acta bioquímica clínica latinoamericana*, v. 53, n. 2, p. 193-201, jun. 2019.

EFICÁCIA DA CAPACITAÇÃO EM BOAS PRÁTICAS DE FABRICAÇÃO COMO ESTRATÉGIA DE EDUCAÇÃO SANITÁRIA EM UMA UNIDADE DE ALIMENTAÇÃO E NUTRIÇÃO

Vladimir Eugenio de Souza¹;

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Triângulo Mineiro (IFTM) *campus* Uberlândia, MG.

<http://lattes.cnpq.br/0037831376525248>

Thiago Borges Naves Loreno²;

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Triângulo Mineiro (IFTM) *campus* Uberlândia, MG.

<http://lattes.cnpq.br/0871166115274191>

Bárbara Cardoso Pereira Barbosa³;

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Triângulo Mineiro (IFTM) *campus* Uberaba, MG.

<http://lattes.cnpq.br/7236971658792376>

Fernando Caixeta Lisboa⁴;

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Triângulo Mineiro (IFTM) *campus* Uberlândia, MG.

<http://lattes.cnpq.br/1957630007055237>

Otávio Augusto Martins⁵;

Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (UNESP) – *campus* Botucatu, SP.

<http://lattes.cnpq.br/7339679220069654>

Elaine Alves dos Santos⁶;

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Triângulo Mineiro (IFTM) *campus* Uberlândia, MG.

<http://lattes.cnpq.br/7870619050486209>

Fernanda Raghianti⁷.

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Triângulo Mineiro (IFTM) *campus* Uberlândia, MG.

<http://lattes.cnpq.br/1258710253836494>

RESUMO: O projeto teve como objetivo capacitar manipuladores de alimentos e gestores de uma Unidade de Alimentação e Nutrição Institucional, em Uberlândia-MG, em Boas Práticas de Fabricação (BPF) e avaliar a eficácia dessa capacitação como estratégia de educação sanitária. Foi ofertado um curso teórico-prático de 20 horas, realizado in loco com 25 participantes, abordando conteúdos previstos na legislação vigente. Inicialmente, aplicou-se um checklist para identificar não conformidades na Unidade de Alimentação e Nutrição (UAN) do batalhão, o qual serviu de base para a elaboração do curso. A efetividade da capacitação foi avaliada pela comparação entre o checklist inicial e o pós-curso, além da aplicação de questionários antes e após o treinamento para medir a aquisição de conhecimentos. Os resultados demonstraram aumento nos índices de acertos nos questionários e melhoria nos itens de conformidade após o curso, evidenciando que a capacitação contribuiu para a segurança dos alimentos produzidos. Assim, o treinamento mostrou-se uma estratégia eficaz para aplicação das BPF e uma importante ferramenta de conscientização dos manipuladores de alimentos sobre seu papel como agentes de promoção da saúde pública.

PALAVRAS-CHAVE: Práticas seguras. Manipulação de alimentos. Saúde pública.

EFFECTIVENESS OF TRAINING IN GOOD MANUFACTURING PRACTICES AS A HEALTH EDUCATION STRATEGY IN A FOOD AND NUTRITION UNIT

ABSTRACT: The project aimed to train food handlers and managers of an Institutional Food and Nutrition Unit in Uberlândia-MG in Good Manufacturing Practices (GMP) and to evaluate the effectiveness of this training as a health education strategy. A 20-hour theoretical-practical course was offered on site to 25 participants, covering content required by current legislation. Initially, a checklist was applied to identify non-conformities in the battalion's Food and Nutrition Unit (UAN), which served as the basis for the course design. The effectiveness of the training was evaluated by comparing the initial checklist with the post-course checklist, in addition to administering questionnaires before and after the training to measure knowledge acquisition. The results showed an increase in the number of correct answers on the questionnaires and an improvement in compliance items after the course, demonstrating that the training contributed to the safety of the food produced. Thus, the training proved to be an effective strategy for the application of GMP and an important tool for raising awareness.

KEY-WORDS: Safe practices. Food handling. Public health.

INTRODUÇÃO

A produção de alimentos em uma Unidade de Alimentação e Nutrição (UAN) exige cuidados higienicossanitários rigorosos para garantir a inocuidade e segurança dos alimentos

preparados. Para isso, é fundamental a implantação de ações preventivas que assegurem a qualidade higiênica das preparações, do ambiente e do pessoal envolvido. Além disso, devem ser adotadas medidas para garantir a qualidade sensorial dos alimentos, reduzir e controlar o desperdício e assegurar a adequação aos parâmetros estruturais e ambientais estabelecidos em legislações específicas. Essas ações são essenciais para proporcionar alimentos seguros e de qualidade aos consumidores (Soares *et al.*, 2018).

A qualidade sanitária dos alimentos é uma das condições essenciais para a promoção e manutenção da saúde e deve ser assegurada pela adoção de medidas preventivas, desde a origem até o consumo, evitando assim a ocorrência de Doenças de Transmissão Hídrica e Alimentar (DTHA). As DTHA são aquelas causadas pela ingestão de água e/ou alimentos contaminados. No mundo existem mais de 250 tipos de DTHA, podendo ser causadas por bactérias e suas toxinas, vírus, parasitas intestinais oportunistas ou substâncias químicas (Ministério da Saúde, 2022). A OMS considera as DTHA como uma importante preocupação de saúde pública global, devido aos significativos índices de morbidade e mortalidade, pois são responsáveis pelo adoecimento de uma a cada 10 pessoas e pela morte de 420 mil todos os anos (Ministério da Saúde, 2019). A contaminação bacteriana é a principal causa de DTHA, sendo frequentemente associada a microrganismos como *Campylobacter* spp., *Escherichia coli*, *Salmonella* spp., *Listeria monocytogenes*, *Bacillus cereus* e *Staphylococcus aureus* (Fröder *et al.*, 2021).

A implementação das Boas Práticas de Fabricação (BPF) frequentemente enfrenta desafios, principalmente devido à falta de conhecimento adequado de muitos profissionais responsáveis pela manipulação de alimentos. Muitos não estão suficientemente informados sobre os cuidados higienicossanitários necessários na produção nem sobre os riscos que alimentos contaminados podem representar para a saúde pública (Pagotto *et al.*, 2018). Diante disso, é crucial reforçar a importância das boas práticas de higiene e investir na capacitação contínua dos profissionais do setor alimentício. Isso inclui o fortalecimento de uma cultura organizacional que priorize a qualidade sanitária dos alimentos, minimizando os riscos de contaminação e assegurando alimentos mais seguros para os consumidores (CAIFS, 2023).

O treinamento é entendido como um processo no qual um grupo de pessoas é capacitado para desempenhar tarefas específicas relacionadas ao cargo que ocupam. Essa ação deve ser conduzida por pessoal qualificado e tem como objetivo melhorar as competências e incrementar as habilidades dos manipuladores de alimentos, relacionadas às atividades que serão executadas. O treinamento deve ser baseado em instruções específicas e ser realizado de forma sistemática, para garantir que o aprendizado seja compreendido de maneira eficaz. Contudo, as mudanças desejadas não são alcançadas apenas com o treinamento; é essencial avaliar se os objetivos da capacitação foram de fato atingidos (Borges *et al.*, 2020). Para isso, a aplicação de questionários, testes e atividades práticas avaliativas é fundamental para fortalecer a absorção do conhecimento e garantir que os profissionais estejam preparados para aplicar as boas práticas no seu cotidiano de

trabalho.

OBJETIVO

O objetivo desse trabalho foi capacitar manipuladores de alimentos e gestores de uma Unidade de Alimentação e Nutrição Institucional (UAN) em Boas Práticas de fabricação por meio de um curso teórico-prático, no intuito de promover a aquisição de conhecimentos por meio da educação sanitária.

METODOLOGIA

Descrição da UAN

O projeto envolve parceria com uma Unidade de Alimentação Nutricional (UAN) das forças armadas, bem estruturada, com áreas bem delimitadas e separadas fisicamente, como cozinha industrial, áreas específicas para recebimento de alimentos, manipulação de vegetais, açougue, preparação de sobremesas, descarte de resíduos e depósito de alimentos perecíveis e não perecíveis.

A instituição tem 4 áreas distintas para servir as refeições, todas com sistemas de pista fria e quente para garantir a conservação adequada dos alimentos. Em média, 900 pessoas são atendidas diariamente, com 4 refeições oferecidas: café da manhã, almoço, jantar e ceia.

Aplicação do checklist

Para a execução do projeto, foram previamente determinados os pontos críticos dentro das áreas de manipulação, recebimento e depósito para a garantia de alimentos seguros na instituição. Para esta etapa, foi aplicado o *checklist* do Regulamento de Segurança dos Alimentos das Forças Armadas constante na Portaria GM/MD nº 5.703, de 27 de novembro de 2023 (Brasil, 2023). Este documento é utilizado no Programa de Auditoria de Segurança Alimentar (PASA) e é denominado Liste de Verificação de Risco, no qual existem 100 itens (quesitos) a serem avaliados. O percentual de conformidades foi calculado utilizando-se a fórmula a seguir:

$$\% \text{ Conformidades} = \frac{A}{(A + NA)} \times 100$$

Onde:

A = Atende

NA = Não atende

Após a realização da inspeção e cálculo do percentual de conformidade, a UAN é classificada conforme categorias de desempenho, qualidade sanitária e nível de risco à saúde, conforme Quadro 1.

Quadro 1 - Categorias de Desempenho, Qualidade Sanitária e Nível de Risco à Saúde.

CATEGORIA	PORCENTAGEM DE CONFORMIDADE	QUALIDADE SANITÁRIA	CONDIÇÃO
A	Acima de 85%	Ótima	Não observadas falhas críticas, cumprimento da maioria dos itens classificatórios
B	63,0% a 84,9%	Boa	Observadas falhas críticas pontuais, que podem ser melhoradas, para não comprometer a qualidade dos alimentos.
C	41,0% a 62,9%	Aceitável	Observadas falhas críticas, que podem comprometer a qualidade dos alimentos e saúde dos comensais
D	Abaixo de 40,9%	Crítica	Observadas falhas críticas, dos comensais. Passível de interdição.

Fonte: Brasil, 2020.

Curso de capacitação

Feito este diagnóstico, foi, então, elaborado um treinamento teórico-prático sobre BPF de 20 horas aplicado a 25 participantes, entre gestores e manipuladores de alimentos. No curso foram realizadas atividades práticas, *in loco*, complementando a abordagem teórica, com a execução de dinâmicas de avaliação e fixação do conhecimento adquirido. O público-alvo participou ativamente, identificando as não-conformidades, apresentando soluções, implantando os conceitos aprendidos durante a capacitação.

O curso abordou os 4 temas propostos na RDC nº 216 de 2004 do Ministério da saúde (Brasil, 2004), que são: a. Higienização de instalações, equipamentos e móveis; b. Controle integrado de vetores e pragas urbanas; c. Higienização do reservatório de água; d. Higiene e saúde dos manipuladores. Além disso, foi abordado um conteúdo específico sobre conservação e higiene de produtos de origem animal e vegetal.

Para verificação da aquisição do conhecimento, foi elaborado um questionário com questões de conhecimentos básicos sobre BPF, disponível no quadro 2 (Apêndice 1). O questionário foi aplicado antes e após a capacitação, sem a identificação dos sujeitos, e contou com 12 questões/assuntos distintos. A média percentual de acertos por questão foi comparada, antes e após o curso. E também, foi comparada a média percentual de acertos por áreas distintas no questionário: higiene; controle ambiental; manipulação; conservação de alimentos.

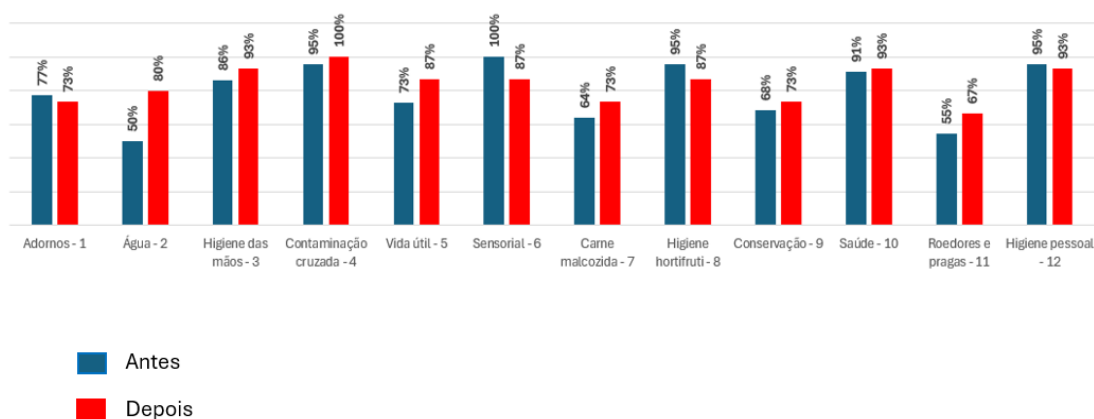
Ao final, foi aplicado o Net Promoter Score (NPS) como forma de verificação do índice de satisfação do público-alvo em relação à capacitação ofertada.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados da aplicação do checklist do PASA (Brasil, 2023) antes e após a capacitação demonstraram uma melhoria na classificação da UAN. Antes da capacitação, a qualidade sanitária foi classificada como aceitável, apresentando porcentagem de conformidade em 60,7 %. Após a aplicação da capacitação, esse índice subiu para 77,3 %, elevando a classificação em relação à qualidade sanitária para boa.

Em relação à aquisição do conhecimento, pela aplicação do questionário, os resultados por temas distintos estão descritos na Figura 1. Nele foi possível observar que houve melhoria do percentual de acertos na maioria dos temas abordados, exceto nos referentes a uso de adornos, sensorial e higiene de hortifruti. Ao apresentar estes resultados aos participantes, observou-se que ainda houve dúvidas acerca dos temas, que novamente foram reforçados e dúvidas foram esclarecidas.

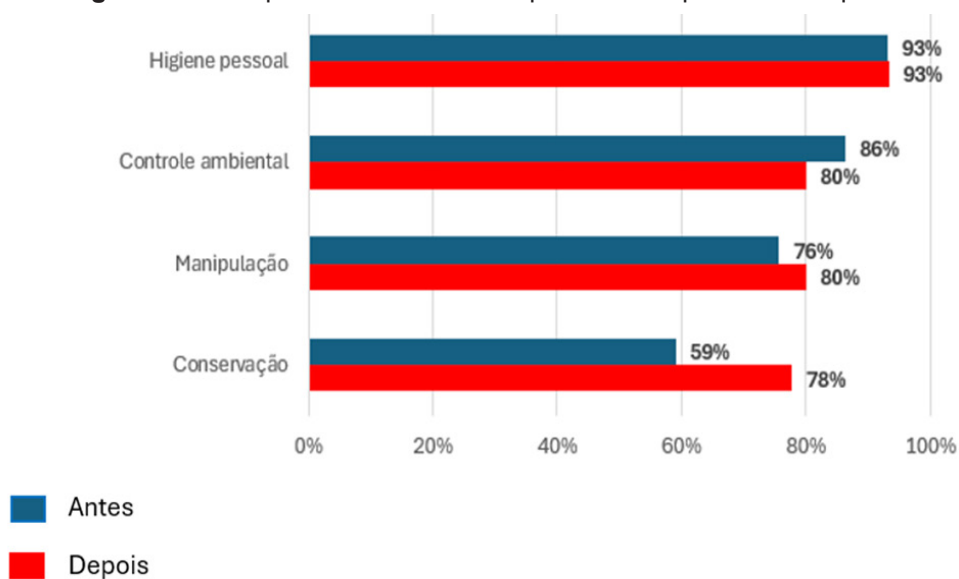
Figura 1. Média percentual de acertos por questão/assunto aplicada no questionário para avaliação da aquisição do conhecimento na capacitação.



Fonte: próprio autor.

Em relação aos temas abordados no questionário, os resultados estão apresentados na Figura 2.

Figura 2. Média percentual de acertos por área no questionário aplicado.



Fonte: próprio autor

A melhoria na aquisição do conhecimento sobre os cuidados de higiene na manipulação dos alimentos e também na sua conservação foi evidente e reforça os conceitos trabalhados na atividade teórico-prática. Como no caso citado anteriormente, no quesito controle ambiental ficaram algumas dúvidas que foram sanadas ao final da apresentação destes resultados. De forma global, em relação à higiene pessoal, observou-se uma constância no percentual de acertos.

No que se refere ao Net Promoter Score (NPS), o curso obteve classificação excelente, alcançando um índice de satisfação de 98 %, o que demonstra elevado nível de aceitação e reconhecimento por parte dos participantes. Esse resultado evidencia não apenas a relevância do conteúdo abordado, mas também a eficácia das estratégias pedagógicas utilizadas, refletindo na percepção de valor agregado ao processo de capacitação. Além disso, um NPS tão expressivo sugere forte potencial de recomendação do curso, consolidando sua importância como ferramenta de transformação no âmbito da formação profissional e na promoção da segurança dos alimentos.

Lima (2016), ao analisar 17 auditorias de segurança de alimentos realizadas entre 2005 e 2014 em guarnições das forças armadas localizadas em Salvador (BA), Boa Vista (RR) e Porto Príncipe (Haiti), verificou que mais de 80 % das UAN avaliadas apresentaram não conformidades em relação às metas do PASA, principalmente nos quesitos de higiene pessoal e preparo/manipulação dos alimentos. O autor afirma que esses resultados evidenciam fragilidades estruturais e procedimentais, ressaltando a necessidade de estratégias mais robustas de capacitação e profissionalização dos manipuladores, dada a complexidade inerente à gestão da segurança dos alimentos em ambientes institucionais.

Em uma pesquisa referente às auditorias realizadas entre 2013 e 2015 em organizações militares do Rio de Janeiro, Coelho (2016) verificou que, das 27 unidades

avaliadas, apenas 1 (uma) alcançou, em 2013, a certificação do PASA, atingindo índice de conformidade igual ou superior a 85 %. Outras 20 (vinte) organizações apresentaram conformidade entre 51 % e 84 %, enquanto 6 (seis) não atingiram 50 %, evidenciando significativas não conformidades nos critérios avaliados.

O arcabouço regulatório que orienta e define os requisitos de boas práticas de higiene, embora abrangente em relação aos aspectos de produção e manipulação de alimentos, não garante, por si só, melhorias efetivas no desempenho das empresas no que se refere à segurança dos alimentos. A simples existência de normas não assegura sua aplicação plena, sendo indispensável o fortalecimento de ações educativas, programas de capacitação contínua, sistemas de monitoramento eficientes e o desenvolvimento de uma cultura organizacional comprometida com a qualidade e a inocuidade alimentar. Ademais, desafios como a limitação de recursos, a elevada rotatividade de colaboradores e fragilidades na gestão podem comprometer a execução adequada das práticas estabelecidas. Nesse contexto, torna-se essencial adotar estratégias integradas que articulem regulamentação, treinamento e conscientização, de modo a transformar o cumprimento legal em práticas consolidadas e sustentáveis no cotidiano produtivo (Bregolin *et al.*, 2021).

Outro aspecto relevante a ser considerado é que o perfil sociodemográfico dos colaboradores representa um recurso estratégico para a gestão de pessoas, uma vez que permite identificar talentos e competências individuais, orientando de forma mais precisa as ações de capacitação e treinamento. Esse mapeamento possibilita também a adoção de estratégias de comunicação mais eficazes, adequadas às particularidades do grupo, além de contribuir para o entendimento do conceito de risco, indispensável à prática de condutas seguras no ambiente de trabalho. Com base nessas informações, a liderança pode estruturar equipes de alta performance, pautadas pela responsabilidade, autonomia e comprometimento. Dessa forma, além de otimizar a produtividade, fortalece-se a cultura organizacional voltada à segurança dos alimentos, assegurando produtos com padrões superiores de qualidade e em conformidade com as exigências legais e regulatórias (Matukuma *et al.*, 2023).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A educação sanitária mostra-se eficaz quando aplicada por meio de práticas consistentes de manipulação de alimentos, assegurando a produção de alimentos inócuos e seguros. A capacitação contínua dos manipuladores constitui uma estratégia fundamental para alcançar resultados imediatos e satisfatórios na adoção das boas práticas de fabricação, promovendo maior conformidade nos processos produtivos. Além de elevar os padrões de qualidade, essa formação contribui diretamente para a prevenção de doenças transmitidas por alimentos, fortalecendo a proteção à saúde dos consumidores.

REFERÊNCIAS

- BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância Sanitária. Resolução RDC nº216, de 15 de setembro de 2004. Regulamento Técnico de Boas Práticas para Serviços de Alimentação. **Diário Oficial da União**, nº179, Seção 1, p. 25, Brasília, DF, 16 de setembro de 2004. Disponível em: https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/anvisa/2004/res0216_15_09_2004.html. Acesso em: 19 ago. 2025.
- BRASIL. Ministério da Defesa. Portaria GM/MD nº 5.703 de 27 de novembro de 2023. Aprova o Regulamento de Segurança dos Alimentos das Forças Armadas – MD42-R-01 (2ª edição/2023). **Diário Oficial da União**, Edição 227, Seção 1, Brasília, DF, 30 de novembro de 2023. Disponível em: https://www.gov.br/defesacivil/pt-br/assuntos/estado-maior-conjunto-das-forcas-armadas/doutrina-militar/publicacoes-1/publicacoes/copy_of_MD42M06DefesaAlimentardasForasArmadas1Edio2024.pdf. Acesso em: 17 ago. 2025.
- BRASIL. Exército Brasileiro. **Programa de Auditoria e Segurança dos Alimentos (PASA), Boletim Técnico 30.406-1**. Brasília, DF, 2020. Disponível em: <https://pt.scribd.com/document/766447055/Bt30-406-01-Programa-de-Auditoria-Em-Seguranca-Dos-Alimentos-pa-sa-3> Acesso em: 19 ago. 2025.
- BREGOLIN, J. *et al.* Cultura de segurança dos alimentos: conceito e elementos para a prática dos profissionais que atuam em empresas do setor alimentar. **Acta Portuguesa de Nutrição**, v. 26, p. 38-44, 2021.
- BORGES, P. J. *et al.* Avaliação de treinamento com manipuladores de alimentos após ocorrência de surto de toxinfecção alimentar em restaurante universitário. **Univap**, São José dos Campos, v. 26, n. 52, p. 80-90, 2020b.
- CAIFS. *Codex Alimentarius International Food Standards*. **Princípios Gerais da Higiene dos Alimentos**. CXC 1-1969, Rev. 3 – 2023. 2023. 38p. Disponível em: <https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/en/> . Acesso em: 18 ago. 2025.
- COELHO, R. R. **As auditorias de segurança de alimentos em quartéis do Exército Brasileiro no Rio de Janeiro**. 2016. 16 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização) - Escola de Formação Complementar do Exército, Escola de Aperfeiçoamento de Oficiais – EsFCEx, Salvador, 2016.
- FRÖDER, H. *et al.* Contaminação por patógenos na alimentação de rua: revisão sistemática. **Research, Society and Development**, vol. 10, n. 9, p. e33210918177, 2021.
- LIMA, J.R.P.A. **Auditoria de segurança de alimentos em três guarnições do Exército Brasileiro, 2005 a 2014**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MEDICINA VETERINÁRIA, 42 E CONGRESSO SUL-BRASILEIRO DA ANCLIVEPA, 1., 2015, Curitiba, Anais... Curitiba: UFPR, 2016, p. 1440-1443.
- MATUKUMA, C.A. *et al.* Perfil sociodemográfico dos colaboradores e sua contribuição para o desenvolvimento da Cultura de Segurança de Alimentos. **Vigilância Sanitária em Deba-**

te, Rio de Janeiro, v.11: e02065, 2023.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. Brasil. 2022. **Doenças de Transmissão Hídrica e Alimentar**. Disponível em: <https://www.gov.br/saude/pt-br/assuntos/saude-de-a-a-z/d/dtha> Acesso em: 15 fev. 2023.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. Brasil. 2019. 07/6: **Segurança dos Alimentos, responsabilidade de todos! Dia Mundial da Segurança dos Alimentos**. Disponível em: <https://bvsms.saude.gov.br/07-6-seguranca-dos-alimentos-responsabilidade-de-todos-dia-mundial-da-seguranca-dos-alimentos/>.

Acesso em: 15 fev. 2023.

PAGOTTO, H.Z. *et al.* Nível de conhecimento, atitudes e práticas dos manipuladores de alimentos em serviços de alimentação. Demetra: **Alimentação, Nutrição & Saúde**, Rio de Janeiro, v. 13, n. 1, p. 293-305, 2018.

SOARES, D.S.B. *et al.* Boas Práticas em Unidades de Alimentação e Nutrição Escolares de um município do estado do Rio de Janeiro – Brasil. **Ciência e saúde coletiva**, Rio de Janeiro, v. 23, n. 12, p. 4077-4083, 2018.

APÊNDICE I

Quadro 2. Questionário para avaliação da aquisição do conhecimento referente à capacitação em Boas Práticas de Fabricação.

QUESTÕES	CORRETO	INCORRETO
1. O uso de adornos, como brincos, anéis e relógios, pode causar a contaminação dos alimentos.		
2. A água pode ser um veículo de transmissão de doenças, mas depois que ela se transforma em gelo, esse risco de doença diminui.		
3. Uma correta higiene das mãos pode evitar a contaminação dos alimentos, consistindo na lavagem das mãos com um detergente suave em água corrente e secagem com papel.		
4. O contato entre alimentos crus e cozidos, como a alface, utilizada na decoração de porções cozidas permite a contaminação dos alimentos.		
5. A utilização de leite um dia depois do prazo de validade apresenta riscos para a saúde.		
6. Os alimentos impróprios para consumo têm sempre mau cheiro e sabor a estragado.		
7. O consumo de carne malcozida pode provocar uma doença de origem alimentar que pode causar vômitos e diarreia.		
8. Lavar os legumes em água corrente e deixá-los de molho em água com vinagre é suficiente para tornar estes alimentos seguros para consumo.		
9. O descongelamento dos alimentos pode ser feito numa tigela com ou sem água, numa mesa ou bancada.		
10. Um manipulador de alimentos com doenças como diarreia, gripe e dor de garganta representa um risco de contaminação dos alimentos.		
11. A presença de roedores e pragas não interfere diretamente na segurança do alimento.		
12. A higiene dos uniformes não interfere na contaminação dos alimentos durante sua produção.		

Fonte: próprio autor

TUBERCULOSE BOVINA: IMPORTÂNCIA DA INSPEÇÃO SANITÁRIA NA DETECÇÃO E CONTROLE DA DOENÇA

Bárbara Cardoso Pereira Barbosa¹;

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Triângulo Mineiro (IFTM) *campus* Uberaba, MG.

<http://lattes.cnpq.br/7236971658792376>

Vladimir Eugenio de Souza²;

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Triângulo Mineiro (IFTM) *campus* Uberlândia, MG.

<http://lattes.cnpq.br/0037831376525248>

Thiago Borges Naves Loreno³;

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Triângulo Mineiro (IFTM) *campus* Uberlândia, MG.

<http://lattes.cnpq.br/0871166115274191>

Elaine Alves dos Santos⁴;

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Triângulo Mineiro (IFTM) *campus* Uberlândia, MG.

<http://lattes.cnpq.br/7870619050486209>

Otávio Augusto Martins⁵;

Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (UNESP) – *campus* Botucatu, SP.

<http://lattes.cnpq.br/7339679220069654>

Fernanda Raghianti⁶.

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Triângulo Mineiro (IFTM) *campus* Uberlândia, MG.

<http://lattes.cnpq.br/1258710253836494>

RESUMO: O Brasil, autossuficiente na produção de carne bovina e maior exportador mundial desde 2004, concentra sua produção em estados com condições favoráveis para a pecuária. O crescimento do setor aumentou a atenção à segurança sanitária dos alimentos, levando à implementação do Programa Nacional de Controle e Erradicação da Brucelose e Tuberculose (PNCEBT) e à inspeção oficial de produtos de origem animal, regulamentada

pelo RIISPOA, para avaliação de carcaças e órgãos com lesões sugestivas de tuberculose e cisticercose. A tuberculose bovina, causada por *Mycobacterium bovis*, é uma doença crônica que pode permanecer assintomática, comprometendo a produtividade e representando risco à saúde pública. A inspeção *post mortem* em abatedouros, aliada a testes laboratoriais avançados como PCR, permite a detecção precoce da doença, enquanto a notificação obrigatória gera dados epidemiológicos essenciais para políticas de controle e erradicação. O objetivo deste estudo foi realizar uma revisão bibliográfica sobre a tuberculose bovina, com ênfase na importância da identificação de lesões compatíveis durante a inspeção sanitária em abatedouros frigoríficos. A integração entre vigilância sanitária, inspeção, testes laboratoriais e notificação é fundamental para prevenir a tuberculose bovina, garantir a inocuidade dos alimentos e fortalecer a competitividade do setor pecuário.

PALAVRAS-CHAVE: Alimentos. Qualidade. Zoonoses.

BOVINE TUBERCULOSIS: THE IMPORTANCE OF HEALTH INSPECTION IN DETECTING AND CONTROLLING THE DISEASE

ABSTRACT: Brazil, self-sufficient in beef production and the world's largest exporter since 2004, concentrates its production in states with favorable conditions for livestock farming. The growth of the sector has increased attention to food safety, leading to the implementation of the National Program for the Control and Eradication of Brucellosis and Tuberculosis (PNCEBT) and the official inspection of animal products, regulated by RIISPOA, to evaluate carcasses and organs with lesions suggestive of tuberculosis and cysticercosis. Bovine tuberculosis, caused by *Mycobacterium bovis*, is a chronic disease that can remain asymptomatic, compromising productivity and posing a risk to public health. Postmortem inspection in slaughterhouses, combined with advanced laboratory tests such as PCR, allows for early detection of the disease, while mandatory reporting generates essential epidemiological data for control and eradication policies. The objective of this study was to conduct a literature review on bovine tuberculosis, emphasizing the importance of identifying compatible lesions during health inspections in slaughterhouses. The integration of health surveillance, inspection, laboratory testing, and reporting is essential to prevent bovine tuberculosis, ensure food safety, and strengthen the competitiveness of the livestock sector.

KEY-WORDS: Food. Quality. Zoonosis.

INTRODUÇÃO

O Brasil, anteriormente dependente da importação de carne bovina, alcançou autossuficiência na produção nacional. Em 2022, aproximadamente 72,1 % dessa produção foi destinada ao abastecimento do mercado interno, resultando em um consumo médio

anual de 36,7 kg por habitante, índice considerado um dos mais elevados no cenário mundial. O excedente, correspondente a 27,9 % da produção, foi direcionado à exportação, consolidando o país como o maior exportador global desde 2004 (ABIEC, 2023).

Em termos de volume produzido, o Brasil ocupa atualmente a segunda posição mundial, sendo superado apenas pelos Estados Unidos. Esse protagonismo no setor pecuário decorre de fatores estruturais, como a vasta extensão territorial e as condições edafoclimáticas favoráveis à criação bovina. Destacam-se, como principais estados produtores, Mato Grosso, Minas Gerais, Goiás, Mato Grosso do Sul e Pará (USDA, 2021).

Nas últimas décadas, questões sanitárias relacionadas ao consumo de produtos de origem animal têm despertado crescente atenção da população, promovendo maior conscientização acerca dos riscos decorrentes da exposição a agentes físicos, químicos e biológicos e de seus reflexos na saúde humana e animal (Flanagan; Soon-Sinclair, 2025).

Com o objetivo de reduzir a incidência e a prevalência de zoonoses, minimizar prejuízos econômicos e disponibilizar alimentos com maior segurança sanitária, foi instituído, em 2001, o Programa Nacional de Controle e Erradicação da Brucelose e Tuberculose (PNCEBT). Entre as principais ações do programa, destacam-se o monitoramento do trânsito de animais, a certificação voluntária de rebanhos livres ou monitorados para essas enfermidades, bem como a vacinação obrigatória contra a brucelose (Brasil, 2022).

No contexto normativo, o PNCEBT foi formalmente regulamentado pela Instrução Normativa nº 10, de 3 de março de 2017, do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), que estabeleceu diretrizes voltadas ao controle e à erradicação da brucelose e da tuberculose bovina mediante ações estratégicas (BRASIL, 2022). Paralelamente, a segurança dos alimentos de origem animal é garantida por inspeções oficiais conduzidas nos âmbitos federal, estadual e municipal, em conformidade com o Regulamento da Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal (RIISPOA). Esse regulamento prevê, no artigo 171, o tratamento sanitário aplicável a carcaças, vísceras e órgãos que apresentem lesões sugestivas de tuberculose, enquanto o artigo 185 dispõe sobre o destino de carcaças acometidas por cisticercose bovina (Brasil, 2017).

OBJETIVO

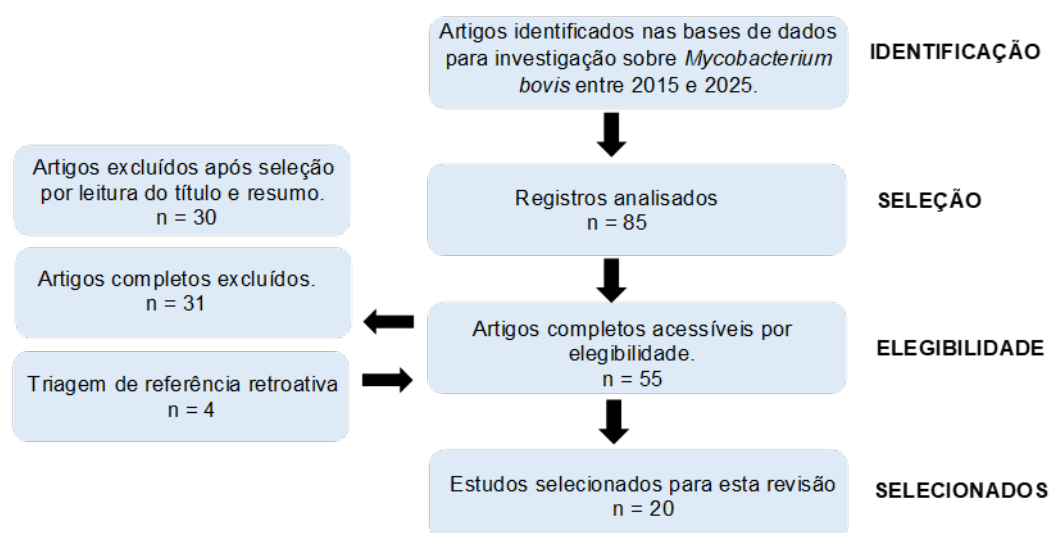
O presente trabalho tem como objetivo realizar uma revisão bibliográfica acerca da tuberculose bovina, enfatizando a relevância da detecção de lesões compatíveis durante a inspeção sanitária em abatedouros frigoríficos. Busca-se evidenciar a contribuição desse procedimento para a garantia da inocuidade dos alimentos de origem animal, para a proteção da saúde pública e para o fortalecimento das estratégias de vigilância, controle e prevenção dessa zoonose.

METODOLOGIA

Para a construção da presente revisão bibliográfica, foram consultadas bases de dados científicas reconhecidas, como *PubMed*, *Web Of Science*, *SciELO* e *Scopus* além de documentos normativos, legislações aplicáveis e outras fontes de relevância para as áreas de Medicina Veterinária, Saúde Pública e Ciências de Alimentos. Foram priorizadas publicações dos últimos 5 anos, que tratassem da tuberculose bovina em abatedouros frigoríficos, com ênfase em aspectos relacionados ao diagnóstico, à inspeção sanitária, ao impacto na saúde pública e às estratégias de controle no âmbito da indústria de produtos cárneos.

A seleção do material foi orientada por descritores específicos, tais como: tuberculose bovina, *Mycobacterium bovis*, abatedouros frigoríficos, inspeção *post mortem*, saúde pública e segurança alimentar. Os estudos incluídos atenderam a critérios de elegibilidade embasados na avaliação pelo título e resumo dos estudos. A extração de dados foi realizada e arquivada em uma pasta de trabalho do Microsoft Excel, segregando os artigos selecionados conforme a análise dos autores (Figura 1). A análise crítica e a integração dos achados permitiram sistematizar o conhecimento disponível sobre a temática, fornecendo subsídios técnico-científicos que contribuem para a compreensão dos riscos associados, bem como para o aprimoramento das práticas de vigilância e de inspeção sanitária em estabelecimentos de abate.

Figura 1. Diagrama de fluxo que descreve o processo de seleção e inclusão/exclusão de artigos para a revisão.



FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Tuberculose bovina: etiologia, distribuição e sintomas

A tuberculose é uma doença infecciosa causada por bactérias do gênero *Mycobacterium*, destacando-se *M. tuberculosis* e *M. bovis*, este último responsável pela tuberculose bovina. A enfermidade apresenta evolução crônica, comprometendo a produtividade pecuária e ocasionando perdas econômicas significativas, além de representar risco à saúde pública, uma vez que carcaças positivas são condenadas em abatedouros frigoríficos. O *M. bovis* possui moderada resistência a fatores ambientais e desinfetantes, podendo permanecer viável por até dois anos em pastagens e um ano em carcaças, favorecendo a disseminação da infecção entre animais e humanos (Lopes *et al.*, 2021).

A tuberculose bovina (TB) é uma enfermidade bacteriana de caráter crônico e evolução lenta, capaz de acometer seres humanos, animais domésticos e espécies silvestres. Dentre os animais domésticos, destaca-se sua relevância nos bovinos, devido aos impactos econômicos expressivos ocasionados à pecuária e à cadeia produtiva da bovinocultura. Além das perdas produtivas, os bovinos desempenham um papel epidemiológico importante, atuando como fonte de infecção para outras espécies animais e para os seres humanos, configurando-se como um risco à saúde pública (Rodrigues *et al.*, 2025).

A tuberculose bovina possui distribuição mundial, embora nos países desenvolvidos sua ocorrência tenha sido significativamente reduzida ou mesmo eliminada em decorrência de programas rigorosos de controle e erradicação (Kemal *et al.*, 2019). Por sua relevância sanitária, econômica e social, a enfermidade integra a lista de doenças de notificação obrigatória da Organização Mundial de Saúde Animal (da sigla WOA – *World Organization of Animal Health*), reforçando a necessidade de vigilância epidemiológica contínua. Nesse contexto, organizações intergovernamentais e entidades de saúde têm adotado a abordagem “Uma Só Saúde” (*One Health*) como estratégia para enfrentar os desafios decorrentes da interface entre saúde animal, humana e ambiental, reconhecendo a importância da integração de esforços multidisciplinares e intersetoriais para prevenir, controlar e mitigar os impactos da doença em escala global (Olea-Popelka *et al.*, 2017).

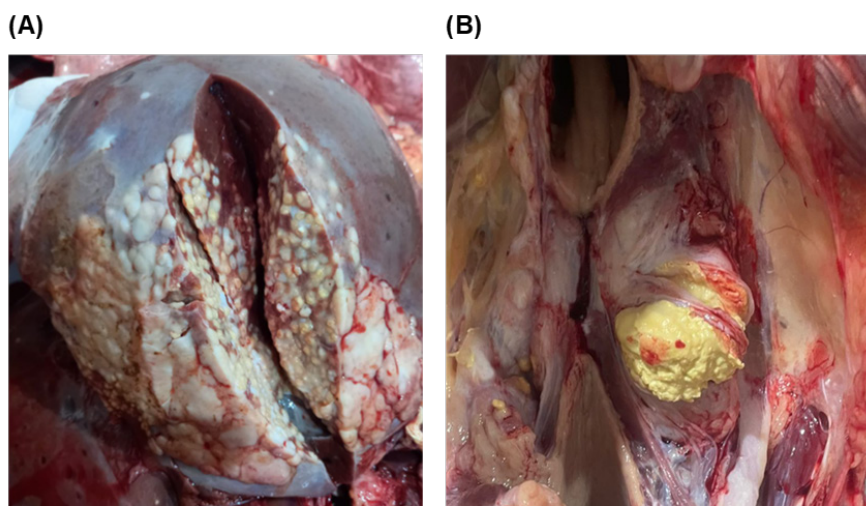
Os surtos de tuberculose em bovinos acarretam elevados custos econômicos e sociais, uma vez que impactam diretamente o comércio internacional de animais e produtos de origem animal, reduzem a produtividade (como queda na produção de leite, carne e fertilidade), impõem restrições onerosas ao mercado pecuário, demandam investimentos em programas de controle e erradicação e elevam os gastos com saúde pública devido ao seu caráter zoonótico. No Brasil, entretanto, a caracterização epidemiológica da enfermidade ainda é limitada, com apenas 14 Unidades Federativas tendo realizado estudos os quais apontaram prevalência variando de 0,0009 % a 1,6 % (Neto *et al.*, 2024).

A Organização Mundial da Saúde (OMS) classifica a TB como sendo uma zoonose de relevância global, constituindo um desafio significativo para a saúde pública. Trata-se de uma enfermidade que acomete, predominantemente, bovinos, apresentando elevadas taxas de

morbidade e mortalidade, mas que também pode afetar outros animais domésticos e seres humanos. Em países em desenvolvimento, a prevalência é mais expressiva, com relatos de que os casos de infecção humana podem atingir até 20 %. Apesar de sua importância epidemiológica, a TB é frequentemente categorizada como uma doença negligenciada, uma vez que a carência de informações, aliada à limitada vigilância sanitária, contribui para sua persistência, avanço e disseminação (Santos *et al.*, 2024).

Caracterizada como sendo uma enfermidade de evolução lenta, a TB pode expressar longo período assintomático dos animais infectados, o que dificulta sua identificação pelo produtor e contribui para a permanência de animais portadores no rebanho, favorecendo a disseminação do agente etiológico. Mesmo na ausência de sinais clínicos, bovinos infectados podem transmitir a bactéria a outros animais e ao ser humano. Os sinais clínicos tornam-se evidentes apenas em estágios avançados da doença, quando as lesões já se encontram progressivas, manifestando-se por perda de peso, redução da produção de leite, tosse persistente, dispneia, linfonodomegalias, febre e alterações em órgãos internos acometidos. Caracteristicamente, a enfermidade leva à formação de granulomas tuberculoideos, nódulos firmes de coloração esbranquiçada ou amarelada, com centro necrótico, que podem ser observados em exames *post-mortem* (Figura 2 A e B) (Ramos; Silva; Dellagostin, 2015; Rodrigues *et al.*, 2025).

Figura 2. Lesão sugestiva de tuberculose em: A. fígado bovino; B. Linfonodo retro faríngeo bovino.



Fonte: arquivo pessoal.

O controle e o registro das zoonoses e das alterações identificadas nas carcaças durante o exame post mortem possuem grande importância epidemiológica, pois permitem detectar falhas no manejo, identificar causas de condenação e fornecer dados relevantes para rastreabilidade dos rebanhos. Nesse cenário, os abatedouros frigoríficos atuam como unidades sentinelas, contribuindo para programas de controle e erradicação de doenças.

Como muitas das patologias envolvidas têm caráter zoonótico, o conhecimento sobre essas afecções é essencial para orientar medidas profiláticas, proteger a saúde pública e minimizar perdas econômicas na cadeia produtiva da carne (Souza; Weber, 2024).

A importância do serviço de inspeção na detecção de TB

A inspeção sanitária de produtos de origem animal, especialmente de carcaças e órgãos bovinos, é fundamental para a proteção da saúde pública, a garantia da qualidade dos alimentos e o monitoramento epidemiológico de enfermidades zoonóticas, como tuberculose e brucelose. Historicamente criada para prevenir riscos à população, consolidou-se como parte das políticas de vigilância sanitária e de saúde única, associando saúde animal, humana e ambiental. No Brasil, país de destaque na produção pecuária, assume importância estratégica tanto para o mercado interno quanto para a competitividade internacional, ao assegurar padrões de inocuidade e qualidade exigidos globalmente. Além disso, funciona como unidade sentinela no sistema de vigilância, orientando políticas públicas de controle e contribuindo para a sustentabilidade da cadeia produtiva e a confiança do consumidor (Abreu *et al.*, 2020).

No Brasil, a tuberculose bovina foi endêmica até a implementação do Plano Nacional de Controle e Erradicação da Brucelose e Tuberculose (PNCEBT), que contribuiu para a redução da doença e a melhoria da qualidade sanitária dos rebanhos (Damasceno Neto *et al.*, 2021). O avanço da inspeção sanitária, com a incorporação de exames histopatológicos e testes sorológicos, aprimorou o diagnóstico e fortaleceu as ações de prevenção. A criação do Sistema Unificado de Atenção à Sanidade Agropecuária (SUASA) ampliou a fiscalização e padronizou procedimentos, mas ainda há entraves, como a resistência de pequenos produtores e falhas na fiscalização em regiões remotas, o que exige estratégias mais inclusivas e eficazes para garantir a sustentabilidade dos programas de controle (Dourado *et al.*, 2021).

A condenação de carcaças e órgãos de bovinos constitui um tema de crescente importância, devido ao seu impacto direto sobre a saúde pública, à segurança alimentar e aos significativos prejuízos econômicos para produtores e para a cadeia produtiva de carnes. Estudos recentes indicam que as principais causas de condenação estão associadas a fatores regionais, práticas de manejo, padrões sanitários e à prevalência de enfermidades específicas, refletindo a complexidade do controle epidemiológico em diferentes contextos produtivos (Teixeira; Fonseca; Pinto, 2024).

Os dados de condenação obtidos pelo sistema oficial de fiscalização sanitária são fundamentais para orientar programas de controle de tuberculose bovina. O Regulamento de Inspeção Industrial e Sanitária (RIISPOA) inicialmente estabelecido pelo Decreto nº 30.691/1952, passou por alterações significativas com a revogação pelo Decreto nº 9.013/2017 e posterior atualização pelo Decreto nº 10.468/2020, que trouxe novas modificações ao regulamento. Para adequar os estabelecimentos de abate a essas

mudanças, a Instrução Normativa nº 121/2021 estabeleceu um prazo de 18 meses para aplicação dos novos critérios de julgamento de carcaças com cisticercose, alinhando-o à obrigatoriedade de cadastramento de produtores e à implementação de programas de melhoria da qualidade da matéria-prima e educação continuada (Motta *et al.*, 2023).

A inspeção *post mortem*, aliada a testes laboratoriais avançados, como a PCR (*Polymerase Chain Reaction*), desempenha papel crucial no diagnóstico da tuberculose bovina em animais destinados ao consumo humano, permitindo a identificação precoce de infecções mesmo em casos subclínicos. Esses métodos complementares aumentam a sensibilidade e a precisão da detecção, reduzindo o risco de entrada de carcaças contaminadas na cadeia alimentar e protegendo a saúde pública. Paralelamente, a notificação obrigatória dos casos de tuberculose bovina é essencial para a construção de bases de dados epidemiológicos robustas, que subsidiem a formulação de políticas públicas e programas de controle. A coleta sistemática de informações possibilita o planejamento e a execução de estratégias eficientes de prevenção, controle e erradicação da doença, contribuindo para a melhoria da sanidade do rebanho, a segurança alimentar e a competitividade do setor pecuário no mercado nacional e internacional. Dessa forma, a integração entre inspeção *post mortem*, testes laboratoriais e notificação obrigatória constitui um pilar fundamental na vigilância da tuberculose bovina (Santos *et al.*, 2024).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A tuberculose bovina representa um desafio relevante para a saúde pública, a sanidade animal e a economia da pecuária. A inspeção sanitária, especialmente a *post mortem*, é essencial para a detecção precoce da doença, permitindo identificar animais infectados, mesmo em estágios subclínicos, prevenir a entrada de carcaças contaminadas na cadeia alimentar e reduzir o risco de transmissão zoonótica. O uso de técnicas laboratoriais avançadas, como PCR, aumenta a precisão diagnóstica e fortalece as ações de monitoramento e controle da tuberculose bovina.

Além disso, a notificação obrigatória e o registro sistemático de casos fornecem dados epidemiológicos fundamentais para planejar estratégias eficazes de controle e erradicação, apoiar a rastreabilidade dos rebanhos e identificar falhas no manejo. Uma abordagem integrada, que combine inspeção rigorosa, métodos laboratoriais confiáveis, educação de produtores e profissionais do setor e políticas públicas robustas, é imprescindível para garantir a segurança alimentar, a competitividade do setor pecuário e a proteção da saúde da população.

REFERÊNCIAS

ABIEC - Associação Brasileira das Indústrias Exportadoras de Carne. **Beef REPORT**: perfil da pecuária no Brasil 2023. Disponível em: <https://www.abiec.com.br/catpub/impressos/>.

Acesso em: 15 ago. 2025.

ABREU, M.L. *et al.* Percepção dos consumidores de proteína animal sobre o bem-estar dos animais de produção no município de Parauapebas, Pará, Brasil. **Veterinária e Zootecnia**, v. 28, p. 1-12, 2021.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Decreto nº 9.013, de 29 de março de 2017. Aprova o Regulamento da Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal (RIISPOA). **Diário Oficial da União**, seção 1, Brasília, DF, 30 mar. 2017. Atualizado por alterações posteriores. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2015-2018/2017/Decreto/D9013.htm Acesso em: 23 jul. 2025.

BRASIL Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. 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 de inspeção industrial e sanitária de produtos de origem animal. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 19 de agosto de 2020. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2020/decreto/d10468.htm. Acesso em: 20 ago. 2025.

BRASIL Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 121 de 26 de fevereiro de 2021. Estabelece prazo para aplicação do disposto no § 2º do art. 185 do Decreto 9.013, de 29 de março de 2017, alterado pelo Decreto nº 10.468, de 18 de agosto de 2020, em alinhamento com o prazo estabelecido para a adequação dos estabelecimentos de abate em realizar cadastro de produtores e programas de melhoria da qualidade da matéria-prima e de educação continuada dos produtores. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 01 mar. 2021. Disponível em: https://wikisda.agricultura.gov.br/dipoa_baselegal/in_121-2021.pdf Acesso em: 20 ago. 2025.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Programa Nacional de Controle e Erradicação da Brucelose e da Tuberculose Animal – PNCEBT. 2022**. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/sanidade-animal-e-vegetal/saude-animal/programas-de-saude-animal/pncebt/controle-e-erradicacao-da-brucelose-e-tuberculose-pncebt>. DOI: 10.7476/9788575415658.0005.

DAMASCENO NETO; M.S. *et al.* Diagnóstico higiênico-sanitário de açougues e análises microbiológicas de carne bovina “in natura” (coxão-toupeira) comercializada nos municípios da microrregião de Castanhal, estado do Pará. **Research, Society and Development**, v. 10, n.4, 2021.

DOURADO, G. G. F. *et al.* Impacto econômico da condenação de carcaças por Tuberculose no Baixo Amazonas, Pará, Brasil. **Conjecturas**, v. 21, n. 6, p. 390-398, 2021.

FLANAGAN, Mark Andrew; SOON-SINCLAIR, Jan Mei. Consumers' perceptions of regulatory food hygiene inspections of restaurants and takeaways. **British Food Journal**, v. 127, n. 3, p. 897-913, 2025.

KASIR, D. *et al.* Zoonotic Tuberculosis: A Neglected Disease in the Middle East North Africa (MENA) Region. **Diseases**, v.11, n. 1, 2023.

KEMAL, J. Bovine tuberculosis in Eastern Ethiopia: Prevalence, risk factors and its public health importance. **BMC Infectious Diseases**, v. 19, n. 19, 2019.

LOPES, T.V. *et al.* Prevalência da tuberculose bovina em animais abatidos em frigoríficos que possuem Serviço de Inspeção Federal (SIF) no estado de Rondônia, Brasil. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 13, e312101318636, 2021.

MOTTA, E.L. *et al.* Impacto nas condenações de carcaças na legislação federal no estado do Rio Grande do Sul. **Ciência Animal Brasileira**, v. 24, 2023.

OLEA-POPELKA, F. *et al.* Tuberculose zoonótica em seres humanos causada por *Mycobacterium bovis*- um apelo à ação. **Lancet Infectious Diseases**, v. 17, p. 21 – 25, 2017.

RAMOS, D. F.; SILVA, P. E. A.; DELLAGOSTIN, O. A. Diagnosis of bovine tuberculosis: review of main techniques. Brazilian **Journal of Microbiology**, São Paulo, v. 75, n. 4, p. 830-837, 2015.

RODRIGUES, A.C.B. *et al.* **Diagnóstico de tuberculose animal no IPVDF: passado, presente e desafios futuros**. Porto Alegre: SEAPI/DDPA, 35p., 2025. Disponível em: <https://www.agricultura.rs.gov.br/upload/arquivos/202505/13185953-folheto-diagnostico-tuberculose-ipvdf.pdf>. Acesso e: 20 ago. 2025.

SANTOS, B.R. *et al.* Diagnóstico de tuberculose bovina no estado da Bahia, Brasil, pela técnica de PCR multiplex. **Ciência Animal Brasileira**, v. 25, e-78409P, 2024.

SOUZA, C.N.; WEBER, L.D. Principais causas de condenações viscerais ocorridas em um abatedouro frigorífico de bovinos localizado na região oeste do Paraná. **Arquivos Brasileiros de Medicina Veterinária FAG**, v. 7, n. 1, p. 210 – 224, 2024.

TEIXEIRA, G.L.; FONSECA, C.W.; PINTO, E.V. Causas de condenação de carcaça e órgãos de bovinos e seu impacto na saúde pública. **Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação**, São Paulo, v. 10, n. 11, nov. 2024.

USDA - UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE - **Market and trade data**. Disponível em: <https://www.fas.usda.gov/index.php>. Acesso em 20 jul. 2025.

ALTERNATIVAS PARA O APROVEITAMENTO DE SUBPRODUTOS DA INDÚSTRIA DE ALIMENTOS: INCREMENTO DA SAUDABILIDADE EM PRODUTOS CÁRNEOS

Elaine Alves dos Santos¹;

Instituto Federal do Triângulo Mineiro – *Campus* Uberlândia (IFTM), Uberlândia, MG.

<http://lattes.cnpq.br/7870619050486209>

Fernanda Raghianti²;

Instituto Federal do Triângulo Mineiro – *Campus* Uberlândia (IFTM), Uberlândia, MG.

<http://lattes.cnpq.br/1258710253836494>

Vitor Hugo Pacheco Jardim³.

Universidade Federal de Goiás (UFG), Uberlândia, MG.

<http://lattes.cnpq.br/1233953168140060>

RESUMO: Os consumidores estão mais preocupados com a aquisição de alimentos que representem benefícios a saúde e sejam de fácil preparo, sendo estes fatores considerados primordiais na decisão de compra. O desenvolvimento e inserção do embutido cozido tipo “apresentado” na alimentação humana produzido com carne mecanicamente separada (CMS) de tilápia-do-nylo é uma alternativa promissora para a valorização deste subproduto, apresenta benefícios para a saúde do consumidor em função dos ácidos graxos poli-insaturados e proteínas de alto valor biológico, podendo alavancar o aumento do consumo de pescado. O cloreto de sódio é utilizado na elaboração de produtos cárneos, mas tem sido responsabilizado pelo desencadeamento de doenças cardiovasculares e hipertensão. A redução do sódio poderia ser implementada com a redução do NaCl, substituição parcial pelo KCl e ainda pela utilização de ultrassom para melhorar a difusão do sal na matriz cárnea. As formulações padrão de produtos cárneos não utilizam fibras vegetais, o que pode acarretar o desenvolvimento de doenças do trato gastrointestinal. A inclusão da farinha de albedo de maracujá como ingrediente prebiótico poderia incorporar fibra alimentar e ainda melhorar o aproveitamento de resíduos sólidos da indústria de suco, contribuindo para diminuição dos impactos ambientais gerados, beneficiando a saúde dos potenciais consumidores.

PALAVRAS-CHAVE: Albedo de maracujá. KCl. Sonicação.

ALTERNATIVES FOR THE USE OF BY-PRODUCTS FROM THE FOOD INDUSTRY: INCREASING HEALTHINESS IN MEAT PRODUCTS

ABSTRACT: Consumers are increasingly concerned with purchasing foods that offer health benefits and are easy to prepare, with these factors being considered paramount in their purchasing decisions. The development and introduction of cooked ham-type sausage in human food produced with mechanically separated meat (MSM) from Nile tilapia is a promising alternative for adding value to this by-product, offering benefits to consumer health due to its polyunsaturated fatty acids and high biological value proteins, which could leverage an increase in fish consumption. Sodium chloride is used in the preparation of meat products, but has been blamed for triggering cardiovascular disease and hypertension. Sodium reduction could be implemented by reducing NaCl, partially replacing it with KCl, and using ultrasound to improve salt diffusion in the meat matrix. Meat products standard formulations do not use vegetable fibers, which can lead to gastrointestinal tract diseases development. The inclusion of passion fruit albedo flour as a prebiotic ingredient could incorporate dietary fiber and also improve the use of solid waste from the juice industry, contributing to a reduction in environmental impacts and benefiting the health of potential consumers.

KEY-WORDS: Passion fruit albedo. KCl. Sonication.

INTRODUÇÃO

A produção mundial de tilápia-do-nilo (*Oreochromis niloticus*) atingiu 1,6 milhões de toneladas em 2016, sendo a China o maior produtor e exportador tanto de pescado quanto da espécie citada. Já o Brasil ocupa a 4ª posição relacionada ao cultivo de peixes mundialmente. Estima-se que a produção global de tilápia-do-nilo continuará aumentando a uma taxa relativamente estável de 6 a 7 % ao ano, com previsão de produção de 9 milhões de toneladas em 2028 (Fitzsimmons, 2018; Fao, 2018; Anuário, 2020).

O processamento de peixes gera muitos subprodutos/resíduos na preparação de filés caracterizados como subprodutos de filetagem. Estes são uma rica fonte de proteínas e outros nutrientes podendo ser aproveitados na alimentação humana. Um processo adequado para a extração dos nutrientes presentes nestes subprodutos poderia ajudar a resolver alguns problemas relacionados a diminuição do desperdício, poluição, desnutrição e melhoria da dieta com proteínas de alto valor biológico e minerais. Além disso, contribuiria para a sustentabilidade da indústria, reduzindo os custos com destinação e/ou tratamento de resíduos (Surasani *et al.*, 2020).

Dentre os produtos cárneos tradicionais, o presunto cozido é particularmente apropriado, devido à sua grande aceitação popular aliada as características sensoriais e tecnológicas adequadas (Ribeiro *et al.*, 2018). Por outro lado, a carne mecanicamente separada (CMS) de tilápia-do-nilo é um ingrediente subvalorizado, obtido a partir da

filetagem deste peixe. A inserção deste coproduto no produto cárneo “tipo apresuntado” na alimentação humana, poderia estimular o consumo de alimentos desenvolvidos com pescado, pela praticidade de consumo que o mesmo apresenta. A carne de tilápia-do-nilo possui ácidos graxos poli-insaturados e proteínas de alto valor biológico, representando benefícios para a saúde do consumidor.

Em relação às doenças cardiovasculares (DCVs), os lipídios da carne vermelha e seus produtos de oxidação favorecem a ocorrência de hipercolesterolemia, obesidade e risco de sofrer acidente vascular cerebral, aliados ao impacto da ingestão excessiva de NaCl no aumento da pressão arterial, sendo os produtos cárneos processados importantes contribuintes para a ingestão de sódio em países desenvolvidos (Delgado *et al.*, 2021). Assim, emerge a demanda de produtos de origem animal funcionais, que contenham em sua formulação ingredientes prebióticos, com conteúdo de fibra alimentar considerável. A ingestão de fibra alimentar influencia a biodisponibilidade de nutrientes, composição microbiana e funções gastrointestinais e, portanto, modula o mecanismo de absorção de nutrientes na dieta humana e animal diminuindo a absorção intestinal de açúcares, gorduras e colesterol (Adams *et al.*, 2018).

As atividades agroindustriais das cadeias vegetais geram milhões de toneladas de resíduos em todo mundo. Os subprodutos obtidos do processamento de frutas têm potencial para serem estudados como ingrediente para melhorar as propriedades tecnológicas de produtos cárneos (Selani *et al.*, 2015). Por outro lado, o consumo de produtos cárneos com formulações tradicionais, que não utilizam fibras alimentares, pode acarretar o desenvolvimento de doenças do trato gastrointestinal. A inclusão da farinha de albedo de maracujá amarelo nas formulações do embutido cozido possibilita a incorporação de fibras a este produto cárneo, além de aproveitar os resíduos sólidos gerados pela indústria de polpa e suco de maracujá, atuando diretamente nos aspectos funcional e tecnológicos do produto.

A demanda por alimentos com teores reduzidos de sódio é uma preocupação dos consumidores, representando assim uma tendência para o mercado de produtos cárneos. No entanto, a redução do cloreto de sódio ainda é um desafio, devido à sua importância para a tecnologia de fabricação desses produtos, para a estabilidade da emulsão cárnea, pelo efeito bacteriostático e propriedades sensoriais. Estratégias devem ser estudadas, permitindo assim que a indústria da carne responda às exigências dos consumidores (Gaudette; Pietrasik, 2014).

Inúmeras alternativas têm sido propostas para reduzir o NaCl sem grandes alterações no processo de cura. A substituição parcial do NaCl por outros sais, como o cloreto de potássio, representa uma opção para reduzir o teor de sódio em produtos cárneos. Entretanto, os sais com baixo teor de sódio podem influenciar negativamente os atributos de textura e atributos sensoriais como o sabor (Lorenzo *et al.*, 2015). Neste sentido, a utilização de cloreto de potássio e ação de ultrassom (tecnologia emergente)

vem sendo investigados para a produção de alimentos cárneos com teores reduzidos de sódio. A aplicação da sonicação em produtos cárneos provoca a implosão de microbolhas decorrentes do fenômeno de cavitação, e tem sido proposta para melhorar a difusão do sal na matriz da carne, com o objetivo de reduzir o teor de sódio em produtos cárneos (Ojha *et al.*, 2016).

OBJETIVO

O presente estudo teve por objetivo estabelecer uma revisão de literatura a respeito de alternativas para elaboração de embutido cárneo por meio do aproveitamento de subprodutos da filetagem de tilápia e sucos e polpa de maracujá, trazendo ainda estratégias para redução de sódio, representando alternativa para a sustentabilidade e melhoria da saudabilidade na cadeia produtiva de alimentos cárneos.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Carne Mecanicamente Separada (CMS) de tilápia-do-nilo (*Oreochromis niloticus*) e aplicações

Em nível mundial, o pescado provê em torno de 17 % do consumo total de proteína animal para 4,3 bilhões de indivíduos (FAO, 2014). Desenvolver estratégias para o aproveitamento de espécies de baixo valor e ou subutilizadas, bem como dos subprodutos de filetagem de peixes nobres, no processamento alimentos destinados ao consumo humano à base de pescado é necessário (Tahergorabi *et al.*, 2013). O desenvolvimento de novas tecnologias baseadas em um modelo sustentável e capaz de suprir a demanda por alimentos vêm sendo incentivadas para melhoria da produção mundial (Bery *et al.*, 2012).

Atilápia-do-nilo (*Oreochromis niloticus*) destaca-se por ser uma das espécies de peixes de água doce mais cultivadas na aquicultura mundial (FAO, 2018). Ao longo do processo de beneficiamento de tilápia-do-nilo é gerado, em média, um volume superior a 50 % de resíduos, que quando não são devidamente aproveitados tornam-se poluentes. Entretanto, aproximadamente 60 a 70 % do conteúdo total resulta em resíduo de processamento, que inclui restos de carne, cabeça, pele, ossos, escamas e vísceras (Clement; Lovell, 1994; Pires *et al.*, 2011).

Segundo a FAO e WHO (1994), a carne mecanicamente separada (CMS), conhecida como “minced fish” ou polpa, pode ser definida como o produto obtido através do processo de separação mecânica desta parte comestível, obtendo partículas de músculo isenta de ossos, vísceras, escamas e pele (Brasil, 2000).

Osorio, Wills e Munõz (2013) caracterizaram subprodutos provenientes da filetagem de tilápia-do-nilo e truta Arco-íris, e concluíram que as carnes mecanicamente separadas de ambas espécies estudadas apresentaram alto potencial nutricional, destacando-se

os conteúdos de proteínas, cinzas, cálcio e potássio, salientando-se a importância do aproveitamento deste resíduo com vistas a diminuir os impactos ambientais decorrentes do processo de filetagem. O processo de separação mecânica da carne de tilápia-do-nylo influencia diretamente em termos de cor, capacidade antioxidante e estabilidade oxidativa. No entanto, os resíduos de peixe apresentam alta qualidade nutricional. Assim, o processamento de CMS representa uma nova forma de explorar melhor as espécies de interesse na aquicultura (Secci *et al.*, 2016).

O processamento de carcaças de tilápia-do-nylo sob a forma de CMS ou polpa e farinha produz alimentos de alto valor nutritivo com conteúdo proteico adequado, demonstrando assim viabilidade enquanto matéria-prima, e alternativas de baixo custo para produzir novos produtos, agregando valor aos resíduos de peixe, aumentando os lucros da indústria e fornecendo aos consumidores um produto fácil de preparar, nutritivo e de baixo custo (Monteiro *et al.*, 2012).

Os sistemas de separação mecânica da carne são uma boa opção para criar novos produtos provenientes da pesca e abrir novo mercado de alimentos, possibilitando o aproveitamento desta matéria-prima com alto teor de minerais e de proteína de elevado valor biológico, reduzindo ainda os impactos ambientais gerados na obtenção de filés e o incentivo do uso de tecnologias para o desenvolvimento de novos produtos industrializados com maior valor agregado e que possam alavancar a demanda no mercado (Oetterer; Galvão; Sucasas, 2014; Secci *et al.*, 2016; Leira *et al.*, 2019).

Devido as características nutricionais peculiares que apresenta, contemporaneamente, alternativas para o aproveitamento de resíduos oriundos do processo de filetagem de tilápia-do-nylo para a obtenção de carne mecanicamente separada (CMS) estão evidenciadas em algumas pesquisas da área de ciência e tecnologia de alimentos. A CMS pode ser utilizada *in natura* na produção de produtos cárneos, como os embutidos (salsicha), ou como farinha (desidratada) em sopas instantâneas, snacks, biscoitos, pães e macarrão (Monteiro *et al.*, 2014; Bessa *et al.*, 2016; Monteiro *et al.*, 2016; Monteiro *et al.*, 2018; Monteiro *et al.*, 2019; Monteiro *et al.*, 2019a; Monteiro *et al.*, 2019b; Monteiro *et al.*, 2020).

O desenvolvimento de um embutido cozido de tilápia-do-nylo representa uma alternativa promissora para o incremento desta proteína de alto valor biológico no hábito alimentar no Brasil. Segundo o Regulamento da Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal (RIISPOA), entende-se por “embutido de pescado” aquele produto elaborado com pescado, com adição de ingredientes, curado ou não, cozido ou não, defumado ou não, dessecado ou não, utilizados os envoltórios naturais ou artificiais (Brasil, 2020).

Aproveitamento da casca de maracujá amarelo (*Passiflora edulis f. Flavicarpa*)

O consumo adequado de fibras alimentares auxilia no controle das taxas de colesterol sanguíneo, de doenças cardiovasculares e gastrointestinais, de diabetes, da obesidade, e na prevenção do câncer de cólon (Ghoshal; Shivhare; Banerjee, 2016). O principal componente da casca do maracujá é o albedo. Albedo é um tecido branco, esponjoso e celulósico, considerado uma fonte potencial de fibra. O albedo obtido dos resíduos do maracujá foi caracterizado por López-Vargas *et al.* (2013). Este resíduo pode ser utilizado como fonte de fibra alimentar no processamento de alimentos, devido ao seu alto conteúdo de fibra alimentar total (71,79 g. 100. g⁻¹), composta principalmente por fibra alimentar insolúvel (52,34 g. 100. g⁻¹) e fibra alimentar solúvel (2,69 g. 100. g⁻¹).

Os subprodutos ricos em fibras obtidas a partir de polpa e sementes ou albedo de maracujá amarelo (*Passiflora edulis f. Flavicarpa*) estão disponíveis em grandes quantidades como um resíduo da produção de suco e polpa, podendo ser utilizados como na forma de farinha como ingrediente prebiótico no desenvolvimento de alimentos funcionais. Além disso, esses subprodutos ricos em fibras têm aplicações potenciais em produtos que exigem hidratação, como os produtos cárneos cozidos, devido ao teor de fibra alimentar total elevado e boas propriedades tecnológicas que apresentam especialmente a retenção de água (López-Vargas *et al.*, 2013).

Em estudo sobre os efeitos da adição dos subprodutos de maracujá em hambúrgueres, resultados obtidos demonstraram diminuição nos parâmetros de perda de peso por cozimento, redução de diâmetro, aumento da espessura e aumento na retenção da umidade, evidenciando assim melhoria no rendimento e melhores características visuais do produto elaborado (Selani *et al.*, 2015). A concentração de 2,5 % de albedo de maracujá é recomendada na produção de hambúrguer suíno, sendo este alimento considerado como fonte de fibras (López-vargas *et al.*, 2014).

Por outro lado, os produtos cárneos são responsáveis por aproximadamente 20 a 30 % do consumo diário de sódio, o que justifica a redução do cloreto de sódio nestes alimentos (Petracci *et al.*, 2013).

Redução de sódio em produtos cárneos

A ingestão elevada de sódio ocasiona aumento na pressão sanguínea e, conseqüentemente, desencadeamento de doenças cardiovasculares e hipertensão (WHO, 2007). O consumo de sódio pela população brasileira é estimado em 4.700 mg por pessoa ao dia (equivalentes a quase 12.000 mg de sal) sendo que 70 % desta população fazem a ingestão em excesso (mais que 2 000 mg ao dia) e mais de 90 % dos adultos e adolescentes de 14 a 18 anos de idade ultrapassam o limite diário recomendado (IBGE, 2011). A Organização Mundial de Saúde (OMS) recomendou para adultos uma redução adicional para menos de 2.000 mg de sódio por dia (5.000 mg de NaCl por dia) (Lim *et al.*,

2012).

A redução do sódio em produtos cárneos é particularmente importante e deve ser efetivada. A preocupação com a dieta sobre o consumo de sal incentivou as indústrias alimentares a considerar métodos para reduzir o uso de sal. No entanto, devido às funções essenciais, como as propriedades conservantes, seu poder desenvolvidor de sabor, e sua capacidade de solubilizar as proteínas, necessárias para aumentar a adesão e proporcionar a formação da emulsão em produtos cárneos processados, os efeitos da utilização de quantidades reduzidas deste sal devem ser cuidadosamente considerados (Inguglia *et al.*, 2017).

O cloreto de sódio confere o sabor salgado característico aos alimentos cárneos, atuando diretamente na solubilização das proteínas miofibrilares, que uma vez solubilizadas são responsáveis pela capacidade de retenção de água, emulsificação e retenção de gordura, influenciando ainda a estabilidade da emulsão pela qualidade do gel formado durante o cozimento (Totosa; Pérez-Chabela, 2009).

Várias misturas contendo KCl, CaCl_2 e NaCl, com forças iônicas equivalentes ao do sal comumente (NaCl), são utilizadas em formulações tradicionais, representando uma boa estratégia para reduzir o sódio em embutidos contendo altas concentrações de CMS de aves. Porém, a presença KCl e de CaCl_2 como substituo parcial do sal nas preparações diminui a estabilidade das emulsões (Horita *et al.*, 2014). O uso de ingredientes e aditivos que minimizem os efeitos causados pela redução do NaCl é necessário, e neste sentido, a transglutaminase é um importante coadjuvante de tecnologia.

A aplicação de transglutaminase em produtos cárneos induz a formação de ligações cruzadas, potencializando ligações entre os aminoácidos presentes, resultando na formação de uma matriz proteica porosa com alta capacidade de absorção e retenção de água (Gaspar; Góes-Favoni, 2015). Portanto, a transglutaminase possui efeito como agente gelificante em produtos cárneos, mesmo quando utilizada em concentrações reduzidas (0,25 e 0,5 %) em presunto de peixe (Ribeiro *et al.*, 2018).

Aplicação de ultrassom em produtos cárneos para redução de sódio

O prejuízo sensorial e o alto custo podem ser fatores limitantes à implementação de sais de cloreto de potássio a nível industrial na redução de sódio em produtos cárneos (CORREIA, 2019). Dessa forma, tecnologias emergentes que possibilitem a produção em larga escala de alimentos à base de carne e com teor reduzido de sódio são extremamente importantes. O uso de tecnologias limpas, como o ultrassom, é uma alternativa relevante e têm sido estudadas para melhorar as propriedades funcionais/tecnológicas de produtos alimentícios, aliadas à conveniência de menor tempo de processamento, menor gasto em água e energia, e menor produção de efluentes (Chemat; Zill; Khan, 2011; Leães *et al.*, 2020).

O ultrassom com frequências entre 20 e 100 kHz pode ter efeitos físicos e químicos destrutivos. As ondas sonoras oscilantes viajam no meio, fazendo com que bolhas microscópicas de gás aumentem de tamanho. Subsequentemente, durante o ciclo de compressão, pressões extremas são exercidas sobre a microbolha até que ela se torne instável e imploda. Quando a bolha colapsa, jatos de líquido de alta velocidade e ondas de choque se propagam na mesma direção que as ondas acústicas. Os microjatos penetram no tecido biológico causando danos e aumentando a difusão de substâncias no meio. Antes da implosão, a ação pulsante da bolha cria o fluxo acústico, garantindo o movimento constante dos íons, aumentando ainda mais a transferência de massa (Leong; Ashokkumar; Kentish, 2011).

Estudos tem sido desenvolvidos com objetivo de aplicar o ultrassom para melhoria da qualidade de carnes e produtos cárneos (Pinton *et al.*, 2019; Leões *et al.*, 2020). Ojha *et al.* (2016) estudando o efeito do ultrassom nos aspectos físico-químicos de amostras de carne suína, demonstraram que a aplicação desta tecnologia pode aumentar a difusão de sal na matriz de carne em comparação com um sistema de salmoura estática, melhorando ainda a textura e diminuindo a perda de peso no cozimento, possibilitando a utilização do cloreto de sódio em menores concentrações.

Melhorias nos aspectos de textura, como dureza, mastigabilidade e coesividade, adequados parâmetros de cor, maiores notas para sabor e aceitação sensorial, foram atribuídos ao efeito da aplicação da tecnologia de ultrassom (intensidade de 600 w. cm⁻² por 10 min) em presuntos reestruturados produzidos com carne suína e submetidos a redução de sódio atribuídas à formação de microfissuras nas proteínas miofibrilares (Barretto *et al.*, 2018; Barretto *et al.*, 2020).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O desenvolvimento e inserção do embutido cozido na alimentação humana produzido com carne mecanicamente separada (CMS) de tilápia-do-nilo é uma alternativa promissora para a valorização deste subproduto, apresenta benefícios para a saúde do consumidor em função dos ácidos graxos poli-insaturados e proteínas de alto valor biológico, podendo alavancar o aumento do consumo de pescado, promovendo a sustentabilidade na cadeia produtiva da tilápia e na indústria de sucos e polpas de maracujá, pelo aproveitamento dos subprodutos, e ainda a utilização do ultrassom e substituição parcial do cloreto de sódio por cloreto de potássio propiciam saubadilidade para o produto final sendo a sonicação responsável por melhorias na matriz alimentar dos produtos cárneos submetidos à redução de sódio.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADAMS, S.; SELLO, C.; QIN, G.-X.; CHE, D.; HAN, R. Does dietary fiber affect the levels of nutritional components after feed formulation? **Fibers**, Changchun, v. 6, n. 2, p. 29, 2018.
- ANUÁRIO BRASILEIRO DA PISCICULTURA. PEIXE BR 2020. Veículo oficial da Associação Brasileira da Piscicultura. MEDEIROS, F. (Ed.). Peixe BR. São Paulo, 136 p.
- BARRETTO, T. L.; BELLUCCI, E. R. B.; BARBOSA, R. D.; POLLONIO, M. A. R.; ROMERO, J. T.; BARRETTO, A. C. da S. Impact of ultrasound and potassium chloride on the physicochemical and sensory properties in low sodium restructured cooked ham. **Meat Science**, Barking, v. 165, p. e108130, 2020.
- BARRETTO, T. L.; POLLONIO, M. A. R.; TELIS-ROMERO, J.; BARRETTO, A. C.S. Improving sensory acceptance and physicochemical properties by ultrasound application to restructured cooked ham with salt (NaCl) reduction. **Meat Science**, Barking, v. 145, p. 55-62, 2018.
- BERY, C. C.S.; NUNES, M. L.; SILVA, G. F.; SANTOS, J. A. B.; BERY, C. S. Estudo da viabilidade do óleo de vísceras de peixes marinhos *Seriola dumerlii* (Arabaiana), *Thunnus* spp. (Atum), *Scomberomorus cavala* (Cavala) e *Carcharrhinus* spp. (Cação) comercializados em Aracaju, SE, para a produção de biodiesel. **Revista Gestão, Inovação e Tecnologias - GEINTEC**, São Cristóvão, v. 2, n. 3, p. 297-306, 2012.
- BESSA, D. P.; TEIXEIRA, C. E.; FRANCO, R. M.; FREITAS, M. Q. de; MONTEIRO, M. L. G.; CONTE JUNIOR, C. A.; GAZE, L. V.; SIVA, F. A.; MÁRSICO, E. T. Functional sausage made from mechanically separated tilapia meat. **Italian Journal of Food Sciences**, Perugia, v. 28, n. 3, p. 426-439, 2016.
- BRASIL, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 4 de 31 de março de 2000 a. Aprova os Regulamentos Técnicos de Identidade e Qualidade de Carne Mecanicamente Separada, de Mortadela, de Linguiça e de Salsicha. **Diário Oficial da União**, Brasília, 05 abr. 2000, Seção 1, p.6-10.
- BRASIL, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. DECRETO 10.468 DE 18 DE AGOSTO DE 2020. Atualização do Regulamento da Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal (RIISPOA). Pescados e Derivados, Capítulo 3, **seção 1**. Brasília, 18 de Agosto de 2020.
- CHEMAT, F.; ZILL, E. H.; KHAN, M. K. Applications of ultrasound in food technology: Processing, preservation and extraction. **Ultrasonics Sonochemistry**, Victoria, v. 18, n. 4, p. 813-835, 2011.
- CLEMENT, S.; LOVELL, R. T. Comparison of culture Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) and channel catfish (*Ictalurus punctatus*). **Aquaculture**, College Station, v. 119, p. 299-310, 1994.
- CORREIA, E. F. Alternativas para a substituição de sódio na elaboração de produtos cár-

neos e derivados. 2019. 45 f. **Trabalho de Conclusão de Curso** (Graduação em Engenharia de Alimentos) - Universidade Federal de Uberlândia, Patos de Minas, 2019.

DELGADO, J.; ANSORENA, D.; HECKE, T. V.; ASTIASARÁN, I.; SMET, S. D.; ESTÉVEZ, M. Meat lipids, NaCl and carnitine: Do they unveil the conundrum of the association between red and processed meat intake and cardiovascular diseases? **Meat Science**, Barking, v. 171, 108278, 2021.

FAO, Food and Agriculture Organization of the United Nations. **The State of World Fisheries and Aquaculture 2018**. Meeting the sustainable development goals. Rome. Licence: CC BY-NC-SA 3.0 IGO, 2018.

FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. **The State of World Fisheries and Aquaculture (SOFIA)**. World Review of fisheries and aquaculture, Part I, Roma, p. 4. 2014. Disponível em: <http://www.fao.org/fishery/sofia/en>. Acesso em: 27 jun. 2019.

FAO, Food and Agriculture Organization of the United Nations and WHO, World Health Organization. **Draft revised Standard for quick frozen blocks of fish fillets, minced fish flesh and mixtures of fillets and minced fish flesh** (Appendix IV). Codex Alimentarius Commission, Report of the 21st Session the Codex Committee on Fish and Fishery Products. Roma, p.47-57, 1994.

FITZSIMMONS, K. Global Developments and Market Trends in Tilapia for 2018. **Asian Aquaculture 2018**, Bangkok. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/329840679_Global_Developments_and_Market_Trends_in_Tilapia_for_2018. Acesso em: 15 jul 2019.

GASPAR, A. L. C.; GÓES-FAVONI, S.P.de. Action of microbial transglutaminase (MTGase) in the modification of food proteins: a review. **Food Chemistry**, Barking, v. 171, p. 315-322, 2015.

GAUDETTE, N. J.; PIETRASIK, Z. The impact of sodium reduction strategies on the sensory and processing characteristics of meat products. **Meat Science**, Barking, v. 96, n. 1, p. 123, 2014.

GHOSHAL, G.; SHIVHARE, U. S.; BANERJEE, U. C. Thermo-mechanical and microstructural properties of xylanase containing whole wheat bread. **Food Science and Human Wellness**, Pequim, v. 5, p. 219–229, 2016.

HORITA, C. N.; MESSIAS, V. C.; MORGANO, M. A.; HAYAKAWA, F. M.; POLLONIO, M. A. R. Textural, microstructural and sensory properties of reduced sodium frankfurter sausages containing mechanically deboned poultry meat and blends of chloride salts. **Food Research International**, Beltsville, v. 66, p. 29–35, 2014.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). **Pesquisas de Orçamentos Familiares 2008-2009**: Análise do consumo alimentar pessoal no Brasil. Rio de Janeiro: IBGE; 2011. Disponível em: [Disponível em: http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/](http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/)

condicaodevida/pof/2008_2009_analise_consumo/default.shtm . Acesso em: 05/11/2020.

INGUGLIA, E. S.; ZHANG, Z.; TIWARI, B. K.; KERRY, J. P.; BURGESS, C. M. Salt reduction strategies in processed meat products – A review. **Trends in Food Science and Technology**, Norwich, v. 59, p. 70-78, 2017.

LEÃES, Y. S. V.; PINTON, M. B.; ROSA, C. T. de A.; ROBALO, S. S.; WAGNER, R.; MENEZES, C. R. de; BARIN, J. S.; CAMPAGNOL, P. C. B.; CICHOSKI, A. J. Ultrasound and basic electrolyzed water: A green approach to reduce the technological defects caused by NaCl reduction in meat emulsions. **Ultrasonics Sonochemistry**, Victoria, v. 61, p. e104830, 2020.

LEIRA, M. H.; NASCIMENTO, A. F. do; ALVES, F. R.; ORFAO, L.; LACERDA, Y. G.; BOTELHO, H. A.; REGHIM, L.; LAGO, A. de A. Characterization of different techniques for obtaining minced fish from tilapia waste. **Food Science and Technology**, Campinas, v. 39, Suppl. 1, p. 63-67, 2019.

LEONG, T.; ASHOKKUMAR, M.; KENTISH, S. The fundamentals of power ultrasound: a review. **Acoustic Australian**, Canberra, v. 39, p. 54 – 63, 2011.

LIM, S.S.; VOS, T.; FLAXMAN, A.D.; DANAEI, G.; SHIBUYA, K.; ADAIR-ROHANI, H.; MEMISH, Z.A. A comparative risk assessment of burden of disease and injury attributable to 67 risk factors and risk factor clusters in 21 regions, 1990-2010. A systematic analysis for the global burden of disease study 2010. **The Lancet**, Nova York, v. 380, n. 9859, p. 2224–2260, 2012.

LÓPEZ-VARGAS, J. H.; LÓPEZ, J. F.; ÁLVAREZ, J. A. P.; MARTOS, M. V. Chemical, physico-chemical, technological, antibacterial and antioxidant properties of dietary fiber powder obtained from yellow passion fruit (*Passiflora edulis* var. *flavicarpa*) co-products. **Food Research International**, Beltsville, v. 51, n. 2, p. 756–763, 2013.

LÓPEZ-VARGAS, J. H.; LÓPEZ, J. F.; ÁLVAREZ, J. A. P.; MARTOS, M. V. Quality characteristics of pork burger added with albedo-fiber powder obtained from yellow passion fruit (*Passiflora edulis* var. *flavicarpa*) co-products. **Meat Science**, Barking, v. 97, n. 2, p. 270–276, 2014.

LORENZO, J. M.; CITTADINI, A.; BERMÚDEZ, R.; MUNEKATA, P. E.; DOMÍNGUEZ, R. Influence of partial replacement of NaCl with KCl, CaCl₂ and MgCl₂ on proteolysis, lipolysis and sensory properties during the manufacture of dry-cured Iacón. **Food Control**, Guildford, v. 55, p. 90-96, 2015.

MAGALHAES, A.; SOARES JÚNIOR, M. S.; CALIARI, M.; MARSICO, E. T. Replacement of rice flour by meat flour mechanically separated from tilapia on the technological, nutritional, and sensory quality of salted gluten-free cookies. **Journal of Aquatic Food Product Technology**, Londres, v. 29, n. 7, p. 1-10, 2020.

MAGALHÃES, A. O.; MÁRSICO, E. T.; SOARES JÚNIOR, M. S.; MONTEIRO, M. L. G. Evaluation of the technological quality of snacks extruded from broken grains of rice and

mechanically separated tilapia meat flour. **Boletim do Instituto de Pesca** (online), São Paulo, v. 45, n. 2, p. e.429-9, 2019.

MONTEIRO, M. L. G.; MÁRSICO, E. T.; DELIZA, R.; CASTRO, V. S.; MUTZ, Y. S.; SOARES JUNIOR, M. S.; CALIARI, M.; SANTOS, E. A. dos; CONTE-JUNIOR, C. A. Physicochemical and sensory characteristics of pasta enriched with fish (*Oreochromis niloticus*) waste flour. **LWT - Food Science and Technology**, Amsterdam, v. 111, p. 751–758, 2019b.

MONTEIRO, M. L. G.; MÁRSICO, E. T.; LÁZARO, C. A.; RIBEIRO, R. O. R.; JESUS, R. S.; CONTE-JÚNIOR, C. A. Flours and instant soup from tilapia wastes as healthy alternatives to the food industry. **Food Science and Technology Research**, Tokio, v. 20, n. 3, p. 571–581, 2014.

MONTEIRO, M. L. G.; MÁRSICO, E. T.; SOARES JUNIOR, M. S.; CALIARI, M.; CONTE-JUNIOR, C. A. Physicochemical stability of bread fortified with tilapia-waste flour. **CYTA-Journal of Food**, Abingdon, v. 17, n. 1, 36–43, 2019a.

MONTEIRO, M. L. G.; MÁRSICO, E. T.; SOARES JUNIOR, M. S.; DELIZA, R.; de OLIVEIRA, D. C. R.; e CONTE-JUNIOR, C. A. Tilapia waste flour as a natural nutritional replacer for bread: A consumer perspective. **Plos One**, Cambridge, v. 13, n. 5, 1–8, 2018.

MONTEIRO, M. L. G.; MÁRSICO, E. T.; SOARES JUNIOR, M. S.; MAGALHÃES, A. O.; CANTO, A. C. V. C. S.; COSTA-LIMA, B. R. C. Nutritional profile and chemical stability of pasta fortified with tilapia (*Oreochromis niloticus*) flour. **Plos One**, Cambridge, v. 11, n. 12, 1–17, 2016.

MONTEIRO, M. L.; MÁRSICO, E. T.; VIRIATO, I. M.; SOUZA, J. M.; CONTE JUNIOR, C. A. Preparation of added value byproducts from the waste material of tilapia (*Oreochromis niloticus*) processing. **Journal of Aquaculture Research & Development**, Bruxelas, v. 3, n. 6, p. 150, 2012.

OSORIO, A.; WILLS, A.; MUÑOZ, A. P. Caracterización de coproductos de la industria del fileteado de tilapia nilótica (*Oreochromis niloticus*) y Trucha Arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) en Colombia. **Revista de la Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia**, Bogotá, v. III, n. 60, p. 182-195, 2013.

OETTERER, M.; GALVÃO, J. A.; SUCASAS, L. F. A. **Sustentabilidade na cadeia produtiva do pescado: aproveitamento de resíduos**. In: GALVÃO, J. A.; OETTERER, M. (Org.). *Qualidade e processamento de pescado*. 1 ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2014, p. 97-118.

OJHA, K. S.; KEENAN, D. F.; BRIGHT, A.; KERRY, J. P.; E TIWARI, B. K. Ultrasound assisted diffusion of sodium salt replacer and effect on physicochemical properties of pork meat. **International Journal of Food Science and Technology**, Oxford, v.51, n. 1, p. 37-45, 2016.

PETRACCI, M.; BIANCHI, M.; MUDALAL, S.; E CAVANI, C. Functional ingredients for poultry meat products. **Trends in Food Science and Technology**, Norwich, v.33, n. 1, p. 27–39,

2013.

PINTON, M. B.; CORREA, L. P.; FACCHI, M. M. X.; HECK, R. T.; LEÃES, Y. S. V.; CICHOSKI, A. J.; LORENZO, J. M.; SANTOS, M. DOS; POLLONIO, M. A. R.; CAMPAGNOL, PAULO C. B. Ultrasound: A new approach to reduce phosphate content of meat emulsions. **Meat Science**, Barking, v. 152, p. 88–95, 2019.

PIRES, A. V.; PEDREIRA, M. M.; PEREIRA, I. G.; FONSECA JUNIOR, A.; ARAÚJO, C. V.; SILVA, L. H. S. Predição do rendimento e do peso do filé da tilápia-do-nilo. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, Maringá, v. 33, n. 3, p. 315-319, 2011.

RIBEIRO, A. T.; ELIAS, M.; TEIXEIRA, B.; PIRES, C.; DUARTE, R.; SARAIVA, J. A.; MENDES, R. Effects of high pressure processing on the physical properties of fish ham prepared with farmed meagre (*Argyrosomus musregius*) with reduced use of microbial transglutaminase. **LWT - Food Science and Technology**, Amsterdam, v. 96, p. 296-306, 2018.

SECCI, G.; BORGOGNO, M.; LUPI, P.; ROSSI, S.; PACI, G.; MANCINI, S.; BONELLI, A.; PARISI, G. Effect of mechanical separation process on lipid oxidation in European aquacultured sea bass, gilthead sea bream, and rainbow trout products. **Food Control**, Guildford, v. 67, p. 75-81, 2016.

SELANI, M. M.; MARGIOTTA, G. B.; PIEDADE, S. M. S.; CASTILLO, C. J. C.; BRAZACA, S. G. C. Physicochemical, sensory and cooking properties of low fat beef burgers with addition of fruit byproducts and canola oil. **International Conference on Biomedical Engineering and Technology (ICBET 2015)**. IACSIT Press, Singapore, v. 18, n. 11, p. 58-65, 2015.

SURASANI, V. K. R.; RAJU, C. V.; SHAFIQ, U.; CHANDRA, M. V.; LAKSHMISHA, I. P. Influence of protein isolates from Pangas processing waste on physico-chemical, textural, rheological and sensory quality characteristics of fish sausages. **LWT- Food Science and Technology**, Amsterdam, v. 117, p. 108662e, 2020.

TAHERGORABI, R.; BEAMER, S.K.; MATAK, K.E.; JACZYNSKI, J. Chemical properties of x-3 fortified gels made of protein isolate recovered with isoelectric solubilisation/precipitation from whole fish. **Food Chemistry**, Barking, n.139, p.777–785, 2013.

TOTOSAUS, A.; PÉREZ-CHABELA, M. L. Textural properties and microstructure of low-fat and sodium-reduced meat batters formulated with gellan gum and dicationic salts. **LWT - Food Science and Technology**, Amsterdam, v. 42, n. 2, p. 563-569, 2009.

WHO, World Health Organization. **Reducing salt intake in populations**. Report of a WHO Forum and Technical Meeting, Paris, v. 5-7, p. 185–194, 2007.

PLANTAS ALIMENTÍCIAS NÃO CONVENCIONAIS (PANCs): UMA ABORDAGEM SOBRE AS PROPRIEDADES NUTRICIONAIS E FUNCIONAIS DA LANTERNA-CHINESA (*Abutilon pictum*)

Luciane Lanser¹.

Centro Universitário Internacional (UNINTER), Curitiba - PR, Brasil.

<http://lattes.cnpq.br/7491968686322724>

RESUMO: A lanterna-chinesa (*Abutilon pictum*) é uma Planta Alimentícia Não Convencional (PANC) pertencente à família Malvaceae, nativa da América do Sul e cultivada em ambientes tropicais e subtropicais. Apesar de sua difusão ornamental, seu potencial alimentar e funcional permanece subexplorado. O presente estudo visou sintetizar o conhecimento científico disponível referente à espécie, incluindo suas características morfológicas, aplicações tradicionais, perfil químico e nutricional, propriedades funcionais e potencial de cultivo. A pesquisa foi realizada em bases indexadas como Scopus, Web of Science, SciELO, ScienceDirect, PubMed e Google Scholar. Os resultados indicam que a lanterna-chinesa possui teor proteico de 23,4% em sua biomassa integral, valor expressivo e similar ao observado para a ora-pro-nóbis (*Pereskia aculeata*). Além disso, a planta apresenta perfil lipídico caracterizado pela predominância de ácidos graxos poli-insaturados essenciais, especialmente linoleico (C18:2) e α -linolênico (C18:3). Estudos realizados com espécies correlatas também indicam a ocorrência de compostos fenólicos, mucilagens e outros metabólitos secundários em suas flores e folhas, associados a propriedades de interesse nutricional e farmacológico. Sua rusticidade, rápido crescimento e baixa exigência de insumos reforçam sua viabilidade em sistemas agroecológicos urbanos. Neste contexto, a lanterna-chinesa alinha-se ao conceito de *foodscaping*, configurando-se como recurso promissor para diversificação alimentar, sustentabilidade urbana e fortalecimento da segurança nutricional.

PALAVRAS-CHAVE: Flores comestíveis. Nutrição. Agricultura urbana.

UNCONVENTIONAL FOOD PLANTS (UFPs): AN APPROACH TO THE NUTRITIONAL AND FUNCTIONAL PROPERTIES OF THE CHINESE LANTERN (*Abutilon pictum*)

ABSTRACT: The Chinese lantern (*Abutilon pictum*) is an unconventional food plant (PANC) belonging to the Malvaceae family, native to South America and cultivated in tropical and subtropical environments. Although widely valued as an ornamental resource, the nutritional

and functional potential of this plant remains underexplored. This study aimed to synthesize the available scientific knowledge on the species, addressing morphological characteristics, traditional uses, chemical and nutritional profile, functional properties, and cultivation potential. The literature review was conducted in indexed databases such as Scopus, Web of Science, SciELO, ScienceDirect, PubMed, and Google Scholar. Results indicate that the biomass of the Chinese lantern contains 23.4% protein, a noteworthy value comparable to that of *ora-pro-nobis* (*Pereskia aculeata*). The lipid fraction is distinguished by the predominance of essential polyunsaturated fatty acids, particularly linoleic acid (C18:2) and α -linolenic acid (C18:3). Studies on related taxa also report the occurrence of phenolic compounds, mucilage, and other secondary metabolites in flowers and leaves, linked to nutritional and pharmacological relevance. Hardiness, rapid growth, and low input requirements further reinforce the feasibility of cultivation in urban agroecological systems. Within this context, the Chinese lantern aligns with the concept of foodscaping and emerges as a promising resource for food diversification, urban sustainability, and improved nutritional security.

KEY-WORDS: Edible flowers. Nutrition. Urban agriculture.

INTRODUÇÃO

A contínua perda da agrobiodiversidade mundial, intensificada pela predominância de sistemas agrícolas baseados em monoculturas e pelos impactos adversos das mudanças climáticas, impõe desafios significativos à segurança alimentar e à sustentabilidade dos sistemas agroalimentares (SILVA *et al.*, 2022; DURIGON, MADEIRA & KINUPP, 2023). Em resposta a estas demandas, cresce o interesse pelas Plantas Alimentícias Não Convencionais (PANCs), um conjunto diversificado de espécies vegetais que, embora historicamente negligenciadas ou subutilizadas, apresentam elevado potencial para a diversificação alimentar, a valorização de saberes tradicionais e o fortalecimento da segurança nutricional, sobretudo em contextos urbanos e periurbanos (LIBERATO, LIMA & SILVA, 2019; SARTORI *et al.*, 2020).

No cenário brasileiro, a redescoberta e a promoção das PANCs configuram uma estratégia fundamental para fomentar práticas agroecológicas e sistemas alimentares mais resilientes, integrando aspectos sociais, ambientais e nutricionais (DURIGON, MADEIRA & KINUPP, 2023). Dentre as espécies existentes, destaca-se a lanterna-chinesa (*Abutilon pictum*), planta arbustiva da família Malvaceae amplamente cultivada como ornamental, mas pouco explorada no âmbito alimentar (LORENZI & SOUZA, 2001; MACHADO *et al.*, 2023; MITRA *et al.*, 2023). Evidências etnobotânicas e pesquisas fitoquímicas apontam para a presença de compostos bioativos relevantes em suas partes comestíveis, sugerindo seu potencial como alimento funcional e nutricional (SARTORI *et al.*, 2020; RAMOS *et al.*, 2021; AZIMOVA & GLUSHENKOVA, 2012). Assim, torna-se pertinente revisar seus atributos botânicos, químicos, agrônômicos e tecnológicos.

OBJETIVO

Este capítulo tem como objetivo revisar a literatura disponível referente à planta popularmente conhecida como lanterna-chinesa (*Abutilon pictum*), abordando suas características botânicas, usos tradicionais, composição química, propriedades nutricionais e funcionais, assim como sua viabilidade agrônômica, visando fundamentar e promover o reconhecimento desta espécie como uma Planta Alimentícia Não Convencional (PANC) de significativa relevância para a agricultura urbana sustentável.

METODOLOGIA

O presente estudo consistiu em uma revisão bibliográfica de natureza básica, com abordagem qualitativa e objetivo descritivo, voltada à identificação e análise das propriedades nutricionais e funcionais da lanterna-chinesa (*Abutilon pictum*), dentro do contexto das Plantas Alimentícias Não Convencionais (PANCs). A pesquisa foi realizada em bases de dados indexadas, como Scopus, Web of Science, SciELO, ScienceDirect, PubMed e Google Scholar, utilizando descritores em português e inglês, como “plantas alimentícias não convencionais”, “*Abutilon*”, “*Abutilon pictum*”, “wild plant species” e “alimentação sustentável”.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Características botânicas e taxonômicas

A lanterna-chinesa (*Abutilon pictum*), também denominada flor-de-sino ou *flowering maple*, é uma planta subarbustiva pertencente à família Malvaceae, nativa da América do Sul e amplamente cultivada em jardins e projetos de paisagismo (LORENZI & SOUZA, 2001). Encontra-se distribuída em diversas regiões tropicais e subtropicais, incluindo Brasil, Argentina, Paraguai e Uruguai. Apesar da ampla ocorrência, seu aproveitamento como recurso alimentar alternativo ainda permanece incipiente (MACHADO *et al.*, 2023; MITRA *et al.*, 2023).

A espécie apresenta porte médio, variando de 1,0 a 2,5 metros de altura, com caule ereto e ramificação lateral definida. Suas folhas são simples, alternadas, cordiformes e de margens serradas, com textura levemente pilosa. As flores, pendentes e campanuladas, possuem coloração que varia do amarelo-alaranjado ao vermelho, com nervuras de tonalidade mais intensa (SARTORI *et al.*, 2020; MACHADO *et al.*, 2023). Em climas tropicais, sua floração se estende por todo o ano, atraindo polinizadores como beija-flores e morcegos (MITRA *et al.*, 2023). A Figura 1 ilustra seus principais atributos morfológicos, auxiliando na correta identificação da planta.

Figura 1. Lanterna-chinesa (*Abutilon pictum*): flor (à esquerda), pétalas destacadas e estame (ao centro), e folha (à direita).



Fonte: Luciane Lanser (2025). iNaturalist (<https://www.inaturalist.org>) sob licença Creative Commons CC BY-NC 4.0.

Usos tradicionais e aplicações etnobotânicas

De acordo com registros etnobotânicos, a lanterna-chinesa apresenta flores e folhas comestíveis, apreciadas tanto *in natura* quanto cozidas (MACHADO *et al.*, 2023). A vivacidade cromática de suas inflorescências, associada à delicadeza do sabor inerente à planta, favorece seu emprego como elemento ornamental culinário, especialmente em saladas, sobremesas e demais preparações de apelo estético (SARTORI *et al.*, 2020).

Em sistemas tradicionais de conhecimento, espécies relacionadas apresentam ampla aplicação medicinal. Há registros do uso da malva-indiana (*Abutilon indicum*) em práticas fitoterápicas asiáticas, incluindo o tratamento de distúrbios digestivos, respiratórios, urinários e inflamatórios, além de usos tópicos para lesões cutâneas. Tais aplicações envolvem decocções, infusões e preparações obtidas a partir de flores, folhas, raízes e sementes, associadas a propriedades digestivas, laxativas, expectorantes, diuréticas, adstringentes, analgésicas e anti-helmínticas (RAJESHWARI & SEVARKODIYONE, 2018; SUNIL *et al.*, 2023). Embora as indicações relatadas não possam ser atribuídas diretamente à lanterna-chinesa, a proximidade taxonômica sugere que a planta possa apresentar compostos de semelhante relevância. A ausência de investigações específicas, no entanto, limita a confirmação deste potencial e reforça a necessidade de estudos fitoquímicos direcionados (SARTORI *et al.*, 2020; MITRA *et al.*, 2023).

Os caules da lanterna-chinesa apresentam fibras vegetais de interesse artesanal e tecnológico, porém sem aplicação alimentar conhecida. Quanto às sementes, não há registros na literatura sobre composição química ou segurança para consumo humano, indicando a necessidade de estudos toxicológicos. Para além do uso humano, partes aéreas da planta também são oferecidas como forragem para pequenos ruminantes, devido à sua aceitabilidade e valor proteico. Relatos agrônômicos indicam que este aproveitamento auxilia na diversificação da dieta animal e na redução da dependência de forrageiras convencionais, em consonância com princípios de sistemas agroecológicos sustentáveis (RAMOS *et al.*, 2021; SANTOS *et al.*, 2021).

Composição química e propriedades nutricionais

Embora a literatura apresente poucos estudos direcionados ao perfil químico e nutricional da lanterna-chinesa, análises bromatológicas indicam que a espécie, considerada em sua biomassa vegetal integral, apresenta teor de proteína bruta equivalente a 23,4% (RAMOS *et al.*, 2021). Trata-se de um valor expressivo, similar ao observado para a ora-pro-nóbis (*Pereskia aculeata*), que possui cerca de 20,0% de proteínas em sua fração foliar (SARTORI *et al.*, 2020).

Além do aporte proteico, estudos desenvolvidos com espécies correlatas sugerem a presença de compostos fenólicos, mucilagens e outros metabólitos secundários nas flores e folhas da planta, responsáveis por propriedades de interesse farmacológico e nutricional. De modo mais amplo, a caracterização fitoquímica do gênero *Abutilon* evidencia a presença de um espectro diversificado de substâncias bioativas, incluindo ácidos fenólicos, flavonoides, taninos, saponinas, esteróis, triterpenos, quinonas, cumarinas, alcaloides, esfingolipídios, megastigmanes, iridoides e fibras insolúveis (GOMAA *et al.*, 2016; RAMOS *et al.*, 2021). Tais classes de compostos estão associadas a múltiplas atividades biológicas documentadas, tais como ação antioxidante, anti-inflamatória, antimicrobiana, hepatoprotetora, analgésica, hipoglicemiante e gastroprotetora, além de efeitos citotóxicos, antifúngicos, antivirais, antihelmínticos, antihipertensivos e cicatrizantes (RAJESHWARI & SEVARKODIYONE, 2018; GOMAA *et al.*, 2016; SUNIL *et al.*, 2023). Para a lanterna-chinesa, especificamente, estudos verificaram teores de taninos variando de baixos a moderados, além da presença de esteróis em baixa concentração, enquanto saponinas e alcaloides não foram identificados (RAMOS *et al.*, 2021).

No que se refere ao perfil lipídico, informações disponíveis na literatura demonstram predominância de ácidos graxos poli-insaturados essenciais, sobretudo o ácido linoleico (C18:2) e o ácido α -linolênico (C18:3). Nas folhas, estes compostos corresponderam a 29,6% e 25,6% do total identificado, respectivamente, enquanto nos pecíolos atingiram teores de 36,0% e 17,6%. No caule, o ácido linoleico também predominou, com 40,2%, acompanhado pelo ácido palmítico (C16:0), que representou 31,0% (AZIMOVA & GLUSHENKOVA, 2012). Do ponto de vista fisiológico, os compostos relatados desempenham funções indispensáveis no organismo humano, atuando na regulação de processos inflamatórios, na manutenção estrutural das membranas celulares e na proteção contra distúrbios metabólicos, incluindo doenças cardiovasculares (SIMOPOULOS, 2016). Para efeito comparativo, observa-se que a couve (*Brassica oleracea* var. *acephala*) apresenta cerca de 58,9% de ácidos poli-insaturados em sua fração lipídica, sendo 42,3% atribuídos ao ácido α -linolênico e 12,1% ao linoleico (CANAZZA *et al.*, 2024). Já o espinafre (*Spinacia oleracea*) possui valores mais modestos, com aproximadamente 14,3% de poli-insaturados no total de lipídeos (NEMZER, AL-TAHER & ABSHIRU, 2021).

Viabilidade agronômica e potencial para agricultura urbana

A lanterna-chinesa apresenta rusticidade e adaptabilidade a diferentes tipos de solo, preferindo locais de meia-sombra a sol pleno e tolerando períodos curtos de estiagem. A planta demonstra crescimento rápido e apresenta boa resistência a pragas, atributos que a tornam promissora para cultivo em sistemas agroecológicos urbanos. Sua propagação é facilitada principalmente por estaquia, podendo também ser realizada a partir de sementes. Além disso, apresenta baixa exigência de insumos, característica que favorece seu cultivo em hortas urbanas, quintais e sistemas agroflorestais (LORENZI & SOUZA, 2001; RAMOS *et al.*, 2021).

Sua rápida taxa de crescimento, aliada ao seu elevado potencial ornamental, confere à espécie atributos estéticos e funcionais que ampliam seu espectro de aproveitamento. Esta versatilidade alinha-se ao conceito de *foodscaping*, que propõe a integração de plantas comestíveis e ornamentais em paisagens multifuncionais, ampliando a diversidade biológica e a resiliência socioambiental (ALAM & GABRIEL-NEUMANN, 2024). Neste contexto, a lanterna-chinesa pode contribuir não apenas para a melhoria paisagística e o enriquecimento ecológico, mas também para a promoção da educação alimentar e o fortalecimento do vínculo entre a população urbana e a natureza (DURIGON, MADEIRA & KINUPP, 2023).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A lanterna-chinesa (*Abutilon pictum*) apresenta significativo potencial para diversificação alimentar, ornamental e agroecológica. Ainda que subexplorada como recurso alimentício, a espécie apresenta atributos nutricionais relevantes, com destaque para o teor proteico expressivo, assim como para a presença de ácidos graxos poli-insaturados de reconhecida importância fisiológica. Além disso, sua composição fitoquímica sugere possibilidade de aplicações farmacológicas, embora estudos específicos sejam requeridos. Do ponto de vista agrônomo, a rusticidade, o rápido crescimento e a baixa exigência em insumos tornam a planta especialmente adequada para a agricultura urbana e sistemas agroecológicos, nos quais pode desempenhar papel estratégico na segurança alimentar e sustentabilidade ambiental. Associada ao seu valor ornamental, a lanterna-chinesa se insere no conceito de *foodscaping*, reforçando a integração entre estética, biodiversidade e funcionalidade. Desta forma, a ampliação de estudos fitoquímicos, nutricionais e toxicológicos sobre a espécie se mostra fundamental para consolidar sua inserção na alimentação humana, bem como para fomentar estratégias inovadoras de uso em paisagens produtivas urbanas.

REFERÊNCIAS

- ALAM, A.; GABRIEL-NEUMANN, E. **Potential contribution of foodscaping to food security in the Gulf region: Case study of Al Ain city of UAE**. Urban Agriculture & Regional Food Systems, v. 9, p. e20068, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1002/uar2.20068>.
- AZIMOVA, S. S.; GLUSHENKOVA, A. I. **Lipids, lipophilic components and essential oils from plant sources**. Springer, Dordrecht, 2012.
- CANAZZA, E.; TESSARI, P.; MAYR MARANGON, C.; LANTE, A. **Nutritional profile and chlorophyll intake of collard green as a convenience food**. Nutrients, v. 16, p. 4015, 2024. DOI: <https://doi.org/10.3390/nu16234015>.
- DURIGON, Jaqueline et al. **Plantas alimentícias não convencionais (PANC): da construção de um conceito à promoção de sistemas de produção mais diversificados e resilientes**. Revista Brasileira de Agroecologia, v. 18, n. 1, p. 268-291, 2023. ISSN 1980-9735. DOI: <https://doi.org/10.33240/rba.v18i1.23722>.
- GOMAA, A. A. R. et al. **Phytochemical and biological studies of Abutilon species: a review**. Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry, v. 5, n. 5, p. 325-334, 2016.
- INATURALIST. Disponível em: <https://www.inaturalist.org>. Acesso em: 19 ago. 2025.
- LIBERATO, P.; LIMA, D. V. T.; SILVA, G. M. B. **PANCs - Plantas alimentícias não convencionais e seus benefícios nutricionais**. Environmental Smoke, v. 2, n. 2, p. 102–111, 2019.
- LORENZI, H.; SOUZA, M. S. de. **Plantas ornamentais no Brasil: arbustivas, herbáceas e trepadeiras**. 2. ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2001.
- MACHADO, J. S.; PIERACCI, Y.; CARMASSI, G.; RUFFONI, B.; COPETTA, A.; PISTELLI, L. **Effect of drying post-harvest on the nutritional compounds of edible flowers**. Horticulturae, v. 9, p. 1248, 2023. DOI: <https://doi.org/10.3390/horticulturae911124>.
- MITRA, Bulganin; CHATTERJEE, Lina; DAS, Aannhik; HAZRA, Dipak; RONG, Abhik; SAMANTA, Tarak; ROY, Arjan Basu. **Flower-visiting passerine birds of Darjeeling and Sikkim Himalaya**. In: SENGUPTA, Nivedita; ROY, Arjan Basu; SAMANTA, Tarak (orgs.). Biodiversity at Crossroads. Nova Delhi: Bharati Publication, 2023. p. 176–191.
- NEMZER, B.; AL-TAHER, F.; ABSHIRU, N. **Extraction and natural bioactive molecules characterization in spinach, kale and purslane: a comparative study**. Molecules, v. 26, p. 2515, 2021. DOI: <https://doi.org/10.3390/molecules26092515>.
- RAJESHWARI, S.; SEVARKODIYONE, S. P. **Medicinal properties of Abutilon indicum**. Open Journal of Plant Science, v. 3, n. 1, p. 22–25, 2018. DOI: <https://doi.org/10.17352/ojps.000011>.
- RAMOS, L.; APRÁEZ, J. E.; CORTES, K. S.; APRÁEZ, J. J. **Nutritional, antinutritional and phenological characterization of promising forage species for animal feeding in a**

cold tropical zone. Revista de Ciencias Agrícolas, v. 38, n. 1, p. 86–96, 2021. DOI: <https://doi.org/10.22267/rcia.213801.152>.

SANTOS, F. C. dos; SILVA, D. D. da; ALBUQUERQUE FILHO, M. R. de; SIMEONE, M. L. F.; SILVEIRA, M. C. T. da; CAMPOS, C. N.; MENEZES, C. B. de; COTA, L. V.; ALBUQUERQUE, P. E. P.; SIMEÃO, R. M.; BARBOSA, T. A.; PINTO, C. F. **Recomendação de cultivares de plantas forrageiras e de cobertura para solos arenosos do Oeste da Bahia.** Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2021. 41 p.

SARTORI, V. C.; MINELLO, H. T. L. V.; BASSO, M. R. P. A.; SCUR, L. **Plantas alimentícias não convencionais – PANC: resgatando a soberania alimentar e nutricional.** In: CAMATTI SARTORI, V.; et al. (Ed.). Caxias do Sul, RS: EDUCS, 2020. 118 p.

SILVA, G. M. da; ROCHA, N. C.; SOUZA, B. K. M. de; AMARAL, M. P. do C.; CUNHA, N. S. R. da; MORAES, L. V. de S.; GEMAQUE, E. de M.; DUTRA, C. D. T.; MOURA, J. da S.; MENDES, P. M. **The potential of unconventional food plants (PANC): a literature review.** Brazilian Journal of Development, v. 8, n. 2, p. 14838–14853, 2022. DOI: <https://doi.org/10.34117/bjdv8n2-416>.

SIMOPOULOS, A. P. **An increase in the omega-6/omega-3 fatty acid ratio increases the risk for obesity.** Nutrients, v. 8, n. 3, p. 128, 2016. DOI: 10.3390/nu8030128.

SUNIL, S. M.; MALGI, R.; BHAVYA, J.; et al. **Phytochemical analysis and antioxidant evaluation of the ethanolic leaf extract of *Abutilon indicum*.** Open Journal of Medicinal Chemistry, v. 7, p. 1–9, 2023. DOI: <https://doi.org/10.4236/ojmc.2023.71001>.

APLICABILIDADE DOS PROGRAMAS DE AUTOCONTROLE EM INDÚSTRIAS DE BENEFICIAMENTO DE CARNES EM UBERLÂNDIA-MG

Elicéia Meireles Gomes¹;

Instituto Federal do Triângulo Mineiro-*Campus* Uberaba (IFTM), Uberaba, MG.

<http://lattes.cnpq.br/4104829403859281>

Ana Helena Alves Franco²;

Instituto Federal do Triângulo Mineiro-*Campus* Uberaba (IFTM), Uberaba, MG.

<http://lattes.cnpq.br/1324770495763356>

Fernanda Raghianti³;

Instituto Federal do Triângulo Mineiro-*Campus* Uberlândia (IFTM), Uberlândia, MG.

<http://lattes.cnpq.br/1258710253836494>

Elaine Alves dos Santos⁴.

Instituto Federal do Triângulo Mineiro-*Campus* Uberlândia (IFTM), Uberlândia, MG.

<http://lattes.cnpq.br/7870619050486209>

RESUMO: O presente estudo teve como objetivo avaliar a implantação dos programas de autocontrole nas unidades de beneficiamento de carne e produtos cárneos registradas no Serviço de Inspeção Municipal de Uberlândia/MG. Para tal foi elaborada uma lista de verificação avaliando se todos os requisitos legais exigidos estavam sendo abrangidos e estabelecendo comparação entre os procedimentos descritos e a sua execução de forma satisfatória. Os estabelecimentos foram classificados em regular (0 a 50% de atendimento dos itens), bom (51 a 75% de atendimento dos itens) e ótimo (76 a 100% de atendimento dos itens). Foi oferecida uma capacitação online aos responsáveis técnicos dos estabelecimentos, visando esclarecer e tirar dúvidas sobre a elaboração dos programas de autocontrole e também foi elaborada uma cartilha técnica para ser entregue aos profissionais com o objetivo de facilitar o entendimento sobre como aplicar a legislação à realidade do estabelecimento. Dos dezoito estabelecimentos avaliados, três foram classificados como bom e quinze ótimos. Foi possível concluir que os estabelecimentos aderidos ao SISBI foram melhor classificados do que os registrados apenas no SIM e também há necessidade de maior treinamento dos responsáveis pelos registros de monitoramento assim como maior critério dos órgãos de inspeção ao fazerem as verificações oficiais.

PALAVRAS-CHAVE: PAC. Capacitação técnica. Monitoramento.

APPLICABILITY OF SELF-CONTROL PROGRAMS IN MEAT PROCESSING INDUSTRIES IN UBERLÂNDIA-MG

ABSTRACT: The objective of this study was to evaluate the implementation of self-monitoring programs in meat and meat product processing units registered with the Municipal Inspection Service of Uberlândia, Minas Gerais. To this end, a checklist was developed to assess whether all legal requirements were being met and to compare the procedures described with their satisfactory execution. The establishments were classified as fair (0 to 50% compliance with the items), good (51 to 75% compliance with the items), and excellent (76 to 100% compliance with the items). Online training was offered to the technical managers of the establishments, aiming to clarify and answer questions about the development of self-control programs. A technical booklet was also prepared to be delivered to professionals in order to facilitate understanding of how to apply the legislation to the reality of the establishment. Of the eighteen establishments evaluated, three were classified as good and fifteen as excellent. It was possible to conclude that establishments adhering to SISBI were better classified than those registered only in SIM, and that there is a need for greater training of those responsible for monitoring records, as well as greater discretion by inspection agencies when conducting official checks.

KEY-WORDS: PAC. Technical training. Monitoring.

INTRODUÇÃO

Qualidade, segundo a ISO (International Organization for Standardization), é a adequação e conformidade dos requisitos que a própria norma e os clientes estabelecem. Em outras palavras, a qualidade é o nível de perfeição de um processo, serviço ou produto entregue pela sua empresa (Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2022).

Até o ano de 2005 somente três sistemas de qualidade eram exigidos para indústrias beneficiadoras e produtoras de origem animal que eram as Boas Práticas de Fabricação (BPF), a Análise de Perigos e Pontos Críticos do Controle (APPCC) e o Procedimento Padrão de Higiene Operacional (PPHO), quando então o MAPA (Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento) adotou um novo modelo com o uso dos programas de autocontroles, que se trata da junção dos sistemas de qualidade já exigidos até então com demais controles considerados relevantes na qualidade e segurança dos alimentos (Espíndola *et al.*, 2021).

Os programas de autocontrole são programas descritos, desenvolvidos, implantados, monitorados e verificados pelo estabelecimento e de responsabilidade exclusiva destes, com vistas a assegurar a inocuidade, a identidade, a qualidade e a integridade dos alimentos elaborados, que incluam, mas não se limitem aos programas de pré-requisitos, BPF, PPHO e APPCC ou a programas equivalentes reconhecidos pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Brasil, 2017b).

À gestão da qualidade da empresa cabe a elaboração, a descrição dos planos e dos procedimentos organizados em manuais. Cada manual deve conter a apresentação do conteúdo e o propósito do programa, sua aplicação e seus objetivos, citar as legislações e as fontes consultadas, as definições de termos, as responsabilidades de cada setor da empresa que garantam o cumprimento de cada programa, descrever o que será controlado, a forma como será feito e quem o fará. Deverá ser realizado monitoramento para assegurar o atendimento a requisitos definidos contando ainda com a inspeção por órgão legal (serviço de inspeção oficial) para garantir ao consumidor um alimento seguro (Mesquita *et al.*, 2021).

A implementação desses programas visa o controle da produção desde a obtenção da matéria-prima, durante o processamento, transporte e comercialização, minimizando perdas e garantindo qualidade e segurança. A indústria de alimentos necessita aperfeiçoar o seu sistema de gestão da qualidade de forma a abranger toda a cadeia produtiva. Por outro lado, os órgãos reguladores precisam ser mais ágeis na aprovação de normas que orientem as indústrias (Benedito Júnior *et al.*, 2019).

OBJETIVO

O objetivo deste estudo foi avaliar se os PACs estão descritos e implantados nas unidades de beneficiamento de carne e produtos cárneos registradas no Serviço de Inspeção Municipal de Uberlândia (SIM) e se estes estão compatíveis com a realidade das destas empresas quanto ao que é praticado na rotina diária, visando a oferta de produtos inócuos à saúde dos consumidores, contribuindo para a melhoria da saúde pública no município em questão.

METODOLOGIA

O presente estudo foi realizado no período de outubro de 2023 a outubro de 2024, nas unidades de beneficiamento de carnes e produtos cárneos registradas no Serviço de Inspeção Municipal (SIM) de Uberlândia, Minas Gerais. As indústrias classificadas nesta categoria possuem características distintas entre si de acordo com o produto que elabora. Dentre as que estão regularizadas há: empresas que produzem embutidos (linguiças) (03 empresas), espetinhos (03), produzem tanto linguiças como espetinhos (02), linguiças e cortes cárneos (02), linguiças, espetinhos e cortes cárneos (01), linguiças, espetinhos, cortes cárneos e moldados (hambúrguer) (01), linguiças e moldados (tanto in natura quanto defumados) (01), pururuca (02), charque/jerked beef (01), banha (02), envoltórios (tripa) (01). Uma das indústrias não concordou em participar do estudo e, portanto, dezoito empresas foram visitadas e participaram do processo.

Foram realizadas visitas presenciais às unidades de beneficiamento de carnes e produtos cárneos e também a leitura dos seus programas de autocontrole. Nessa oportunidade também foi aplicada a lista de verificação (checklist), elaborada de forma a

contemplar a avaliação de todos os requisitos legais exigidos para os PAC previstos no Decreto 9.013/2017 (Brasil, 2017a) e Norma Interna 01/2017 (Brasil, 2017b), observando seu nível de adequação à realidade da empresa, e estabelecendo comparação entre os procedimentos descritos e a execução dos mesmos, devendo a execução prática ocorrer de forma satisfatória.

Para realização das visitas foi elaborado um termo de ciência da aplicação do checklist, o qual informou ao estabelecimento que o uso dos dados seria apenas para fins científicos e que não haveria identificação da empresa, respeitando-se o sigilo científico.

A lista de verificação foi dividida em elementos de controle, sendo eles: 1 - Manutenção; 2 - Águas de abastecimento; 3 - Controle integrado de pragas; 4 - Higiene industrial e operacional (PPHO); 5 - Higiene e hábitos higiênicos dos funcionários; 6 - Procedimentos sanitários operacionais (PSO); 7 - Controle de matéria prima, ingredientes e material de embalagem; 8 - Controle de temperaturas; 9 - Análise de perigos e pontos críticos de controle (APPCC); 10 - Análises laboratoriais; 11 - Controle de formulação de produtos e combate à fraude; 12 - Rastreabilidade e recolhimento.

O preenchimento da lista de verificação consistiu em avaliar se determinado item estava conforme (C), ou seja, se atendeu ao que é exigido, se estava não conforme (NC), se determinado item não se aplicava (NA) ao estabelecimento em questão (neste caso justificar) e se o tópico não pôde ser observado (NO). Após este preenchimento foi avaliado o grau de adequação e implementação dos PAC em relação a todos estabelecimentos estudados, onde os estabelecimentos foram classificados de acordo com o índice de conformidade das respostas obtidas no preenchimento, conforme detalhamento, a saber: ótimo, os estabelecimentos que atingirem 76 a 100% de atendimento dos itens avaliados; bom, os que obtiverem 51 a 75% de conformidade, e regulares, os que atingirem 0 a 50% de itens “conformes”. A escala de classificação do estabelecimento adotada foi baseada naquela contida na RDC n. 275 (Brasil, 2002), com adaptações.

Foi utilizada como método estatístico, a estatística descritiva, com o cálculo dos percentuais de conformidade para cada estabelecimento, determinando a classificação geral do mesmo, e para cada elemento avaliado, sendo a conformidade avaliada em relação ao atendimento da legislação vigente e do cumprimento dos PAC's na rotina prática das unidades de beneficiamento de carnes e produtos cárneos. Os dados foram tabulados utilizando o software Excel (versão 2013).

Após delineada a classificação dos estabelecimentos estudados, foi oferecida uma capacitação aos seus responsáveis técnicos, cujo nível de adequação em relação aos PACs foi igual ou superior a 80%. A capacitação teve participação voluntária, foi realizada por meio de explanação oral, com auxílio de recursos audiovisuais tipo slides e foi realizada remotamente por meio da plataforma Google Meet, abordando de forma explicativa o detalhamento de cada elemento de controle, o que é necessário conter no programa visando descrever os padrões esperados de cada operação assim como a definição das

medidas corretivas que devem ser feitas para resolução das não conformidades mais prováveis de acontecimento, e as medidas preventivas que serão tomadas para que a mesma não conformidade não volte a ocorrer, sendo a prevenção determinada de acordo com a realidade do estabelecimento em questão e suas particularidades.

Os conteúdos formativos abordados na capacitação foram os seguintes:

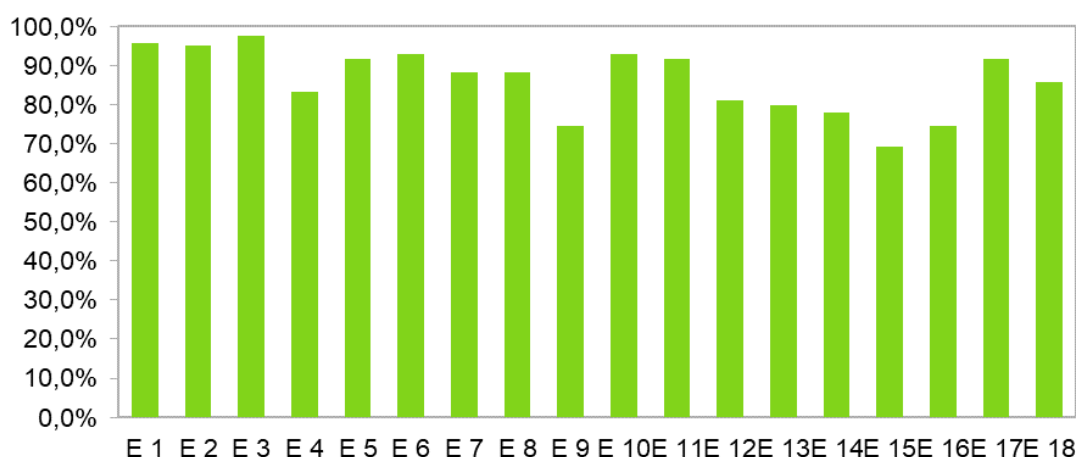
- Princípios básicos da inspeção: o que é avaliado pelo serviço de inspeção durante uma vistoria; Legislações vigentes que devem ser utilizadas como embasamento: quais legislações vigentes nas quais são embasadas as vistorias do serviço de inspeção; Estrutura de um PAC: quais informações necessárias para se conter no PAC (roteiro); Elementos de controle verificados pelo serviço de inspeção: elucidação de quais são os elementos de controle essenciais que um PAC precisa conter; Análise das principais ações corretivas e preventivas, dos procedimentos de monitoramento, verificação e registro: diferenciar o objetivo de ação corretiva e preventiva, assim como do monitoramento e verificação e como deve ser feito o registro; Exercícios simulando situação cotidiana: apresentação de um croqui de indústria para descrição dos elementos de controle; apresentação de possíveis não conformidades para discussão de possíveis medidas preventivas e corretivas.

O conteúdo da capacitação foi pautado nas legislações vigentes, como a RDC nº 275 de 21 de outubro de 2002 (Brasil, 2002), o Decreto 9.013 de 29 de março de 2017 (Brasil, 2017a) e a Norma Interna DIPOA/SDA Nº 01, de 08 de março de 2017 (Brasil, 2017b).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

É possível observar na Figura 1 que nenhuma das empresas avaliadas apresentou 100% de conformidade em relação à sua classificação geral, em atendimento aos PACs, visto que o maior nível de conformidade (estabelecimento 3) chegou a 97,6%. Nenhum dos estabelecimentos foi classificado como regular (abaixo de 51%) e apenas 3 empresas foram classificadas como bom (51 a 75% de atendimento aos itens). Esses resultados permitem perceber que a maioria das unidades de beneficiamento de carnes e produtos cárneos pesquisadas tiveram classificação ótimo (acima de 75% de conformidade).

Figura 1: Percentual geral de adequação das Unidades de Beneficiamento de Carnes e Derivados registradas no Serviço de Inspeção Municipal de Uberlândia-MG em relação à lista de verificação aplicada.



Fonte: os autores.

A Tabela 1 demonstra os percentuais de conformidade de cada estabelecimento para cada elemento de controle analisado.

Com relação ao PAC 1 (Manutenção), todas as empresas possuíam o programa descrito e implantado. A não conformidade mais recorrente foi a ausência de equipamento para aferição da intensidade da iluminação, apenas duas empresas possuem o equipamento. Verificou-se também a necessidade de reparos em equipamentos e instalações (cinco indústrias – 27,8%) e deficiência no planejamento do fluxo de produção em alguns casos favorecendo a contaminação cruzada (seis estabelecimentos – 33,3%). Os resultados se mostraram mais satisfatórios do que os que foram encontrados por Dantas, Marques e Pereira (2021), com 58,23% de não conformidade para este item. Estes autores ressaltam que por necessitarem de investimentos, essas mudanças demandaram um trabalho de conscientização dos gestores, para que se tornassem convencidos da sua necessidade.

Na verificação do PAC 2 (Água de abastecimento), constatou-se que a não conformidade mais comum foi o atraso na higienização dos reservatórios de água sendo que seis empresas (33,3%) estavam com o laudo de higienização em atraso ou atualizado após o prazo, visto que os reservatórios precisam ser higienizados a cada seis meses. Uma empresa não tinha identificação dos pontos de coleta de água resultando em treze estabelecimentos (72% do total) com 100% de conformidade sendo que todas as empresas apresentaram o programa descrito e implantado.

Silva e Ribeiro (2023), salientam que por participar forma efetiva em todo o processo de higienização, a água de fato pode ser um potencial veículo de contaminação, e, também, entra em contato direto com o produto em diversas etapas do processamento e em virtude disso, o plano descrito deve ser capaz de garantir o padrão de potabilidade da água.

Tabela 1: Percentual de conformidade das Unidades de Beneficiamento de Carnes e Derivados registradas no Serviço de Inspeção Municipal de Uberlândia-MG, em relação à lista de verificação aplicada considerando cada elemento, bem como a avaliação geral de itens atendidos levando a uma classificação ótimo (O) e bom (B).

ELEMENTO DE CONTROLE	E1 (%)	E2 (%)	E3 (%)	E4 (%)	E5 (%)	E6 (%)	E7 (%)	E8 (%)	E9 (%)	E10 (%)	E11 (%)	E12 (%)	E13 (%)	E14 (%)	E15 (%)	E16 (%)	E17 (%)	E18 (%)
MANUTENÇÃO	92,3	100,0	92,3	69,2	76,9	100,0	92,3	92,3	69,2	84,6	92,3	76,9	84,6	84,6	84,6	69,2	94,6	84,6
ÁGUA DE ABASTECIMENTO	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	83,3	100,0	83,3	100,0	100,0	83,3	100,0	83,3	83,3	83,3	100,0	83,3
PPHO	100,0	100,0	100,0	71,4	100,0	100,0	100,0	85,7	71,4	71,4	100,0	71,4	100,0	100,0	100,0	100,0	85,7	100,0
HIGIENE E HÁB. HIGIÊNICOS	90,0	100,0	100,0	70,0	90,0	100,0	90,0	100,0	80,0	100,0	90,0	80,0	100,0	60,0	60,0	80,0	90,0	90,0
PSO	75,0	100,0	100,0	60,0	60,0	80,0	80,0	80,0	60,0	100,0	80,0	80,0	70,0	60,0	60,0	60,0	80,0	80,0
CONTROLE DE MP, ING E EMB	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	80,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	80,0	100,0	100,0	100,0
CONTROLE DE TEMPERATURAS	100,0	100,0	100,0	100,0	80,0	100,0	100,0	100,0	60,0	100,0	80,0	100,0	100,0	100,0	80,0	100,0	100,0	80,0
APPC	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	90,9	81,8	72,7	0,0	100,0	81,8	45,4	100,0	0,0	0,0	0,0	90,9	90,9
ANÁLISES LABORATORIAIS	100,0	75,0	100,0	100,0	100,0	75,0	100,0	75,0	100,0	100,0	100,0	45,4	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	75,0
FORMULAÇÃO E COMBATE A FRAUDE	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	80,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	20,0	20,0	80,0	100,0
RASTREABILIDADE E RECOLHIMENTO	100,0	75,0	75,0	0,0	100,0	25,0	0,0	50,0	75,0	100,0	75,0	100,0	25,0	0,0	0,0	0,0	100,0	0,0
GERAL	95,7	95,1	97,6	83,3	91,8	92,9	88,2	88,2	74,6	92,9	91,8	81,2	80,0	78,0	69,3	74,6	91,6	85,8
CLASSIFICAÇÃO	O	O	O	O	O	O	O	O	B	O	O	O	O	O	B	B	O	O

Legenda: E1 – pururuca; E2 – envoltórios; E3 – cortes cárneos; E4 – pururuca; E5 – linguças frescas; E6 – cortes cárneos, moldados e espetos; E7 – banha; E8 – linguças frescas; E9 – espetos e linguças frescas; E10 - charque e jerked beef; E11 – linguças frescas, espetos e cortes cárneos; E12 – espetos; E13 – linguças frescas, espetos, cortes cárneos e moldados; E14 – linguças frescas e cortes cárneos; E15 – espetos; E16 – linguças frescas, espetos, cortes cárneos e moldados; E17 – banha; E18 – espetos e moldados.

Fonte: os autores.

Com relação ao PAC 3 (Controle integrado de pragas), todas as indústrias o possuíam descrito e implantado e foi possível observar que as não conformidades encontradas estavam relacionadas a presença de pragas no recinto industrial, ambiente favorável à proliferação de pragas ou ausência do mapa de identificação de armadilhas. Lima, Campos e Ribeiro (2021), consideraram que o objetivo do controle integrado de pragas é a formação de condições que favoreçam o desenvolvimento/alojamento de insetos e roedores, além de evitar que tais pragas tenham acesso às áreas industriais, assim como eliminar e/ou controlar as pragas existentes no local e, portanto, as indústrias não têm cumprido esse objetivo de forma totalmente satisfatória.

Avaliando o PAC 4 (Procedimento padrão de higiene operacional – PPHO), todas as empresas apresentaram o programa escrito e implantado, abordando procedimentos para higienização de equipamentos e instalações. Constatou-se a presença de sujidades nos equipamentos em cinco empresas, avaliado antes ou após as atividades, o que pode significar necessidade de revisão do procedimento empregado na higienização, a eficiência dos produtos e correto preparo destes ou se de fato a prática está sendo executada conforme descrito. As falhas apresentadas neste PAC de limpeza e sanitização podem

impactar diretamente na qualidade e na inocuidade do produto. Resultado semelhante foi encontrado por Benedito Júnior (2019), ao avaliar laticínios no estado de Minas Gerais. Disanto *et al.* (2020) observaram que a limpeza de ferramentas e de superfícies de trabalho era realizada somente no final do dia de trabalho, isso resultava no acúmulo de resíduos e sujeira no equipamento o que podia promover o crescimento de microrganismos.

A avaliação do PAC 5 (Higiene e hábitos higiênicos dos colaboradores) permitiu observar que 100% das indústrias apresentaram este elemento de controle descrito e implantado. Verificou-se colaboradores trabalhando sem o Atestado de Saúde Operacional (ASO) em oito empresas (44%) ou mesmo que tenha o ASO este foi renovado após o prazo previsto e em algum momento esse trabalhador exerceu as atividades de manipulação sem o mesmo. Outra não conformidade encontrada em 50% dos estabelecimentos foi a falta de uso ou uso incorreto da barreira sanitária. O uso incorreto consistiu em apenas molhar as botas sem utilizar a escova e detergente/sanitizante, molhar as mãos e não fazer uso detergente/sanitizante, lavar as mãos e secar no uniforme ou lavar as mãos e não lavar as botas. Além disso, em 4 empresas (22,2%) não foi encontrado nenhum registro de treinamento dos manipuladores para este quesito. Essas práticas podem favorecer à contaminação cruzada dos produtos e devem ser combatidas por meio de treinamentos periódicos e monitorização (Brasil, 2022). Associada às boas práticas, a promoção de uma cultura de segurança alimentar é essencial para a melhoria dos processos de controle e a segurança do produto final. Isso ocorre tanto de maneira positiva, quando há políticas de estímulo vindas da liderança, como treinamentos, quanto de forma negativa, quando alguns colaboradores podem não estar totalmente cientes dos procedimentos na linha de produção. Portanto, o investimento em treinamentos dos funcionários, dentro de uma abordagem que promova uma conscientização mais ampla em todos os envolvidos na cadeia, é fundamental para o eficaz desenvolvimento de um programa de boas práticas de fabricação (Schiavone *et al.*, 2022).

Com relação ao PAC 6 (Procedimentos sanitários operacionais), apenas 22,2% dos estabelecimentos (quatro) possuíam os procedimentos operacionais padrão (POP) descritos, enquanto que nos demais os funcionários recebem as instruções apenas de forma oral. Também foi visto que em sete empresas as operações não eram executadas de forma a prevenir a contaminação seja por acúmulo de produtos, contaminações cruzadas ou contrafluxos. Todas apresentaram programa descrito e implantado. Na pesquisa conduzida por Disanto *et al* (2020) constatou-se que a contaminação cruzada é a mais forma generalizada de contaminação de alimentos e é essencial que os trabalhadores do setor de alimentação tenham conhecimento básico de BPF e APPCC tanto de forma teórica e, principalmente, a maneira como colocar esses princípios em prática.

No PAC 07 (Controle de matérias-primas, ingredientes e material de embalagem) verificou-se que havia controle da qualidade dos ingredientes e insumos utilizados na fabricação. As empresas devem exigir dos fornecedores documentos que informem sobre sua origem, composição, qualidade e controles (Brasil, 2002; 2017a). Foram

observados, em dois dos estabelecimentos (11,1%) que não havia pessoa responsável pelo monitoramento durante a recepção das matérias-primas e, portanto, não havia garantias de que os produtos recebidos estavam em condições adequadas. Este fato predispõe à possíveis desvios e consequente falta de ações corretivas previstas. A preocupação é ainda maior quando associamos esta não implantação do PAC 08 (Controle de temperaturas), com os resultados obtidos nos PAC 03 (PPHO), PAC 04 (Higiene e hábitos higiênicos dos colaboradores) e PAC 05 (Procedimentos sanitários operacionais), que demonstram falhas graves nos controles higienicossanitários. Estas falhas aumentam a probabilidade de altas contagens microbiológicas nos produtos em elaboração, além da presença de patógenos (Benedito Júnior, 2019).

Quanto ao PAC 08 (Controle de temperaturas), foi possível verificar que 27,8% (cinco empresas) utilizavam equipamentos com a calibração vencida, e além disso, em um dos estabelecimentos (5,6%) foram encontrados registros de não conformidades sem descrição da ação corretiva tomada e também registros de temperaturas fora do padrão, porém assinadas como conforme na planilha. A ausência do registro de temperatura trata-se de uma situação que pode expor os consumidores a riscos. O controle realizado na frequência adequada permite identificar possíveis desvios e aplicar as ações corretivas previstas, bem como demonstrar tendências de variações que permitam a adoção de medidas de controle que evitem a multiplicação de patógenos (Brasil, 2022).

Analisando os resultados obtidos para o PAC 09 (APPCC), constatou-se que alguns estabelecimentos detinham falhas graves como ausência de programa escrito e implantado (27,8%) e, também, que algumas deles não possuíam resultados subsequentes que justificassem que as medidas corretivas foram adequadas (22,2%). Tendo em vista o APPCC como um sistema preventivo que leva em consideração a implantação dos demais PACs adequadamente, objetivando-se a produção de alimentos seguros, é possível concluir que algumas empresas necessitam aprimorar o controle dos processos para garantir a segurança dos seus produtos finais. Silva e Ribeiro (2023), destacaram o quanto é importante identificar todos os perigos inerentes ao processo, e depois fazer a classificação dos mesmos pois a identificação destes perigos em pontos específicos do processo possibilita o desenvolvimento de métodos de controle capazes de diminuir ou eliminar o risco de sua ocorrência.

Avaliando os resultados obtidos para o PAC 10 (Análises laboratoriais), constatou-se que todas as empresas apresentavam cronograma de análises e que este estava sendo seguido. Todas as empresas tinham o programa escrito e implantado e 94,4% das empresas não apresentou análises fora do padrão. Para este tópico foi avaliado o período de um ano. Também foi observado que as quatro empresas (22,2%) que tiveram análises não conformes adotaram medidas preventivas e corretivas e repetiram a análise que apresentou resultado insatisfatório assim como é determinado no manual de procedimentos de inspeção e fiscalização de carnes e produtos cárneos em estabelecimentos registrados sob inspeção federal (Brasil, 2022) que exige que haja descrição das medidas de controle,

medidas corretivas no caso de não conformidades (análises fora do padrão) sobre produtos.

Quando observado o PAC 11 (Controle de formulação e combate à fraude), foi possível verificar que apenas 11,1% das indústrias (duas) não tinham o programa descrito e implantado. Das que tinham, foi observado que em uma delas (5,56%) os resultados das análises laboratoriais demonstraram incompatibilidade com as formulações aprovadas visto que obteve uma análise físico-química fora do padrão sendo que a umidade do produto estava acima do permitido. O controle deste elemento é importante pois garante aos consumidores que os ingredientes e aditivos utilizados estão dentro dos limites estabelecidos e também são compatíveis com o que está descrito na rotulagem. Segundo Spink *et al.* (2019), fraude alimentar é um termo genérico amplamente utilizado para descrever as práticas enganosas para ganho econômico usando alimentos e que ganha ainda maior importância quando considerada um problema de saúde pública, já que, além de enganar o consumidor, o defraudador pode incluir contaminantes nos alimentos.

Por fim, quando avaliando o PAC 12 (Rastreabilidade e recolhimento) apurou-se que 33,3% das empresas (seis) possuíam o programa descrito e implantado, salientando que a obrigatoriedade deste começou a partir do ano de 2022. Contudo, destacamos que em sete indústrias (38,9%) que possuíam este PAC implantado, este não previa o recolhimento e destinação dos produtos em caso de não conformidade e esse assunto não era abordado ao longo do documento sendo tratada apenas a rastreabilidade. Outro ponto observado foi o fato de em 16,7% das empresas (três) com o programa implantado os procedimentos de rastreabilidade descritos não permitirem correlacionar o produto com a matéria-prima e/ou ingredientes assim como o a matéria-prima e/ou ingrediente com o produto final, concluindo-se que o programa não é funcional e que necessita ser adequado. De acordo com Souza e Azeredo (2021) adoção do procedimento de rastreabilidade é condição básica para a eficácia do recolhimento do produto, quando identificada alguma não conformidade já que o recolhimento se caracteriza como uma ação preventiva, evitando danos à saúde do consumidor, e resulta na segregação e destinação do lote em questão, de maneira corretiva.

Foi notório que as indústrias avaliadas possuem grande deficiência em fazer os registros adequadamente, isso quer dizer que mesmo quando os programas estão implantados, na prática muitas não conformidades não são registradas ou quando são, o registro é feito de maneira incorreta. A falta de treinamento para o preenchimento das planilhas pode ser um fator fundamental neste caso, visto que na maioria das empresas não foi encontrado registro de treinamento específico para quem realiza este preenchimento. Considerações semelhantes foram feitas por Dantas, Marques e Pereira (2021) que verificaram a necessidade do treinamento de boas práticas com todos os colaboradores, sendo essa a primeira ação a ser realizada, pois a partir dela seria possível o esclarecimento acerca das exigências da legislação, para que as cobranças se tornassem pertinentes.

Os motivos relacionados a essa deficiência nos registros podem ser diversos como o preenchimento tardio (realiza-se a tarefa e depois ocorre o registro nas planilhas), preenchimento feito por pessoa que não acompanhou o processo (fraude), receio de que o registro de não conformidades seja malvisto pelo órgão fiscalizador, não entendimento da maneira adequada de registrar entre outros.

O manual de procedimentos de inspeção e fiscalização de carnes e produtos cárneos em estabelecimentos registrados sob inspeção federal (Brasil, 2022) é claro ao dizer que a documentação deve ser fidedigna, sem preenchimentos tardios ou por alguém que não acompanhou o processo pois podem prejudicar a autenticidade dos registros sugerindo que a documentação pode não ser confiável.

Embora os padrões relacionados ao programa de BPF tenham existido há mais de 20 anos, os resultados ainda comprovam a dificuldade que as empresas têm que cumprir exigências legais. A ausência de cursos de formação acessíveis para pequenas empresas, funcionários com baixa escolaridade, falta de comprometimento e falta de recursos financeiros fazem parte das dificuldades que os pequenos produtores enfrentam ao tentar implementar o PAC (Benedito Júnior, 2019).

A capacitação foi feita online, via Google Meet, buscando facilitar a participação dos responsáveis técnicos e a carga horária foi de aproximadamente cinco horas sendo dividida em dois encontros. A adesão foi consideravelmente baixa sendo que três profissionais apenas participaram no primeiro dia e no segundo dia esteve presente mais um além destes. Os responsáveis técnicos são incumbidos de disseminar o conhecimento aos colaboradores das indústrias através de treinamentos e orientações. Então, se relacionarmos as deficiências encontradas nos PACs com os itens não atendidos na lista de verificação é possível constatar que há necessidade de capacitação tanto dos responsáveis técnicos para elaborar os programas de autocontrole de maneira mais assertiva, possibilitando melhores condições de repassar o conhecimento e treinar os funcionários, quanto dos colaboradores, que realizam as funções operacionais e fazem os monitoramentos/verificações. A baixa adesão a um treinamento oferecido de forma gratuita e virtual reflete na necessidade de maior incentivo aos profissionais para adesão a este tipo de capacitação, seja através de cobrança por parte dos proprietários das indústrias que deveriam buscar profissionais treinados e preparados, ou por parte do órgão fiscalizador ao pontuar as necessidades de melhoria, e até mesmo pelos conselhos de classe com campanhas de valorização profissional.

As dificuldades no preenchimento dos documentos de autocontrole e também as falhas operacionais citadas no presente estudo estão de acordo com Borges *et al.* (2020), em estudo realizado em uma unidade de alimentação após dois surtos seguidos de toxinfecção alimentar, constatou que depois do treinamento e capacitação realizados com a equipe houve mudanças de 17 atitudes e comportamentos dos manipuladores, sobretudo em aceitar com maior flexibilidade as críticas e sugestões.

CONCLUSÃO

Considerando a implantação de programas de autocontrole como uma exigência legal em indústrias de beneficiamento de carnes e produtos cárneos, os resultados apontam para a existência de deficiências na implementação destes programas, no que diz respeito ao monitoramento e aos registros. Emerge a necessidade de maior treinamento do pessoal responsável pelos registros para que estes sejam confiáveis e permitam que as empresas tenham condições de avaliar os gargalos existentes, corrigir os desvios encontrados, definir a melhor forma de prevenir sua reincidência e a partir daí, criar estratégias para a diminuição destes, contribuindo para a produção de alimentos mais seguros.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR ISO 9001:2022: Sistemas de gestão da qualidade - requisitos**. Rio de Janeiro: ABNT, 2022.

BENEDITO JÚNIOR, Hélio dos Santos.; TEODORO, Vanessa Aglaê Martins; VICENTINI, Nívea Maria; SILVA, Márcio Roberto; COSTA, Renata Golin Bueno; MIGUEL, Elisângela Michele; SOBRAL, Denise; DE PAULA, Júnio César Jacinto. Verificação do nível de atendimento aos programas de autocontrole em indústrias de laticínios de Minas Gerais. **Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes**, v. 74, n. 2, p. 73-85, abr-jun, 2019. Juíz de Fora.

BORGES, Patrícia de Jesus; FONSECA, Maria da Conceição Pereira; FERREIRA, Jeane dos Santos; BEZERRA, Priscilla Quênia Muniz; LIRA, Carlos Rodrigo Nascimento. Avaliação de treinamento com manipuladores de alimentos após ocorrência de surto de toxinfecção alimentar em restaurante universitário. **Revista Unipav**, v. 26, n. 52, p. 80-92, dez, 2020.

BRASIL, Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução - RDC nº 275 de 21 de outubro de 2002. Dispõe sobre o Regulamento Técnico de Procedimentos Operacionais Padronizados aplicados aos Estabelecimentos Produtores/Industrializadores de Alimentos e a Lista de Verificação das Boas Práticas de Fabricação em Estabelecimentos Produtores/Industrializadores de Alimentos. **Brasília: Ministério da Saúde**, [2002]. Disponível em: https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/anvisa/2002/anexos/anexo_res0275_21_10_2002_rep.pdf. Acesso em: 03 de ago. 2023.

BRASIL, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Decreto n. 9.013 de 29 de março de 2017a. Regulamento da inspeção industrial e sanitária de produtos de origem animal - RIISPOA. Diário oficial da União. **Brasília: Presidência da República**, [2017]. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2017/decreto/d9013.htm. Acesso em: 19 abr. 2023a.

BRASIL, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Norma interna DIPOA/SDANº 01, de 08 de março de 2017b. Aprova os modelos de formulários, estabelece as frequências

e as amostragens mínimas a serem utilizadas na inspeção e fiscalização, para verificação oficial dos autocontroles implantados pelos estabelecimentos de produtos de origem animal registrados (SIF) ou relacionados (ER) junto ao DIPOA/SDA, bem como o manual de procedimentos. **Brasília: Ministério da Agricultura e do Abastecimento**, [2017]. Disponível em: https://www.in.gov.br/materia/-/asset_publisher/Kujrw0TZC2Mb/content/id/20352501/do1-2017-01-18-instrucao-normativa-n-1-de-11-de-janeiro-de-2017-20352284. Acesso em: 19 abr. 2023b.

BRASIL, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Inspeção de carnes: Manual de procedimentos de inspeção e fiscalização de carnes e produtos cárneos em estabelecimentos registrados sob inspeção federal (SIF)**. Brasília, 2022.

DANTAS, Aline Macedo; MARQUES, Rhennan Victor Lourenço; PEREIRA, Marizania Sena. Implementação de boas práticas de fabricação em indústria processadora de goma de tapioca. **Revista Higiene Alimentar**, v. 35 , n. 293), p.e1061, nov/2021.

DISANTO, Chiara; CELANO, Giuseppe; DAMBROSIO, Angela; QUAGLIA, Nicoletta; BOZZO, Giancarlo; TRITTO, Antonio; CELANO, Gaetano Vitale. Food safety in collective catering: knowledge, attitudes and correct application of GHP/GMP knowledge among foodservice workers. **Italian Journal of Food Safety**, v. 9, n. 4, p. 201 a 205. 2020.

ESPÍNDOLA, Larissa de; SILVA, Rislaine Corrêa; MELO, Aline Resmini; AMARAL, Jeorge Luís do Santos; MARQUES, Carolina Resmini Melo. Desenvolvimento e implantação dos programas de autocontrole em entreposto de mel e derivados. **Revista de Engenharia e Tecnologia**, v. 13, n. 3, p. 26-37. set/2021. Ponta Grossa.

LIMA, Jonas Yoshitaka de Oliveira; CAMPOS, Bruno Prado Avelino; RIBEIRO, Laryssa Freitas. Programa de autocontrole para controle integrado de pragas em indústrias de produtos de origem animal. **Revista Getec**. v.10, n.29, p. 1-6. 2021. Monte Carmelo.

MESQUITA, Carla Adriana Ferrari Artilha; STAFUSSA, Ana Paula; PARAÍSO, Carolina Moser; RODRIGUES, Letícia Misturini; SILVA, Luciana Alves da; SANTOS, Suélen Siqueira; MARINS, Annecler Rech; MADRONA, Grasielle Scaramal. Avaliação da gestão da qualidade e suas ferramentas: aplicabilidade em indústria de alimentos de origem animal. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 1, p. e20210111248. 2021. Vargem Grande Paulista.

SCHIAVONE, Tatiana; RAMOS, Gustavo Luís de Paiva; HORA, Iracema Maria de Carvalho; WALTER, Eduardo Henrique de Miranda. Programas de autocontrole no gerenciamento da qualidade de alimentos: histórico e aplicação. **Alimentos: Ciência, Tecnologia e Meio Ambiente**, v.3, n.2, p. 90-100. abr-jun/2022. Rio de Janeiro.

SILVA, Artemis Mateus; RIBEIRO, Laryssa Freitas. Programas de autocontrole em unidades de beneficiamento de leite registradas no SIE de Santa Catarina. **Revista Getec**, v.12, n.40, p. 80-89. 2023. Monte Carmelo.

SPINK, John; BERDARD, Brian; KEOGH, John; MOYER, Douglas C.; SCIMECA, Joe; VASAN, Akhila. International Survey of Food Fraud and Related Terminology: Preliminary Re-

sults and Discussion. **Journal of Food Science**, v. 84, n. 10, p. 2705-2718. 2019.Chicago.

SOUZA, Pablo Ayrton Viana; AZEREDO, Denise Rosane Perdomo. **Desenvolvimento Rural Sustentável: Pesquisas emergentes no contexto da agricultura e agroindústria**. Editora Científica Digital. 2021. p. 189 – 203.

ÁREA TEMÁTICA: TECNOLOGIA E PRODUÇÃO

PEQUI (*CARYOCAR BRASILIENSE*) E SEUS SUBPRODUTOS: APLICAÇÕES FUNCIONAIS E SUSTENTÁVEIS

Dennia Pires de Amorim Trindade¹;

Universidade Federal de Goiás (UFG), Goiânia, Goiás.

<http://lattes.cnpq.br/4064461673693689>

Julio Cesar Colivet Briceno²;

Universidade Federal de Goiás (UFG), Goiânia, Goiás.

<http://lattes.cnpq.br/2598584919275321>

Flávio Alves da Silva³.

Universidade Federal de Goiás (UFG), Goiânia, Goiás.

<http://lattes.cnpq.br/1713250447051507>

INSTITUIÇÃO DE FOMENTO: Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Goiás (FAPEG)

RESUMO: O pequi (*Caryocar brasiliense*), fruto típico do Cerrado brasileiro, possui ampla relevância ecológica, social e econômica, além de apresentar elevado valor nutricional e potencial funcional. Este capítulo aborda de forma integrada suas características botânicas, sua composição química e as possibilidades de aproveitamento tecnológico de suas diferentes partes, com destaque para os subprodutos, frequentemente negligenciados. A casca, os caroços e as amêndoas, por exemplo, têm sido objeto de estudos recentes que revelam concentrações significativas de fibras alimentares e compostos bioativos com propriedades antioxidantes e terapêuticas. A polpa e o óleo extraído do fruto são ricos em carotenoides, ácidos graxos e fenólicos, o que amplia suas aplicações nas indústrias alimentícia, farmacêutica, cosmética e energética. A crescente valorização de ingredientes oriundos da biodiversidade regional e o interesse por alternativas sustentáveis incentivam o desenvolvimento de bioprodutos a partir do pequi. Nesse contexto, o aproveitamento integral do fruto representa uma estratégia promissora para a inovação tecnológica e a agregação de valor à cadeia produtiva regional, promovendo sustentabilidade e conservação ambiental. O presente capítulo visa contribuir para a compreensão do potencial multifuncional do pequi e estimular sua exploração racional em diversas áreas da ciência e da indústria.

PALAVRAS-CHAVE: Aproveitamento de resíduos. Cerrado brasileiro. Sustentabilidade.

PEQUI (*CARYOCAR BRASILIENSE*) AND ITS BY-PRODUCTS: FUNCTIONAL AND SUSTAINABLE APPLICATIONS

ABSTRACT: Pequi (*Caryocar brasiliense*), a typical fruit from the Brazilian Cerrado, holds broad ecological, social, and economic relevance, in addition to its high nutritional value and functional potential. This chapter provides an integrated overview of its botanical characteristics, chemical composition, and technological applications of its different parts, with emphasis on frequently overlooked by-products. The peel, seeds (pyrenes), and almonds have been the focus of recent studies revealing significant concentrations of dietary fiber and bioactive compounds with antioxidant and therapeutic properties. The pulp and oil extracted from the fruit are rich in carotenoids, fatty acids, and phenolic compounds, expanding their uses in the food, pharmaceutical, cosmetic, and energy industries. The growing appreciation for ingredients derived from regional biodiversity and the demand for sustainable alternatives have driven the development of bioproducts from pequi. In this context, the full utilization of the fruit emerges as a promising strategy for technological innovation and value addition to the regional production chain, promoting sustainability and environmental conservation. This chapter aims to contribute to the understanding of the multifunctional potential of pequi and to encourage its rational use across various fields of science and industry.

KEY-WORDS: Waste valorization. Brazilian Cerrado. Sustainability.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

1 Pequi (*Caryocar brasiliense*)

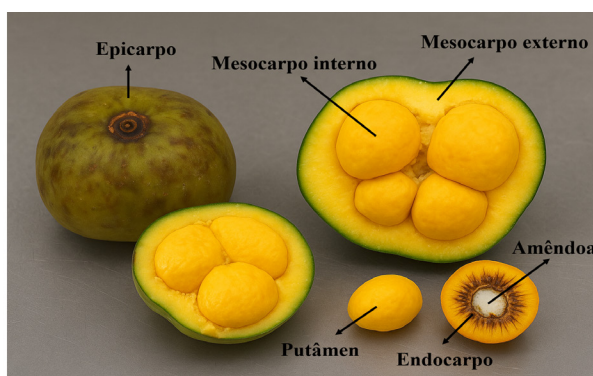
1.1 Características botânicas

O pequi (*Caryocar brasiliense*), também conhecido como piqui ou piquiá, pertence ao gênero *Caryocar*, que compreende 16 espécies, das quais 12 ocorrem no Brasil (Carvalho, 2009). É amplamente distribuído em estados como Amazonas, São Paulo, Pará, Maranhão, Piauí e Goiás, sendo considerado uma árvore-símbolo do Cerrado (Mendonça et al., 2008; Vieira et al., 2006). A espécie mais comum nesse bioma é o *C. brasiliense*, com duas subespécies: *brasiliense* (arbórea) e *intermedium* (arbustiva) (Carvalho, 2009; Vieira et al., 2006). Adaptado a solos ácidos, pobres em nutrientes e ao fogo, é também encontrado na Bolívia e no Paraguai, embora seja mais prevalente no Cerrado brasileiro (Barradas, 1972).

Classificado como frutífero ou oleaginoso, o pequizeiro é uma planta perene de porte médio (4 a 12 m), com copa densa e folhas compostas trifoliadas. Sua madeira é resistente e utilizada nas construções civil e naval (Carvalho, 2009; Oliveira et al., 2008). É uma espécie semidecídua, com floração no início da estação chuvosa e frutificação entre outubro e fevereiro. As flores grandes e adocicadas atraem polinizadores como abelhas e morcegos (Almeida, 1998; Barradas, 1972).

A propagação ocorre principalmente por sementes, com germinação lenta e baixa (2,5%–68,4%), devido à dormência do endocarpo e do embrião; a germinação *in vitro* apresenta melhores resultados (Barradas, 1972, 1973; Carvalho, 2009). O fruto é uma drupa composta por exocarpo (casca esverdeada), mesocarpo externo (amarelo-claro), mesocarpo interno (polpa amarela comestível), endocarpo (vermelho e espinhoso) e amêndoa (branca e comestível) revestida por tegumento marrom (Almeida, 1998; Carvalho, 2009). Cada fruto possui de um a quatro putâmens – popularmente conhecidos como caroços –, e a dispersão das sementes é feita principalmente por animais, como emas, gralhas e cotias (Barradas, 1972, 1973).

Figura 1. Fruto do Pequi e suas partes.



Fonte: gerado com IA a partir de fotos da autora (2024)

A produção de frutos é variável, dependendo do genótipo e das condições ambientais. Em média, cada planta produz entre 500 e 2.000 frutos por safra (de outubro a janeiro) (Almeida, 1998), com uma produção média em 2023 de 51.371 toneladas (IBGE, 2024). O maior produtor no ano de 2023 foi o estado do Minas Gerais e o valor da produção anual tem aumentado desde 2019, passando de R\$ 20.000 para R\$ 65.750,00, em 2023.

1.2 Uso industrial do pequi e seus resíduos

O aproveitamento industrial do pequi (*Caryocar brasiliense*) tem se intensificado devido a avanços científicos que revelam seu potencial em diversos setores. Tradicionalmente utilizado na alimentação e medicina popular, o fruto também é explorado pelas indústrias alimentícia, farmacêutica, cosmética, energética e de bioprodutos sustentáveis. A polpa, rica em lipídios e compostos bioativos, é utilizada em preparações culinárias e na extração de óleo, adequado para produção de gorduras industriais e biocombustíveis, por conter altos teores de ácido oleico e palmítico (Almeida, 1998; Ferreira et al., 2019; Guedes; Antoniassi; Faria-Machado, 2017).

O óleo, extraído da polpa ou das amêndoas, apresenta elevada concentração de carotenoides, vitamina C, compostos fenólicos e ácidos graxos insaturados, sendo

associado à prevenção de doenças cardiovasculares, oculares e respiratórias (Colombo et al., 2015; Miranda-Vilela et al., 2014; Carneiro et al., 2023). Além disso, destaca-se na produção de biocombustíveis por seu bom rendimento energético e menor emissão de CO₂ (Ferreira et al., 2019; Ghesti et al., 2022).

Na área farmacêutica, pesquisas evidenciam propriedades antimicóticas, anti-inflamatórias e antioxidantes, com efeitos terapêuticos relevantes para doenças crônicas e infecções, incluindo ação contra *Leishmania amazonensis* (Ferreira et al., 2011; Paula-Junior et al., 2006; Torres et al., 2018).

Os resíduos, como cascas e caroços, ganham destaque como matéria-prima para geração de bioenergia. A pirólise da casca resulta em óleos e biochar com potencial energético e de adsorção, contribuindo para uma cadeia produtiva mais sustentável (Moraes et al., 2016; Martins et al., 2021; Mumbach et al., 2024). As sementes torrificadas também demonstraram melhora na eficiência energética e redução nas emissões de CO₂ (Silveira et al., 2024). Assim, o pequi revela-se um recurso estratégico para inovação tecnológica e sustentabilidade, com ampla aplicabilidade econômica, ambiental e social.

1.3 Composição nutricional e compostos bioativos do pequi

O pequi apresenta composição química variada conforme a parte do fruto e região de cultivo, sendo rico em nutrientes e compostos fenólicos (Nascimento-Silva et al., 2023) (Tabelas 1 e 2). A polpa, por exemplo, demonstrou teores energéticos e lipídicos expressivos, variando entre 176,3–387,2 kcal/100g e 13,0–37,5 g/100g, respectivamente, dependendo da localidade (Cunha et al., 2023; Lima et al., 2007).

Os compostos voláteis conferem aroma característico ao fruto, com predominância de ésteres etílicos e hidrocarbonetos (Maia; Andrade; da Silva, 2008). Em diferentes estudos, foram identificados até 77 compostos, como terpenoides, lactonas e álcoois (Belo et al., 2013), com ênfase na presença de terpenos e ésteres no pericarpo (Santos et al., 2020).

A polpa também apresenta maior concentração de fenólicos em relação à amêndoa, sendo o óleo desta última capaz de alcançar até 392 mg GAE/100g (Torres et al., 2016). Os teores de fenólicos totais em frutos de Tocantins, Goiás e Mato Grosso foram superiores aos de Minas Gerais, ainda que os mesmos compostos — incluindo ácido gálico, catequina e ácido elágico — estivessem presentes em todas as amostras (Nascimento-Silva et al., 2023).

A casca do pequi, formada pelo exocarpo e mesocarpo externo, representa a maior fração do fruto e vem sendo valorizada por sua alta concentração de fibras solúveis e compostos fenólicos (Briceno et al., 2024; Melo et al., 2024). Esse subproduto demonstrou atividade antioxidante superior à de outros frutos do Cerrado, como araticum (*Annona crassiflora*), lobeira (*Solanum lycocarpum*), cagaita (*Eugenia dysenterica*) e banha de galinha (*Swartzia langsdorffii*) (Roesler et al., 2007). Estudos mostram que farinhas

produzidas a partir da casca possuem elevados níveis de fibras, polifenóis, carotenoides e proantocianidinas (Leão et al., 2017; Cangussu et al., 2021), contemplando compostos como ácido gálico, ácido elágico, β -caroteno e flavonoides.

O uso de técnicas analíticas avançadas tem expandido o conhecimento sobre os constituintes da casca. Santos et al. (2020b) identificaram derivados do ácido salicílico via GC-MS; Braga et al. (2022), por HPLC-MS/MS, relataram a presença de diversos ácidos fenólicos e flavonoides; e Melo et al. (2024), com PS-MS e HPLC, confirmaram a epicatequina como composto majoritário, seguida de ácidos cafeico, gálico e salicílico. Esses resultados evidenciam o potencial da casca como ingrediente funcional para aplicações em alimentos, nutracêuticos e cosméticos.

Tabela 1. Composição físico-química e nutricional do pequi

Autor (ano)	Parte do fruto	Umidade (%)	Proteína (g/ 100g)	Lipídios (g/100g)	Cinzas (g/100g)	Fibras totais (g/100g)	Carboidra- tos Totais (g/100g)	Valor Ener- gético (kcal/100g)
Alves et al.(2014)	Polpa	56,21 $\pm$ 0,47	3,73 $\pm$ 0,00	24,27 $\pm$ 1,60	0,63 $\pm$ 0,02	NA ¹	15,16	293,99
Lima et al.(2007)	Polpa	41,50 $\pm$ 2,00	3,00 $\pm$ 0,13	33,40 $\pm$ 3,76	0,63 $\pm$ 0,01	10,02 $\pm$ 0,20	11,45	358,4
	Amêndoa	8,68 $\pm$ 0,08	25,27 $\pm$ 0,74	51,51 $\pm$ 0,35	4,01 $\pm$ 0,51	2,20 $\pm$ 0,10	8,33	598,3
Cordeiro et al. (2013)	Polpa	46,8 $\pm$ 0,38	1,77 $\pm$ 0,01	30,30 $\pm$ 1,04	0,57 $\pm$ 0,04	14,06 $\pm$ 0,42	4,81	303,86
Nascimento-Silva et al. (2023)	Polpa	50,40 $\pm$ 0,40	3,7 $\pm$ 0,10	28,6 $\pm$ 1,00	0,7 $\pm$ 0,0	NA	16,6 $\pm$ 1,3	338,6 $\pm$ 4,5
Carneiro et al. (2023)	Polpa	61,54 $\pm$ 1,22	2,03 $\pm$ 0,25	18,95 $\pm$ 0,65	0,66 $\pm$ 0,02	10,42 $\pm$ 0,18	6,4	204,27
	Amêndoa	61,56 $\pm$ 1,32	1,74 $\pm$ 0,01	19,03 $\pm$ 1,61	0,57 $\pm$ 0,02	10,32 $\pm$ 0,11	6,78	205,35
	Farinha da casca	14,76 $\pm$ 0,02	4,27 $\pm$ 0,88	1,32 $\pm$ 0,1	2,19 $\pm$ 0,02	12,88 $\pm$ 0,01	NA	287,31 $\pm$ 0,82
Cunha et al.(2023)	Farinha da polpa	2,42 $\pm$ 0,12	6,03 $\pm$ 0,20	55,55 $\pm$ 0,41	1,36 $\pm$ 0,16	11,27 $\pm$ 0,15	NA	617,52 $\pm$ 3,71
	Polpa*	63,85 $\pm$ 0,01	3,56 $\pm$ 0,37	23,79 $\pm$ 2,03	0,62 $\pm$ 0,04	5,21 $\pm$ 0,07	NA	240,21 $\pm$ 10,04

Legenda: ¹NA: não avaliado

Tabela 2. Fenólicos totais e capacidade antioxidante do pequi

Autor (ano)	Parte do fruto	Fenólicos totais (mg GAE/ 100g)
Lima et al., (2007)	Polpa	209,0 ± 0,05
	Amêndoa	122,0 ± 0,05
Cangussu et al., (2021)	Farinha da casca	336,11 ± 13,18
	Amêndoa	210,50 ± 34,95
Narita et al., (2022)	Polpa	402,21 ± 35,75
	Casca	9475,69 ± 12,74
Carneiro et al., (2023)	Polpa	221,2 ± 0,17
	Amêndoa	207,80 ± 0,09
CCruz et al. (2022)	Folha	547,87 ± 6,21
Melo et al., (2024)	Casca	204,77 ± 8,63

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O pequi (*Caryocar brasiliense*) é uma espécie frutífera nativa do Cerrado brasileiro que apresenta expressivo potencial para o desenvolvimento de aplicações funcionais e tecnológicas. Este capítulo permitiu reunir e analisar informações que evidenciam não apenas as qualidades nutricionais da polpa e da amêndoa, mas também a importância de seus subprodutos, como casca e caroços, tradicionalmente descartados durante o processamento.

A evidência científica mostra que diferentes partes do fruto concentram compostos bioativos com propriedades antioxidantes, anti-inflamatórias e terapêuticas, além de fibras alimentares e lipídios de valor funcional. Essas características permitem a exploração do pequi em diversos segmentos industriais, como o alimentício, farmacêutico, cosmético, energético e ambiental, seja por meio de óleos, farinhas, extratos ou biocombustíveis.

O aproveitamento integral do pequi representa uma estratégia promissora para agregar valor à cadeia produtiva regional, reduzir impactos ambientais e fomentar práticas sustentáveis. Ao valorizar essa espécie nativa e seus subprodutos, promove-se não apenas a conservação da biodiversidade do Cerrado, mas também a inovação baseada em recursos naturais brasileiros. O estímulo à pesquisa e ao uso racional do pequi reforça sua relevância como recurso multifuncional de interesse científico, econômico e social.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, S. P. de. **Cerrado : aproveitamento alimentar**. [S. l.]: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados, Ministério da Agricultura e do Abastecimento, 1998.

ALVES, A. M. *et al.* Características físicas e nutricionais de pequis oriundos dos estados de

Tocantins, Goiás e Minas Gerais. **Brazilian Journal of Food Technology**, [s. l.], v. 17, n. 3, p. 198–203, 2014.

BARRADAS, M. M. Informações sobre floração, frutificação e dispersão do piqui *Caryocar brasiliense* Camb. (*Caryocaraceae*). **Ciência e Cultura**, [s. l.], v. 24, n. 11, p. 1063–1068, 1972.

BARRADAS, M. M. Morfologia do fruto e da semente de *Caryocar brasiliense* (piqui), em várias fases do desenvolvimento. **Revista de Biologia**, [s. l.], v. 9, n. 1–4, p. 69–95, 1973.

BELO, R. F. C. *et al.* Characterization and classification of pequi trees (*Caryocar brasiliense* Camb.) based on the profile of volatile constituents using headspace solid-phase microextraction – gas chromatography – mass spectrometry and multivariate analysis. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, [s. l.], v. 33, n. 1, p. 116–124, 2013.

BRAGA, K. M. S. *et al.* Pequi fruit extract increases antioxidant enzymes and reduces oxidants in human coronary artery endothelial cells. **Antioxidants**, [s. l.], v. 11, n. 3, p. 474, 2022.

BRICENO, J. C. C. *et al.* Pequi fruit: nutritional properties, sustainable potential, and derived products. **Food Science and Technology**, [s. l.], v. 44, p. e00389, 2024. Disponível em: <https://fstjournal.com.br/revista/article/view/389>.

CANGUSSU, L. B. *et al.* Profile of bioactive compounds in pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.) peel flours. **Food Chemistry**, [s. l.], v. 350, p. 129221, 2021.

CARNEIRO, C. R. *et al.* Potential challenges of the extraction of carotenoids and fatty acids from pequi (*Caryocar brasiliense*) oil. **Foods**, [s. l.], v. 12, n. 9, p. 1907, 2023.

CARVALHO, P. E. R. **Comunicado técnico 230 – Pequizeiro *Caryocar brasiliense***. Brasília, DF: Embrapa, 2009.

COLOMBO, N. B. R. *et al.* *Caryocar brasiliense* Camb protects against genomic and oxidative damage in urethane-induced lung carcinogenesis. **Brazilian Journal of Medical and Biological Research**, [s. l.], v. 48, n. 9, p. 852–862, 2015.

CORDEIRO, M. W. S. *et al.* Physical characteristics, chemical-nutritional composition and essential oils of *Caryocar brasiliense* native from the state of Mato Grosso. **Revista Brasileira de Fruticultura**, [s. l.], p. 1127–1139, 2013.

CRUZ, J. E. R. da *et al.* Composição de fenólicos, flavonoides, antocianinas, determinação da atividade antioxidante e comparação de métodos extrativos da folha e da casca de *Caryocar brasiliense*. **Revista de Ciências Médicas e Biológicas**, [s. l.], v. 21, n. 1, p. 18–24, 2022.

CUNHA, M. C. da *et al.* Physical, chemical and sensory implications of pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.) sweet bread made with flour, pulp and fruit by-product. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, [s. l.], v. 95, n. 2, p. e20201550, 2023.

FERREIRA, B. S. *et al.* Comparative properties of amazonian oils obtained by different extraction methods. **Molecules**, [s. l.], v. 16, n. 7, p. 5874–5885, 2011.

FERREIRA, E. N. *et al.* Investigation of the thermal degradation of the biolubricant through TG-FTIR and characterization of the biodiesel – Pequi (*Caryocar brasiliensis*) as energetic raw material. **Fuel**, [s. l.], v. 245, p. 398–405, 2019.

GHESTI, G. F. *et al.* Towards a sustainable waste-to-energy pathway to pequi biomass residues: biochar, syngas, and biodiesel analysis. **Waste Management**, [s. l.], v. 143, p. 144–156, 2022.

GUEDES, A. M. M.; ANTONIASSI, R.; FARIA-MACHADO, A. F. Pequi: a brazilian fruit with potential uses for the fat industry. **OCL - Oilseeds and fats, Crops and Lipids**, [s. l.], v. 24, n. 5, 2017.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Produção de pequi**. [S. l.], 2024. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/explica/producao-agropecuaria/pequi/br>. Acesso em: 12 jan. 2025.

LEÃO, D. P. *et al.* Physicochemical characterization, antioxidant capacity, total phenolic and proanthocyanidin content of flours prepared from pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.) fruit by-products. **Food Chemistry**, [s. l.], v. 225, p. 146–153, 2017.

LIMA, A. *et al.* Composição química e compostos bioativos presentes na polpa e na amêndoa do pequi (*Caryocar brasiliense*, Camb.). **Revista Brasileira de Fruticultura**, [s. l.], n. 3, p. 695–698, 2007.

MAIA, J. G. S.; ANDRADE, E. H. A.; DA SILVA, M. H. L. Aroma volatiles of pequi fruit (*Caryocar brasiliense* Camb.). **Journal of Food Composition and Analysis**, [s. l.], v. 21, n. 7, p. 574–576, 2008.

MARTINS, J. P. G. *et al.* Study of pequi peel pyrolysis: Thermal decomposition analysis and product characterization. **Biomass and Bioenergy**, [s. l.], v. 149, p. 106095, 2021.

MELO, J. O. F. *et al.* Phenolic compounds characterization of *Caryocar brasiliense* peel with potential antioxidant activity. **Plants**, [s. l.], v. 13, n. 15, p. 2016, 2024.

MENDONÇA, R. C. *et al.* Flora vascular do Bioma Cerrado: checklist com 12.356 espécies. In: SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P.; RIBEIRO, J. F. (org.). **Cerrado: ecologia e flora**. Brasília, DF: Embrapa Cerrado, Embrapa Informação Tecnológica, 2008. p. 423–442.

MIRANDA-VILELA, A. L. *et al.* Oil rich in carotenoids instead of vitamins C and E as a better option to reduce doxorubicin-induced damage to normal cells of Ehrlich tumor-bearing mice: hematological, toxicological and histopathological evaluations. **Journal of Nutritional Biochemistry**, [s. l.], v. 25, n. 11, p. 1161–1176, 2014.

MORAIS, M. J. *et al.* Caracterização da casca de pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.) para sua utilização como biomassa. In: , 2016. **Anais [...]**. [S. l.]: Anais do Congresso de Ensino, Pesquisa e Extensão da UEG (CEPE)(ISSN 2447-8687)., 2016.

MUMBACH, G. D. *et al.* Unlocking the potential of pequi (*Caryocar brasiliense*) residues for bioenergy and renewable chemicals: multicomponent kinetic modeling, thermodynamic parameter estimation, and characterization of volatile products through TGA and Py-GC/MS experiments. **Industrial Crops and Products**, [s. l.], v. 209, p. 117928, 2024.

NARITA, I. M. P. *et al.* In vitro bioaccessibility of carotenoids and phenolic compounds and antioxidant capacity of pequi fruit (*Caryocar brasiliense* Camb.) flours. **Brazilian Journal of Food Technology**, [s. l.], v. 25, p. e23031068, 2022.

NASCIMENTO-SILVA, N. R. R. *et al.* Energy and lipid contents, and polyphenols composition of pequi pulp according to the fruit native area. **Ciência Rural**, [s. l.], v. 53, n. 6, p. e20220063, 2023.

OLIVEIRA, M. E. B. *et al.* **Documentos 113 - Aspectos agrônômicos e de qualidade do pequi**. Fortaleza, CE: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária Embrapa Agroindústria Tropical Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2008. Disponível em: www.cnpat.embrapa.br.

PAULA-JUNIOR, W. *et al.* Leishmanicidal, antibacterial, and antioxidant activities of *Caryocar brasiliense* Cambess leaves hydroethanolic extract. **Brazilian Journal of Pharmacognosy**, [s. l.], v. 16, p. 625–630, 2006.

ROESLER, R. *et al.* Atividade antioxidante de frutas do cerrado. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, [s. l.], v. 27, n. 1, p. 53–60, 2007.

SANTOS, B. O. *et al.* Optimization of extraction conditions of volatile compounds from pequi peel (*Caryocar brasiliense* Camb.) using HS-SPME. **Research, Society and Development**, [s. l.], v. 9, n. 7, p. e919974893, 2020.

SILVEIRA, E. A. *et al.* Biofuel from agro-industrial residues as sustainable strategy for CO₂ mitigation: statistical optimization of pequi seeds torrefaction. **Energy Conversion and Management**, [s. l.], v. 304, p. 118222, 2024.

TORRES, L. R. O. *et al.* Bioactive compounds and functional potential of pequi (*Caryocar* spp.), a native Brazilian fruit: a review. **Grasas y Aceites**, [s. l.], v. 69, n. 2, p. e257, 2018.

TORRES, L. R. de O. *et al.* Pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.) almond oil attenuates carbon tetrachloride-induced acute hepatic injury in rats: antioxidant and anti-inflammatory effects. **Food and Chemical Toxicology**, [s. l.], v. 97, p. 205–216, 2016.

VIEIRA, R. F. *et al.* **Frutas nativas da região Centro-oeste do Brasil**. Brasília, DF: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 2006. v. 1 Disponível em: <http://www.cenargen.embrapa.br>.

ÁREA TEMÁTICA: OUTRAS

MÓDULO COMPUTACIONAL EM PLANILHA ELETRÔNICA PARA O CÁLCULO DE INDICADORES ESTATÍSTICOS PARA AVALIAÇÃO DE ANÁLISES DE REGRESSÃO

Jorge Luiz Moretti de Souza¹;

Universidade Federal do Paraná (UFPR), Curitiba, Paraná.

Matheus Salgado Moretti².

Universidade Federal Tecnológica do Paraná (UTFPR), Curitiba, Paraná.

RESUMO: Teve-se por objetivo no presente estudo levantar os indicadores estatísticos mais utilizados na bibliografia para verificar o desempenho de modelos em análises de regressão entre valores observados e estimados, bem como constituir um módulo computacional em planilha eletrônica para facilitar e agilizar os cálculos desses indicadores estatísticos. O módulo computacional foi desenvolvido no Laboratório de Modelagem de Sistemas Ambientais (LAMOSA) / DSEA / UFPR, em planilha eletrônica, com rotinas implementadas na linguagem de programação *Visual Basic for Applications (VBA-Macro)*. Foram criadas funções para os principais indicadores estatísticos utilizados na literatura: Coeficientes de correlação e determinação; Eficiência de Nash-Sutcliffe; Índices de concordância “*d*” de Willmott e desempenho “*c*” de Camargo-Sentelhas; Erro quadrado médio; Raiz quadrada do erro quadrado médio; Erro absoluto relativo; Erro absoluto médio; Erro relativo percentual médio; Erro relativo percentual absoluto médio; Erro máximo absoluto; e, Razão da média. O módulo desenvolvido foi denominado “Cálculo de indicadores estatísticos para avaliação de análises de regressão”. O módulo implementado permitiu a automatização dos cálculos dos indicadores e proporcionou eficiência, precisão e maior rapidez nas análises. Os resultados obtidos foram analisados e comparados com os padrões estabelecidos na literatura, e confirmou eficácia nos cálculos dos indicadores escolhidos.

PALAVRAS-CHAVE: Métricas. Coeficientes. Índices e Erros.

SPREADSHEET-BASED COMPUTATIONAL MODULE FOR CALCULATING STATISTICAL INDICATORS IN REGRESSION ANALYSIS EVALUATION

ABSTRACT: This study aimed to identify the most widely used statistical indicators in the literature for assessing model performance in regression analyses between observed and estimated values, as well as to develop a spreadsheet-based computational module to facilitate and expedite the calculation of these statistical indicators. The computational module was developed at the Environmental Systems Modeling Laboratory (LAMOSA

/ DSEA / UFPR) using a spreadsheet platform, with routines implemented in the *Visual Basic for Applications (VBA-Macro)* programming language. Functions were created for the main statistical indicators reported in the literature, including: correlation and determination coefficients; Nash–Sutcliffe efficiency; Willmott’s “*d*” concordance index; Camargo–Sentelhas “*c*” performance index; mean squared error; root mean squared error; relative absolute error; mean absolute error; mean relative percentage error; mean absolute relative percentage error; maximum absolute error; and mean ratio. The developed tool, entitled “Calculation of Statistical Indicators for Regression Analysis Evaluation”, enabled automated computations of these indicators, providing efficiency, precision, and faster analysis. The obtained results were analyzed and compared with literature standards, confirming the effectiveness of the implemented calculations.

KEY-WORDS: Metrics. Coefficients. Indices. Errors.

INTRODUÇÃO

Os indicadores estatísticos foram idealizados para a avaliação da precisão e confiabilidade de modelos de regressão, estabelecendo métricas para comparação entre valores observados e estimados (Souza, 2018). Os indicadores ou métricas permitem identificar desvios, melhorar a calibração de modelos e aumentar a robustez das análises preditivas em diferentes áreas de pesquisa. A correta seleção e aplicação dos indicadores (coeficientes, índices e erros) é essencial para garantir a validade das conclusões em estudos que envolvem análise de regressão (Legates e McCabe Junior, 1999; Souza et al., 2023a).

O objetivo de avaliar o desempenho de modelos preditivos em análises de regressão consiste em identificar os modelos que entregam as previsões mais precisas. Costuma-se comparar dois ou mais modelos e escolher o modelo ou a combinação de modelos com a maior precisão, que proporcione o menor erro (Souza, 2018). Grande parte dos indicadores de desempenho se baseiam na distância entre valores observados e estimados. A distância é conhecida como erro de previsão e o ideal é que esse valor seja o mínimo possível (Chicco et al., 2021). Geralmente, muitos testes e avaliações precisam ser feitos nas análises de regressão envolvendo ajustes de modelos, o que necessita tempo e atenção dos pesquisadores e técnicos nos estudos desenvolvidos. Na engenharia de água e solo, hidrologia, agrometeorologia, entre outras é muito comum a utilização de indicadores para avaliar o desempenho de modelos de estimativa testados em análise de regressão (Sentelhas et al., 1997; Legates e McCabe Junior, 1999; David e Mota, 2022; Souza et al., 2023a).

Na literatura tem-se inúmeros programas ou sistemas estatísticos (GraphPad Prism, Gretl, Minitab, R, SAS, Stata, Statistix, entre outros) que já oferecem diversas ferramentas que podem auxiliar na realização de cálculos estatísticos, como análises de regressão e de indicadores para avaliar o desempenho do modelo testado (Muenchen, 2023). As planilhas

eletrônicas também já trazem ferramentas que podem ser utilizadas para realizar análises estatísticas, incluindo regressão linear entre outras abordagens (Microsoft, 2025).

Para facilitar e agilizar as atividades do usuário, também existem diversas ferramentas e pacotes estatísticos que calculam coeficientes, indicadores e erros estatísticos para avaliar o desempenho de modelos de regressão linear. Algumas das opções mais utilizadas incluem: Pacotes como Metrics, Caret e HydroGOF do R, que oferecem métricas como R^2 , RMSE, MAE e NSE (R Core Team, 2025); Bibliotecas sklearn, metrics, statsmodels e scipy, stats do Python, que permitem calcular erros estatísticos e avaliar modelos (Python Software Foundation, 2025); e, Suplemento Data Analysis ToolPak do Excel, que possui ferramentas de regressão que calcula R^2 , coeficientes e resíduos automaticamente (Microsoft, 2025).

No entanto, se o objetivo for trabalhar com modelos mais específicos ou avançados, a utilização de complementos adicionais ou o desenvolvimento de *macros* na linguagem de programação *Visual Basic for Applications (VBA-Macro)* pode ser uma alternativa extremamente interessante para facilitar, agilizar e expandir as funcionalidades da planilha eletrônica, para a realização de análises repetitivas e que podem levar à erros sistemáticos (Souza e Frizzzone, 2003a; Souza e Frizzzone, 2003b). A avaliação e verificação do desempenho de modelos de estimativa (preditivos) em análises de regressão associando valores observados e estimados é muito utilizada em diversas áreas (Legates e McCabe Junior, 1999; Sentelhas et al., 1997; David e Mota, 2022; Souza et al., 2023b), e acredita-se que ainda tem-se muito por fazer no desenvolvimento de rotinas e módulos para facilitar, agilizar e assegurar a realização de cálculos em planilha eletrônica, concentrando toda atividade ou análise em um mesmo ambiente de trabalho, sem precisar da instalação de pacotes (Souza et al., 2022; Roncovsky e Souza, 2023; Souza et al., 2023a).

OBJETIVO

Diante do contexto apresentado, teve-se por objetivo no presente trabalho levantar os indicadores estatísticos mais utilizados na bibliografia para verificar o desempenho de modelos em análises de regressão entre valores observados e estimados, bem como constituir um módulo computacional em planilha eletrônica para facilitar e agilizar os cálculos desses indicadores estatísticos.

METODOLOGIA

O presente estudo foi realizado seguindo a linha de pesquisa (diagnóstico e análise de dados) da  Plataforma Moretti, tendo como apoio o Laboratório de Modelagem de Sistemas Ambientais / DSEA / SCA / UFPR (Souza et al., 2022; Roncovsky e Souza, 2023; Souza et al., 2023a).

Uma revisão bibliográfica inicial foi realizada selecionando-se artigos científicos que trataram do desenvolvimento ou utilização de indicadores estatísticos com a finalidade de

avaliar a qualidade ou desempenho de modelos em análises de regressão, comparando valores observados versus estimados (Lopes et al., 2023). Os critérios de seleção dos melhores indicadores ou métricas basearam-se na leitura de cada artigo, verificando-se: consistência; qualidade da avaliação realizada; resultados alcançados; e, aceite do indicador (métrica) pela comunicada científica.

O módulo computacional foi desenvolvido em planilha eletrônica. As rotinas computacionais para os procedimentos de execução e cálculo foram implementadas na linguagem de programação *Visual Basic for Applications (VBA-Macro)*. Foram criadas funções para os principais indicadores (métricas) estatísticos levantados na revisão de literatura, considerada no parágrafo anterior.

Os principais indicadores estatísticos (métricas) levantados na literatura e utilizados no módulo computacional foram: Coeficientes de correlação (r); Coeficientes de determinação (R^2); Eficiência de Nash-Sutcliffe (NSE); Índice de concordância “ d ”; Índice de desempenho “ c ”; Erro quadrado médio (EQM); Raiz quadrada do erro quadrado médio ($REQM$); Erro absoluto relativo (EAR); Erro absoluto médio (EAM); Erro relativo percentual médio ($ERPM$); Erro relativo percentual absoluto médio ($ERPAM$); Erro máximo absoluto ($EMaxA$); Razão da média (RM).

Os testes do módulo implementado em planilha eletrônica foram realizados baseando-se em análises estatísticas com dados experimentais obtidos de estudos anteriores, aplicando-se os indicadores mencionados para avaliar a precisão dos modelos de regressão. O módulo foi avaliado quando à sua capacidade de automatização dos cálculos dos indicadores, bem como na sua eficiência, precisão e rapidez nas análises. Os resultados obtidos foram analisados e comparados com os padrões estabelecidos na literatura, para confirmar a eficácia dos indicadores escolhidos para a verificação do desempenho dos modelos de regressão estudados.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O módulo desenvolvido foi denominado “Cálculo de indicadores estatísticos para avaliação de análises de regressão” (Figura 1). Sua utilização pode ser realizada nas seguintes formas: i) Digitando o comando da função, na célula ou “barra de fórmulas” da planilha eletrônica (Figura 2a); ou, ii) Utilizando o respectivo formulário que é criado automaticamente para as funções que são desenvolvidas no editor do *VBA-Macro*, no ambiente da planilha eletrônica (Figura 2b). Clicando-se no botão “inserir função”, que se encontra ao lado da barra de fórmulas, o usuário poderá ter acesso às funções selecionando a opção categoria “Definido pelo usuário”, na caixa de seleção. Posteriormente, escolhe-se a função na lista “Selecione uma função”; ou, iii) Utilizando o formulário desenvolvimento especialmente para essa finalidade, que pode ser chamado com as teclas de atalho “Shit+Ctrl+E” (Figura 2c). No formulário da Figura 2c o usuário faz a entrada dos respectivos dados observados e estimados, indica a célula inicial para dar saída dos resultados. Nas

opções, o usuário pode realizar o cálculo e saída dos resultados de todos os indicadores, ou pode escolher o indicador de sua preferência. Para orientação e identificação dos valores calculados, o usuário também pode escolher se deseja a saída das siglas e unidades dos indicadores.

Figura 1: Tela de abertura do módulo “Cálculo de indicadores estatísticos para avaliação de análises de regressão”.

A tela de abertura do módulo apresenta o logotipo da UFPR (Universidade Federal do Paraná) à esquerda e o nome da instituição à direita. Abaixo do logotipo, há o nome do departamento e o nome do módulo. O texto principal do módulo está centralizado. Abaixo, há o nome do autor. Na parte inferior, há o endereço e o site. À direita, há dois campos de entrada e a versão do software.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ / SETOR DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE SOLOS E ENGENHARIA AGRÍCOLA
UFPR **M** Plataforma Moretti
LAMOSA - LABORATÓRIO DE MODELAGEM DE SISTEMAS AMBIENTAIS

**PLATAFORMA MORETTI: MÓDULO - CÁLCULO DE INDICADORES ESTATÍSTICOS
PARA AVALIAÇÃO DE ANÁLISES DE REGRESSÃO**

Autor: Jorge Luiz Moretti de Souza (LAMOSA / DSEA / SCA / UFPR)

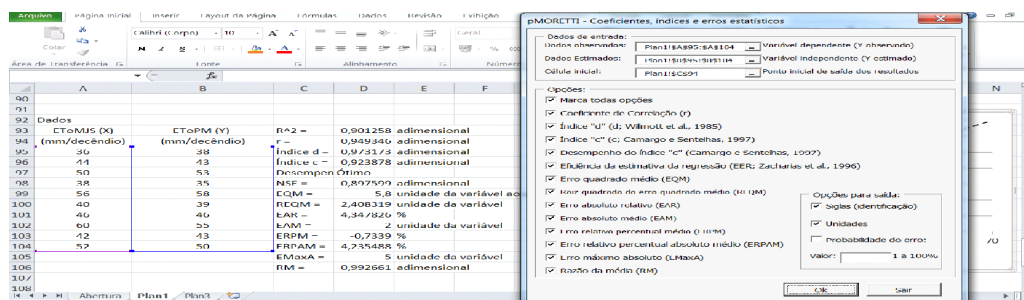
Endereço:
Rua dos Funcionários, 1540 - Curitiba, PR
CEP: 80035-050 Telefone: (041) 3350-5689
e-mail: jmoretti@ufpr.br
Site: <http://www.moretti.agrarias.ufpr.br/>

Versão 1.0 / 2025
pMoretti_JLM S_2025

Os testes do Módulo implementado em planilha eletrônica permitiram verificar como ocorreu a automatização dos cálculos dos indicadores. O Módulo proporcionou eficiência, precisão e muita rapidez nas análises. Nas Figuras 3 e 4 têm-se exemplos de análises de regressão linear. Na Figura 3 tem-se duas análises de regressão linear, realizando a associação entre a temperatura (°C) de determinada região e o consumo de energia (kWh). Na Figura 4 tem-se também duas análises de regressão linear, realizando a associação entre as evapotranspirações de referências (ET_o) estimadas com os métodos Penman-Monteith (PM ; padrão) e Moretti-Jerszurki-Silva (MJS ; alternativo) ($ET_{o_{MJS}}$ versus $ET_{o_{PM}}$), em que a exigência da proximidade da reta 1:1 ou de 45° pelo modelo de estimativa é importante e necessária.

(A)

(B)

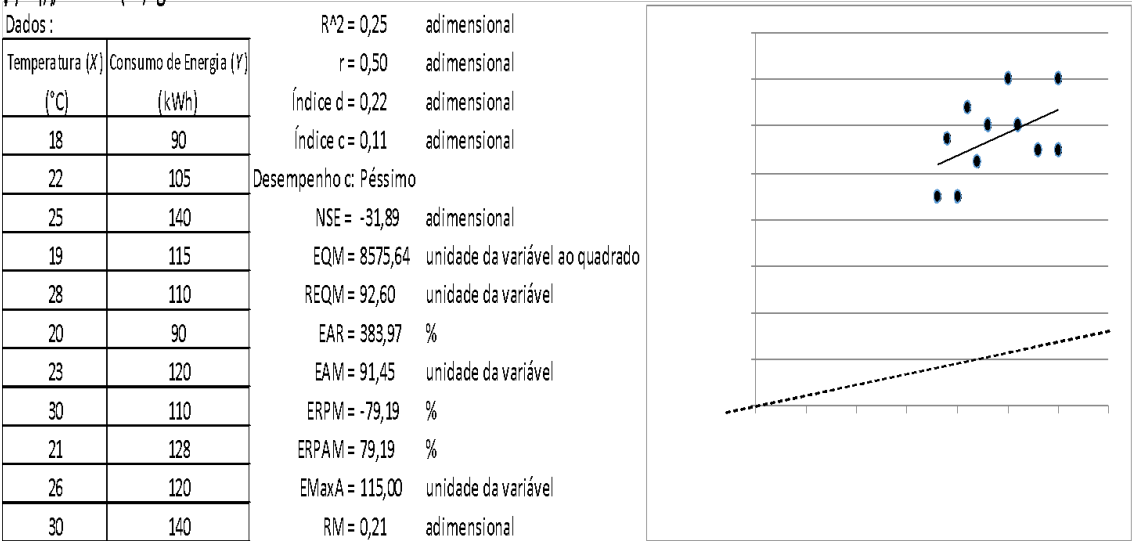


Nas análises de regressão linear da Figura 3 os melhores indicadores ou métricas precisam auxiliar o usuário na verificação de como os respectivos pares de pontos (estimados versus medidos) se encontram em relação à reta ou curva do modelo de regressão. Neste caso, é importante que os pontos se aproximem o máximo possível da reta ou curva de regressão. Um modelo preditivo realizará estimativas perfeitas se todos os pontos caírem sobre a reta ou curva de regressão analisada, algo próximo ao que está apresentado na Figura 3b. Nos exemplos da Figura 3, a utilização dos índices “*d*” e “*c*”, eficiência *NSE* e a maioria dos erros disponíveis não faz sentido de serem utilizados ou analisados, pois quantificam a proximidade entre os respectivos valores das variáveis dos eixos *X* e *Y*. Assim, não tem importância ou não é natural que valores de temperatura do ar sejam iguais ao valores de consumo de energia. O que se deseja é apenas verificar o grau de associação entre as variáveis estimadas (*X*; temperatura) e observadas (*Y*; consumo de energia), e para isso o mais indicado é utilizar os coeficientes de correção (*r*) ou determinação (*R*²). Assim, na Figura 3a tem-se uma associação fraca e dispersa, enquanto na Figura 3b tem-se uma associação estreita quase perfeita (*r* e *R*² estão muito próximos de 1).

Nas análises de regressão linear da Figura 4 os melhores indicadores ou métricas precisam auxiliar o usuário na verificação de como os respectivos pares de pontos (estimados versus medidos) se encontram em relação à reta do modelo de regressão. Neste caso, como as unidades dos eixos *X* e *Y* são as mesmas (mm decêndio⁻¹) e o modelo precisa estimar valores muito próximos aos observados, somente verificar se os pontos se aproxima o máximo possível da reta ou curva de regressão não é suficiente (como na Figura 4a). Na Figura 4a a associação foi boa, mas o modelo não está estimando bem os valores de *Y* (*ETo_{PM}*). É importante também que o modelo proposto ou estudado realize estimativas que se proximidade o máximo possível da reta 1:1 ou de 45°, evidenciando proximidade entre os respectivos valores estimados (*X*; *ETo_{JMS}*) e observados (*Y*; *ETo_{PM}*). Assim, um modelo preditivo somente realizará estimativas perfeitas se todos os pontos caírem sobre a reta de regressão analisada, e ao mesmo tempo ficarem sobre a reta 1:1 ou de 45° do gráfico de dispersão *XY*, contendo as variáveis estimadas (*X*; *ETo_{JMS}*) e observadas (*Y*; *ETo_{PM}*). Como se encontra apresentado na Figura 4b. Nas análises de regressão da Figura 4b, a utilização de todos os indicadores ou métricas disponíveis no Módulo computacional fazem sentido, e o usuário poderá escolher os indicadores ou métricas que se mostrarem mais promissores para estudar a área ou atividade de seu interesse.

Figura 3: Indicadores (métricas) das análises de regressão linear, associando “Temperatura (°C) versus Consumo de energia (kWh)”: a) Modelo linear não se ajustou ou explicou bem a relação entre temperatura e consumo de energia; b) Modelo linear se ajustou ou explicou bem a relação entre temperatura e o consumo de energia.

(A)



(B)

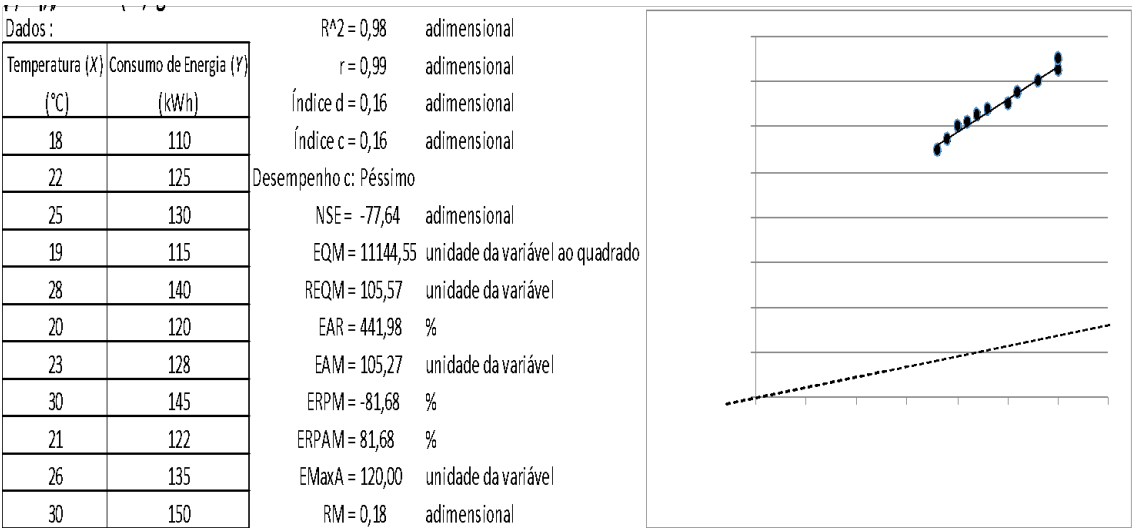
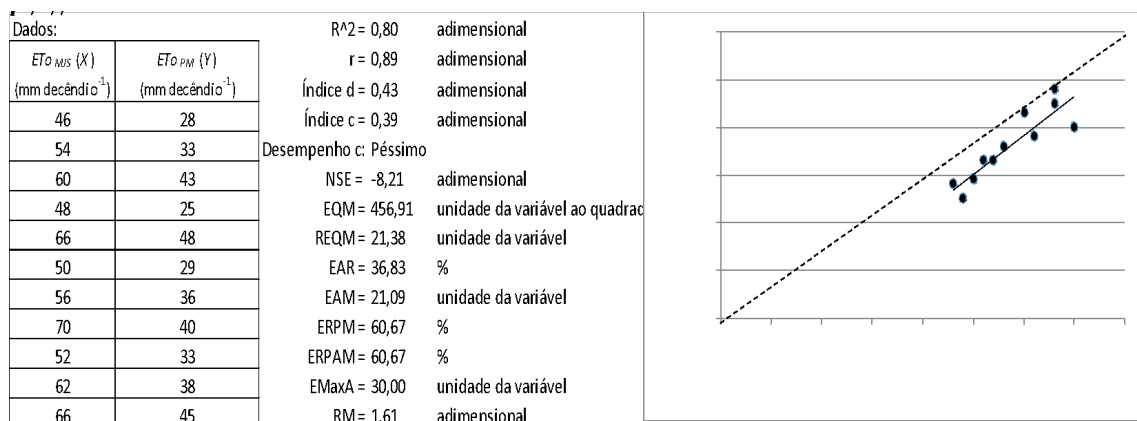
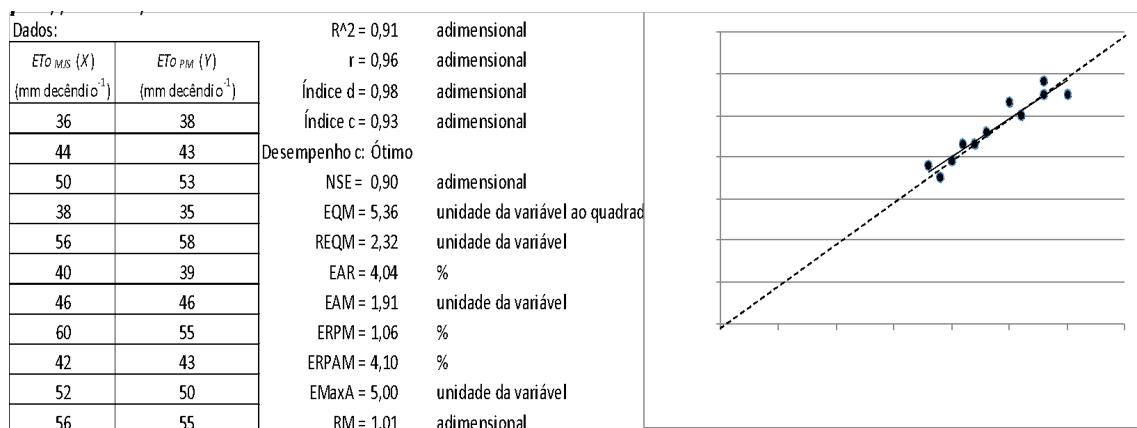


Figura 4: Indicadores (métricas) das análises de regressão linear, associando as evapotranspirações de referência (ET_o) estimadas com os modelos Penman-Monteith (PM ; padrão) e Moretti-Jerszurki-Silva (MJS ; alternativo), sendo: a) Modelo linear não se ajustou ou explicou bem a relação entre a “ $ET_{o_{MJS}}$ versus $ET_{o_{PM}}$ ”; b) Modelo linear se ajustou ou explicou bem a relação entre a “ $ET_{o_{MJS}}$ versus $ET_{o_{PM}}$ ”.

(A)



(B)



CONSIDERAÇÕES FINAIS

O Módulo implementado em planilha eletrônica permitiu a automatização dos cálculos dos indicadores e proporcionou eficiência, precisão e maior rapidez nas análises, sendo todo processo realizado em um mesmo ambiente de trabalho.

As rotinas e Módulo incrementará a biblioteca de ferramentas computacionais da Plataforma MORETTI, e poderão ser disponibilizadas à comunidade em geral.

REFERÊNCIAS

CHICCO, D.; WARRENS, M. J.; JURMAN, G. The coefficient of determination R-squared is more informative than SMAPE, MAE, MAPE, MSE and RMSE in regression analysis

evaluation. PeerJ Computer Science, v. 5, n. 7, e623, 2021. <https://peerj.com/articles/cs-623/>

DAVID, L. M.; MOTA, T. M. Quality assessment of small urban catchments stormwater models: a new approach using old metrics. Hydrology, v. 9, n. 87, 28p., 2022. <https://doi.org/10.3390/hydrology9050087>

LEGATES, D. R.; McCABE JUNIOR, G. J. Evaluating the use of “goodness-of-fit” measures in hydrologic and hydroclimatic model validation. Water Resources Research, v. 35, n. 1, p. 233-241, 1999.

LOPES, R. D.; VEZZANI, F. M.; PARAGUAIO, E. V. Abordagem da Qualidade do Solo nos trabalhos publicados no Brasil. **Revista Brasileira de Meio Ambiente**, v. 11, n. 1. p. 87-105, 2023.

MICROSOFT. Use the analysis ToolPak to perform complex data analysis. Microsoft Support. Disponível em: <https://support.microsoft.com/en-us/office/use-the-analysis-toolpak-to-perform-complex-data-analysis-6c67ccf0-f4a9-487c-8dec-bdb5a2cefab6>. Acesso em: 18 fev. 2025.

MUENCHEN, R. A. The popularity of data science software. 2023. Data Science Software Reviews. Disponível em: <https://r4stats.com/articles/popularity/>. Acesso em: 17 fev. 2025.

PYTHON SOFTWARE FOUNDATION. Python programming language. 2025. Disponível em: <https://www.python.org/downloads/>. Acesso em: 18 fev. 2025.

R CORE TEAM. The R Project for Statistical Computing. 2025. Disponível em: <https://cran.r-project.org/>. Acesso em: 18 fev. 2025.

RONCOVSKY, V.; SOUZA, J. L. M. Levantamento e análise dos parâmetros da equação de Angström-Prescott de localidades brasileiras para a constituição de um módulo computacional voltado à disponibilização de dados e estimativa da radiação solar incidente. Anais. CONVIBRA, 2023. 8p. (Evento Online: www.convibra.org)

SENTELHAS, P. C.; MORAES, S. O.; PIEDADE, S. M. S.; PEREIRA, A. R.; ANGELOCCI, L. R.; MARIN, F. R. Análise comparativa de dados meteorológicos obtidos por estações convencional e automática. Revista Brasileira de Agrometeorologia, v. 5, n. 2, p. 215-221, 1997.

SOUZA, J. L. M. Fundamentos de matemática e estatística para formulação de modelos e análise de dados: aplicado às ciências agrárias. Curitiba, Plataforma Moretti/DSEA/SCA/UFPR, 2018. (Manual didático)

SOUZA, J. L. M.; FRIZZONE, J. A. Modelo aplicado ao planejamento da cafeicultura irrigada. III. Análise de risco econômico da cafeicultura em dois sistemas de irrigação. Acta Scientiarum Agronomy, v. 25, n. 2, p. 399-408, 2003a.

SOUZA, J. L. M.; FRIZZONE, J. A. Modelo aplicado ao planejamento da cafeicultura irrigada. I. Simulação do balanço hídrico e do custo com água. Acta Scientiarum Agronomy, v. 25, n. 1, p. 103-112, 2003b.

SOUZA, J. L. M.; KIMURA, B. H.; UHLIK, C. F.; MAZIERO, R. O.; MORETTI, M. S. Módulo computacional para disponibilização do coeficiente kRs de Hargreaves e Samani de localidades brasileiras e cálculo da radiação solar incidente. Anais. CONVIBRA, 2023a. 8p. (Evento Online: www.convibra.org)

SOUZA, J. L. M.; MICHAOVSKI, R. E.; MOCELIN, L. K.; RONCOVSKY, V.; BILYK, C. G.; MORETTI, M. S. Levantamento de parâmetros e desenvolvimento de módulo para cálculo da intensidade, duração e frequência da precipitação pluviométrica de localidades brasileiras. Anais. CONVIBRA, 2022. 10p. (Evento Online: www.convibra.org)

SOUZA, J. L. M.; OLIVEIRA, C. T.; ROSA, S. L. K.; TSUKAHARA, R. Y. Calibration and validation of the AquaCrop model to estimate soybean production in the Campos Gerais, Parana State, Brazil. CIGR Journal, v. 25, n. 4, p. 1-13, 2023b.

Yslla Fernanda Fitz Balo Merigueti¹;

Faculdade Multivix, Nova Venécia, Espírito Santo.

<http://lattes.cnpq.br/1392974044923456>

André Cayô Cavalcanti²;

Faculdade Multivix, Nova Venécia, Espírito Santo.

<http://lattes.cnpq.br/8569158472614202>

Ivanildo Schmith Kuster³;

Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural (Incaper), Nova Venécia, Espírito Santo.

<http://lattes.cnpq.br/5660856092825608>

Luciano Wagner Dorea Reis⁴;

Faculdade Multivix, Nova Venécia, Espírito Santo.

<http://lattes.cnpq.br/9652229956705948>

Sérgio de Oliveira Alves⁵;

Faculdade Multivix, Nova Venécia, Espírito Santo,

<http://lattes.cnpq.br/6218341903351479>

Francismar Silva Coelho⁶;

Faculdade Multivix, Nova Venécia, Espírito Santo.

<http://lattes.cnpq.br/6893364633794953>

Wanderson Alves Ferreira⁷;

Faculdade Multivix, Nova Venécia, Espírito Santo.

<http://lattes.cnpq.br/8076091911867812>

Marcel Merlo Mendes⁸;

Universidade Federal do Espírito Santo (UFES).

<http://lattes.cnpq.br/4538184163113541>

Josete Pertel⁹;

Faculdade Multivix, Nova Venécia, Espírito Santo.

<http://lattes.cnpq.br/7816353380400598>

Juliana Maria Piassi¹⁰;

Faculdade Multivix, Nova Venécia, Espírito Santo.

<http://lattes.cnpq.br/3824373640026505>

Janio Laurindo¹¹;

Universidade Federal do Espírito Santo (UFES), Nova Venécia, Espírito Santo.

<http://lattes.cnpq.br/7235234921414971>

Deivid Garbrecht Feltz¹².

Universidade Federal do Espírito Santo (UFES), Nova Venécia, Espírito Santo.

<http://lattes.cnpq.br/4076769345051474>

RESUMO: A Dermatite Atópica Canina (DAC) é uma patologia cutânea inflamatória, pruriginosa e hereditária, que frequentemente se manifesta com sintomas relacionados à produção de anticorpos IgE em resposta a alérgenos presentes no ambiente. O diagnóstico da DAC pode ser desafiador, uma vez que seus sinais clínicos se assemelham aos de outras doenças dermatológicas, tornando essencial a exclusão dessas condições durante o processo diagnóstico. O tratamento pode ser abordado de diversas maneiras, incluindo o uso de corticosteroides, imunoterapias e, de forma complementar, terapias alternativas. É crucial que o tutor esteja ciente das complicações associadas à condição, pois seu comprometimento é indispensável para o sucesso no manejo da doença. O objetivo deste trabalho é revisar a literatura sobre a dermatite atópica canina, destacando aspectos como etiologia, manifestações, causas e tratamento, visando contribuir para o conhecimento na área e aprimorar o manejo clínico dos pacientes afetados.

PALAVRAS-CHAVE: Atopia. Dermatologia. Alergia.

CANINE ATOPIC DERMATITIS: LITERATURE REVIEW

ABSTRACT: Canine Atopic Dermatitis (CAD) is a hereditary, inflammatory, and pruritic skin disorder that often presents with symptoms related to the production of IgE antibodies in response to environmental allergens. Diagnosing CAD can be challenging, as its clinical signs resemble those of other dermatologic diseases, making it essential to rule out these conditions during the diagnostic process. Treatment can be approached in several ways, including the use of corticosteroids, immunotherapies, and, as adjuncts, complementary and alternative therapies. It is crucial for the owner to be aware of the complications associated with the condition, as their commitment is indispensable to successful disease management. The objective of this work is to review the literature on canine atopic dermatitis, highlighting aspects such as etiology, clinical manifestations, causes, and treatment, with the aim of

contributing to knowledge in the field and improving the clinical management of affected patients.

KEY-WORDS: Atopy. Dermatology. Allergy.

INTRODUÇÃO

A dermatologia veterinária busca conhecer e tratar doenças de pele e anexos, sendo esses considerados mecanismos de defesa tanto anatômicos como fisiológicos que atuam entre o meio ambiente e o organismo do animal, dessa forma, esses órgãos desempenham papéis cruciais, tais como proteção contra lesões, regulação da temperatura e defesa contra patógenos (Hargis e Myers, 2018).

Na espécie canina, a pele representa, em média, 20% do peso corporal do indivíduo e sua estrutura pode variar conforme a raça, idade e sexo, sendo um órgão composto por três camadas: a epiderme, a mais externa; a derme, localizada na camada intermediária; e a hipoderme, ou tecido celular subcutâneo, que é a camada mais interna. Além dessas camadas, a pele se conecta a diversas estruturas anexas, como glândulas, pelos e unhas (Lucas, 2004).

As dermatopatias alérgicas são descritas como uma das condições mais comuns diagnosticadas na clínica de pequenos animais (Souza *et al.*, 2009). Além disso, essas apresentam manifestações clínicas inespecíficas, o que confere desafios ao processo diagnóstico devido à sua complexidade em análise de diversos sinais clínicos (Marsella e Olivry, 2001).

Dentro do grupo das dermatopatias alérgicas, a Dermatite Atópica Canina (DAC), se caracteriza por ser uma condição cutânea inflamatória, pruriginosa e hereditária, que frequentemente se manifesta com sintomas clínicos relacionados principalmente à produção de anticorpos IgE em resposta aos alérgenos ambientais (Hargis e Myers, 2018).

Os avanços na área da dermatologia veterinária evidenciam que a Dermatite Atópica Canina (DAC) não se trata apenas de uma doença isolada, mas sim de uma síndrome clínica inflamatória multifatorial que pode ou não estar relacionada às reações de hipersensibilidade do tipo I e à inalação de alérgenos ambientais (Marsella, 2021).

O diagnóstico da dermatopatia está evoluindo no decorrer dos últimos anos, pois, apesar deste ainda ser baseado nos padrões clínicos e epidemiológicos, atualmente é possível excluir outros diagnósticos diferenciais por meio de exames complementares, o que auxilia o clínico veterinário a implementar a melhor terapêutica para o paciente (Morillon *et al.*, 2013).

A DAC exige dos profissionais e tutores o controle das manifestações clínicas da doença, sendo que o sucesso do manejo de cães acometidos requer uma abordagem multimodal, na qual diversas terapias podem ser aplicadas simultaneamente a fim de

garantir o bem-estar durante a vida do animal (Miller, Griffin e Campbell, 2013).

O clínico veterinário deve ter conhecimento quanto aos efeitos adversos do uso prolongado de fármacos, a fim de evitar o comprometimento do estado de saúde do animal, sendo preferível empregar protocolos que promovam a restauração da barreira cutânea e, principalmente, conhecer os alérgenos desencadeadores das crises em cada paciente para que se evite a exposição a esses (Sanabri, Ribeiro e Ribeiro, 2022).

OBJETIVO

Realizar uma revisão de literatura sobre a dermatite atópica canina, sistematizando as evidências quanto à etiologia, fisiopatologia, fatores desencadeantes, manifestações clínicas, diagnóstico diferencial e opções terapêuticas, a fim de subsidiar o conhecimento na área e aprimorar o manejo clínico de cães afetados.

METODOLOGIA

A pesquisa se enquadra na área do conhecimento em Ciências Agrárias (Gil, 2022). O campo de estudo das Ciências Agrárias é muito amplo, contemplando as áreas de Agronomia, Recursos Florestais, Engenharia Florestal, Engenharia Agrícola, Zootecnia, Agroecologia, Medicina Veterinária, Engenharia de Pesca e Ciência e Tecnologia de Alimentos, sendo que cada um desses campos, apresenta uma gama enorme de componentes específicos (Nascimento e Leão, 2021).

A pesquisa é classificada como aplicada quanto sua finalidade, esse tipo de estudo é voltado à busca de conhecimentos com objetivos à aplicação em dadas situações específicas (Gil, 2022).

Quanto aos seus propósitos mais gerais, a pesquisa pode ser classificada como exploratória (Gil, 2022). O presente estudo busca proporcionar um maior entendimento sobre a doença explorando suas características já conhecidas e relatadas.

Quanto à natureza dos dados, a pesquisa se classifica como qualitativa (Gil, 2022). Busca-se trazer uma visão ampla da dermatite atópica canina levantando-se informações acerca das principais manifestações clínicas, da influência do ambiente no desencadeamento das crises e, também, busca-se utilizar os dados encontrados para que se empregue condutas mais direcionadas ao tratamento e controle.

Quanto às técnicas de coleta de dados, a pesquisa pode ser classificada como bibliográfica, a pesquisa bibliográfica é construída com base em materiais já elaborados (Gil, 2022). Foi realizada uma pesquisa bibliográfica em documentos com comprovada validação científica sobre os aspectos generalistas da doença. As referências utilizadas no texto foram provenientes das plataformas de pesquisa gratuitas, os artigos foram pesquisados principalmente na base de dados SciELO, PUBMED, e artigos no portal de

periódicos da CAPES com destaque para artigos que abrangem os Descritores: Atopia; Cães; Dermatologia; Alergia.

DISCUSSÃO

Estudos realizados por Harvey *et al.* (2019), demonstram que os fatores desencadeantes da dermatite atópica canina são diversos e podem incluir alérgenos ambientais, como ácaros, fungos, pólen e outros alérgenos, que são frequentemente responsáveis pelos surtos de prurido e inflamação. Esses surtos geralmente ocorrem apenas se o cão for hipersensível a esses alérgenos e se a quantidade de alérgenos presentes for suficiente para desencadear a reação. Portanto, identificar e, sempre que possível, eliminar o contato ou a ingestão desses alérgenos é fundamental para prevenir a agravamento ou a reincidência dos surtos

A predisposição genética é um fator crucial no desenvolvimento da dermatite atópica canina, com certas raças apresentando maior suscetibilidade à condição. Essa hereditariedade é atribuída a variantes genéticas que afetam a função da pele e a resposta imunológica, contribuindo para a falha na barreira cutânea e a inflamação. Em virtude da natureza hereditária da dermatite atópica, recomenda-se que cães diagnosticados com a doença não sejam utilizados na reprodução, o que visa reduzir a transmissão de genes que predisponham à condição, minimizando a prevalência da dermatite atópica nas gerações futuras (Santoro *et al.*, 2019; Santos e Alessi, 2016).

Outro estudo que avaliou cães com dermatite atópica em cinco locais diferentes em três continentes revelou que as predisposições raciais para a doença variaram de acordo com a localização geográfica. Essa pesquisa indica que fatores ambientais e genéticos interagem de maneira complexa, influenciando a prevalência da dermatite atópica em diferentes regiões. Assim, enquanto certas raças podem ser mais suscetíveis em determinadas áreas, outras podem apresentar uma maior incidência em locais distintos, ressaltando a importância de considerar tanto o contexto ambiental quanto as características raciais na abordagem do manejo e prevenção da doença (Jaeger *et al.*, 2010).

Cães que vivem em ambientes fechados tendem a apresentar uma maior frequência de dermatite atópica canina (DAC), pois ficam mais expostos a alérgenos internos, como ácaros de poeira, fungos e outros irritantes. Nesse contexto, o contato mais intimista entre tutor e cão pode, paradoxalmente, contribuir para o agravamento da condição. Essa falta de exposição a ambientes naturais impede que os cães desenvolvam uma resistência a certos alérgenos, tornando-os mais vulneráveis a reações alérgicas. Em estudo, Harvey *et al.* (2019), concluíram que criar um ambiente equilibrado e saudável, que inclua oportunidades para o exercício e a interação com a natureza possui efeito positivo para a prevenção da doença.

O prurido é considerado o sinal clínico mais prevalente na dermatite atópica canina e é o principal responsável pelo desconforto tanto do animal quanto de seu tutor. O manejo adequado do prurido é, portanto, uma prioridade no tratamento da dermatite atópica, visando não apenas aliviar a angústia do paciente, mas também melhorar a qualidade de vida de ambos (Alcantara *et al.*, 2022).

De acordo com Hensel, Santoro, Favrot (2015), O diagnóstico da dermatite atópica canina (DAC) envolve a exclusão de outras doenças de pele com sinais semelhantes. A primeira etapa é verificar a presença de pulgas, seguidas por outros ectoparasitas como sarna e piolhos. Infecções bacterianas, como piodermite, e o crescimento excessivo de *Malassezia* são comumente encontrados em cães com DAC e podem intensificar o quadro. Além disso, reações adversas a alimentos devem ser investigadas, já que podem mimetizar ou agravar a DA. Um diagnóstico clínico de DA canina pode ser feito se, após essas avaliações, o prurido persistir.

O tratamento tópico é de suma importância no manejo da dermatite atópica canina, pois tem como objetivo fundamental reestabelecer a barreira cutânea comprometida. Ao melhorar a integridade da pele, esses tratamentos ajudam a reduzir a perda de umidade e a proteger contra alérgenos e irritantes externos, proporcionando alívio aos sintomas e prevenindo recaídas (Hargis e Ginn, 2013). Olivry *et al.*, (2010), afirmam que Banhos com xampus emolientes que contêm lipídios, açúcares complexos e antissépticos demonstraram um efeito antipruriginoso, especialmente em cães com dermatite leve, sendo que a intensidade e a frequência dos banhos são fatores essenciais para aliviar o prurido.

Os glicocorticoides tópicos são eficazes no tratamento de surtos agudos, especialmente para lesões localizadas, todavia podem provocar atrofia da pele na área de uso se o tratamento for prolongado. Em contrapartida, em casos de lesões graves e amplas, a terapia com corticoides orais é a mais adequada, sendo a prednisolona, prednisona ou metilprednisolona as opções mais frequentes (Rynhoud *et al.*, 2021).

Os inibidores da calcineurina têm emergido como uma opção eficaz no tratamento da dermatite atópica canina, atuando como imunossupressores que reduzem a inflamação cutânea. Medicamentos como a ciclosporina, quando administrados por via oral, e o tacrolimo, em forma tópica, inibem a ativação de células T, resultando em uma diminuição da resposta alérgica e do prurido associado à condição. Apesar de serem bem tolerados e poderem ser utilizados em terapias prolongadas sem os efeitos colaterais adversos típicos dos corticoides, o início lento de sua ação os torna inadequados para o tratamento de crises agudas de dermatite atópica, devendo esses serem associados aos corticóides como a prednisolona até que atinja seu pico de atuação, que geralmente acontece em cerca de 14 dias (Saridomichelakis e Olivry, 2016).

No entendimento de Marsella (2021), o oclacitinib tem se mostrado uma alternativa eficaz à prednisolona durante o período de indução da ciclosporina no tratamento da dermatite atópica canina. Este medicamento, um inibidor da janus quinase (JAK), atua

rapidamente para aliviar a coceira e a inflamação, proporcionando alívio dos sintomas enquanto a ciclosporina começa a fazer efeito. Além disso, o oclacitinib tende a apresentar uns efeitos colaterais menos prejudiciais frente à prednisolona, reduzindo o risco de complicações associadas ao uso prolongado de corticosteroides.

Apesar de ser considerada uma das abordagens mais eficazes para o tratamento da dermatite atópica canina, a imunoterapia apresenta uma desvantagem significativa: o longo tempo necessário para alcançar resultados efetivos que geralmente duram cerca 12 meses após o início do tratamento. Esse período prolongado requer não apenas paciência, mas também consistência nas visitas ao veterinário e na administração das doses, o que pode ser difícil para alguns tutores. Além disso, a expectativa de resultados lentos pode levar à frustração, potencialmente comprometendo a adesão ao tratamento e, conseqüentemente, a qualidade de vida do animal (Ramió-Lluch *et al.*, 2020).

Em um estudo, Popa *et al.* (2011), realizaram um tratamento de dois meses com suplementação alimentar de ácidos graxos essenciais em cães atópicos, essa intervenção resultou em uma melhoria notável na organização dos lipídios lamelares, assemelhando-se ao padrão observado em cães saudáveis. Os dados obtidos sugerem que a suplementação alimentar prolongada com ácidos graxos essenciais ômega-6 e ômega-3 pode exercer um efeito benéfico na dermatite atópica canina.

Saridomichelakis e Olivry (2016), relatam que a presença de infecções secundárias não apenas intensifica o desconforto do animal, mas também complica o manejo da dermatite atópica, exigindo abordagens terapêuticas adicionais, como antibióticos ou antifúngicos, para restaurar a saúde da pele e controlar os sinais clínicos. Portanto, a identificação e o tratamento precoce dessas infecções são essenciais para um manejo eficaz da dermatite atópica.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A dermatite atópica canina é uma enfermidade recorrente na prática clínica veterinária, exigindo abordagem cuidadosa e detalhada por parte dos profissionais para assegurar um diagnóstico preciso. O manejo dessa condição representa um desafio significativo, uma vez que a dermatite atópica é uma doença crônica e sem cura. A escolha das opções terapêuticas deve ser feita com cautela, priorizando aquelas que apresentam o menor risco de efeitos adversos.

A educação do tutor é essencial para o sucesso do tratamento, uma vez que o envolvimento ativo na gestão da condição tem diferença significativa na resposta ao tratamento. A combinação de uma avaliação clínica rigorosa, um plano de tratamento personalizado e um suporte contínuo ao tutor são fundamentais para melhorar a saúde e o bem-estar dos cães acometidos.

REFERÊNCIAS

- ALCÂNTARA, L. P. A.; SALVARANI, F. M.; JOÃO, C. F. Tratamentos de dermatite atópica canina: revisão. *Pubvet*, v. 16, n. 5, p. 188, 2022. Disponível em: <https://ojs.pubvet.com.br/index.php/revista/article/view/42>. Acesso em: 1 de outubro de 2024.
- GIL, Antonio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 7. ed. Barueri, SP: Atlas, 2022. Disponível em: [https://integrada.minhabiblioteca.com.br/reader/books/9786559771653/epubcfi/6/20\[%3Bvnd.vst.idref%3Dhtml10\]!/4](https://integrada.minhabiblioteca.com.br/reader/books/9786559771653/epubcfi/6/20[%3Bvnd.vst.idref%3Dhtml10]!/4). Acesso em: 22 de outubro de 2023.
- HARGIS, A. M.; GINN, P. E. O tegumento. In: ZACHARY, J. F.; McGAVIN, M. D. (eds.). **Bases da patologia em veterinária**. 5. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2013. p. 975–1186.
- HARGIS, A. M.; MYERS, S. O tegumento. In: ZACHARY, J. F. (ed.). **Bases da patologia em veterinária**. 6. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2018. p. 3903–4378.
- HARVEY, N. D.; SHAW, S. C.; CRAIGON, P. J.; BLOTT, S. C.; ENGLAND, G. C. Fatores de risco ambientais para dermatite atópica canina: um estudo retrospectivo em larga escala em labradores e golden retrievers. *Veterinary Dermatology*, v. 30, n. 5, p. 396–e119, 2019. DOI: 10.1111/vde.12782. Acesso em: 20 de setembro de 2024.
- HARVEY, N. D.; SHAW, S. C.; CRAIGON, P. J.; BLOTT, S. C.; ENGLAND, G. C. Environmental risk factors for canine atopic dermatitis: a retrospective large-scale study in Labrador and Golden Retrievers. *Veterinary Dermatology*, v. 30, p. 396–e119, 2019. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/vde.12782>. Acesso em: 3 de outubro de 2024.
- HENSEL, P.; SANTORO, D.; FAVROT, C. Dermatite atópica canina: diretrizes detalhadas para diagnóstico e identificação de alérgenos. *BMC Veterinary Research*, v. 11, p. 196, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1186/s12917-015-0515-5>. Acesso em: — (se aplicável, inserir data de acesso).
- JAEGER, K.; LINEK, M.; POWER, H. T.; BETTENAY, S. V.; ZABEL, S.; ROSYCHUK, R. A. W.; MUELLER, R. S. Breed and site predispositions of dogs with atopic dermatitis: a comparison of five locations in three continents. *Veterinary Dermatology*, v. 21, p. 119–123, 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/j.1365-3164.2009.00845.x>. Acesso em: 20 de setembro de 2024.
- LUCAS, R. *et al.* Semiologia da pele. In: **Semiologia veterinária: a arte do diagnóstico**. São Paulo: Roca, 2004. p. 641–676. Disponível em: <https://consultadogvet.wordpress.com/wp-content/uploads/2017/02/12-semiologia-da-pele.pdf#page=2.81>. Acesso em: 9 de setembro de 2024.
- MARSELLA, R.; OLIVRY, T. The ACVD Task Force on Canine Atopic Dermatitis (VII): mediators of cutaneous inflammation. *Veterinary Immunology and Immunopathology*, v. 81, n. 3–4, p. 205–213, 2001. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/11553381/>. Acesso em: 25 de outubro de 2024.
- MARSELLA, R. Atopic dermatitis in domestic animals: what our current understanding is

and how this applies to clinical practice. *Veterinary Sciences*, p. 1–18, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/vetsci8070124>. Acesso em: 5 de setembro de 2024.

MILLER, W. H., Jr.; GRIFFIN, C. E.; CAMPBELL, K. L. **Muller & Kirk's Small Animal Dermatology**. 7. ed. St. Louis: Elsevier, 2013. 950 p.

MORAILLON, R.; LEGEAY, Y.; BOUSSARIE, D.; SÉNÉCAT, O. **Diagnóstico e tratamento de cães, gatos e animais exóticos**. 7. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2013. 2111 p.

NASCIMENTO, M. M.; LEÃO, M. F. Ciências Agrárias na Educação do Campo: um estudo investigativo na Escola Municipal Procópio Faria de Vila Rica/MT. *Research, Society and Development*, Vargem Grande Paulista, v. 10, n. 8, p. 1–11, 2021. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/download/17009/15217/216572>. Acesso em: 18 de outubro de 2024.

OLIVRY, T.; DEBOER, D. J.; FAVROT, C.; JACKSON, H. A.; MUELLER, R. S.; NUTTALL, T.; PRÉLAUD, P. Treatment of canine atopic dermatitis: 2010 clinical practice guidelines from the International Task Force on Canine Atopic Dermatitis (ESVD and ACVD). *Veterinary Dermatology*, v. 21, n. 3, p. 1–17, 2010. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/20456716/>. Acesso em: 3 de outubro de 2024.

POPA, I.; PIN, D.; REMOUE, N.; OSTA, B.; CALLEJON, S.; VIDEMONT, E. Analysis of epidermal lipids in normal and atopic dogs, before and after administration of an oral omega-6/omega-3 fatty acid feed supplement: a pilot study. *Veterinary Research Communications*, v. 35, n. 8, p. 501–509, 2011. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/21786009/>. Acesso em: 3 de outubro de 2024.

RAMIÓ-LLUCH, L.; BRAZÍS, P.; FERRER, L.; PUIGDEMONT, A. Allergen-specific immunotherapy in dogs with atopic dermatitis: is owner compliance the main success-limiting factor? *Veterinary Record*, v. 187, n. 12, p. 493, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1136/vr.10602>.

RYNHOUD, H.; GIBSON, J. S.; MELER, E.; SOARES, M. R. J. The association between the use of oclacitinib and antibacterial therapy in dogs with allergic dermatitis: a retrospective case-control study. *Frontiers in Veterinary Science*, v. 8, 631443, 2021. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33681331/>. Acesso em: 25 de outubro de 2024.

RYNHOUD, H.; GIBSON, J. S.; MELER, E.; SOARES MAGALHÃES, R. J. The association between the use of oclacitinib and antibacterial therapy in dogs with allergic dermatitis: a retrospective case-control study. *Frontiers in Veterinary Science*, v. 8, 631443, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.3389/fvets.2021.631443>. Acesso em: 18 de outubro de 2024.

SANABRI, R. A.; RIBEIRO, R. M.; RIBEIRO, D. S. F. Dermatite atópica canina: um olhar sobre os tratamentos atuais. *Research, Society and Development*, v. 11, n. 11, 2022. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v11i11.32807>. Acesso em: 1 de setembro de 2024.

SANTORO, D.; MARSELLA, R.; PUCHEU-HASTON, C. M.; EISENSCHENK, M. N.; NUT-

TALL, T.; BIZIKOVA, P. Review: pathogenesis of canine atopic dermatitis: skin barrier and host–micro-organism interaction. *Veterinary Dermatology*, v. 26, p. 84–96, 2019. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25683702/>. Acesso em: 25 de outubro de 2024.

SANTOS, R. L.; ALESSI, A. C. **Patologia veterinária**. 2. ed. São Paulo: Annablume, 2016. 842 p.

SARIDOMICHELAKIS, M. N.; OLIVRY, T. An update on the treatment of canine atopic dermatitis. *The Veterinary Journal*, v. 207, p. 29–37, 2016. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26586215/>. Acesso em: 18 de outubro de 2024.

SOUZA, T. M.; FIGHERA, R. A.; SCHMIDT, C.; REQUIAS, A. H.; BRUM, J. S.; MARTINS, T. B.; BARROS, C. S. L. Prevalência das dermatopatias não tumorais em cães do município de Santa Maria, Rio Grande do Sul (2005–2008). *Pesquisa Veterinária Brasileira*, v. 29, n. 2, p. 157–162, 2009. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/pvb/a/v8F4KDHw3RnL4DHj3wY-5FbD/>. Acesso em: 25 de outubro de 2024.

REPRODUÇÃO DE EQUINOS COM SÊMEN CONGELADO: UMA REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

André Cayô Cavalcanti¹;

Faculdade Multivix, Nova Venécia, Espírito Santo.

<http://lattes.cnpq.br/8569158472614202>

Gabriel Vilela Hertel Vianna²;

Faculdade Multivix, Nova Venécia, Espírito Santo.

<http://lattes.cnpq.br/7987647693729819>

Renata Curty da Rocha³;

Faculdade Multivix, Nova Venécia, Espírito Santo.

Yslla Fernanda Fitz Balo Meriguetti⁴;

Faculdade Multivix, Nova Venécia, Espírito Santo.

<http://lattes.cnpq.br/1392974044923456>

Ivanildo Schmith Kuster⁵;

Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural (Incaper), Nova Venécia, Espírito Santo.

<http://lattes.cnpq.br/5660856092825608>

Luciano Wagner Dorea Reis⁶;

Faculdade Multivix, Nova Venécia, Espírito Santo.

<http://lattes.cnpq.br/9652229956705948>

Sérgio de Oliveira Alves⁷;

Faculdade Multivix, Nova Venécia, Espírito Santo.

<http://lattes.cnpq.br/6218341903351479>

Wanderson Alves Ferreira⁸;

Faculdade Multivix, Nova Venécia, Espírito Santo.

<http://lattes.cnpq.br/8076091911867812>

Marcel Merlo Mendes⁹;

Universidade Federal do Espírito Santo (UFES).

<http://lattes.cnpq.br/4538184163113541>

Josete Pertel¹⁰;

Faculdade Multivix, Nova Venécia, Espírito Santo.

<http://lattes.cnpq.br/7816353380400598>

Juliana Maria Piassi¹¹;

Faculdade Multivix, Nova Venécia, Espírito Santo.

<http://lattes.cnpq.br/3824373640026505>

Janio Laurindo¹².

Universidade Federal do Espírito Santo (UFES), Nova Venécia, Espírito Santo.

<http://lattes.cnpq.br/7235234921414971>

RESUMO: A inseminação artificial com sêmen congelado tem sido amplamente estudada e aplicada na reprodução equina, proporcionando significativos avanços genéticos e reprodutivos que consiste em introduzir o material genético na égua de forma artificial. Este estudo revisa a literatura sobre a utilização de sêmen congelado, destacando seus benefícios, características, processos de criopreservação, descongelamento, inovações tecnológicas e seus desafios. As vantagens incluem: preservação da linhagem genética, pois é possível utilizar o sêmen de garanhões mesmo após sua morte; redução da transmissão de doenças devido análises realizadas com microscópio, além de não ocorre o contato físico entre os animais e a facilidade no transporte de material genético. Entretanto, desafios como o baixo índice prenhez do sêmen congelado quando comparado ao sêmen fresco ocasionado por danos térmicos que afetam a viabilidade espermática após o descongelamento e a necessidade de protocolos mais eficientes ainda são barreiras a serem superadas. As inovações tecnológicas ampliam a aplicabilidade da inseminação artificial na indústria equestre, alguns exemplos são: o avanço nas técnicas de criopreservação com novos diluentes e crioprotetores; acompanhamento e monitoramento das fases da ovulação das éguas; além disso o investimento na capacitação em mão-de-obra especializada tanto para criadores quanto para médicos veterinários com cursos teóricos e práticos.

PALAVRAS-CHAVE: inseminação artificial. Sêmen congelado. Criopreservação.

ABSTRACT: Artificial insemination with frozen semen has been widely studied and applied in equine reproduction, providing significant genetic and reproductive advances, which consists of introducing the genetic material into the mare in an artificial manner. This study reviews the literature on the use of frozen semen, highlighting its benefits, characteristics, cryopreservation processes, thawing, technological innovations, and its challenges. The advantages include: preservation of the genetic lineage, as it is possible to use semen from stallions even after their death; reduction of disease transmission due to analyses performed with a microscope, in addition to there not being physical contact between the animals and the ease of transporting genetic material. However, challenges such as the low pregnancy rate of frozen semen when compared to fresh semen, caused by thermal damage that affects sperm viability after thawing, and the need for more efficient protocols, are still barriers to be overcome. Technological innovations expand the applicability of artificial insemination in the equine industry; some examples are: advances in cryopreservation techniques with new extenders and cryoprotectants; follow-up and monitoring of the stages of ovulation in mares; in addition, investment in training specialized labor for both breeders and veterinarians with theoretical and practical courses.

KEY-WORDS: Artificial insemination. Frozen semen. Cryopreservation.

INTRODUÇÃO

A reprodução equina desempenha um papel essencial na indústria equestre, contribuindo para o melhoramento genético e o desenvolvimento da criação de cavalos. Com os avanços da biotecnologia reprodutiva, novas técnicas foram incorporadas para otimizar a eficiência da reprodução, sendo a inseminação artificial com sêmen congelado uma das mais promissoras (Fonseca *et al.*, 2021). Essa tecnologia tem possibilitado a disseminação de material genético de alta qualidade, independentemente das barreiras geográficas (Silva *et al.*, 2020).

A criopreservação do sêmen equino permite sua conservação por longos períodos, garantindo a disponibilidade contínua para os programas de reprodução (Mattos; Gonçalves, 2016). Isso possibilita que criadores escolham garanhões com base em critérios genéticos, reduzindo a necessidade de transporte de animais e minimizando o estresse envolvido no deslocamento para acasalamentos naturais. Além disso, a técnica favorece o controle sanitário, evitando a transmissão de doenças sexualmente transmissíveis (Melo *et al.*, 2018).

Apesar das vantagens, a utilização do sêmen congelado na reprodução equina enfrenta desafios significativos. O processo de congelamento e descongelamento pode comprometer a viabilidade espermática, reduzindo as taxas de fertilização (Fonseca *et al.*,

2021). Assim, pesquisadores têm se dedicado ao desenvolvimento de novos crioprotetores e aprimoramento das técnicas de manipulação do sêmen para minimizar os impactos negativos da criopreservação (Oliveira *et al.*, 2021).

A literatura científica tem demonstrado avanços consideráveis na otimização da inseminação artificial com sêmen congelado. Estudos recentes indicam que ajustes nos protocolos de congelamento e inseminação podem melhorar as taxas de prenhez, tornando essa tecnologia mais eficiente e acessível para os criadores (Silva *et al.*, 2020). Além disso, o aprimoramento das análises espermáticas contribui para uma melhor seleção dos garanhões com maior potencial reprodutivo (Melo *et al.*, 201). Revisar a literatura sobre a utilização do sêmen congelado na reprodução equina, destacando seus benefícios, desafios e perspectivas futuras.

A compreensão desses aspectos é fundamental para impulsionar novas pesquisas e aprimorar as práticas reprodutivas, tornando a inseminação artificial com sêmen congelado uma ferramenta ainda mais eficaz na equinocultura (Oliveira *et al.*, 2021).

OBJETIVO

Revisar a literatura sobre a utilização do sêmen congelado na reprodução equina, destacando seus benefícios, desafios e perspectivas futuras.

METODOLOGIA

Delineamento, escopo e perguntas de pesquisa

Realizou-se uma revisão de literatura com abordagem narrativo-sistematizada sobre inseminação artificial em equinos com sêmen congelado, orientada por três questões: (i) quais protocolos de criopreservação e descongelamento foram empregados e como impactaram a qualidade espermática; (ii) quais taxas de concepção/prenhez foram obtidas com sêmen congelado em comparação ao sêmen fresco e resfriado; e (iii) quais inovações tecnológicas (diluantes e crioprotetores, antioxidantes, citometria de fluxo, análise computacional/IA e nanotecnologia) contribuíram para elevar a eficiência reprodutiva.

A estratégia conceitual seguiu PICO adaptado: população composta por éguas e garanhões (*Equus caballus*); intervenção/exposição centrada no uso de sêmen congelado e nas etapas técnicas de coleta, diluição, resfriamento, congelamento, armazenamento, descongelamento e inseminação; comparadores, quando disponíveis, com sêmen fresco e resfriado; e desfechos em motilidade total e progressiva, integridade de membrana/acrossoma/DNA, viabilidade espermática, dose inseminante, taxas de concepção/prenhez por ciclo e por estação e perdas embrionárias precoces.

Foram incluídos estudos primários in vitro e in vivo (ensaios clínicos, observacionais e séries de casos) e estudos laboratoriais com avaliação seminal; revisões sistemáticas e meta-análises serviram para ampliar a busca de referências, sem integrar eventual síntese quantitativa. Consideraram-se textos em português, inglês e espanhol publicados entre 1975 e 2025. Excluíram-se relatos sem dados primários, comentários/editoriais, estudos exclusivamente com ovócitos/embriões sem relação com sêmen congelado, materiais sem texto completo e duplicatas.

Fontes de informação, busca, seleção e extração

As buscas foram feitas na PubMed/MEDLINE, Scopus, Web of Science, SciELO e CAB Abstracts, com complementação por Google Scholar (rastreamento de citações), literatura cinzenta em repositórios institucionais e manuais técnicos pertinentes. Empregaram-se combinações equivalentes de descritores DeCS/MeSH e termos livres em português, inglês e espanhol, cobrindo “equinos/égua/garanhões/cavalos”, “inseminação artificial”, “sêmen congelado/cryopreservation/thawing/cryoprotectant/extender” e “fertilidade/prenhez/viabilidade/motilidade”, com filtros por espécie, idioma e período.

Os registros foram gerenciados em software bibliográfico (Zotero ou Mendeley), com remoção automática de duplicatas e conferência manual. A seleção ocorreu em duas etapas por dois revisores independentes: triagem de títulos e resumos, seguida da leitura do texto completo, com registro das razões de exclusão; o fluxo de identificação, triagem, elegibilidade e inclusão foi apresentado conforme PRISMA 2020.

A extração utilizou formulário previamente pilotado, contemplando: características do estudo (ano, país, desenho, amostra, raça/idade dos garanhões e categoria/idade das éguas); protocolo seminal (método e frequência de coleta com vagina artificial, diluentes, crioprotetores como glicerol e trealose, resfriamento, tipo de congelamento com curva e sistema passivo/ativo, armazenamento em nitrogênio líquido e descongelamento, respeitando a correspondência com a curva e considerando protocolos usuais como 37 °C/30 s, 46 °C/20 s e 60–70 °C/7 s); avaliação da qualidade espermática (motilidade total/progressiva, vigor, integridade de membrana e acrossoma, danos ao DNA, estresse oxidativo, uso de antioxidantes, procedimentos de centrifugação/filtração e citometria de fluxo quando aplicável); procedimento de inseminação (dose total, local de deposição no corpo uterino ou corno ipsilateral, timing em relação à ovulação com ultrassonografia e eventual indução com hCG ou deslorelina, número de inseminações por ciclo); e desfechos reprodutivos (concepção aos 14–16/28/45 dias, prenhez por ciclo/estação, perdas embrionárias e eventos adversos). Informações sobre financiamento e potenciais conflitos de interesse foram registradas quando declaradas; divergências entre revisores foram resolvidas por consenso.

Avaliação da qualidade e síntese dos achados

A qualidade metodológica e o risco de viés foram avaliados conforme o desenho: ferramenta SYRCLE para estudos com animais; checklists Joanna Briggs Institute para observacionais e séries de casos; e critérios de qualidade e reprodutibilidade inspirados no ARRIVE 2.0 para estudos laboratoriais *in vitro*, com ênfase no controle de temperatura/tempo, padronização de meios/diluentes e calibração de equipamentos. Os julgamentos foram apresentados de forma narrativa e, quando pertinente, em quadros-resumo.

A síntese principal foi qualitativa, organizada nos eixos criopreservação/descongelamento, qualidade espermática, procedimento de inseminação e manejo da égua, desfechos reprodutivos e inovações, destacando consensos e lacunas. Quando houve dados comparáveis suficientes, realizou-se síntese quantitativa exploratória com modelos de efeitos aleatórios, agregando proporções de concepção/prenhez e variáveis contínuas (motilidade, viabilidade). A heterogeneidade foi estimada por I^2 e τ^2 , com análises de subgrupos e, quando justificadas, meta-regressões considerando tipo de sêmen, protocolo de descongelamento, crioprotetor/diluyente, raça e idade do garanhão, dose inseminante, local de deposição e uso de indutores de ovulação; o viés de publicação foi explorado por gráfico de funil e teste de Egger quando o número de estudos foi suficiente.

DISCUSSÃO

A síntese dos trabalhos confirma a consolidação da inseminação artificial (IA) na equinocultura e o avanço do uso de sêmen congelado para difusão genética e planejamento reprodutivo; entretanto, persiste um gradiente de desempenho: prenhez tipicamente mais alta com sêmen fresco (~70–80%), intermediária com resfriado (~50–65%) e menor com congelado (~30–50%), o que reflete danos por gelo e estresse oxidativo inerentes ao processo de congelação/descongelação (Silva et al., 2020; Gáspárdy et al., 2020; Camargo, 2023; Moreira et al., 2018).

A compatibilização entre curvas de congelamento e protocolos de descongelamento emergiu como fator crítico: 37 °C/30 s (tradicional), 46 °C/20 s (lento-equilibrado), 60–70 °C/7 s (passagem rápida pela recristalização) e 75 °C/7 s (rápido, indicado para congelação igualmente rápida). Em Mangalarga Marchador, observou-se ~71% de vivos e ~46,7% de motilidade total após 37 °C/30 s, versus ~77,4% de vivos e ~44,2% de motilidade após 75 °C/7 s, reforçando que o “acoplamento” freeze–thaw melhora integridade e desempenho pós-thaw (Monteiro et al., 2006; Rodrigues et al., 2016; Azevedo et al., 2019; CBRA, 2013).

No eixo criocautela/química do meio, glicerol tem mantido cerca de 40% de viabilidade pós-thaw, enquanto formulações com trealose (50 mM) superaram 55% em alguns ensaios; antioxidantes (p.ex., vitamina E ou flavonoides como quercetina) reduzem ~30% do estresse oxidativo, sugerindo ganhos quando se combinam crioprotetores permeáveis e “scavengers” específicos em protocolos personalizados por garanhão (Medina-León et al.,

2019; Bhatia, 2023; Straioto et al., 2020; Yáñez-Ortiz et al., 2022).

Etapas pré-congelação também modulam a amostra: centrifugação em ~600 g/10 min minimiza perdas de vigor/motilidade, filtros espermáticos por gravidade separam o líquido seminal com baixo dano celular, e resfriamento a 4–5 °C com controle de tempo reduz contaminação; após o congelamento, a armazenagem a –196 °C em N₂ líquido assegura estabilidade prolongada, ampliando a janela de uso e o alcance geográfico do material (Paiva, 2020; Faria; Ataidés & Oliveira, 2020; Souza et al., 2022; Camargo, 2023).

Do lado da receptora, doses convencionais ($\sim 4,0 \times 10^8$ espermatozoides totais) em éguas jovens no estro, com monitoramento ultrassonográfico do momento ovulatório, podem alcançar bons índices; por outro lado, vaginites por oportunistas (*Streptococcus equi* ssp. *zooepidemicus*, *E. coli*, *Pseudomonas*, *Klebsiella*) reduzem fertilidade e exigem citologia/cultura e manejo (lavagens, antimicrobianos, e Caslick quando indicado) para restaurar o ambiente reprodutivo favorável (Moreira et al., 2018; Palmer, 2019; Hartman et al., 2020; Ricketts & Allen, 2016; Leblanc, 2008; Mertens et al., 2017).

Ferramentas de fenotipagem objetiva — citometria de fluxo (membrana/acrossoma) e análise computadorizada de movimento (CASA) — aumentam a assertividade na seleção de doses e ajudam a explicar a variabilidade entre ganhões; aliados a modelos preditivos (IA) baseados em imagens/séries temporais, podem racionalizar o número de IA por cio e reduzir custos em programas com janelas reprodutivas curtas (Yáñez-Ortiz et al., 2022; Zuidema; Kerns & Sutovsky, 2021; Brandão, 2020).

Aspectos sazonais e fisiológicos seguem determinantes: éguas poliétricas estacionais respondem ao fotoperíodo, concentrando melhor desempenho na primavera-verão no Brasil; integrar sazonalidade, sanidade e qualidade de dose é chave para fechar o “gap” do sêmen congelado frente ao fresco/resfriado em ambientes de produção (Paiva, 2020; Coelho & Dias, 2021; Zoccoli, 2023).

Quanto às frentes de inovação, destacam-se gradientes térmicos controlados no descongelamento, nanotecnologia para entrega de crioprotetores/antioxidantes e novos diluentes, além de IA para decisão de timing de IA a partir de dados de ultrassom e qualidade de dose; estudos multicêntricos padronizados são prioritários para reduzir a variabilidade inter-centro e acelerar transferência tecnológica (Gutiérrez-Cepeda et al., 2023; Vita et al., 2019; Gáspárdy et al., 2020; Camargo, 2023).

Por fim, capacitação e padronização operacional permanecem gargalos práticos: treinamentos periódicos, auditoria de processos (coleta, filtração/centrifugação, resfriamento, congelação, descongelação) e registro sistemático de curvas tempo/temperatura são medidas custo-efetivas para elevar a proporção de doses “aptas” e reduzir variação inter-operador, especialmente em sistemas com infraestrutura limitada (Miranda, 2020; Souza et al., 2022; Brandão, 2020).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A inseminação artificial com sêmen congelado representa uma alternativa viável para a reprodução equina, trazendo inúmeras vantagens, como a preservação de linhagens genéticas, a redução de barreiras geográficas e a diminuição do risco de transmissão de doenças durante o acasalamento. Além disso, permite que o material genético de garanhões de alto valor seja utilizado por longos períodos, ampliando seu impacto na melhoria do plantel.

No entanto, desafios como a redução da viabilidade espermática após o descongelamento e a variação nas taxas de fertilização entre diferentes indivíduos ainda representam barreiras significativas para a plena eficiência da técnica. A adaptação de protocolos de criopreservação às particularidades de cada garanhão, bem como o desenvolvimento de diluentes e crioprotetores mais eficazes, são áreas de pesquisa promissoras.

A literatura aponta avanços constantes na busca por soluções que otimizem o uso do sêmen congelado, promovendo a melhoria dos índices reprodutivos. Métodos inovadores, como a incorporação da nanotecnologia, a inteligência artificial na análise seminal e a sexagem de espermatozoides, têm se mostrado promissores para aumentar a eficiência da inseminação artificial.

Assim, o desenvolvimento de novas tecnologias e metodologias é essencial para garantir a eficácia desse método e ampliar sua utilização na indústria equestre. O aprimoramento dos protocolos de manejo e a capacitação dos profissionais envolvidos também desempenham um papel crucial para garantir o sucesso da inseminação artificial com sêmen congelado, consolidando essa técnica como uma ferramenta fundamental para o melhoramento genético e a sustentabilidade da criação equina.

Além disso, fatores como o momento preciso da ovulação, o manejo adequado da égua receptora e a qualidade do ambiente uterino são determinantes para o sucesso da inseminação artificial com sêmen congelado. O uso de técnicas complementares, como a inseminação profunda no corno uterino ipsilateral ao folículo dominante e o controle hormonal da ovulação com agentes como deslorelina ou hCG, tem contribuído para otimizar as taxas de prenhez. A escolha criteriosa das éguas, considerando sua saúde reprodutiva, idade e histórico gestacional, também influencia diretamente os resultados.

Nesse contexto, a inseminação artificial não é apenas uma técnica, mas um conjunto de estratégias integradas que exigem conhecimento técnico, planejamento e acompanhamento especializado. Com o avanço contínuo da biotecnologia e o investimento em pesquisa aplicada, a tendência é que essa prática se torne cada vez mais precisa, eficiente e acessível, consolidando-se como um dos pilares da reprodução equina moderna.

REFERÊNCIAS

- AZEVEDO, H. C.; LIMA, M. F.; MOREIRA, D. A. Curvas de resfriamento pré-congelamento e diferentes protocolos de descongelamento de sêmen equino. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, v. 71, n. 6, p. 1915–1922, 2019. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/abmvz/a/ZKcXz8rHrLVhTw9F9R3VJzQ>. Acesso em: 23 jun. 2025.
- BHATIA, N. et al. Freezability and fertility rates of stallion semen supplemented with trehalose in lactose extender. *Animal Reproduction Science*, v. 243, p. 107516, 2023. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/36958410>. Acesso em: 24 jun. 2025.
- BRANDÃO, I. de S. L. Influência do tempo na fertilidade do sêmen congelado de garanhões da raça quarto de milha. 2020. 76 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal Tropical) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2020. Disponível em: <http://www.tede2.ufrpe.br:8080/tede2/handle/tede2/8810>. Acesso em: 12 abr. 2025.
- CAMARGO, Carlos Eduardo. A arte de inseminar éguas com sêmen congelado. *Revista Brasileira de Reprodução Animal*, v. 47, n. 2, p. 226-230, 2023. Disponível em: <https://pesquisa.bvsalud.org/porta1/resource/pt/biblio-1435300>. Acesso em: 12 abr. 2025.
- CBRA – COLÉGIO BRASILEIRO DE REPRODUÇÃO ANIMAL. Manual para exame andrológico e avaliação de sêmen animal. 3. ed. Belo Horizonte: CBRA, 2013.
- COELHO, Rogéria Werner de Almeida; DIAS, Júlio César Oliveira. Congelação de sêmen equino após 24 horas de resfriamento. *Research, Society and Development*, v. 10, n. 1, p. 1-21, 2021. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/348493203_Congelacao_de_semen_equino_apos_24_horas_de_resfriamento. Acesso em: 13 abr. 2025.
- FARIA, L. C. de; ATAIDES, J. L. de S.; OLIVEIRA, F. J. G. de. Avaliação da longevidade de espermatozoides equinos congelados e descongelados submetidos à centrifugação e filtração. 2020. 27 f. Relatório Final (Programa de Iniciação Científica) – Centro Universitário de Brasília, Brasília, 2020. Disponível em: <https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BRJD/article/view/31862>. Acesso em: 10 abr. 2025.
- FONSECA, F. A.; SANTOS, J. E. P.; VASCONCELOS, J. L. M. Inseminação artificial em equinos: avanços e desafios. *Revista Brasileira de Reprodução Animal*, v. 45, n. 2, p. 110-120, 2021.
- GÁSPÁRDY, A. et al. Practical experience with artificial insemination (AI) using fresh chilled and frozen semen in mares. *Acta Veterinaria Hungarica*, v. 68, n. 1, p. 85-90, 2020. Disponível em: <https://akjournals.com/view/journals/004/68/1/article-p85.xml>. Acesso em: 13 abr. 2025.
- GUTIÉRREZ-CEPEDA, L. et al. Optimization of the Equine-Sperm Freeze Test in Purebred Spanish Horses by Incorporating Colloidal Centrifugation. *Animals*, v. 13, n. 3, p. 382-394, 2023. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2076-2615/13/3/382>. Acesso em: 03 abr. 2025.
- HARTMAN, D. L.; MCQUEEN, C. M.; BURNS, R. E. Reproductive tract infections in the

mare: Diagnosis and treatment. *Veterinary Clinics of North America: Equine Practice*, v. 36, n. 1, p. 99–117, 2020.

LEBLANC, M. M. Causes and treatment of endometritis in the mare: A clinical perspective. *Animal Reproduction Science*, v. 107, n. 3–4, p. 213–224, 2008.

MATTOS, A. L.; GONÇALVES, J. S. Criopreservação de sêmen equino: fundamentos e práticas. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 43, n. 4, p. 223-231, 2016.

MEDINA-LEÓN, A. Z. et al. Cryopreservation of horse semen with a liposome and trehalose added extender. *Austral Journal of Veterinary Sciences*, v. 51, n. 3, p. 119-123, 2019. Disponível em: https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0719-81322019000300119. Acesso em: 15 abr. 2025.

MELO, R. C. et al. Análise de sêmen equino congelado: parâmetros reprodutivos e aplicabilidade. *Revista Científica de Medicina Veterinária*, v. 26, n. 1, p. 40-49, 2018.

MERTENS, M. A. et al. Clinical significance of conformational abnormalities of the equine perineum and vagina in reproductive medicine. *Theriogenology*, v. 92, p. 93–98, 2017.

MIRANDA, Gabriel Sant’anna et al. A importância do melhoramento genético para os equinos da raça quarto de milha – revisão de literatura. *Revista Científica Eletrônica de Medicina Veterinária*, n. 35, p. 1-15, 2020. Disponível em: https://faef.revista.inf.br/imagens_arquivos/arquivos_destaque/K7RmbYZQpcSjA4t_2021-2-25-12-8-27.pdf. Acesso em: 10 abr. 2025.

MONTEIRO, G. A. et al. Influência de diferentes temperaturas e tempos de descongelamento na qualidade do sêmen equino congelado. *Revista Brasileira de Reprodução Animal*, v. 30, n. 3, p. 136–140, 2006. Disponível em: <http://www.cbra.org.br/pages/publicacoes/rbra/v30n3/p136-140.pdf>. Acesso em: 23 jun. 2025.

OLIVEIRA, T. M.; BARROS, A. R.; GOMES, P. L. Novas abordagens em criopreservação de sêmen equino. *PubVet*, v. 15, n. 5, p. 1-9, 2021.

PAIVA, J. da C. Inseminação artificial em equinos: revisão de literatura. 2020. 27 f. Monografia (Bacharelado em Medicina Veterinária) – Centro Universitário de Barra Mansa, Barra Mansa, 2020. Disponível em: <http://aete.ubm.br:8081/repositorio/bitstream/handle/123456789/358/12.12.20%20Monografia%20final%20vers%C3%A3o%20CD.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 01 abr. 2025.

PALMER, J. E. Manual de reprodução equina. 5. ed. São Paulo: MedVet, 2019.

RICKETTS, S. W.; ALLEN, W. E. Diagnosis and management of infectious reproductive disorders in mares. In: MCKINNON, A. O.; SQUIRES, E. L. (Ed.). *Equine Reproduction*. 2. ed. Ames: Wiley-Blackwell, 2016. p. 1089–1103.

RODRIGUES, M. S.; MARTINS, C. F.; RIBEIRO FILHO, A. L. Efeito de diferentes taxas de descongelamento sobre a motilidade espermática de sêmen equino congelado. *Ciência Animal Brasileira*, v. 17, n. 4, p. 647–655, 2016. Disponível em: <https://www.revistas.ufg.br/vet/article/view/40612>. Acesso em: 23 jun. 2025.

SILVA, L. C.; SANTOS, G. F.; MELO, R. C. Tecnologias aplicadas à reprodução equina com sêmen congelado. *Veterinária em Foco*, v. 18, n. 3, p. 99-106, 2020.

SILVA, L. C.; SANTOS, G. F.; MELO, R. C. Tecnologias aplicadas à reprodução equina com sêmen congelado. *Veterinária em Foco*, v. 18, n. 3, p. 99-106, 2020.

SOUZA, A. da S. et al. Técnicas de preservação do sêmen: resfriamento. In: SOARES, A. M. *Medicina veterinária e zootecnia: métodos e tendências de pesquisa*. Ponta Grossa: Aya, 2022. Disponível em: <https://ayaeditora.com.br/livros/L231.pdf>. Acesso em: 01 abr. 2025.

STRAIOTO, K. A. et al. Utilização da quercetina no criopreservador de sêmen equino. *Revista Thêma et Scientia*, v. 10, n. 2, p. 239-249, 2020. Disponível em: <https://ojsrevistas.fag.edu.br/index.php/RTES/article/view/1189>. Acesso em: 15 abr. 2025.

VITA, B. et al. Influência de diferentes sistemas e curvas de congelamento na congelabilidade e fertilidade do sêmen equino. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, v. 71, p. 770-776, 2019. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/abmvz/a/YJzGPDCZn6fbZ-3DTCzy3tjR/>. Acesso em: 03 abr. 2025.

YÁNEZ-ORTIZ, I. et al. Advances in sperm cryopreservation in farm animals: Cattle, horse, pig and sheep. *Animal Reproduction Science*, v. 246, p. 106-110, 2022. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34887155/>. Acesso em: 04 abr. 2025.

ZOCCOLI, A. L. S. A influência da idade na resistência à refrigeração do sêmen de garanhões. 2023. 21 f. Monografia (Graduação em Medicina Veterinária) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2023. Disponível em: <https://repositorio.ufu.br/handle/123456789/37208>. Acesso em: 12 abr. 2025.

ZUIDEMA, D.; KERNS, K.; SUTOVSKY, P. An exploration of current and perspective semen analysis and sperm selection for livestock artificial insemination. *Animals*, v. 11, n. 12, p. 356-371, 2021. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34944339/>. Acesso em: 12 abr. 2025.

Mário Junior dos Santos Bonifacio¹;

Instituto Federal Minas Gerais, Nova Venécia, Espírito Santo,

<http://lattes.cnpq.br/5248482338712351>

Wallison Brandão Vieira²;

Instituto Federal Minas Gerais, Cametá, Pará,

<http://lattes.cnpq.br/4858134205199096>

Claudia Maria Soares Rossi³;

Instituto Federal Minas Gerais, Cametá, Pará,

<http://lattes.cnpq.br/8922744036260494>

Wanderson Alves Ferreira⁴.

Faculdade Multivix, Nova Venécia, Espírito Santo,

<http://lattes.cnpq.br/8076091911867812>

RESUMO: Considerando que a avaliação da aprendizagem desempenha um papel crucial na formação dos estudantes, é cabível investigar como essa avaliação tem sido efetivamente realizada no curso técnico integrado em Agronegócio, de uma escola estadual localizada no município de Nova Venécia-ES. Nesse sentido, utilizando do método qualitativo, através da análise documental dos planos trimestrais de ensino dos docentes atuantes dessa instituição, foi possível perceber muitas semelhanças nas estratégias avaliativas adotadas, com poucas divergências entre as proposições avaliativas de cada docente no desenvolvimento de suas respectivas disciplinas.

PALAVRAS-CHAVE: Avaliação da Aprendizagem. Curso Técnico Integrado. Prática Docente.

AN ANALYSIS OF THE TEACHING PLANS OF THE TECHNICAL COURSE IN AGRIBUSINESS

ABSTRACT: Considering that learning assessment plays a crucial role in students' education, it is appropriate to investigate how this assessment has been effectively carried out in the integrated technical course in Agribusiness at a state school located in the municipality of Nova Venécia-ES. In this sense, using the qualitative method, through

document analysis of the quarterly teaching plans of the teachers working at this institution, it was possible to observe many similarities in the assessment strategies adopted, with few differences between the assessment proposals of each teacher in the development of their respective subjects.

KEY-WORDS: Learning Assessment. Integrated Technical Course. Teaching Practice.

INTRODUÇÃO

De acordo com a Base Nacional Comum Curricular (BNCC), a avaliação da aprendizagem é um importante elemento no processo educacional, sendo responsável por fornecer informações relevantes sobre o progresso e o desempenho dos estudantes. Na Educação Profissional e Tecnológica, essa avaliação desempenha um papel ainda mais significativo, pois está diretamente relacionada à formação de profissionais capacitados, pretensamente para atuar qualitativamente em um contexto de mercado de trabalho, pois “[...] integra-se aos diferentes níveis e modalidades de educação e às dimensões do trabalho, da ciência e da tecnologia” (Brasil, 1996).

A avaliação da aprendizagem desempenha um papel fundamental também ao contribuir para a melhoria da qualidade do ensino e para o desenvolvimento integral dos estudantes. Nesse sentido, é essencial investigar as práticas avaliativas adotadas nos cursos técnicos integrados, a fim de compreender como a avaliação é conduzida e quais impactos ela pode gerar no processo de formação dos alunos através do “[...] aproveitamento das experiências e dos conhecimentos desenvolvidos na educação profissional técnica de nível médio [...]” (Brasil, 1996).

Considera-se necessário analisar as práticas avaliativas adotadas pelo curso técnico integrado, pois através dessa análise, se pode promover uma reflexão sobre a efetividade dessas práticas e identificar possíveis desafios e melhorias que possam contribuir para a qualidade da formação dos estudantes. Nessa perspectiva, a partir do aprofundamento a respeito das práticas avaliativas, é possível identificar como os conteúdos são apresentados, se os critérios utilizados são claros e coerentes, se os instrumentos de avaliação são adequados e se as estratégias de feedback são eficazes, em suma, as “[...] diferentes estratégias de educação continuada [...]” (Brasil, 1996).

Concebendo que a avaliação da aprendizagem desempenha um papel crucial na formação dos estudantes, é cabível investigar como essa avaliação tem sido efetivamente realizada no curso técnico integrado em Agronegócio a partir das semelhanças pertinentes no ato de avaliar. Nesse sentido, o objetivo desta pesquisa é analisar e comparar as avaliações propostas nos planos de ensino trimestrais do curso técnico integrado em Agronegócio, a fim de compreender como a avaliação da aprendizagem é conduzida nesse contexto específico, a materialização das condutas avaliativas, que combina a formação técnica com o ensino médio regular.

METODOLOGIA

O processo de pesquisa teve início com a elaboração de uma proposta formal, na qual uma declaração emitida pelo Instituto Federal de Minas Gerais, Campus Argos, conforme o anexo I, foi apresentada ao Diretor. Nessa declaração, solicitava-se permissão para que documentos referentes à prática avaliativa do curso técnico em agronegócio fossem analisados.

Após receber a declaração, a avaliação da mesma e aprovação da pesquisa mediante uma declaração por escrito conforme o anexo II. A pesquisa foi então conduzida conforme planejado, com a coleta, análise e interpretação dos dados obtidos dos documentos, visando contribuir para o aprimoramento contínuo do ensino técnico em agronegócio na instituição de ensino.

Foram coletados doze planos trimestrais de ensino dos professores de nível médio que ministram no curso técnico integrado em Agronegócio de uma Escola Estadual localizada no município de Nova Venécia estado do Espírito Santo, conforme o quadro I. Servindo então, como o objeto analítico a descrição que cada docente estipula para a sua avaliação, transcrita em seus respectivos planos.

Nesse sentido, foram analisadas as avaliações redigidas em cada plano, onde foram comparados as estratégias avaliativas adotadas, suas descrições, pesos, pontuações e quantitativo; se os métodos utilizados e os critérios de avaliação empregados, eram os mesmos ou se distinguiam e a ocorrência das estratégias de feedback utilizadas pelos professores. Assim, comparando as semelhanças e divergências entre as avaliações estipuladas nos planos, se pode possibilitar a percepção de como está se dando essa avaliação, quais suas características gerais e específicas, bem como sua possível repercussão no alunado.

QUADRO I – Distribuição de Planos de Ensino por Disciplinas do Curso Técnico Integrado em Agronegócio.

PRIMEIRO ANO DE NÍVEL MÉDIO INTEGRADO EM AGRONEGÓCIO	
INTRODUÇÃO AO AGRONEGÓCIO	ADMINISTRAÇÃO RURAL
Plano de Ensino do Primeiro Trimestre	Plano de Ensino do Primeiro Trimestre
Plano de Ensino do Segundo Trimestre	Plano de Ensino do Segundo Trimestre
Plano de Ensino do Terceiro Trimestre	Plano de Ensino do Terceiro Trimestre
Total: três Planos de Ensino Trimestrais	Total: três Planos de Ensino Trimestrais
SEGUNDO ANO DE NÍVEL MÉDIO INTEGRADO EM AGRONEGÓCIO	
AGROTURISMO E ECOTURISMO	PLANEJAMENTO DA EMPRESA AGROINDUSTRIAL
Plano de Ensino do Primeiro Trimestre	Plano de Ensino do Primeiro Trimestre
Plano de Ensino do Segundo Trimestre	Plano de Ensino do Segundo Trimestre
Plano de Ensino do Terceiro Trimestre	Plano de Ensino do Terceiro Trimestre
Total: três Planos de Ensino Trimestrais	Total: três Planos de Ensino Trimestrais

Fonte: Dos autores

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Assim, somados os trimestres, o aluno no processo avaliativo pode chegar ao somatório de cento e quatro pontos e peso cem. É importante frisar, que os critérios avaliativos recaem sobre o peso, e não sobre os pontos necessariamente. Dessa forma, a diferença entre o peso e os pontos, se justifica como uma estratégia pedagógica, onde o docente pode reservar um acréscimo dos quantitativos de pontos, no sentido de potencializar a nota atribuída a avaliação, no caso, individual do aluno, o que demonstra uma preocupação também com a individualidade, que, geralmente é suprimida pela cobrança maçante e exclusivista do conteúdo de forma técnica e metódica, como indicado no quadro II abaixo.

QUADRO II- Quantitativo de pontos e seus pesos distribuídos por semestre

TRIMESTRES	PONTOS	PESO
Primeiro Trimestre	32 pontos	30
Segundo Trimestre	32 pontos	30
Terceiro Trimestre	40 pontos	40
Total: 104 pontos		Total:100

Fonte: Dos autores

Nesse sentido, se tratando da organização dos planos de ensino trimestrais, cada disciplina, estipula pontualmente onze momentos avaliativos distribuídos em cada trimestre, sendo o primeiro e o segundo compostos por quatro avaliações e o terceiro trimestres com três. No primeiro trimestre, a propostas avaliativas tanto das disciplinas do primeiro, quanto do segundo ano seguem uma estruturação sequencial padrão. A primeira avaliação é de caráter individual, o que sugere uma funcionalidade de diagnóstico, possibilitando conhecer os conhecimentos prévios de forma particular de cada aluno.

Essa primeira avaliação possui o maior quantitativo de pontos em relação as demais do mesmo trimestre, sendo então uma determinante, no resultado final das somas das notas. Em seguida, é proposto nas disciplinas o que se define como “atividade avaliativa de pesquisa”, situando o incentivo a imersão do jovem ao campo da pesquisa, na tentativa de unir ensino e pesquisa. A terceira proposta avaliativa se remete a prática do seminário, possibilitando ao alunado a experiência de socialização do conhecimento, que a partir do estudo e apropriação previa, se torna significativo.

Por último, os planos contam como proposta avaliativa em seu primeiro trimestre a participação como um critério avaliativo. Nessa lógica, é considerado o envolvimento, empenho, interação, etc., que o aluno manifeste no ambiente escolar, rompendo com exclusivismo avaliativo tradicional, que considera meramente a testagem avaliativa por exame, conforme indicam os quadros III e IV.

QUADRO III- Proposta de Avaliação do Primeiro Ano de Nível Médio Integrado em Agronegócio

PROPOSTA DE AVALIAÇÃO DA DISCIPLINA INTRODUÇÃO AO AGRONEGÓCIO		
Proposta de Avaliação do Plano de Ensino do Primeiro Trimestre	- Avaliação Individual: 12 pontos	Peso: 10
	- Avaliação de Pesquisa: 5 pontos	Peso: 5
	- Seminário: 10 pontos	Peso: 10
	- Participação: 5 pontos	Peso: 5
PROPOSTA DE AVALIAÇÃO DA DISCIPLINA ADMINISTRAÇÃO RURAL		
Proposta de Avaliação do Plano de Ensino do Primeiro Trimestre	- Avaliação Individual: 12 pontos	Peso: 10
	- Avaliação de Pesquisa: 5 pontos	Peso: 5
	- Seminário: 10 pontos	Peso: 10
	- Participação: 5 pontos	Peso: 5

Fonte: Dos autores**QUADRO IV- Proposta de Avaliação do Segundo Ano de Nível Médio Integrado em Agronegócio**

PROPOSTA DE AVALIAÇÃO DA DISCIPLINA AGROTURISMO E ECOTURISMO		
Proposta de Avaliação do Plano de Ensino do Primeiro Trimestre	- Avaliação Individual: 12 pontos	Peso: 10
	- Avaliação de Pesquisa: 5 pontos	Peso: 5
	- Seminário: 10 pontos	Peso: 10
	- Participação: 5 pontos	Peso: 5
PROPOSTA DE AVALIAÇÃO DA DISCIPLINA PLANEJAMENTO DA EMPRESA AGROINDUSTRIAL		
Proposta de Avaliação do Plano de Ensino do Primeiro Trimestre	- Avaliação Individual: 12 pontos	Peso: 10
	- Avaliação de Pesquisa: 5 pontos	Peso: 5
	- Seminário: 10 pontos	Peso: 10
	- Participação: 5 pontos	Peso: 5

Fonte: Dos autores

Se tratando do segundo trimestre, as disciplinas diferem em algumas propostas avaliativas. Assim, embora, tanto no primeiro ano desse nível de ensino, quanto no segundo se estipule a Avaliação Individual, Atividade Avaliativa de Pesquisa como primeiras iniciativas avaliativas respectivamente, se tratando das propostas posteriores, existem especificidades avaliativas. Nessa lógica, as disciplinas de Introdução ao Agronegócio e Agroturismo e Ecoturismo adotaram o Seminário como terceira avaliação no segundo trimestre. A disciplina de Administração Rural optou por uma avaliação mais interdisciplinar ao propor um Projeto de Meio Ambiente e Integração de Saberes.

Outra combinação de avaliação que ocorreu na disciplina de Planejamento da Empresa Agroindustrial, foi a ligação entre a interface da pesquisa e extensão junto ao ensino, apresentando como opção avaliativa o Relatório/Seminário Visita Técnica. Em relação a quarta avaliação, ambas as disciplinas consideram a participação do aluno como critério de avaliação, conforme indicam os quadros V e VI.

QUADRO V- Proposta de Avaliação do Primeiro Ano de Nível Médio Integrado em Agronegócio

PROPOSTA DE AVALIAÇÃO DA DISCIPLINA INTRODUÇÃO AO AGRONEGÓCIO		
Proposta de Avaliação do Plano de Ensino do Segundo Trimestre	- Avaliação Individual: 12 pontos	Peso: 10
	- Avaliação de Pesquisa: 5 pontos	Peso: 5
	- Seminário: 10 pontos	Peso: 10
	- Participação: 5 pontos	Peso: 5
PROPOSTA DE AVALIAÇÃO DA DISCIPLINA ADMINISTRAÇÃO RURAL		
Proposta de Avaliação do Plano de Ensino do Segundo Trimestre	- Avaliação Individual: 12 pontos	Peso: 10
	- Avaliação de Pesquisa: 5 pontos	Peso: 5
	- Projeto Meio Ambiente e Integração de Saberes: 10 pontos	Peso: 10
	- Participação: 5 pontos	Peso: 5

Fonte: Dos autores**QUADRO VI-** Proposta de Avaliação do Segundo Ano de Nível Médio Integrado em Agronegócio

PROPOSTA DE AVALIAÇÃO DA DISCIPLINA AGROTURISMO E ECOTURISMO		
Proposta de Avaliação do Plano de Ensino do Segundo Trimestre	- Avaliação Individual: 12 pontos	Peso: 10
	- Avaliação de Pesquisa: 5 pontos	Peso: 5
	- Seminário: 10 pontos	Peso: 10
	- Participação: 5 pontos	Peso: 5
PROPOSTA DE AVALIAÇÃO DA DISCIPLINA PLANEJAMENTO DA EMPRESA AGROINDUSTRIAL		
Proposta de Avaliação do Plano de Ensino do Segundo Trimestre	- Avaliação Individual: 12 pontos	Peso: 10
	- Avaliação de Pesquisa: 5 pontos	Peso: 5
	- Relatório/Seminário Visita Técnica: 10 pontos	Peso: 10
	- Participação: 5 pontos	Peso: 5

Fonte: Dos autores

No que se refere ao terceiro trimestre, as disciplinas de Introdução ao Agronegócio e Administração Rural do primeiro ano e as disciplinas de Agroturismo e Ecoturismo e Planejamento da Empresa Agroindustrial do segundo ano, tomam a avaliação individual como primeiro momento avaliativo. Porém, em relação a segunda proposta avaliativa, se diferem.

Assim, no componente curricular de Introdução ao Agronegócio se estabelece a criação de Workshop Agronegócio, Gestão e Saúde no Campo, e com o atributo do seminário, essa proposta avaliativa também se repete como estratégia na disciplina do segundo ano de Agroturismo e Ecoturismo. Nessa abordagem avaliativa, seria possível contemplar o conhecimento não só de forma teórica, como também de formar prática, propiciando uma melhor apropriação dos mesmos, de forma dinâmica e até mesmo, palpável.

No que tange a segunda avaliação a disciplina de Administração Rural e Planejamento da Empresa Agroindustrial no terceiro trimestre, se tem o que é definido como um Simulado das Disciplinas Técnicas e Simulado Base Técnica, respectivamente, representa uma alternativa, da prova em formato de exame, que quantifica de forma restrita os conhecimentos dos alunos, não oportunizando um momento de reflexão a respeito dos assuntos, porém o simulado permite que o professor, junto com a turma, façam a correção em sala, esclarecendo dúvidas e erros nesse processo avaliativo.

Nas últimas propostas avaliativas do terceiro trimestre alguns tipos de avaliação se repetem, sendo elas: a avaliação individual; avaliação por Workshop Agronegócio, Gestão e Saúde no Campo e a avaliação por Simulado de Base Técnica. A disciplina Planejamento da Empresa Agroindustrial apresenta uma similaridade na avaliação adotada nas disciplinas do primeiro ano, porém apresentou em particular a avaliação processual, sendo aquela que considera a participação e evolução do aluno no processo de aprendizagem, como ilustra o quadro VII.

QUADRO VII - Proposta de Avaliação do Primeiro Ano e Segundo Ano de Nível Médio Integrado em Agronegócio

PROPOSTA DE AVALIAÇÃO DA DISCIPLINA INTRODUÇÃO AO AGRONEGÓCIO (PRIMEIRO ANO)		
Proposta de Avaliação do Plano de Ensino do Terceiro Trimestre	- Avaliação Individual:10 pontos	Peso: 10
	- Workshop Agronegócio, Gestão e Saúde no Campo:15 pontos	Peso: 15
	- Simulado com Disciplinas Base Técnica: 15 pontos	Peso: 15
	PROPOSTA DE AVALIAÇÃO DA DISCIPLINA ADMINISTRAÇÃO RURAL (PRIMEIRO ANO)	
Proposta de Avaliação do Plano de Ensino do Terceiro Trimestre	- Avaliação Individual:10 pontos	Peso: 10
	- Simulado das Disciplinas Técnicas:15 pontos	Peso: 15
	- Workshop Agronegócio, Gestão e Saúde no Campo:15 pontos	Peso: 15
PROPOSTA DE AVALIAÇÃO DA DISCIPLINA AGROTURISMO E ECOTURISMO (SEGUNDO ANO)		
Proposta de Avaliação do Plano de Ensino do Terceiro Trimestre	- Avaliação Individual: 10 pontos	Peso: 10
	- Seminário Workshop Agronegócio Gestão e Saúde no Campo: 15 pontos	Peso: 15
	- Simulado da Base Técnica: 15 pontos	Peso: 15
PROPOSTA DE AVALIAÇÃO DA DISCIPLINA PLANEJAMENTO DA EMPRESA AGROINDUSTRIAL (SEGUNDO ANO)		
Proposta de Avaliação do Plano de Ensino do Terceiro Trimestre	- Avaliação Individual: 15 pontos	Peso: 15
	- Simulado Base Técnica:15 pontos	Peso: 15
	- Avaliação Processual: 10 pontos	Peso: 10

Fonte: Dos autores

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Considerando o exposto, se observou uma consistência nas propostas avaliativas trimestrais, ao passo que as avaliações das disciplinas analisadas, apresentam abordagens variadas, sendo que essas diferenças estão diretamente relacionadas às intencionalidades específicas de cada disciplina. Nesse sentido, as peculiaridades de cada disciplina exigem métodos avaliativos distintos.

Dessa forma, quando são utilizadas múltiplas estratégias avaliativas, o processo educacional se torna mais dinâmico e mais adaptado, pois propõem a avaliação do aluno não só por um método e/ou critério, o que reduziria a avaliação a mera testagem, mas diversifica e oportuniza que esse aluno seja avaliado por diferentes perspectivas avaliativas.

Portanto, o avaliar, deve ser desenvolvido, não como uma estratégia avaliativa que através de um aspecto isolado (exame) que serve de mensuração do nível de absorção de conteúdo que o estudante foi capaz de acumular em um determinado período de tempo; mas como uma etapa múltipla que une diferentes formas e propostas conduzidas gradativamente em uma relação mutua entre docentes e discentes, se alcançando assim, uma avaliação mais próxima do ideal.

REFERÊNCIAS

- BRASIL. Ministério de Educação e Cultura. LDB - Lei nº 9394/96, de 20 de dezembro de 1996. Estabelece as Diretrizes e Bases da Educação Nacional. Brasília: MEC, 1996.
- CASALI, A. Fundamentos para uma avaliação educativa. In: CAPPELLETTI, Isabel F. *Avaliação da aprendizagem: discussão de caminhos*. São Paulo: Editora Articulação Universidade/Escola, 2007.
- DENZIN, N. K. e LINCOLN, Y. S. Introdução: a disciplina e a prática da pesquisa qualitativa. In: DENZIN, N. K. e LINCOLN, Y. S. (Orgs.). *O planejamento da pesquisa qualitativa: teorias e abordagens*. 2. ed. Porto Alegre: Artmed, 2006. p. 15-41.
- DIAS SOBRINHO, J. *Avaliação da educação superior*. Petrópolis: Vozes, 2000.
- ESTEBAN, MARIA. TERESA. *O que sabe quem erra? Reflexões sobre a avaliação e o fracasso escolar*. Rio de Janeiro: DP&A, 2001.
- ESTÊVÃO, C. (1998). *Redescobrir a escola privada portuguesa como organização*. Braga: Universidade do Minho.
- FERNANDES, MARIA. ESTRELA. ARAÚJO. *Avaliação institucional da escola e do sistema educacional: base teórica e con do projeto*. Fortaleza: Edições Demócrito Rocha, 2002.
- GONZALEZ, M. T. (2008). *Las organizaciones escolares: dimensiones y características*. In M. T. Gonzalez, J. M. Nieto & A. Portela. *Organización y gestión de centros escolares: Dimensiones y procesos* (pp. 25-40). Madrid: Pearsons Educación.

LÜDKE, M.; ANDRÉ, M. E. D. A. *Pesquisa em educação: abordagens qualitativas*. São Paulo, SP: Editora Pedagógica e Universitária, 1986.

LUCKESI, CIPRIANO. CARLOS. *Avaliação da aprendizagem na escola: reelaborando conceitos e criando a prática*. 2 ed. Salvador: Malabares Comunicações e eventos, 2005.

FITOTERAPIA NA PRODUÇÃO DE RUMINANTES: PERSPECTIVAS FUTURAS PARA SAÚDE E DESEMPENHO ZOOTÉCNICO

Jamylla Mirck Guerra de Oliveira¹.

Universidade Federal do Piauí (UFPI), Bom Jesus, Piauí.

<http://lattes.cnpq.br/0025083172173283>

RESUMO: A produção de ruminantes tem aumentado globalmente devido à crescente demanda por proteína animal e subprodutos. Todavia enfrenta desafios no que tange ao uso de antimicrobianos e antiparasitários, que favorece a resistência, gerando grande impacto na Saúde Única. Nesse cenário, a fitoterapia surge como alternativa sustentável, uma vez que muitas plantas medicinais têm demonstrado propriedades antimicrobianas, antiparasitárias e moduladoras do desempenho zootécnico. Este estudo foi fundamentado em uma revisão sistemática descritiva, visando prospectar evidências científicas e tecnológicas sobre o uso de fitoterápicos em ruminantes. As bases de dados utilizadas na busca foram BVS, SciELO, PubMed e CABI no período de 2000 a 2024. Também foram pesquisados registros de patentes no INPI, WIPO, EPO e USPTO. Os resultados indicaram elevada produção científica sobre prevenção de doenças em ruminantes, mas um número reduzido de estudos associando produtos vegetais medicinais ao desempenho produtivo desses animais. As patentes concentram-se em países desenvolvidos, especialmente nos EUA, evidenciando desigualdade na inovação tecnológica nessa área. Conclui-se que, embora a fitoterapia apresente grande potencial para melhorar a saúde e produtividade animal de forma sustentável, são necessários mais estudos com foco em parâmetros zootécnicos e clínicos mensuráveis para viabilizar sua adoção em maior escala.

PALAVRAS-CHAVE: Manejo sustentável. Plantas medicinais. Resistência antiparasitária.

PHYTOTHERAPY IN RUMINANT PRODUCTION: FUTURE PERSPECTIVES FOR HEALTH AND ANIMAL PERFORMANCE

ABSTRACT: Ruminant production has increased globally due to rising demand for animal protein and by-products. However, it faces challenges regarding the use of antimicrobials and antiparasitics, which promote resistance and significantly impact *One Health*. In this context, phytotherapy emerges as a sustainable alternative, since many medicinal plants have demonstrated antimicrobial, antiparasitic, and animal performance-modulating properties. This study was based on a descriptive systematic review aiming to identify scientific and

technological evidence on the use of phytotherapeutic agents in ruminants. The databases used in the search were BVS, SciELO, PubMed, and CABI, covering the period from 2000 to 2024. Patent records were also searched in INPI, WIPO, EPO, and USPTO. The results indicated a high volume of scientific production focused on disease prevention in ruminants, but a limited number of studies linking medicinal plant products to the productive performance of these animals. Patents are concentrated in developed countries, particularly the United States, highlighting inequality in technological innovation in this field. It is concluded that, although phytotherapy shows great potential for sustainably improving animal health and productivity, further studies focusing on measurable zootechnical and clinical parameters are needed to enable its broader adoption.

KEY-WORDS: Sustainable management. Medicinal plants. Antiparasitic resistance.

INTRODUÇÃO

A produção de ruminantes tem aumentado significativamente nas últimas décadas, impulsionada pela crescente demanda mundial por proteína animal, leite, derivados e subprodutos, visando atender às necessidades alimentares de uma população em constante crescimento (FAO, 2023). No entanto, esse avanço está diretamente relacionado ao aumento da incidência de doenças infecciosas e parasitárias, que comprometem o bem-estar animal, a saúde pública e a sustentabilidade dos sistemas produtivos.

O uso generalizado de antimicrobianos e anti-helmínticos tem sido uma prática comum para prevenir e tratar enfermidades em rebanhos. Embora esses fármacos sejam fundamentais para melhorar o desempenho zootécnico e reduzir perdas produtivas, seu uso frequente e muitas vezes indiscriminado podem acarretar sérias consequências, como o surgimento de resistência antimicrobiana e antiparasitária, comprometendo não apenas a saúde animal, mas também a saúde humana, reforçando a necessidade de uma abordagem integrada sob o conceito de *One Health* (Saúde Única) (AJULO; AWOSILE, 2024).

Diante desse cenário, a fitoterapia tem emergido como uma opção promissora no manejo integrado de ruminantes. Diferentes espécies vegetais com propriedades antimicrobianas e anti-helmínticas vêm sendo investigadas como métodos alternativos ou complementares aos tratamentos convencionais com fármacos sintéticos, visando melhorar o desempenho zootécnico, reduzir a carga parasitária e promover o bem-estar sem os efeitos adversos associados ao uso excessivo de produtos químicos (OLIVEIRA, et al. 2024).

OBJETIVO

O objetivo deste trabalho é realizar um estudo prospectivo das evidências científicas sobre o uso da fitoterapia na produção de ruminantes, com foco em seus efeitos sobre o bem-estar animal, a saúde e o desempenho zootécnico. A análise em plataformas de acesso

a dados científicos pertinentes ao tema busca fornecer subsídios para o desenvolvimento de estratégias integradas de manejo sanitário e produtivo.

METODOLOGIA

Este trabalho constitui um estudo de prospecção científica de caráter descritivo, conduzido por meio de revisão sistemática da literatura, com o objetivo de sintetizar e analisar criticamente as evidências sobre o uso de fitoterápicos na produção de ruminantes, com foco em seus efeitos sobre o bem-estar animal, a saúde e o desempenho zootécnico. A metodologia seguiu recomendações do protocolo PRISMA 2020 (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses) (PAGE, et al. 2021), com adaptações para estudos de prospecção tecnológica e científica, garantindo transparência e reprodutibilidade ao longo de todas as etapas da pesquisa.

A investigação sistemática foi realizada no período temporal de 2000 a 2024 para maior alcance da pesquisa e sinalização exponencial das informações resgatadas. Para a discussão e contribuição de conhecimento sobre o uso da fitoterapia na produção de ruminantes, buscou-se pesquisar em bases de acervos que contribuíssem para contextualização da temática em questão. Utilizou-se as seguintes bases de dados: Biblioteca Virtual em Saúde (BVS/BIREME), Scientific Electronic Library Online (SciELO), PubMed/MEDLINE e CAB Abstracts (CABI).

A definição dos descritores e palavras-chave foi realizada com base na estrutura PICO(S): População, Intervenção, Comparação, Desfechos e Tipo de Estudo (GALVÃO; PEREIRA, 2014), que orientou a identificação dos conceitos centrais da pesquisa. Com base nesses elementos, foram identificados os conceitos-chave: ruminantes, fitoterapia, desempenho e saúde animal. Para cada conceito, foram listados termos descritores em português e inglês, considerando variações terminológicas e morfológicas (ex: singular/plural, tempos verbais, sufixos). Foram incluídos sinônimos e termos relacionados, utilizando os operadores lógicos *OR* para agrupar conceitos semelhantes e *AND* para combinar diferentes domínios. O truncamento com asterisco (*) foi utilizado para capturar variações nas nomenclaturas.

Além disso, foi conduzida uma busca de patentes em bases de dados gratuitas de propriedade intelectual, incluindo o Instituto Nacional da Propriedade Industrial (INPI), a Organização Mundial da Propriedade Intelectual (WIPO), o Escritório Europeu de Patentes (EPO) e o Escritório de Patentes e Marcas dos Estados Unidos (USPTO). A busca focou em registros relacionados a prevenção de doenças em ruminantes e o uso de fitoterapia nesses animais, com o propósito de identificar e mapear inovações tecnológicas relacionadas ao tema. Os dados obtidos foram organizados e apresentados por meio de tabela e gráficos, que permitiram a análise quantitativa e qualitativa do volume e do conteúdo das informações disponíveis.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A estratégia de busca adotada contemplou descritores estruturados segundo a metodologia PICO(S), abrangendo os domínios População (ruminantes, gado e pequenos ruminantes), Intervenção (fitoterapia, fitoterápicos, plantas medicinais), Comparação (uso de antimicrobianos e antiparasitários convencionais) e Desfechos (desempenho zootécnico e saúde animal). A combinação de termos em português e inglês, com uso de truncamento e operadores booleanos, garantiu amplitude na recuperação de trabalhos científicos (Tabela 1). Esse delineamento metodológico está alinhado ao modelo PRISMA 2020 (PAGE et al., 2021) e reflete a relevância dos conceitos-chave para a temática (GALVÃO; PEREIRA, 2014). Os dados presentes na tabela 1 destacam o crescente interesse acadêmico na prevenção de doenças de ruminantes, com ênfase no uso de plantas medicinais e fitoterápicos para controle microbiano e parasitário de rebanhos.

Tabela 1: Termos descritores utilizados e resultados numéricos de artigos encontrados nas bases de dados entre os anos de 2000 a 2024.

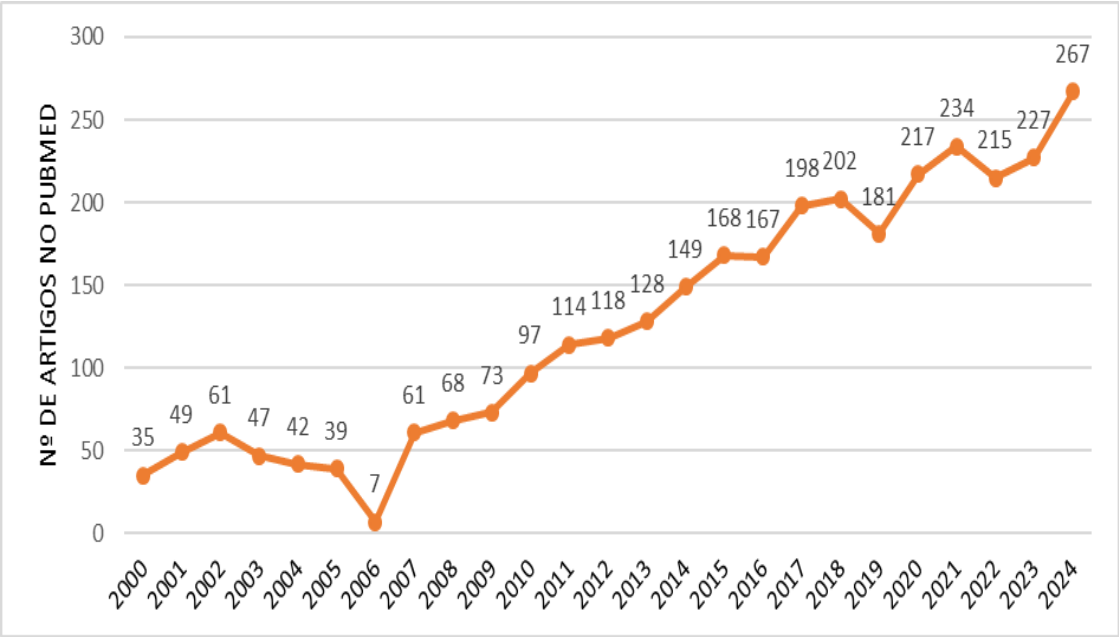
DESCRITORES	Nº de artigos			
	BVS	SciELO*	PubMed	CABI
<i>Ruminant* AND Disease prevent*</i>	2.349	35	2.842	27.901
<i>Ruminant* AND Antimicrobial</i>	615	22	2.205	9.113
<i>Ruminant* AND Antiparasitic</i>	136	14	796	907
<i>Ruminant* AND Herbal medicine*</i>	339	4	38	3.566
<i>Ruminant* AND Phytotherap*</i>	104	17	68	177
<i>Ruminant* AND Herbal medicine* AND Animal performance</i>	53	1	11	652
<i>Ruminant* AND Phytotherap* AND Product*</i>	35	7	26	95
<i>Ruminant* AND Phytotherap* AND (Antimicrobial OR Antiparasitic)</i>	18	5	39	37
<i>Cattle* AND Medicinal plant*</i>	795	53	2.007	5.637
<i>Small ruminant* AND Medicinal plant*</i>	68	6	155	826

* Na base de dados SciELO a maioria das buscas retornou um maior número de resultados com os descritores em português.

Fonte: Elaborado pelo autor, 2025.

A busca bibliográfica realizada nas bases BVS, SciELO, PubMed e CABI evidenciou uma expressiva produção científica sobre prevenção de doenças e uso de antimicrobianos em ruminantes, com destaque para o descritor “*Ruminant AND Disease prevent**” (Gráfico 1), que resultou em 33.127 registros combinados entre as bases. Esse volume de dados reflete a crescente preocupação com estratégias de saúde animal e biossegurança na produção pecuária (NEMOTO et al., 2022).

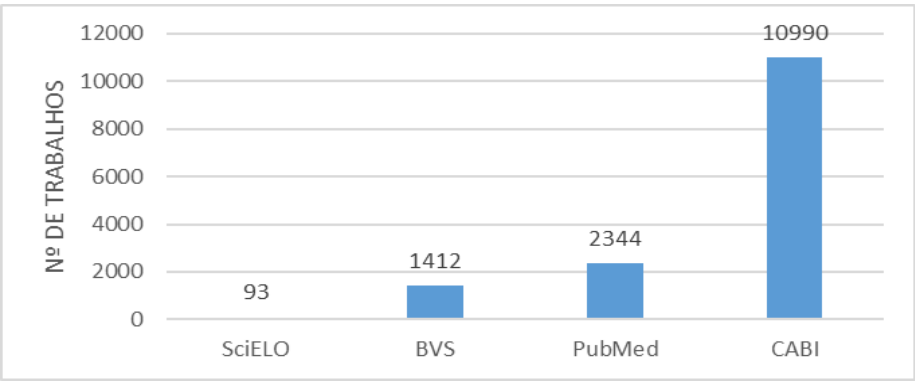
Gráfico 1: Distribuição cronológica de artigos científicos indexados no PubMed entre os anos de 2000 e 2024, relacionados a prevenção de doenças em ruminantes, utilizando os termos descritores Ruminant* AND Disease prevent*.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2025.

Em contrapartida, os estudos envolvendo fitoterapia e plantas medicinais, embora presentes, apresentam números significativamente menores, sendo a CABI (base de dados que fornece informações e acesso a pesquisas sobre agricultura e as ciências da vida aplicadas, abrangendo também o meio ambiente e as ciências veterinárias) a base com maior número de resultados envolvendo os termos (10.990 ao todo), o que indica que a literatura sobre o tema é mais comum em fontes técnicas e agronômicas do que em periódicos biomédicos (Gráfico 2). Fica evidenciado, também, que, apesar da crescente produção/criação mundial de animais, a utilização de plantas com fins terapêuticos na medicina veterinária ainda é modesta (VIDAL; ANGELI; VICTÓRIO, 2023).

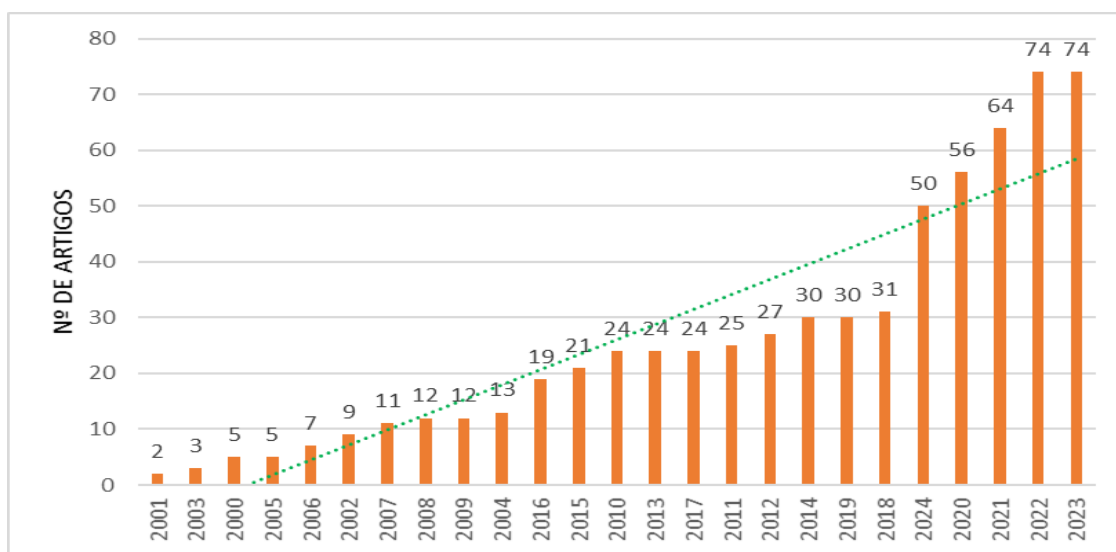
Gráfico 2: Número total de estudos envolvendo fitoterapia e plantas medicinais, retornados a partir de buscas nas bases de dados SciELO, BVS, PubMed e CABI nos anos de 2000 a 2025.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2025.

Todavia, chama atenção o reduzido número de estudos que associam fitoterapia ao desempenho zootécnico, embora crescentes, (Gráfico 3) sugerindo uma lacuna na integração entre o uso de produtos naturais e parâmetros produtivos, apesar de vários estudos já terem demonstrado o potencial de aditivos fitogênicos em modular a digestão de nutrientes e a composição da microbiota ruminal, além de exercer efeitos benéficos sobre a saúde intestinal, a homeostase metabólica e a função imunológica do animal, resultando em melhorias no desempenho produtivo e na eficiência alimentar (KHOLIF, et al., 2021).

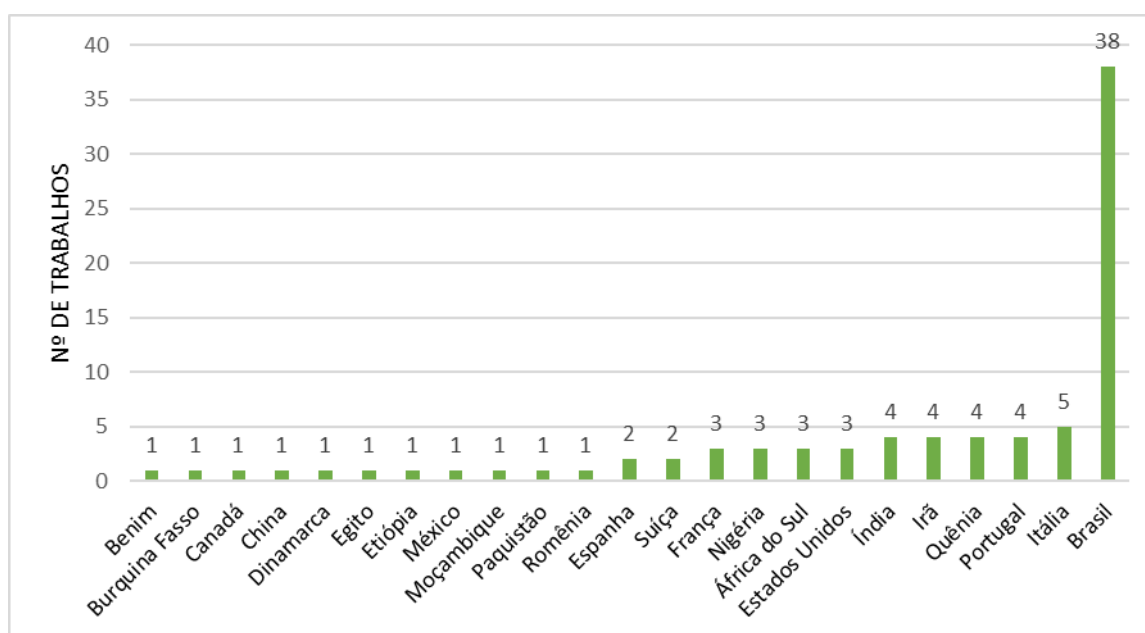
Gráfico 3: Evolução do número de trabalhos indexados no CAB Abstracts (CABI) que abordam os termos descritores Ruminant* AND Herbal medicine* AND Animal performance, no período compreendido entre os anos 2000 e 2024.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2025.

A partir da análise do gráfico 4, fica explícito o maior número de publicações sobre ruminantes e fitoterapia e/ou fitoterápicos no Brasil. A explicação pode estar no fato de que o Brasil ocupa quase metade da América do Sul e é o país com a maior biodiversidade do mundo (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2024). De acordo com o programa Flora e Funga do Brasil (2025) são reconhecidas 53471 espécies (nativas, naturalizadas e cultivadas) no País, contribuindo para que a fitoterapia seja uma boa alternativa a medicamentos sintéticos visando reduzir a resistência antimicrobiana e antiparasitária em animais de produção, tendo em vista as orientações nacionais de prevenção e controle da resistência aos antimicrobianos no âmbito da agropecuária (BRASIL, 2023).

Gráfico 4: Distribuição geográfica de artigos científicos, por país de afiliação, entre os anos de 2000 e 2024, na base de dados BVS/BIREME, utilizando os termos descritores Ruminant* AND Phytotherap*.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2025.

Nesse contexto, as plantas medicinais têm emergido como alternativa promissora no controle de doenças que afetam a produção, como infestação por nematoides gastrintestinais. Assim, espécies herbáceas como *Allium sativum* (alho), *Azadirachta indica* (nim), *Syzygium aromaticum* (cravo) e *Artemisia absinthium* (absinto) podem contribuir para a melhoria da saúde geral do rebanho, pois contêm compostos bioativos com comprovada atividade antiparasitária, (AKRAM, et al., 2023). Além disso, estudos recentes têm destacado o papel de plantas como *Moringa oleífera*, *Mangifera indica*, *Croton zehntneri* e *Psidium guajava* como opções sustentáveis no manejo de ruminantes, com efeitos sobre a imunomodulação, redução de parasitismo e melhoria da conversão alimentar (SOUZA, 2024; SILVA, et al., 2025).

Dessa forma, a integração da fitoterapia com os protocolos medicamentosos convencionais pode potencializar a eficácia terapêutica, reduzir os efeitos colaterais associados aos fármacos sintéticos e adiar o surgimento de resistência parasitária, destacando-se como uma estratégia viável para o manejo sustentável de animais domésticos (SANTOS; ALVES; REGO, 2024).

A investigação realizada nas bases de dados de depósitos de patentes (INPI, WIPO, EPO e USPTO) revelou disparidades significativas no registro de tecnologias relacionadas ao uso da fitoterapia em ruminantes (Tabela 2). Os descritores “Ruminant* AND Disease prevent*” e “Ruminant* AND Herbal medicine* AND Animal performance” apresentaram maior quantidade de patentes na WIPO (Organização Mundial da Propriedade Intelectual) e volumes expressivos de resultados na EPO (Escritório Europeu de Patentes) e USPTO (Escritório de Patentes e Marcas dos Estados Unidos), contrastando com valores residuais

no INPI (Instituto Nacional da Propriedade Industrial). A baixa representatividade em base brasileira pode indicar barreiras comerciais ou científicas para registro de propriedade intelectual nesse território.

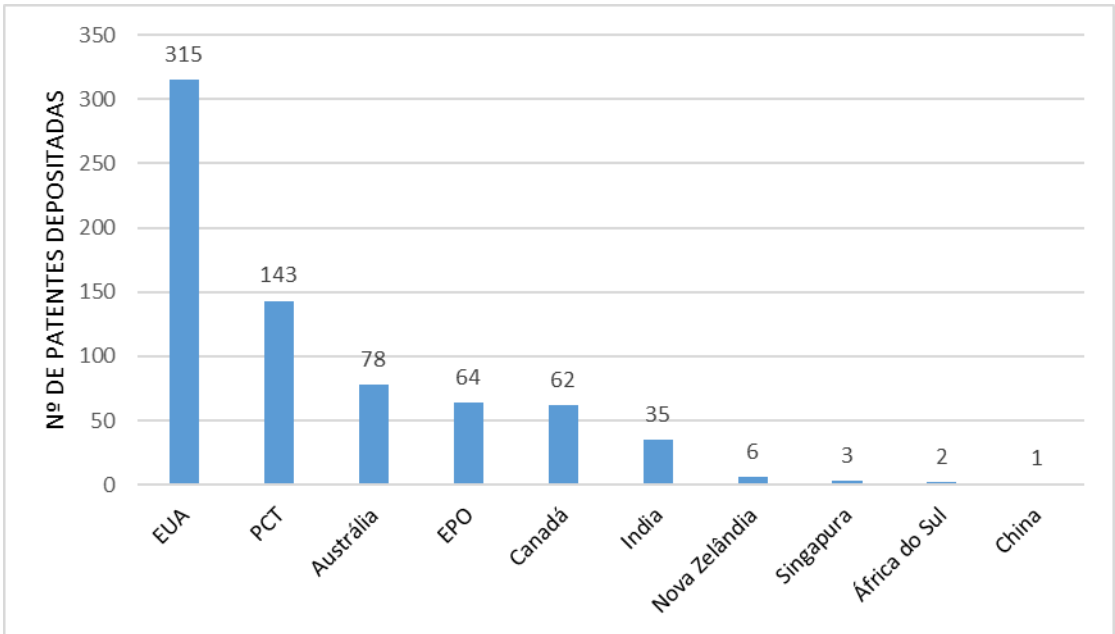
Tabela 2: Investigação em bases de dados de depósitos de patentes, sobre o uso de Fitoterapia na produção de ruminantes.

Descritores	INPI	WIPO	EPO	USPTO
<i>Ruminant* AND Disease prevent*</i>	3	24.208	12.764	14.174
<i>Ruminant* AND Herbal medicine*</i>	0	811	1.370	553
<i>Ruminant* AND Phytotherap*</i>	1	64	65	74
<i>Ruminant* AND Herbal medicine* AND Animal performance</i>	0	711	24	319

Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

O resultado da busca de patentes relacionadas aos descritores “Ruminant AND Herbal medicine* AND Animal performance*” na base de dados da Organização Mundial da Propriedade Intelectual (WIPO) revela um cenário de inovação tecnológica desigual entre os países, com concentração de depósitos em nações desenvolvidas e sistemas de proteção de propriedade intelectual (Gráfico 5). Os Estados Unidos (315 patentes) destacam-se como o principal centro de inovação, produção e difusão de biotecnologias nesse campo, refletindo não apenas a capacidade de pesquisa e desenvolvimento, mas também um forte sistema patentário nesse País (MOTTIN, 2019).

Gráfico 5: Representação gráfica dos países que têm patentes depositadas com invenções direcionadas aos descritores “Ruminant* AND Herbal medicine* AND Animal performance” na base de dados da WIPO.



Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

O expressivo volume de patentes associadas ao interesse no uso de produtos vegetais medicinais na produção de ruminantes pode estar relacionado com tendências mundiais de redução do uso de antimicrobianos em animais de produção, conforme preconizado pela Organização Mundial de Saúde Animal (WOAH, 2022).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Após análise dos resultados apresentados, pode-se observar que, apesar do crescente interesse em alternativas naturais na pecuária, há uma carência de estudos que integrem o uso de plantas medicinais com indicadores de desempenho zootécnico, o que limita a transferência tecnológica e a adoção dessas práticas em maior escala. Ademais, a disparidade entre os dados obtidos nas bases científicas reforça a importância de estratégias de busca amplas e criteriosas. A CABI se mostra como a fonte mais abrangente para temas de cunho técnico-agronômico, enquanto o SciELO, embora com menor volume, reflete a produção científica nacional. A limitada indexação de estudos sobre fitoterapia em ruminantes no PubMed pode estar associada à ausência de padronização terminológica nos descritores utilizados ou a um viés de publicação em periódicos regionais não incluídos na base, o que limita a visibilidade e o acesso a esses estudos. Por fim, a crescente demanda por produtos animais livres de resíduos químicos tem impulsionado o desenvolvimento de aditivos naturais, especialmente extratos vegetais com atividade antimicrobiana e antiparasitária. O que foi evidenciado na linha de crescimento ascendente nos resultados das buscas apresentadas.

REFERÊNCIAS

- KHOLIF, A. E., et al. **The use of phytogetic feed additives to enhance productivity and health in ruminants**. *Frontiers in Veterinary Science*, v. 8, p. 685262, 2021.
- AJULO, S.; AWOSILE, B. **Global antimicrobial resistance and use surveillance system (GLASS 2022): Investigating the relationship between antimicrobial resistance and antimicrobial consumption data across the participating countries**. *PLoS One*, v. 19, n. 2, p. e0297921, 2024.
- AKRAM, W. et al. **Zoonotic parasitic disease control strategies: phytotherapy**. *Zoonosis*, Unique Scientific Publishers, Faisalabad, Pakistan, v. 2, p. 331-345, 2023.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA). **Plano de ação da 2ª etapa do PAN-BR AGRO**. Brasília, DF: MAPA, jun. 2023.
- FAO – Food and Agriculture Organization of the United Nations. **The State of Food and Agriculture 2023 – Revealing the true cost of food to transform agrifood systems**. Rome, 2023.
- Flora e Funga do Brasil. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: < [Estratégias Inovadoras para o Sucesso na Agropecuária:
uma Abordagem Ampla, Vol 2](http://florado-</p></div><div data-bbox=)

brasil.jbrj.gov.br/ >. Acesso em: 27 ago. 2025

GALVÃO, T. F.; PEREIRA, M. G. **Revisões sistemáticas da literatura: passos para sua elaboração**. Epidemiologia e Serviços de Saúde, v. 23, n. 1, p. 183–184, 2014.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (Brasil). **Biodiversidade e biomas**. Brasília, DF: MMA, 2024. Disponível em: <https://www.gov.br/mma/pt-br/assuntos/biodiversidade-e-biomas> . Acesso em: 27 ago. 2025.

MOTTIN, J. F. **Programa patentes verdes: o sistema patentário a serviço do desenvolvimento sustentável**. 2019. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciências Jurídicas e Sociais) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Faculdade de Direito, Porto Alegre, 2019.

NEMOTO, B. S., et al. **Biosseguridade e saúde única: uma visão aplicada à bovinocultura**. Revista Brasileira de Buiatria, v. 4, n. 3, p. 52-67, 2022.

OLIVEIRA, G.G.S. et, al.. **Resistência parasitária a anti-helmínticos e Saúde Única: Desafios e oportunidades na integração de abordagens de saúde humana e animal**. Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação, v. 10, n. 11, p. 7417-7431, 2024.

Page, M. J., et al. **The PRISMA 2020 statement: An updated guideline for reporting systematic reviews**. BMJ (clinical Research, v. 372, n 71, 2021.

SANTOS, F. A.L.; ALVES; F. S.; REGO, J. A, R. **O uso da fitoterapia na cultura dos animais domésticos na Amazônia**. IOSR Journal of Pharmacy and Biological Sciences, v. 27, n. 2, p. 57–77, 2024.

SILVA, J. V., et al. **Fitoterápicos como abordagem alternativa ao uso de antiparasitários na caprinocultura**. Observatório de la Economía Latinoamericana, v. 23, n. 6, p. e10151-e10151, 2025.

SOUZA, U. G. **Uso da moringa (*Moringa oleifera* Lamarck) como alimento alternativo para a nutrição e alimentação animal**. 2024. Monografia (Graduação em Ciências Agrícolas) – Instituto Federal do Espírito Santo, Colatina-ES.

VIDAL, C. S.; ANGELI, R.; VICTÓRIO, C. P. **Medicamentos fitoterápicos e aplicação veterinária em âmbito nacional**. Acta Scientiae et Technicae, v. 11, 2023.

WOAH – WORLD ORGANIZATION FOR ANIMAL HEALTH. **Guidelines on antimicrobial resistance and prudent use of antimicrobials in animals**. Paris, 2022.

MINECRAFT COMO FERRAMENTA PEDAGÓGICA NO PROCESSO FORMATIVO DA AGROPECUÁRIA BRASILEIRA

Camylla Soares Koswoski¹.

Instituto Federal Goiano – Campus Cristalina (IF Goiano), Cristalina, Goiás.

<https://lattes.cnpq.br/6020313430203047>

RESUMO: O presente trabalho investiga o uso do Minecraft como instrumento de ensino no contexto de atividades rurais, explorando como a simulação de cultivo, manejo de animais e gestão de recursos em ecossistemas digitais permite aos estudantes compreender impactos ambientais, estratégias produtivas e sustentabilidade, promovendo reflexão crítica sobre gestão responsável e planejamento operacional; a pesquisa, de abordagem qualitativa e baseada em estudo de caso e revisão bibliográfica, analisou percepções e dados observacionais para identificar como o ambiente virtual favorece a aprendizagem ativa, a resolução de problemas, a colaboração e a integração de conhecimentos em áreas como matemática, biologia, geografia, química, física, informática e práticas agropecuárias; os resultados demonstram que, mesmo diante de limitações como simplificação de processos, elementos imaginários e ausência de variáveis dinâmicas, o Minecraft possibilita abordar conceitos de inovação tecnológica, controle de recursos, ecossistemas e interações ambientais, funcionando como um instrumento formativo que aproxima teoria e prática, desenvolve competências analíticas e críticas e contribui para a formação de profissionais aptos a aplicar práticas conscientes, inovadoras e sustentáveis no contexto real da produção agropecuária.

PALAVRAS-CHAVE: Agropecuária. Educação. Minecraft.

MINECRAFT AS A PEDAGOGICAL TOOL IN THE FORMATIVE PROCESS OF BRAZILIAN AGRICULTURE AND LIVESTOCK

ABSTRACT: This paper investigates the use of Minecraft as a teaching tool in the context of rural activities, exploring how the simulation of cultivation, animal husbandry, and resource management in digital ecosystems allows students to understand environmental impacts, production strategies, and sustainability, promoting critical reflection on responsible management and operational planning. The research, which adopted a qualitative approach and was based on a case study and literature review, analyzed perceptions and observational data to identify how the virtual environment fosters active learning, problem-solving,

collaboration, and the integration of knowledge in areas such as mathematics, biology, geography, chemistry, physics, computer science, and agricultural practices. The results demonstrate that, even with limitations such as simplified processes, imaginary elements, and the absence of dynamic variables, Minecraft enables the exploration of concepts of technological innovation, resource control, ecosystems, and environmental interactions. It functions as a training tool that bridges theory and practice, develops analytical and critical skills, and contributes to the development of professionals capable of applying conscious, innovative, and sustainable practices in the real context of agricultural production.

KEY-WORDS: Agriculture and Livestock. Education. Minecraft.

INTRODUÇÃO

De que maneira um jogo de blocos pode se transformar em uma ferramenta para a assimilação dos conceitos fundamentais da agropecuária? Ao cultivar, criar animais e explorar territórios virtuais, os estudantes podem vivenciar, ainda que de forma lúdica e simplificada, desafios semelhantes aos do campo real. Refletir sobre essa questão implica considerar as transformações nos processos educativos, que envolvem inovação, tecnologia, contextualização e a construção de aprendizagens em perspectivas não convencionais.

O emprego de ambientes digitais (Ávila; Andrade, 2023) como o Minecraft possibilita aos estudantes vivenciar simulações de produção agropecuária que seriam inviáveis em sala de aula tradicional. Por meio dessas experiências, é possível analisar impactos de decisões sobre o uso do solo, manejo de recursos naturais e organização de atividades agrícolas e pecuárias. Além disso, o jogo estimula o pensamento sistêmico, permitindo compreender como diferentes elementos do ecossistema interagem e como a gestão eficiente pode influenciar resultados produtivos. Essa abordagem gera análises interessantes ao discutir os elementos e suas relações, incentivando a investigação crítica, a experimentação e a formulação de hipóteses. Ao mesmo tempo, promove a aprendizagem ativa, fortalece a capacidade de resolver problemas complexos e proporciona uma visão integrada entre tecnologia, sustentabilidade e inovação no contexto rural (Cardoso, 2023; Ferraz, 2023).

Este capítulo está organizado de forma a introduzir inicialmente a proposta de utilização do Minecraft como ferramenta pedagógica no ensino da agropecuária, contextualizando seu potencial educativo e interdisciplinar. Apresenta a metodologia adotada para viabilizar a compreensão dos dados e possibilitar possíveis adaptações e aplicações. Os resultados e discussões exploram as relações existentes com diferentes biomas, práticas agrícolas, criação de animais, gestão de recursos e uso de tecnologias digitais, evidenciando a integração de conhecimentos em áreas como matemática, biologia, geografia, física, química, informática e agropecuária. Por fim, são discutidas as contribuições, limitações e perspectivas do uso do jogo, destacando seu papel na formação de profissionais críticos, conscientes e aptos a aplicar práticas sustentáveis e inovadoras na agropecuária brasileira.

OBJETIVO

Este trabalho tem como objetivo analisar o potencial do jogo Minecraft como ferramenta pedagógica no ensino da agropecuária, demonstrando de que forma ambientes virtuais podem aproximar os estudantes das práticas agrícolas e pecuárias. Busca-se compreender como a simulação de processos produtivos, a interação com elementos do ecossistema e a tomada de decisões estratégicas podem favorecer a aprendizagem ativa, o desenvolvimento de habilidades críticas e a integração de conceitos de tecnologia, sustentabilidade e inovação. Além disso, pretende-se evidenciar as diversas áreas da agropecuária, incentivar outros educadores a refletirem sobre novas abordagens pedagógicas e contribuir para a formação do setor agropecuário brasileiro.

METODOLOGIA

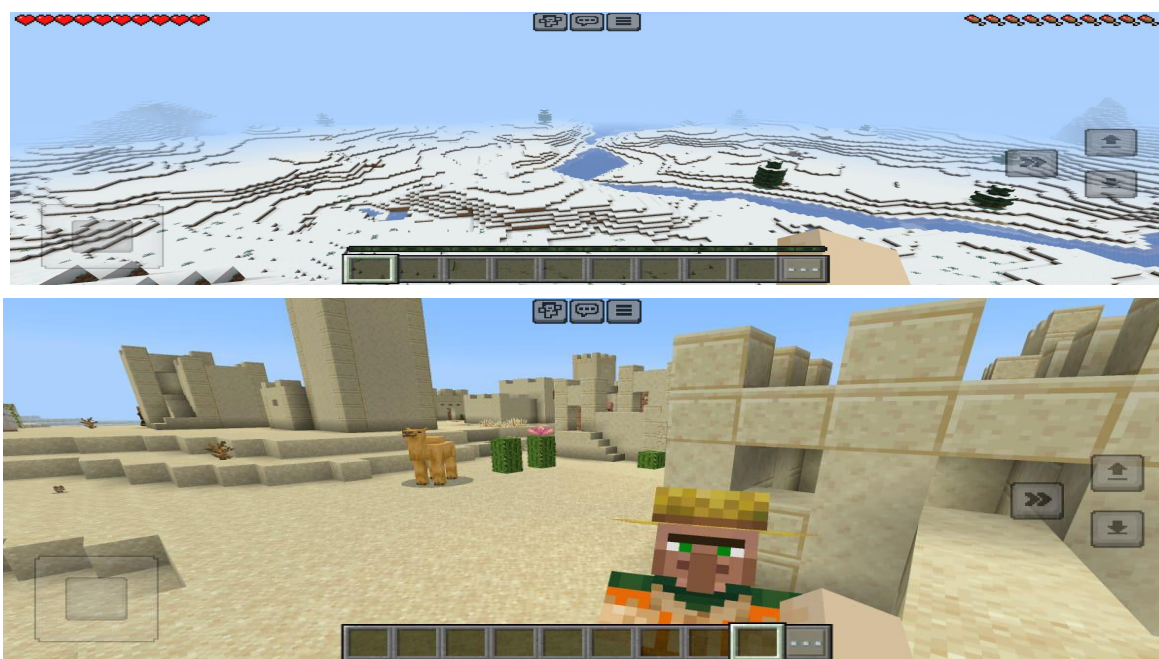
A pesquisa apresenta uma abordagem essencialmente qualitativa, devido à subjetividade dos dados e à ausência de análises quantitativas específicas, buscando compreender um fenômeno educacional relacionado à agropecuária brasileira e ao uso do Minecraft, relacionando percepções, referências educacionais e observações preliminares. Quanto à natureza, caracteriza-se como aplicada, considerando sua relação direta com a prática pedagógica no ensino da agropecuária e seu suporte em estudos bibliográficos. Os objetivos do estudo situam-se nas perspectivas exploratória e descritiva, permitindo identificar, analisar e compreender as possibilidades de utilização do jogo na aprendizagem e na integração de conhecimentos. Em termos de procedimentos, a pesquisa consiste em estudo de caso em ambiente educacional, apoiado em pesquisa bibliográfica sobre agropecuária, educação e uso de ambientes digitais, configurando-se como uma proposta ainda em fase de implementação; assim, o capítulo apresenta a concepção da proposta e suas potenciais contribuições pedagógicas. A população do estudo envolve docentes e estudantes, e o período de pesquisa iniciou-se em 2025, permanecendo em aplicação, com observações e registros em andamento para subsidiar análises futuras.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Em primeira análise, devido às limitações do jogo — como a simplificação de processos, a estética lúdica e a presença de criaturas e cenários imaginários, algumas vezes infantilizados (como zumbis, o “*Nether*” e esqueletos) — poderia-se inferir erroneamente que a aplicação desta proposta em sala de aula resultaria apenas em jogatinas sem propósito, sem aproveitamento pedagógico, ou em irrelevância para a agropecuária brasileira (Vieira Filho; Gasques, 2023). Essa percepção reflete um preconceito comum, associado à familiaridade e ao conforto com o modelo tradicional de ensino, baseado em quadro e giz. No entanto, existem fatores pertinentes que podem tornar o Minecraft (Knittel, 2017; Pereira, 2022) uma ferramenta educativa significativa.

Ao explorar os diferentes biomas do Minecraft, é possível observar variações significativas de ecossistemas que enriquecem a experiência pedagógica (Silva; Dos Santos, 2025). Biomas como florestas densas, regiões congeladas e desertos apresentam características próprias — tipos de solo, disponibilidade de água, vegetação e recursos naturais — que permitem aos estudantes analisar, ainda que de forma simplificada, como os fatores ambientais influenciam o cultivo de plantas, a criação de animais e a gestão de recursos. Essa abordagem favorece reflexões sobre estratégias de produção adaptadas a diferentes condições, possibilitando paralelos com os biomas brasileiros, como caatinga, cerrado, mata atlântica e floresta amazônica. Assim, evidencia-se como cada região desenvolve práticas específicas, equilibrando a produção agrícola com a preservação da biodiversidade e a adoção de estratégias sustentáveis.

Figura 1 - Ecossistemas extremos.



Fonte: Do autor (2025)

No âmbito da agricultura, o jogo não abrange toda a complexidade do plantio e desenvolvimento, mas apresenta elementos básicos e fundamentais. Destacam-se aspectos relacionados ao solo e sua adequação, aos processos de preparação e à importância de um sistema de irrigação eficiente — que pode ser associado à matemática, já que o jogo utiliza blocos para determinar a área alcançada por cada fonte de água. Além disso, contempla a iluminação necessária para a fotossíntese, os processos de adubação (representados pelo uso da farinha de osso para acelerar o crescimento) e a relevância dos polinizadores, permitindo refletir sobre práticas sustentáveis quando observamos, por exemplo, o uso das abelhas no jogo para potencializar a produção de forma saudável.

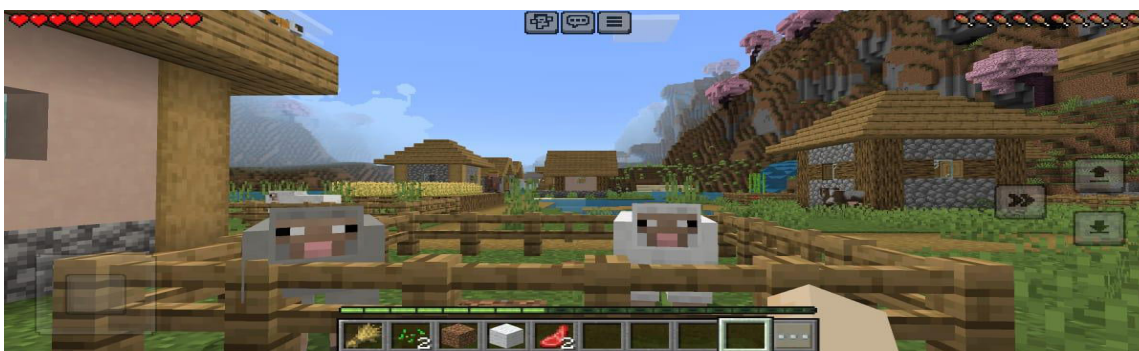
Figura 2 - Sistema Agrícola no Minecraft.



Fonte: Do autor (2025)

A criação de animais pode ser explorada, mesmo com a simplificação de questões reprodutivas, pois o jogo não diferencia machos e fêmeas. É possível trabalhar diferentes formas de manejo, relacionando-os à interação com o ambiente: galinhas podem ser predadas por raposas caso não exista um sistema de criação adequado. O jogo permite a obtenção de produtos como carne, leite, ovos e lã, favorecendo discussões sobre manejo sustentável, comparando métodos organizados de coleta e cuidado com práticas inadequadas, como o abate indiscriminado que esgota os recursos. Aspectos de genética podem ser abordados dependendo da edição utilizada, sendo inclusive amplificados por modificadores. A liberação indiscriminada de animais na natureza virtual possibilita refletir sobre desequilíbrios na fauna nativa, enquanto atividades como piscicultura e pesca ampliam a compreensão dos estudantes sobre a gestão de recursos animais.

Figura 3 - Criação de Animais no jogo.



Fonte: Do autor (2025)

O paralelo da finitude dos recursos também merece atenção. Apesar da abundância de materiais coletáveis no Minecraft, o uso inconsequente leva à escassez e ao afastamento desses recursos, refletindo a realidade: profissionais de agropecuária que atuam sem

considerar sustentabilidade e preservação podem enfrentar consequências semelhantes. Estimular esse tipo de reflexão durante o processo formativo contribui para a formação de profissionais mais críticos, conscientes e capazes de tomar decisões alinhadas à gestão responsável dos recursos naturais.

Além disso, o simulador permite trabalhar competências de planejamento e tomada de decisão, pois os estudantes precisam organizar plantações, cercas, sistemas de irrigação e pastagens de maneira estratégica. Isso favorece a compreensão de como escolhas planejadas impactam produtividade e sustentabilidade na agropecuária real. A gestão de recursos pode ser associada a conceitos de economia e eficiência produtiva, permitindo discutir custos, produtividade e estratégias de manejo sustentável.

O ambiente virtual revela-se particularmente útil em contextos educacionais com infraestrutura limitada, onde atividades práticas em campo ou laboratórios podem ser inviáveis. Ele possibilita simular plantio, manejo de animais e administração de recursos, oferecendo experiências realistas sem necessidade de estruturas físicas completas. Por meio dessas simulações, os estudantes podem explorar estratégias produtivas, avaliar impactos ambientais e desenvolver habilidades de planejamento e decisão, tornando o aprendizado mais inclusivo, acessível e adaptável às diferentes realidades escolares.

O jogo também possibilita a introdução de tecnologias agrícolas, por meio do uso de circuitos de um elemento denominado “redstone” e mecanismos automatizados, que podem ser comparados a sistemas modernos de irrigação, sensores de solo ou maquinário agrícola, aproximando os estudantes da inovação tecnológica presente no setor real.

A área de topografia e desenho técnico, presente nas grades curriculares de agronomia, é contemplada no jogo por meio das diferentes perspectivas e ângulos dos cenários, assim como pela produção de mapas. Essa abordagem permite aos estudantes compreender a disposição e as relações entre os elementos do ambiente, evidenciando sua relevância para a exploração, planejamento e interpretação do espaço, competências essenciais no contexto agropecuário.

Portanto, o uso do Minecraft no ensino da agropecuária configura-se como uma oportunidade multidisciplinar para trabalhar diversos saberes (Neves et. al., 2025). Na matemática, é possível explorar geometria, cálculos de área e volume, proporções e relações espaciais; na biologia, os estudantes podem analisar processos ecológicos, ecossistemas, genética, polinização e relações entre espécies; na geografia, são abordados relevos, mapas, clima e distribuição de recursos naturais; na química, o foco recai sobre fertilizantes, compostagem e qualidade do solo; na física, conceitos de energia, luz, gravidade e mecânica de sistemas podem ser discutidos; na informática, desenvolvem-se habilidades em simulação, lógica e programação por meio de circuitos e modificadores; e na agropecuária, os alunos aplicam conceitos práticos de plantio, criação de animais, manejo de recursos e planejamento produtivo. Essa abordagem amplia ainda o entendimento em educação ambiental, economia, gestão de recursos e sustentabilidade, promovendo a

integração de conhecimentos e a formação de competências críticas e analíticas para o contexto real do setor rural.

Além desses aspectos, o Minecraft favorece o desenvolvimento de competências socioemocionais e colaborativas, uma vez que os estudantes frequentemente precisam trabalhar em equipe, tomar decisões conjuntas e resolver problemas coletivos durante a construção de fazendas, mapas e ecossistemas. Essas atividades funcionam como projetos interdisciplinares, conectando teoria e prática de forma lúdica, ao mesmo tempo em que permitem refletir sobre as diferenças entre biomas e sistemas agrícolas reais, considerando desafios como clima, sazonalidade e logística. O ambiente virtual também oferece oportunidades de avaliação formativa, permitindo aos docentes observar estratégias adotadas, identificar acertos e erros e promover reflexões críticas.

Adicionalmente, o uso de tecnologias digitais no jogo, como circuitos de “redstone” e mecanismos automatizados, aproxima os estudantes de conceitos de inovação tecnológica presentes na agropecuária, como sistemas de irrigação, sensores de solo e manejo de precisão, fortalecendo a integração entre conhecimento tradicional e práticas modernas do setor. Dessa forma, o Minecraft consolida-se como uma ferramenta pedagógica que articula aprendizagem ativa, interdisciplinaridade, reflexão crítica, habilidades práticas e visão estratégica, proporcionando uma formação ampla e contextualizada para futuros profissionais do setor agropecuário.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O uso do Minecraft como ferramenta pedagógica oferece contribuições importantes para o ensino da agropecuária, promovendo a integração de conhecimentos teóricos e práticos de forma lúdica e interdisciplinar, juntamente ao alinhamento a BNCC (Frigo; Robaina, 2023). Entre os benefícios estão a aprendizagem ativa, o desenvolvimento do pensamento crítico e sistêmico, a prática de tomada de decisão, o incentivo à colaboração e à resolução de problemas em grupo, além da aproximação dos estudantes com conceitos de sustentabilidade, inovação, gestão de recursos e planejamento estratégico. Também permite trabalhar habilidades em matemática, biologia, geografia, química, física e informática de forma contextualizada, favorecendo a compreensão de relações complexas entre elementos de ecossistemas e práticas agrícolas.

Por outro lado, há limitações importantes a serem consideradas, como a simplificação de processos produtivos, a ausência de fatores climáticos dinâmicos e de variabilidade genética completa nos animais, além da presença de elementos imaginários que podem gerar interpretações equivocadas se não mediadas pelo docente. Apesar disso, o ambiente virtual oferece oportunidades únicas para refletir sobre manejo de recursos, equilíbrio ecológico e impactos das decisões, possibilitando a experimentação segura e a formulação de hipóteses. Dessa forma, evidencia-se o potencial de ambientes digitais na formação de profissionais críticos, conscientes e capazes de aplicar práticas sustentáveis e inovadoras

na agropecuária brasileira, ao mesmo tempo em que incentiva educadores a explorar metodologias pedagógicas diferenciadas e contextualizadas.

REFERÊNCIAS

ÁVILA, Carolyne Amélia Assis; ANDRADE, Paulo César de Resende. **PROPOSTA METODOLÓGICA PARA INSERÇÃO DE ATIVIDADES GAMIFICADAS NO ENSINO COM O USO DE JOGOS DIGITAIS**. EducEaD-Revista de Educação a Distância da UFVJM, v. 3, n. 1, p. 243-259, 2023.

CARDOSO, Kênia Rezende. **Um olhar para o uso das inovações tecnológicas no ensino Técnico em Agropecuária do IFES–Campus de Alegre**. 2023.

FERRAZ, Dalva de Oliveira. **Robótica educacional para formação de professores do curso técnico em agropecuária**. 2023.

VIEIRA FILHO, José Eustáquio Ribeiro Organizador; GASQUES, José Garcia Organizador. **Agropecuária brasileira: evolução, resiliência e oportunidades**. 2023.

KNITTEL, Tânia et al. **Minecraft: experiências de sucesso dentro e fora da sala de aula**. Curitiba: XVI SBGames, Sociedade Brasileira de Computação (SBC), p. 789-795, 2017.

PEREIRA, Daniela Santos Nogueira et al. **Jogos digitais na Educação Escolar: Uma análise do jogo Minecraft**. 2022.

SILVA, Maria Lissandra; DOS SANTOS, Sávio Gonçalves. **O uso do jogo Minecraft como ferramenta pedagógica na Educação Ambiental**. Educação, Escola & Sociedade, v. 21, n. 23, 2025.

NEVES, Pedro Henrik Moura et al. **Ensino Criativo com Minecraft: uma Nova Perspectiva para a Aprendizagem com Tecnologia**. Revista de Gestão e Secretariado, v. 16, n. 8, p. e5147-e5147, 2025.

FRIGO, Leandro Marcon; ROBAINA, José Vicente Lima. **BNCC e ensino médio integrado em agropecuária: consonância entre documentos norteadores**. 2023.

ÍNDICE REMISSIVO

A

Ácidos fenólicos · 52, 54, 136, 177, 182, 217, 386, 415

Aditivos químicos · 174, 178, 183

Adubação · 45, 48, 78, 80, 104, 106, 111, 113, 120, 190, 192, 193, 194, 196, 197, 199, 201, 202, 230, 231, 266, 270, 274, 276, 278, 79

Adubação fosfatada · 190, 193, 196, 197, 199, 201, 270

Adubos orgânicos · 39, 42, 43, 47, 201

Adulterantes no leite · 307

Aerobiose · 239

Agricultores · 7, 13, 17, 18, 63, 85, 86, 90, 91, 92, 95, 96, 98, 100, 101, 102, 103, 104, 105, 106, 107, 112, 284

Agricultura · 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 11, 13, 14, 16, 19, 21, 23, 41, 42, 48, 54, 65, 70, 73, 75, 79, 80, 82, 84, 86, 87, 88, 89, 90, 92, 93, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 100, 101, 102, 103, 104, 105, 106, 107, 108, 109, 142, 143, 160, 171, 183, 203, 206, 233, 234, 267, 280, 282, 283, 285, 286, 333, 362, 363, 384, 387, 388, 408, 66, 78

Agricultura familiar · 8, 54, 84, 86, 87, 88, 89, 90, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 100, 101, 102, 103, 104, 105, 106, 107, 108, 109

Agricultura sustentável · 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 11, 13, 14, 16, 19, 21, 96, 142, 183

Agricultura urbana · 87, 93, 206, 280, 282, 283, 285, 286, 384, 387, 388

Agroecologia · 6, 8, 84, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 94, 95, 96, 97, 109, 280, 290

Agroecossistemas · 8, 84

Agronegócio · 3, 5, 11, 15, 86, 95, 52

Agronegócio · 49, 51, 52, 54, 55, 56, 57, 58

Agrostologia · 266

Albedo de maracujá · 365

Alelopatia · 62, 71, 73

Alergia · 23, 26

Alface crespa · 62, 64, 65, 66, 67, 69, 72, 115, 116, 117, 118, 120, 121

Alface orgânica · 110, 112, 121

Alimentação saudável · 125, 280

Alimento seguro · 147, 154, 394

Alimentos · 4, 8, 9, 52, 54, 58, 63, 84, 86, 88, 89, 90, 92, 93, 94, 95, 97, 99, 107, 123, 125, 126, 128, 135, 136,

137, 140, 142, 150, 156, 158, 159, 160, 170, 174, 175, 176, 177, 178, 180, 181, 182, 184, 191, 192, 206, 207, 223, 241, 253, 280, 282, 284, 285, 288, 294, 295, 297, 299, 309, 310, 311, 318, 322, 324, 325, 326, 327, 329, 331, 332, 333, 334, 337, 338, 339, 340, 341, 342, 344, 345, 346, 347, 348, 349, 351, 353, 354, 358, 365, 367, 368, 369, 370, 371, 372, 373, 393, 394, 401, 402, 403, 406, 408, 415, 28

Ambientes de cultivo · 215

Análises de regressão · 9, 10, 11, 12, 13, 14, 17, 18, 19

Análises microbiológicas · 142, 147, 362

Antimicrobianos · 42, 61, 62, 64, 65, 68, 71

Antioxidantes · 54, 127, 134, 137, 139, 174, 177, 183, 185, 217, 288, 410, 414, 2, 38, 40, 41, 42

Antioxidantes naturais · 134, 139, 177, 183

Antiparasitários · 61, 64, 73

Aprendizagem · 268, 49, 50, 51, 57, 59, 74, 76, 77, 82

Artemia salina · 52, 53, 55, 56, 58, 59

Atopia · 23, 26

Autonomia produtiva · 84

Avanço tecnológico · 73, 311

Avanços genéticos · 35

B

Bananicultura · 52, 54

Beneficiamento de carne · 392, 394

Biocombustíveis · 24, 26, 37, 413, 2

Biodiversidade · 7, 8, 10, 12, 15, 84, 86, 88, 91, 92, 105, 106, 130, 280, 282, 283, 284, 290, 388, 410, 3, 68, 72, 78

Bioma Cerrado · 74, 78, 110, 119

Bioprodutos · 183, 411, 413

Biorreguladores · 62

Boas Práticas de Fabricação (BPF) · 332, 337, 339, 393

Bolores · 147, 150, 156, 157

Brassicaceae · 191, 205, 207, 208, 214

C

Cacau · 174, 176, 177, 178, 179, 180, 181, 182, 183, 184

Cadeia do leite · 307, 310, 316, 317

Café · 7, 39, 41, 42, 50, 86, 226, 227, 228, 229, 233, 236, 340

Cafeeiro · 39, 50, 226, 227, 228, 229, 230, 231, 232, 234, 235, 236

Cafeicultura · 39, 226, 232, 233, 234, 235, 21

Campo agrostológico · 266, 268, 269, 271, 277

Cana-de-açúcar · 24, 27, 28, 29, 30, 31, 35, 37, 38, 277

Capacitação técnica · 392

Carbono · 12, 24, 25, 29, 31, 35, 37

Carne bovina · 8, 124, 128, 129, 134, 138, 140, 176, 177, 331, 333, 351, 352, 362

Carne Híbrida · 124

Caryocar brasiliense · 410, 411, 412, 413, 2, 3, 4, 5, 6, 7

Cerrado brasileiro · 74, 76, 137, 142, 410, 411, 412, 2

Céu aberto · 215, 218, 221, 222

Ch

Chuvas · 98, 100, 102, 105, 106, 107, 111, 113

C

Cisticercose · 351, 353, 359

Cobertura vegetal · 74, 75, 76, 77, 78, 289

Código Florestal · 3, 5, 6, 8, 10, 22

Coeficientes · 9, 13

Complicações sistêmicas graves · 322

Compostagem · 84, 86, 88, 92, 93, 106, 81

Compostos bioativos · 52, 54, 55, 58, 127, 136, 137, 174, 177, 179, 182, 183, 222, 288, 383, 410, 413, 414, 2, 5, 69

Compostos fenólicos · 54, 123, 127, 134, 284, 381, 386, 413, 414, 415

Condições edafoclimáticas · 74, 93, 196, 269, 353

Condições higienicossanitárias · 147, 150, 152, 159

Confiança do consumidor · 293, 314, 317, 318, 358

Consórcios de culturas · 84, 86, 88

Contaminação · 7, 147, 151, 154, 155, 156, 158, 159, 184, 192, 295, 300, 326, 331, 332, 339, 348, 349, 398, 399, 400, 401, 42

Contaminações químicas · 293

Contaminantes · 241, 293, 295, 296, 300, 304, 307, 309, 311, 312, 313, 316, 318, 326, 403

Criopreservação · 36, 46

Crioprotetores · 36, 37, 38, 40, 41, 42, 43

Culturas agrícolas · 74, 104, 105

Curso técnico · 49, 51, 52, 83

Curso Técnico Integrado · 50, 52

D

Dermatite Atópica Canina (DAC) · 23, 25

Dermatologia · 23, 26

Desafios · 3, 4, 5, 6, 8, 14, 15, 18, 20, 21, 22, 23, 76, 78, 84, 86, 87, 89, 95, 96, 97, 98, 100, 101, 103, 104, 107, 109, 125, 175, 177, 184, 227, 232, 281, 308, 309, 319, 324, 332, 339, 345, 356, 363, 383, 24, 35, 37, 38, 43, 45, 51, 61, 75, 82

Descarbonização · 24, 25, 34

Desenvolvimento · 5, 7, 9, 11, 12, 13, 18, 21, 22, 24, 39, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 49, 56, 62, 64, 66, 69, 71, 77, 87, 92, 95, 99, 107, 108, 112, 118, 120, 123, 125, 126, 127, 139, 142, 154, 155, 170, 180, 183, 184, 191, 192, 194, 196, 200, 209, 211, 212, 213, 217, 229, 235, 242, 249, 250, 258, 268, 270, 297, 309, 314, 316, 318, 324, 329, 345, 347, 356, 365, 367, 369, 370, 371, 374, 399, 401, 402, 410, 2, 3, 11, 12, 14, 21, 27, 37, 43, 44, 50, 51, 63, 70, 72, 76, 78, 82

Desigualdade · 3, 11, 15, 280, 61

Diesel · 24, 25, 29, 30, 31, 32, 33

Direito ambiental · 3, 22, 23

Disfunção renal · 322, 329

Distúrbios hemolíticos · 322

Diversificação alimentar · 282, 382, 383, 388

Doença · 226, 228, 231, 232, 234, 329, 331, 348, 349, 351, 355, 356, 357, 358, 360, 23, 25, 26, 27, 28, 30

Doença crônica · 351, 30

Doenças dermatológicas · 23

Doenças transmitidas por alimentos e água · 322

E

Economia do país · 39

Ecossistemas digitais · 74

Educação sanitária · 337, 340, 346

Efeito alelopático · 62, 67, 69

Efeito estufa · 13, 24, 25, 29, 86, 88, 92, 97, 126, 145, 174, 176, 184

Emulsificantes · 174

Ensilagem · 239

Epicarpo do baru · 123, 129, 130

Erros · 9

Escherichia coli · 321, 322, 323, 324, 325, 326, 328, 329, 330, 331, 332, 333, 334, 335, 339

Espécies vegetais · 204, 206, 207, 278, 284, 383, 63

Espectroscopia FTIR · 294, 295, 296, 300, 302, 303, 308, 309, 310, 311, 313, 314, 315, 317, 318, 319

Estresse hídrico · 62, 65, 66, 67, 68, 69, 103, 275

Estudantes · 268, 269, 270, 277, 49, 50, 51, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 82

Estudos toxicológicos · 52, 386

Etanol · 24, 27, 28, 29, 36

Exportação agrícola · 39

Extrato hidroalcoólico · 52, 55, 56

F

Fabricação · 147, 149, 151, 152, 153, 155, 158, 163, 164, 165, 166, 167, 168, 169, 170, 171, 176, 340, 346, 368, 401, 407

Farinha · 124, 127, 128, 129, 130, 132, 139, 140, 178, 179, 180, 181, 182, 365, 367, 370, 371, 79

Ferrugem · 226, 227, 228, 229, 230, 231, 232, 233, 234, 235

Fibras · 123, 126, 127, 128, 131, 134, 136, 139, 174, 177, 178, 179, 180, 181, 185, 242, 245, 246, 284, 288, 365, 367, 371, 372, 386, 410, 415, 2

Fibras alimentares · 128, 174, 179, 180, 367, 371, 410, 2

Fiscalização · 3, 4, 5, 8, 11, 14, 15, 16, 17, 19, 359, 403, 404, 407

Fitoesteróis · 52, 54, 136

Fitoterápicos · 61, 63, 64, 68, 73

Flavonoides · 52, 54, 136, 177, 182, 386, 415, 4, 41

Flores comestíveis · 382

Formação · 7, 13, 17, 39, 41, 77, 91, 94, 127, 182, 192, 220, 247, 272, 344, 346, 357, 372, 373, 374, 399, 404, 49, 50, 51, 74, 76, 80, 81, 82, 83

Formulações de proteínas · 123

Fruto · 54, 55, 126, 127, 128, 137, 138, 174, 176, 177, 184, 218, 221, 274, 410, 412, 413, 414, 415, 1, 2, 3

G

Gases · 13, 24, 25, 29, 86, 88, 92, 97, 126, 145, 174, 176, 184

Germinação · 62, 64, 65, 66, 67, 69, 71, 73, 207, 208, 230, 231, 270, 412

Gestão de recursos · 74, 76, 78, 79, 80, 81, 82

H

Hambúrgueres híbridos · 124, 127

Hemileia vastatrix · 226, 227, 229, 230, 231, 232, 234

Hortaliças · 49, 63, 88, 103, 136, 190, 192, 201, 206, 208, 217, 288

I

Impactos ambientais · 18, 27, 76, 128, 136, 174, 176, 184, 185, 309, 310, 365, 369, 370, 2, 74, 80

Indicadores estatísticos · 8, 10, 12, 13, 14

Índices · 9

Indústria de alimentos · 176, 178, 323, 326

Indústria de cárneos · 174

Infraestrutura · 89, 98, 100, 107, 150, 152, 183, 318, 43, 80

Ingredientes vegetais proteicos · 123

Inovação tecnológica · 3, 9, 18, 20, 21, 317, 411, 414, 61, 70, 74, 81, 82

Insegurança alimentar · 280, 288

Inseminação artificial · 35, 36, 37, 38, 39, 41, 43, 44

Inspeção sanitária · 351, 354, 358, 359, 360

Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) · 98, 101

Instrumento de ensino · 74

J

Justiça socioambiental · 84, 86, 88, 89, 97

K

KCl · 62, 63, 65, 66, 365, 366, 373, 378

L

Lácteos · 294

Lactuca sativa L · 110, 111

Lanterna-chinesa · 381, 383, 384, 385, 386, 387, 388

Lavoura · 18, 39, 88, 228, 230, 231

Leveduras · 147, 150, 156, 157, 245, 248, 250

Linhagem genética · 35

M

Macronutrientes · 216

Manejo agrícola · 62, 69

Manejo agroecológico do solo · 110

Manejo de animais · 74, 80

Manejo do solo · 73, 76, 77, 269

Manejo integrado de doenças · 226, 228

Manejo sustentável · 61

Máquinas agrícolas · 73

Material genético · 35, 37, 43

Meio ambiente · 3, 4, 5, 7, 9, 19, 23, 92, 174, 254, 24, 66

Métricas · 9

Microgreens · 204, 205, 214

Micronutrientes · 42, 70, 123, 127, 206

Micro-organismo eficientes · 40

Micro-organismos patogênicos · 322

Microrganismo · 147, 153, 154, 159, 329

Microverdes · 204, 206, 213

Minecraft · 73, 74, 75, 76, 77, 79, 80, 81, 82, 83, 84

Modelo agrícola sustentável · 11, 85

Módulo computacional · 9, 12, 13, 20

Monitoramento · 160, 392

Monitoramento microbiológico · 323, 332

Mudanças climáticas · 21, 84, 86, 87, 88, 89, 92, 93, 95, 96, 97, 98, 100, 101, 102, 103, 104, 105, 107, 175, 176, 251, 383

Mudas de café · 39, 41, 42, 44, 49, 50

Mudas de qualidade · 39, 41

Musa spp · 51, 52, 53, 54, 55

Mycobacterium bovis · 351, 352, 354, 362

N

Nitrato de amônio · 24, 31, 32, 33

Níveis de contaminação · 147

O

Ovulação das éguas · 36

P

PAC · 392, 393, 395, 396, 397, 398, 399, 400, 401, 402, 403, 405

Pagamento por Serviços Ambientais (PSA) · 3, 12, 91

Patologia · 23, 31

Patologia cutânea inflamatória · 23

Pecuária · 7, 18, 88, 126, 145, 162, 176, 241, 267, 331, 351, 355, 358, 360, 361, 65, 71

Pecuária leiteira · 162

Pequi · 131, 410, 411, 412, 413, 414, 415, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7

Ph · 114, 162, 163, 164, 165, 166, 167, 170, 178, 194, 216, 219, 220, 221, 222, 239, 240, 243, 245, 247, 249, 250, 251, 252, 253, 254, 256, 257, 260, 261, 263, 264, 325

Planilha eletrônica · 9, 11, 12, 13, 14, 15, 19

Plano ABC+ · 3, 13, 20, 22

Planta Alimentícia Não Convencional (PANC) · 381, 384

Plantas forrageiras · 266, 268, 269, 390

Plantas medicinais · 61, 64, 66, 67, 69, 71

Política Nacional do Meio Ambiente · 3, 5, 10, 22

Políticas públicas · 3, 5, 6, 8, 11, 13, 14, 15, 17, 18, 19, 20, 23, 85, 86, 87, 89, 91, 94, 95, 96, 99, 100, 101, 102, 103, 104, 107, 231, 233, 234, 283, 289, 290, 318, 358, 360

Porta-enxertos · 226, 228, 229, 230

Práticas seguras · 337

Precipitação · 98, 100, 101, 102, 193, 199, 218, 21

Preservação ambiental · 74, 107

Princípios ecológicos · 84

Produção agrícola · 5, 8, 10, 14, 18, 28, 30, 33, 41, 48, 54, 63, 77, 84, 94, 98, 103, 106, 108, 193, 78

Produção agrícola familiar · 98, 106

Produção agropecuária · 74, 75

Produção de hortaliças · 110

Produção de mudas · 39, 41, 42, 47, 50, 212

Produção de ruminantes · 60, 62, 63, 64, 70, 71

Produtores · 8, 12, 13, 14, 15, 17, 19, 20, 21, 31, 54, 62, 94, 100, 101, 103, 105, 107, 120, 147, 149, 150, 151, 153, 155, 156, 157, 159, 162, 164, 165, 166, 167, 169, 170, 184, 185, 218, 226, 231, 232, 233, 234, 235, 241, 309, 353, 359, 360, 361, 405

Produtos cárneos · 60, 128, 134, 136, 138, 143, 174, 177, 178, 182, 183, 184, 326, 354, 365, 366, 367, 368, 370, 371, 372, 373, 374, 375, 376, 392, 394, 395, 396, 397, 403, 404, 405, 407

Produtos cárneos híbridos · 134

Produtos de origem animal · 126, 170, 323, 324, 332, 342, 351, 353, 356, 358, 361, 367, 406, 407, 408

Produtos terapêuticos · 52

Produtos vegetais medicinais · 61, 71

Programa Nacional de Controle e Erradicação da Brucelose e Tuberculose (PNCEBT) · 351, 353

Proteína animal · 134, 176, 361, 368, 60, 62

Q

Qualidade dos solos · 74, 76

Qualidade microbiológica · 172, 300, 323, 326

Qualidade nutricional · 218, 223, 239, 243, 247, 248, 249, 285, 288, 311, 369

Qualidade sanitária · 147, 152, 159, 338, 339, 341, 342, 358

Queijarias Artesanais · 147

Queijo Minas Artesanal (QMA) · 147, 148

R

Rabanete · 190, 192, 193, 194, 195, 197, 198, 199, 200, 201, 202, 203, 204, 207, 208, 209, 210, 211, 213

Realidades climáticas · 85, 102

Reprodução equina · 35, 37, 38, 43, 44, 47

Resíduo agrícola · 53, 55, 183

Resíduo do processamento · 174

Resíduos · 26, 27, 52, 74, 76, 79, 87, 93, 126, 176, 179, 183, 184, 185, 231, 232, 235, 254, 264, 281, 282, 296, 301, 307, 309, 310, 311, 312, 313, 317, 319, 340, 365, 366, 367, 369, 370, 371, 379, 400, 411, 413, 414, 11, 72

Resíduos culturais · 74

Resíduos de antibióticos · 307, 309, 312

Resiliência da agricultura familiar · 99

Rotação de plantios · 84, 86, 88

Rúcula · 204, 207, 208, 209, 210, 211, 212, 213

Ruminantes · 240, 251, 260, 386, 61, 63, 64, 65, 66, 68, 69, 71

S

Sais minerais · 63, 204

Salmonella spp. · 147, 148, 150, 154, 155, 324, 335, 339

Salsichas híbridas · 134

Sanitizantes · 307, 312, 318

Saúde pública · 293, 301, 311, 322, 324, 328, 331, 332, 337, 339, 351, 354, 355, 356, 358, 359, 360, 363, 394, 403, 62

Segurança alimentar · 7, 84, 86, 87, 88, 90, 92, 95, 99, 103, 104, 107, 140, 154, 175, 280, 281, 283, 284, 289, 290, 294, 295, 300, 304, 307, 308, 310, 314, 317, 319, 324, 332, 354, 359, 360, 361, 383, 388, 400

Segurança do leite · 293

Segurança dos alimentos · 337, 338, 345

Segurança sanitária · 351, 353

Sêmen congelado · 35, 37, 38, 39, 41, 42, 43, 44, 45, 47

Sêmen fresco · 35, 38, 39, 41

Sequestro de carbono · 75, 84, 88, 92, 93

Setor agrícola · 4, 6, 7, 9, 19, 20, 39, 100

Setor lácteo · 308, 319

Setor pecuário · 351, 353, 360, 361

Silagem de capim piatã · 252, 255, 259, 261

Silagens · 239, 244, 245, 246, 247, 249, 250, 252, 253, 254, 255, 257, 258, 259, 260, 261, 262, 263, 264, 271

Silagens de sorgo · 239, 244, 246

Sintomas gastrointestinais · 322, 331

Sistema de plantio direto · 73, 76, 80

Sistemas agroflorestais · 84, 88, 92, 98, 103, 104, 105, 106, 107, 388

Sistemas produtivos · 7, 8, 12, 18, 84, 86, 88, 89, 93, 95, 282, 62

Soberania alimentar · 84, 86, 88, 96, 283, 292, 390

Sonicação · 365

Staphylococcus · 147, 154

Subprodutos · 123, 125, 126, 132, 134, 137, 176, 180, 366, 367, 368, 369, 371, 374, 410, 2, 3, 61, 62

Subprodutos agroindustriais · 123, 126, 176, 180

Sustentabilidade agrícola · 3, 5, 6, 14, 19, 21, 74, 76, 78, 192

T

Técnicas de criopreservação · 36

Telado vermelho · 216, 218, 221, 222, 223

Tipos de adulterantes · 293

Tomate · 130, 216, 217, 218, 219, 220, 221, 222, 223

Toxicidade · 52, 55, 56, 58, 60

Toxina Shiga (STEC) · 322, 324, 325, 326, 332

Transição agroecológica · 6, 50, 85, 89, 90, 234, 289

Tuberculose · 351, 353, 354, 355, 356, 357, 358, 359, 360, 362, 363

Tuberculose bovina · 351, 353, 354, 355, 356, 358, 359, 360, 362, 363

U

Uso de sementes crioulas · 84, 88, 92

V

Valor nutricional · 125, 128, 134, 137, 174, 177, 183, 204, 206, 217, 250, 251, 254, 269, 280, 282, 288, 295, 302, 313, 410

Variações de temperatura · 98

Vigilância sanitária · 351, 357, 358

Vitamina C · 216, 217, 219, 221, 222, 223, 413

Vitaminas · 63, 136, 204, 281, 284, 288, 294

Z

Zoonoses · 333, 351



contato@editoraomnisscientia.com.br 

<https://editoraomnisscientia.com.br/> 

@editora_omnis_scientia 

<https://www.facebook.com/omnis.scientia.9> 

+55 87 99920-5762 



contato@editoraomnisscientia.com.br 

<https://editoraomnisscientia.com.br/> 

@editora_omnis_scientia 

<https://www.facebook.com/omnis.scientia.9> 

+55 87 99920-5762 