MEIO AMBIENTE E CIÊNCIAS AGRÁRIAS

INTERFACES ENTRE PESQUISA, PRODUÇÃO E CONSERVAÇÃO

HIGOR BRITO
ORGANIZADOR

AMPLLA EDITORA

MEIO AMBIENTE E CIÊNCIAS AGRÁRIAS

INTERFACES ENTRE PESQUISA, PRODUÇÃO E CONSERVAÇÃO

HIGOR BRITO
ORGANIZADOR

AMPLLA EDITORA

2026 - Amplla Editora
Copyright © Amplla Editora
Editor Chefe: Leonardo Tavares
Design da Capa: Amplla Editora

Meio ambiente e ciências agrárias: interfaces entre pesquisa, produção e conservação está licenciado sob CC BY 4.0.

Essa licença permite que outros remixem, adaptem e desenvolvam seu trabalho para fins não comerciais e, embora os novos trabalhos devam ser creditados e não possam ser usados para fins comerciais, os usuários não precisam licenciar esses trabalhos derivados sob os mesmos termos. O conteúdo da obra e sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores e não representam a posição oficial da Amplla Editora. O download e o compartilhamento da obra são permitidos, desde que os autores sejam reconhecidos. Todos os direitos desta edição foram cedidos à Amplla Editora.

Catalogação na publicação
Elaborada por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166

M514

Meio ambiente e ciências agrárias: interfaces entre pesquisa, produção e conservação / Organização de Higor Costa de Brito. – Campina Grande/PB: Amplla, 2026.

Livro em PDF

ISBN 978-65-5381-392-2
DOI 10.51859/amplla.mac6322-0

1. Ciências agrárias. 2. Meio ambiente. 3. Conservação ambiental. 4. Produção agrícola. I. Brito, Higor Costa de (Organizador). II. Título.

CDD 630

Índice para catálogo sistemático

I. Ciências agrárias

CONSELHO EDITORIAL

Adilson Tadeu Basquerote – Centro Universitário para o Desenvolvimento do Alto Vale do Itajaí
Alexander Josef Sá Tobias da Costa – Universidade do Estado do Rio de Janeiro
Andréa Cátia Leal Badaró – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Andréia Monique Lermen – Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Antoniele Silvana de Melo Souza – Universidade Estadual do Ceará
Aryane de Azevedo Pinheiro – Universidade Federal do Ceará
Bergson Rodrigo Siqueira de Melo – Universidade Estadual do Ceará
Bruna Beatriz da Rocha – Instituto Federal do Sudeste de Minas Gerais
Bruno Ferreira – Universidade Federal da Bahia
Caio Augusto Martins Aires – Universidade Federal Rural do Semi-Árido
Caio César Costa Santos – Universidade Federal de Sergipe
Carina Alexandra Rondini – Universidade Estadual Paulista
Carla Caroline Alves Carvalho – Universidade Federal de Campina Grande
Carlos Augusto Trojaner – Prefeitura de Venâncio Aires
Carolina Carbonell Demori – Universidade Federal de Pelotas
Caroline Barbosa Vieira – Universidade Estadual do Rio Grande do Sul
Christiano Henrique Rezende – Universidade Federal do Rio Grande do Norte
Cícero Batista do Nascimento Filho – Universidade Federal do Ceará
Clécio Danilo Dias da Silva – Universidade Federal do Rio Grande do Norte
Dandara Scarlet Sousa Gomes Bacelar – Universidade Federal do Piauí
Daniela de Freitas Lima – Universidade Federal de Campina Grande
Darlei Gutierrez Dantas Bernardo Oliveira – Universidade Estadual da Paraíba
Denilson Paulo Souza dos Santos – Universidade Estadual Paulista
Denise Barguil Nepomuceno – Universidade Federal de Minas Gerais
Dinara das Graças Carvalho Costa – Universidade Estadual da Paraíba
Diogo Lopes de Oliveira – Universidade Federal de Campina Grande
Dylan Ávila Alves – Instituto Federal Goiano
Edson Lourenço da Silva – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí
Elane da Silva Barbosa – Universidade Estadual do Ceará
Érica Rios de Carvalho – Universidade Católica do Salvador
Fábio Ronaldo da Silva – Universidade do Estado da Bahia
Fernanda Beatriz Pereira Cavalcanti – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”
Fredson Pereira da Silva – Universidade Estadual do Ceará
Gabriel Gomes de Oliveira – Universidade Estadual de Campinas
Gilberto de Melo Junior – Instituto Federal do Pará
Givanildo de Oliveira Santos – Instituto Brasileiro de Educação e Cultura
Glécia Morgana da Silva Marinho – Pontifícia Universidad Católica Argentina Santa Maria de Buenos Aires (UCA)
Higor Costa de Brito – Universidade Federal de Campina Grande
Hugo José Coelho Corrêa de Azevedo – Fundação Oswaldo Cruz
Igor Lima Soares – Universidade Federal do Ceará
Isabel Fontgalland – Universidade Federal de Campina Grande
Isane Vera Karsburg – Universidade do Estado de Mato Grosso
Israel Gondres Torné – Universidade do Estado do Amazonas
Ivo Batista Conde – Universidade Estadual do Ceará
Jaqueline Rocha Borges dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Jessica Wanderley Souza do Nascimento – Instituto de Especialização do Amazonas
João Henriques de Sousa Júnior – Universidade Federal de Santa Catarina
João Manoel Da Silva – Universidade Federal de Alagoas
João Vitor Andrade – Universidade de São Paulo
Joilson Silva de Sousa – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
José Cândido Rodrigues Neto – Universidade Estadual da Paraíba
Jose Henrique de Lacerda Furtado – Instituto Federal do Rio de Janeiro

Josenita Luiz da Silva – Faculdade Frassinetti do Recife
Josiney Farias de Araújo – Universidade Federal do Pará
Karina de Araújo Dias – SME/Prefeitura Municipal de Florianópolis
Katia Fernanda Alves Moreira – Universidade Federal de Rondônia
Laís Portugal Rios da Costa Pereira – Universidade Federal de São Carlos
Laíze Lantyer Luz – Universidade Católica do Salvador
Lara Luiza Oliveira Amaral – Universidade Estadual de Campinas
Lindon Johnson Pontes Portela – Universidade Federal do Oeste do Pará
Lisiane Silva das Neves – Universidade Federal do Rio Grande
Lucas Araújo Ferreira – Universidade Federal do Pará
Lucas Capita Quarto – Universidade Federal do Oeste do Pará
Lúcia Magnólia Albuquerque Soares de Camargo – Unifacisa Centro Universitário
Luciana de Jesus Botelho Sodré dos Santos – Universidade Estadual do Maranhão
Luís Miguel Silva Vieira – Universidade da Madeira
Luís Paulo Souza e Souza – Universidade Federal do Amazonas
Luiza Catarina Sobreira de Souza – Faculdade de Ciências Humanas do Sertão Central
Manoel Mariano Neto da Silva – Universidade Federal de Campina Grande
Marcelo Alves Pereira Eufrasio – Centro Universitário Unifacisa
Marcelo Henrique Torres de Medeiros – Universidade Federal Rural do Semi-Árido
Marcelo Williams Oliveira de Souza – Universidade Federal do Pará
Marcos Pereira dos Santos – Faculdade Rachel de Queiroz
Marcus Vinicius Peralva Santos – Universidade Federal da Bahia
Maria Carolina da Silva Costa – Universidade Federal do Piauí
Maria José de Holanda Leite – Universidade Federal de Alagoas
Marina Magalhães de Morais – Universidade Federal do Amazonas
Mário Cézar de Oliveira – Universidade Federal de Uberlândia
Michele Antunes – Universidade Feevale
Michele Aparecida Cerqueira Rodrigues – Logos University International
Miguel Ysrrael Ramírez-Sánchez – Universidade Autônoma do Estado do México
Milena Roberta Freire da Silva – Universidade Federal de Pernambuco
Nadja Maria Mourão – Universidade do Estado de Minas Gerais
Natan Galves Santana – Universidade Paranaense
Nathalia Bezerra da Silva Ferreira – Universidade do Estado do Rio Grande do Norte
Neide Kazue Sakugawa Shinohara – Universidade Federal Rural de Pernambuco
Neudson Johnson Martinho – Faculdade de Medicina da Universidade Federal de Mato Grosso
Patrícia Appelt – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Paula Milena Melo Casais – Universidade Federal da Bahia
Paulo Henrique Matos de Jesus – Universidade Federal do Maranhão
Rafael Rodrigues Gomides – Faculdade de Quatro Marcos
Ramôn da Silva Santos – Universidade Federal Rural de Pernambuco
Reângela Cíntia Rodrigues de Oliveira Lima – Universidade Federal do Ceará
Rebeca Freitas Ivanicska – Universidade Federal de Lavras
Regina Márcia Soares Cavalcante – Universidade Federal do Piauí
Renan Gustavo Pacheco Soares – Autarquia do Ensino Superior de Garanhuns
Renan Monteiro do Nascimento – Universidade de Brasília
Ricardo Leoni Gonçalves Bastos – Universidade Federal do Ceará
Rodrigo da Rosa Pereira – Universidade Federal do Rio Grande
Rubia Katia Azevedo Montenegro – Universidade Estadual Vale do Acaraú
Sabrynna Brito Oliveira – Universidade Federal de Minas Gerais
Samuel Miranda Mattos – Universidade Estadual do Ceará
Selma Maria da Silva Andrade – Universidade Norte do Paraná
Shirley Santos Nascimento – Universidade Estadual Do Sudoeste Da Bahia
Silvana Carloto Andres – Universidade Federal de Santa Maria
Silvio de Almeida Junior – Universidade de Franca
Tatiana Paschoalette R. Bachur – Universidade Estadual do Ceará | Centro Universitário Christus
Telma Regina Stroparo – Universidade Estadual do Centro-Oeste
Thayla Amorim Santino – Universidade Federal do Rio Grande do Norte

Thiago Sebastião Reis Contarato – Universidade Federal do Rio de Janeiro
Tiago Silveira Machado – Universidade de Pernambuco
Valvenarg Pereira da Silva – Universidade do Estado de Mato Grosso
Vinícius Queiroz Oliveira – Universidade Federal de Uberlândia
Virgínia Maia de Araújo Oliveira – Instituto Federal da Paraíba
Virginia Tomaz Machado – Faculdade Santa Maria de Cajazeiras
Walmir Fernandes Pereira – Miami University of Science and Technology
Wanessa Dunga de Assis – Universidade Federal de Campina Grande
Wellington Alves Silva – Universidade Estadual de Roraima
William Roslindo Paranhos – Universidade Federal de Santa Catarina
Yáscara Maia Araújo de Brito – Universidade Federal de Campina Grande
Yasmin da Silva Santos – Fundação Oswaldo Cruz
Yuciara Barbosa Costa Ferreira – Universidade Federal de Campina Grande

PREFÁCIO

A produção agropecuária depende das condições do solo, da disponibilidade de água e das relações entre os seres vivos. As escolhas de manejo, por sua vez, influenciam a conservação desses recursos e a vida das populações. Compreender essas relações é fundamental para desenvolver práticas produtivas que atendam às necessidades da sociedade e preservem as condições ambientais das quais dependem.

Nesse contexto, o livro *Meio ambiente e ciências agrárias: interfaces entre pesquisa, produção e conservação* reúne estudos que contribuem para essa compreensão a partir de diferentes perspectivas e realidades brasileiras. Por meio de revisões da literatura, análises de dados e pesquisas experimentais, a coletânea aproxima questões ambientais das atividades agrícolas e pecuárias, reconhecendo suas relações com a saúde, a cultura e a organização dos territórios.

A integração entre lavouras, criação animal e florestas, as práticas agroecológicas e o manejo adaptado às condições locais aparecem como caminhos para aprimorar a produção e o uso dos recursos naturais. Nesse contexto, a atenção à alimentação e à sanidade animal também amplia o debate sobre a qualidade dos produtos e a prevenção de riscos. A perspectiva da Saúde Única reforça essa aproximação ao considerar as conexões entre saúde humana, animal e ambiental.

As discussões sobre mudanças climáticas e desertificação evidenciam a necessidade de conhecer as particularidades dos territórios e de aproximar as políticas públicas das condições de sua implementação. Enquanto a conservação da biodiversidade se relaciona a esse debate por meio da proteção dos habitats e da compreensão de processos como a polinização, a dispersão de sementes e a ciclagem de nutrientes. As pesquisas sobre interações entre plantas e microrganismos também ajudam a compreender mecanismos importantes para o desenvolvimento vegetal e o manejo agrícola e florestal.

Outra contribuição da obra está no reconhecimento dos conhecimentos tradicionais e da diversidade de plantas utilizadas na alimentação e nos cuidados com a saúde. Os saberes mantidos nas comunidades e na agricultura familiar expressam vínculos com o território e participam da conservação da agrobiodiversidade.

O aproveitamento de resíduos, o uso energético da biomassa e a aplicação de corantes naturais acrescentam possibilidades de reduzir impactos e atribuir novos usos aos recursos disponíveis. Em conjunto, os estudos mostram que essas alternativas precisam ser avaliadas quanto ao desempenho, à viabilidade e às condições de adoção.

Esta coletânea convida o leitor a aproximar temas frequentemente estudados de forma separada. Esperamos que sua leitura contribua para a formação de estudantes, apoie a reflexão de pesquisadores e profissionais e estimule práticas comprometidas com a produção responsável, a conservação ambiental e a valorização das comunidades.

Boa leitura!

Higor Costa de Brito
Engenheiro Civil
Mestre em Engenharia Civil e Ambiental
Doutor em Engenharia Civil e Ambiental

SUMÁRIO

CAPÍTULO I. DA CONVIVÊNCIA À ADAPTAÇÃO TERRITORIAL: COERÊNCIA ENTRE POLÍTICAS DE COMBATE À DESERTIFICAÇÃO E EVIDÊNCIAS PARA A CAATINGA SOB MUDANÇA DO CLIMA 10

CAPÍTULO II. INTERFACES EM SISTEMA DE INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA-FLORESTA (ILPF) NO CONTEXTO DA SUSTENTABILIDADE AGRÍCOLA BRASILEIRA 25

CAPÍTULO III. PESQUISA CIENTÍFICA EM ZOOTECNIA AGROECOLÓGICA NO RIO GRANDE DO SUL 44

CAPÍTULO IV. BUBALINOCULTURA NO MARANHÃO: DINÂMICA DO REBANHO, CONCENTRAÇÃO TERRITORIAL E PRIORIDADES DE PESQUISA PARA O SUL MARANHENSE 59

CAPÍTULO V. IMPACTOS PRODUTIVOS E SANITÁRIOS DAS MICOTOXINAS EM RAÇÕES DE POEDEIRAS COMERCIAIS NO BRASIL 76

CAPÍTULO VI. O GÊNERO *FUSARIUM* SOB A PERSPECTIVA DA SAÚDE ÚNICA: UMA REVISÃO NARRATIVA 93

CAPÍTULO VII. RESÍDUOS ORGÂNICOS DA PRODUÇÃO PECUÁRIA BRASILEIRA: GERAÇÃO, TRATAMENTO E ALTERNATIVAS DE VALORIZAÇÃO 108

CAPÍTULO VIII. POTENCIAL ENERGÉTICO E SUSTENTABILIDADE DO BAMBU IMPERIAL (*BAMBUSA VULGARIS* SCHRAD. EX J.C. WENDL) PARA A PRODUÇÃO DE CARVÃO VEGETAL: UMA REVISÃO DE LITERATURA 125

CAPÍTULO IX. AVALIAÇÃO DO COMPORTAMENTO DO TINGIMENTO COM CORANTES NATURAIS EM DIFERENTES TIPOS DE LAVAGENS 134

CAPÍTULO X. OCORRÊNCIA, AMEAÇAS E IMPORTÂNCIA ECOLÓGICA DE *CHELONOIDIS* NO BRASIL: UMA REVISÃO BIBLIOGRÁFICA 148

CAPÍTULO XI. FITOQUÍMICA E POLINIZAÇÃO DO *HIBISCUS ROSA-SINENSIS*: UMA ABORDAGEM INTEGRADA 157

CAPÍTULO XII. INFLUÊNCIA DOS FENÔMENOS *LA NIÑA* E *EL NIÑO* NO ESTOQUE DE CARBONO DA SERAPILHEIRA EM ECOSSISTEMA SUCESSIONAL NA AMAZÔNIA ORIENTAL EM UMA REVISÃO DE LITERATURA 173

CAPÍTULO XIII. ETNOBOTÂNICA E PRESERVAÇÃO DO SABER ANCESTRAL: UMA REVISÃO DA LITERATURA SOBRE PLANTAS MEDICINAIS EM COMUNIDADES TRADICIONAIS DO BRASIL 184

CAPÍTULO XIV. CONHECIMENTO TRADICIONAL E USO DE ESPÉCIES POPULARMENTE CONHECIDAS COMO “CARÁ” EM ALTA FLORESTA-MT 197

CAPÍTULO XV. DIVERSIDADE DE ABÓBORA CABOTIÁ E SUA IMPORTÂNCIA NUTRICIONAL EM ALTA FLORESTA-MT.....205

CAPÍTULO XVI. EXISTE EFEITO DO EXTRATO AQUOSO DE COMMIPHORA LEPTOPHLOEOS SOBRE A EMERGÊNCIA E O DESENVOLVIMENTO INICIAL DE PLÂNTULAS DE FEIJÃO-FAVA E ALFACE?.....214

CAPÍTULO XVII. SELEÇÃO DE MICRORGANISMOS RIZOSFÉRICOS COM POTENCIAL PARA PROMOÇÃO DE CRESCIMENTO EM MUDAS DE TECA (*TECTONA GRANDIS* L.F.).....225

CAPÍTULO I

DA CONVIVÊNCIA À ADAPTAÇÃO TERRITORIAL: COERÊNCIA ENTRE POLÍTICAS DE COMBATE À DESERTIFICAÇÃO E EVIDÊNCIAS PARA A CAATINGA SOB MUDANÇA DO CLIMA

FROM COEXISTENCE TO TERRITORIAL ADAPTATION: COHERENCE BETWEEN POLICIES TO COMBAT DESERTIFICATION AND EVIDENCE FOR THE CAATINGA UNDER CLIMATE CHANGE

DOI: 10.51859/amplla.mac6322-1

Manoel Ciricio Pereira Neto[1]

[1] Doutor em Geografia. Professor da Universidade do Estado do Rio Grande do Norte – UERN.

RESUMO

A desertificação na Caatinga envolve a interação entre variabilidade climática, pressões de uso da terra e desigualdades socioterritoriais. Seu enfrentamento exige políticas que articulem adaptação, restauração, segurança hídrica e direitos sociais. Este capítulo analisa a coerência do PAB Brasil 2025–2045, do Plano Clima Adaptação e do Programa Recaatingar com evidências aplicáveis à Caatinga. Combina uma revisão narrativa crítica de quatorze estudos com a análise de sete documentos normativos e programáticos, organizados em seis eixos. A análise distingue coerência normativa, operacional e distributiva. Os resultados apontam convergência conceitual quanto às múltiplas causas da degradação e convergência sujeita a condições de implementação nos demais eixos. Essas condições incluem validação de indicadores, continuidade das ações, manutenção, financiamento e participação efetiva. Propõe-se um roteiro analítico de coerência territorial, denominado heurística, com seis dimensões e aplicação demonstrativa à matriz do PAB. Os instrumentos apresentam orientações compatíveis com as evidências reunidas, mas a avaliação de sua efetividade depende de informações sobre a execução e os resultados nos territórios.

Palavras-chave: Semiárido brasileiro. Restauração ecológica. Segurança hídrica. Governança multinível. Justiça climática.

ABSTRACT

Desertification in the Caatinga involves interactions among climate variability, land-use pressures, and socio-territorial inequalities. Addressing it requires policies that integrate adaptation, restoration, water security, and social rights. This chapter examines the coherence of the Brazilian Action Plan to Combat Desertification and Mitigate the Effects of Drought 2025–2045 (PAB Brasil), the Climate Adaptation Plan, and the Recaatingar Program with evidence applicable to the Caatinga. It combines a critical narrative review of fourteen studies with an analysis of seven normative and programmatic documents, organized into six thematic axes. The analysis distinguishes normative, operational, and distributive coherence. The findings indicate conceptual convergence regarding the multiple causes of degradation and convergence subject to implementation conditions in the remaining axes. These conditions include indicator validation, continuity of actions, maintenance, funding, and effective participation. A six-dimensional analytical framework for territorial coherence, termed a heuristic, is proposed and illustrated through an application to the PAB action matrix. The instruments provide guidance consistent with the evidence reviewed, but assessing their effectiveness requires information on implementation and outcomes across territories.

Keywords: Brazilian semiarid region. Ecological restoration. Water security. Multilevel governance. Climate justice.

1. INTRODUÇÃO

A Caatinga reúne formações vegetais sazonalmente secas e diversas entre si. Nesse contexto, a conservação da biodiversidade e a continuidade dos modos de vida estão relacionadas à variabilidade climática, às formas de uso da terra e às desigualdades sociais (Tomasella et al., 2018). Compreender essas relações é fundamental para discutir políticas de combate à desertificação e de adaptação às mudanças do clima.

Essa discussão exige distinguir seca, aridez, degradação e desertificação. A seca corresponde a um déficit de precipitação em relação ao padrão esperado, com efeitos sobre o equilíbrio hídrico. A degradação envolve a perda de produtividade e de complexidade ecológica, enquanto a desertificação se refere à degradação das terras secas associada a fatores climáticos e humanos (UNCCD, 1994, art. 1º; Brasil, 2015, art. 2º, I, V e X). A aridez, por sua vez, expressa a relação de longo prazo entre a oferta e a demanda climática de água. Embora os dois instrumentos não apresentem uma definição isolada do termo, eles delimitam as terras secas pela relação entre precipitação e evapotranspiração potencial (UNCCD, 1994, art. 1º, g; Brasil, 2015, art. 2º, VII). Essas diferenças orientam o diagnóstico dos problemas, a atribuição de responsabilidades e a escolha das respostas públicas.

No campo das políticas públicas, o Plano de Ação Brasileiro de Combate à Desertificação e Mitigação dos Efeitos da Seca 2025–2045 (PAB Brasil) foi aprovado pela Resolução nº 9, de 6 de março de 2026, da Comissão Nacional de Combate à Desertificação (CNCD) (Brasil, 2025b, 2026a). O Plano Clima Adaptação, publicado em 2025 e registrado na UNFCCC como atualização do Plano Nacional de Adaptação em 20 de fevereiro de 2026, reúne uma estratégia e dezesseis planos setoriais e temáticos com horizonte até 2035 (Brasil, 2025a). Em junho de 2026, foi instituído o Programa Recaatingar, voltado à recuperação socioprodutiva de terras degradadas no bioma (Brasil, 2026b).

Nesse cenário, este capítulo avalia em que medida as diretrizes desses instrumentos são coerentes com as evidências científicas. A análise está organizada em seis eixos: múltiplas causas da degradação; restauração e solo; água; tecnologias sociais e agricultura familiar; direitos territoriais e participação; e governança, financiamento e monitoramento. O estudo combina revisão narrativa crítica e análise documental, distinguindo três formas de coerência: a coerência normativa, que diz respeito à compatibilidade entre as diretrizes da política e o conhecimento disponível, além da coerência operacional e a coerência distributiva.

2. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

A análise documental abrange sete documentos normativos e programáticos: a Convenção das Nações Unidas de Combate à Desertificação (UNCCD, 1994); a Lei nº 13.153/2015, que institui a Política Nacional de Combate à Desertificação e Mitigação dos Efeitos da Seca (PNCD); o PAB Brasil 2025–2045; a Resolução CNCD nº 9/2026, que aprova o plano; a Matriz de Ações do PAB, disponibilizada pelo Ministério do Meio Ambiente e Mudança do Clima (MMA) em 2026; o sumário executivo do Plano Clima Adaptação, na versão registrada na UNFCCC; e a Portaria GM/MMA nº 1.700/2026, que institui o Programa Recaatingar (Brasil, 2015, 2025a, 2025b, 2026a, 2026b, 2026c).

A revisão científica reúne quatorze estudos publicados entre 2016 e 2025, relacionados à Caatinga, ao Semiárido brasileiro e aos seis eixos da análise. A seleção é narrativa e não exaustiva. Os eixos orientam a organização e a comparação das fontes, mas não pressupõem a mesma quantidade ou o mesmo tipo de evidência em todos os temas.

O Quadro 1 apresenta os documentos e estudos selecionados, indicando o tipo de fonte, o desenho do estudo, o recorte espacial e temporal, a contribuição para a análise e os limites de interpretação. Os resultados locais são discutidos em seu contexto, e as associações observadas não são tratadas como demonstrações de causalidade. Os estudos sobre o Semiárido são utilizados por sua pertinência ao problema, considerando que esse recorte geográfico não coincide integralmente com o bioma Caatinga.

Quadro 1 – Documentos e estudos da revisão: desenho, escala e contribuição para a análise

Fonte	Tipo e desenho	Área e recorte temporal	Eixo	Contribuição e limites na análise
UNCCD (1994)	Tratado multilateral	Global; 1994	Múltiplas causas	Definições de referência (art. 1º)
Brasil (2015), Lei nº 13.153	Lei federal	Nacional; 2015	Todos	Definições, objetivos, diretrizes e instrumentos
Brasil (2025b), PAB Brasil	Plano nacional	Nacional; 2025–2045	Todos	Estrutura programática; não demonstra execução
Brasil (2026a), Resolução CNCD nº 9	Ato normativo	Nacional; 2026	Governança	Aprovação do PAB; competência de acompanhamento

Fonte	Tipo e desenho	Área e recorte temporal	Eixo	Contribuição e limites na análise
Brasil (2025a), Plano Clima Adaptação	Plano nacional (sumário executivo)	Nacional; até 2035	Todos	Metas e planos setoriais; não demonstra execução
Brasil (2026b), Portaria GM/MMA nº 1.700	Ato normativo	Caatinga; 2026	Restauração e solo; governança	Previsões programáticas; não demonstra resultados de execução
Brasil (2026c), Matriz de Ações do PAB	Matriz programática	Nacional; metas até 2045	Todos	Responsáveis, metas e indicadores; não comprova execução
Tomasella et al. (2018)	Observacional; sensoriamento remoto (250 m)	Nordeste; 2000–2016	Múltiplas causas	Solo exposto como indicador indireto
Araujo et al. (2023)	Observacional; vegetação potencial × atual	Caatinga; contemporâneo	Múltiplas causas	Associação com a perturbação humana; não demonstra causalidade
Paredes-Trejo et al. (2023)	Comparação de métodos de produtividade da terra	Semiárido; 2001–2015	Múltiplas causas	Divergência entre métodos de satélite
Lima et al. (2024)	Observacional local; comparação de áreas	Irauçuba (CE); exclusão de pastejo ≈ 20 anos	Restauração e solo	Saúde do solo; resultados locais, sem estimativa para todo o bioma
Sobrinho et al. (2016)	Comparação de 35 parcelas em regeneração e de floresta madura	Nordeste; ≈ 15 anos de pousio	Restauração e solo	Legado do uso prévio na regeneração
Salazar et al. (2021)	Séries de uso da terra e cenários de conectividade	Vale do São Francisco; 1985–2018	Restauração e solo	Planejamento da conectividade; estudo de uma paisagem
Antongiovanni et al. (2022)	Priorização multicritério (teoria de grafos)	Caatinga; 10.406 bacias	Restauração e solo	Prioridades para o bioma; exige validação local
Gomes e Heller (2016)	Métodos mistos: 623 questionários em 362 comunidades de 63 municípios	Minas Gerais, sobretudo Semiárido; 2009–2011	Água	Acesso e limites de volume e qualidade das cisternas (P1MC)
Nogueira, Milhorance e Mendes (2020)	Análise institucional de trajetória	Semiárido; do P1MC ao Água para Todos	Tecnologias sociais e agricultura familiar; governança	Tensões entre participação e centralização

Fonte	Tipo e desenho	Área e recorte temporal	Eixo	Contribuição e limites na análise
Da Mata et al. (2023)	Quase-experimental; exposição gestacional a cisternas	Semiárido; gestantes beneficiárias de cisternas	Água	Peso ao nascer; restrito ao desfecho e à população
Pereira et al. (2025)	Reconstrução histórica e modelagem da relação sociedade–água	Bacia do Jaguaribe (CE); ≈ 100 anos	Água	Fases de segurança hídrica; limites de pequenos reservatórios
Pérez-Marin et al. (2017)	Análise comparativa de experiências agroecológicas	Experiências territoriais no Semiárido brasileiro	Tecnologias sociais e agricultura familiar	Transformações descritas; sem efeito causal geral
Marques (2016)	Análise bibliográfica e histórico-territorial	Fundo de Pasto (BA)	Direitos e participação	Territorialização e uso comum; não avalia efeitos de adaptação
Milhorance et al. (2020)	Dados institucionais e entrevistas	Semiárido; conjunto de políticas de adaptação	Governança	Mecanismos de coordenação; fundamenta o diálogo com a heurística

Fonte: Elaborado pelo autor (2026).

Em paralelo, a análise relaciona as disposições dos documentos às evidências científicas pertinentes. Foram propostas quatro categorias de interpretação. A categoria convergente indica compatibilidade conceitual entre a orientação da política e as evidências. A categoria convergente sob condições indica que essa orientação depende de requisitos de escala, tempo, manutenção, assistência, governança ou direitos para se traduzir em intervenções coerentes. A categoria lacuna de evidência é utilizada quando o material disponível não permite avaliar a compatibilidade. Já a categoria tensão se aplica quando há incompatibilidade documentada entre uma orientação e os achados científicos ou entre os próprios instrumentos. Essas categorias se referem ao conteúdo analisado e não constituem uma avaliação do desempenho das políticas.

A análise apresenta limitações decorrentes da seleção narrativa, sujeita a vieses de seleção e de acesso às fontes. Além disso, as diferenças de escala, método e resultados investigados impedem uma síntese quantitativa.

Os estudos qualitativos e histórico-territoriais ajudam a compreender direitos, conflitos e relações de poder, enquanto os estudos biofísicos e as avaliações de políticas abordam outras dimensões do problema. A ausência de estimativas causais sobre efeitos

climáticos não reduz o valor das evidências socioterritoriais. Da mesma forma, o reconhecimento de direitos não depende da demonstração de ganhos ambientais.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A PNCD articula recuperação ambiental, mitigação dos efeitos das secas, segurança hídrica, alimentar e energética, participação social e integração com as agendas de clima e biodiversidade (Brasil, 2015). O PAB Brasil 2025–2045 organiza essa orientação em cinco eixos e 38 objetivos, com acompanhamento da CNCD (Brasil, 2025b, 2026a, 2026c). O Plano Clima Adaptação reúne dezesseis planos setoriais e temáticos, doze metas nacionais, 312 metas setoriais ou temáticas e 810 ações. O Recaatingar, por sua vez, define públicos prioritários, governança paritária e planejamento quadrienal (Brasil, 2025a, 2026b).

Os documentos detalham aspectos do planejamento, como metas, responsáveis, indicadores e linhas de base. Esse conteúdo permite examinar as condições previstas para a implementação. Entretanto, o estudo não analisa a execução orçamentária, o funcionamento local das ações, a participação efetiva ou os resultados em campo. Por isso, não permite concluir se os recursos, a manutenção e o monitoramento são suficientes, nem avaliar como essas disposições lidam com possíveis conflitos.

No Quadro 2, o eixo apresenta convergência conceitual, enquanto os outros cinco eixos são classificados como convergentes sob condições de implementação. Não foi identificada tensão direta suficiente para aplicar essa categoria à síntese por eixo. Isso não significa que inexistam conflitos entre instrumentos, atores ou práticas. A seleção narrativa das fontes e o agrupamento dos resultados por eixo limitam o alcance dessa interpretação. A compatibilidade entre documentos e evidências precisa ser distinguida da coerência observada na implementação. Ao analisar a trajetória das cisternas, Nogueira, Milhorance e Mendes (2020) identificaram tensões entre a participação social associada à convivência com o Semiárido e a expansão das ações por arranjos mais centralizados. Embora o estudo não avalie os instrumentos atuais, ele mostra por que sua adoção não basta para concluir que obstáculos institucionais históricos foram superados.

A partir das fontes reunidas, propõe-se examinar a ligação entre o problema, o território, o instrumento de intervenção, o responsável, o orçamento, o prazo e o indicador. Também é necessário distinguir produtos, resultados e impactos. O número de cisternas instaladas ou de hectares inscritos informa os produtos entregues; a qualidade da água e a

conectividade da paisagem expressam resultados; e a redução da vulnerabilidade corresponde a um impacto esperado. Essa distinção ajuda a avaliar se as atividades realizadas se traduzem em mudanças nas condições de risco.

Quadro 2 – Coerência entre disposições das políticas e evidências científicas, por eixo

Eixo	Disposição da política	Evidência do corpus	Síntese	Condição operacional	Condição distributiva
Múltiplas causas	Lei nº 13.153, art. 2º, I; UNCCD, art. 1º	Tomasella et al. (2018); Araujo et al. (2023); Paredes-Trejo et al. (2023)	Convergente no plano conceitual	Validar os indicadores em campo e distinguir efeitos da seca e do uso da terra	Considerar fatores climáticos e humanos sem atribuições automáticas de responsabilidade
Restauração e solo	Lei nº 13.153, art. 3º, I; PAB, eixo 1; Recaatingar, arts. 3º–7º	Lima et al. (2024); Sobrinho et al. (2016); Salazar et al. (2021); Antongiovanni et al. (2022)	Convergente sob condições	Definir metas por componente e período; manter ações além do ciclo administrativo	Pactuar alternativas ao pastejo e salvaguardas às famílias
Água	Lei nº 13.153, art. 3º, II, IV e VII; matriz do PAB, obj. 2.1	Gomes e Heller (2016); Da Mata et al. (2023); Pereira et al. (2025)	Convergente sob condições	Detalhar manutenção, tratamento e escalas de atendimento	Considerar a distribuição dos benefícios, dos custos e das responsabilidades pela manutenção
Tecnologias sociais e agricultura familiar	PAB, eixo 4; Plano Clima (agricultura familiar)	Nogueira, Milhorance e Mendes (2020); Pérez-Marin et al. (2017)	Convergente sob condições	Assistência, crédito, mercados e formação continuada	Assegurar às famílias participação no controle da tecnologia, do trabalho e dos benefícios
Direitos e participação	Matriz do PAB, obj. 4.1; Plano Clima (povos e comunidades tradicionais); Recaatingar, arts. 5º e 9º	Marques (2016)	Convergente sob condições	Acompanhar regularização prevista, consulta e participação efetiva	Reconhecer o uso coletivo da terra e evitar deslocamentos

Eixo	Disposição da política	Evidência do corpus	Síntese	Condição operacional	Condição distributiva
Governança, financia-mento e monitora-mento	Lei nº 13.153, arts. 4º e 7º–9º; PAB, eixo 5; Resolução CNCD nº 9	Milhorance et al. (2020); Nogueira, Milhorance e Mendes (2020)	Convergente sob condições	Definir responsável, orçamento, prazo e indicador; distinguir produto, resultado e impacto	Detalhar indicadores por grupos sociais e territórios

Fonte: Elaborado pelo autor (2026), a partir do corpus do Quadro 1. Dispositivos: Brasil (2015, 2025a, 2025b, 2026a, 2026b, 2026c) e UNCCD (1994).

3.1. DEGRADAÇÃO MULTICAUSAL E MONITORAMENTO TERRITORIAL

A degradação no Semiárido resulta da interação entre o clima e o uso da terra. Nesse processo, a seca pode intensificar os efeitos das pressões humanas sobre o ambiente (Tomasella et al., 2018; Araujo et al., 2023). Diferentes indicadores, porém, podem produzir estimativas distintas de degradação, o que desaconselha diagnósticos baseados em um único índice (Paredes-Trejo et al., 2023). Por isso, o monitoramento deve reunir séries temporais de vegetação, histórico de uso da terra e dados socioeconômicos e fundiários, em conjunto com a validação de campo e o conhecimento local.

3.2. RESTAURAÇÃO, SOLO E CONECTIVIDADE EM HORIZONTES REALISTAS

A restauração da Caatinga ocorre em ritmos diferentes e pode exigir mais tempo do que a duração dos ciclos administrativos. Em comparações locais, Lima et al. (2024) identificaram recuperação de atributos do solo em áreas submetidas a longos períodos de exclusão do pastejo. Sobrinho et al. (2016), por sua vez, mostraram que os efeitos dos usos anteriores podem persistir mesmo após anos de regeneração. Esses achados indicam a necessidade de distinguir a recuperação do solo daquela observada na vegetação e em outros componentes do ambiente. As metas de restauração precisam, portanto, considerar a condição inicial de cada área, a redução das pressões e a trajetória de recuperação do solo, da vegetação, da diversidade e da conectividade. A escolha das áreas prioritárias deve articular conectividade e valor de conservação (Salazar et al., 2021; Antongiovanni et al., 2022). Na aplicação territorial dessas prioridades, a análise também aponta a necessidade de salvaguardas sociais e de acordos com as famílias envolvidas.

3.3. ÁGUA, TECNOLOGIAS SOCIAIS E AGRICULTURA FAMILIAR

As políticas de convivência com o Semiárido ampliaram o papel de tecnologias descentralizadas, como as cisternas. Sua eficácia depende da mobilização social, da manutenção, da qualidade da água e de políticas complementares (Gomes; Heller, 2016; Nogueira; Milhorance; Mendes, 2020). Na bacia do Jaguaribe, a análise histórica e a modelagem de Pereira et al. (2025) apontam benefícios e limitações das redes de reservatórios, relacionados à evaporação, à qualidade da água e à retenção de sedimentos. Esses resultados reforçam a necessidade de considerar as condições dos sistemas hídricos. Em diálogo com as experiências agroecológicas, Pérez-Marin et al. (2017) propõe-se articular as tecnologias de acesso à água com o manejo do solo, a assistência, o crédito e a proteção social.

3.4. DIREITOS, PARTICIPAÇÃO E GOVERNANÇA MULTINÍVEL

A adaptação no Semiárido também depende dos direitos territoriais, do acesso à água e das condições de participação, especialmente para povos e comunidades tradicionais. O Plano Clima e o PAB incorporam a regularização territorial, o acompanhamento social e a proteção dos modos de vida, reconhecendo os vínculos entre território, recursos naturais e autonomia (Brasil, 2025a, 2026c). A análise histórico-territorial de Marques (2016) destaca a importância das terras de uso comum para a continuidade dos modos de vida.

Nessa perspectiva, o monitoramento precisa acompanhar os conflitos, o acesso às políticas, a distribuição dos benefícios e o poder de decisão, além dos indicadores ambientais e econômicos. A participação efetiva precisa ir além da consulta. Com base na PNCD e nos estudos sobre a governança das políticas de adaptação, propõe-se avaliá-la pela representação com poder de decisão e pela influência sobre prioridades e intervenções. Essa avaliação também deve considerar a transparência, o retorno das informações às comunidades e mecanismos de contestação e correção (Brasil, 2015; Milhorance et al., 2020).

A comparação entre as políticas e as evidências permite propor um roteiro de análise, denominado heurística de coerência territorial. Ele reúne seis dimensões, apresentadas como perguntas sobre o instrumento examinado: diagnóstico, mecanismo, meios, direitos, indicadores e governança (Quadro 3). Cada dimensão deve ser avaliada com base nas informações disponíveis, registrando-se a justificativa e as incertezas do julgamento.

Quando há evidência suficiente, a dimensão recebe um dos seguintes níveis: atendida, parcialmente atendida ou não atendida. Quando as informações não permitem decidir, utiliza-se o estado não aferível, que não equivale a descumprimento. Os critérios são uma proposta analítica deste capítulo e não constituem requisitos legais universais.

O roteiro produz um perfil de avaliação por dimensão, sem reunir os julgamentos em uma nota única. Essa escolha evita que um bom resultado aparente compense problemas em outra dimensão. Por exemplo, um grande número de obras entregues pode coexistir com baixa qualidade da água, assim como uma extensa área pode ter pouca recuperação efetiva.

Quadro 3 – Critérios preliminares da heurística de coerência territorial

Dimensão	**Pergunta operacional**	**Informação mínima esperada**	**Critérios para os níveis de atendimento**
Diagnóstico	O instrumento distingue seca, aridez, degradação e desertificação e relaciona clima e uso da terra?	Definições e critérios de diagnóstico	Atendida: Definições e critérios explícitos. Parcialmente atendida: atendimento incompleto. Não atendida: confusão conceitual documentada.
Mecanismo	A intervenção explica como, em que escala e sobre qual componente pretende atuar?	Como a ação produz o resultado	Atendida: Cadeia ação–mecanismo–resultado descrita. Parcialmente atendida: cadeia incompleta. Não atendida: ação sem resultado definido.
Meios	Os meios previstos incluem manutenção, assistência, capacidade de execução e tempo?	Responsável, orçamento, prazo e rotina de manutenção	Atendida: Todos os elementos documentados. Parcialmente atendida: atendimento incompleto. Não atendida: insuficiência documentada.
Direitos	Direitos, conhecimento local e participação influenciam as decisões?	Instâncias com poder decisório e salvaguardas	Atendida: Decisão compartilhada e salvaguardas. Parcialmente atendida: atendimento incompleto. Não atendida: exclusão ou insuficiência documentada.
Indicadores	Os indicadores distinguem produto, resultado e impacto e detalham a distribuição social e territorial?	Indicadores nos três níveis, desagregados	Atendida: Três níveis e desagregação. Parcialmente atendida: atendimento incompleto. Não atendida: insuficiência documentada.

Dimensão	Pergunta operacional	Informação mínima esperada	Critérios para os níveis de atendimento
Governança	A governança permite avaliar, corrigir e financiar as ações?	Instância de revisão, ciclo de avaliação e fonte de recursos	Atendida: Instância, ciclo e financiamento definidos. Parcialmente atendida: atendimento incompleto. Não atendida: insuficiência documentada.

Fonte: Elaborado pelo autor (2026). O estado "não aferível" indica informação insuficiente e não integra a escala de atendimento.

A heurística é uma síntese conceitual preliminar. Ela dialoga com a análise do conjunto de políticas de adaptação no Semiárido realizada por Milhorance et al. (2020), que examinaram instrumentos de apoio e mecanismos de coordenação. Sua contribuição está em organizar achados de diferentes áreas do conhecimento em critérios de acompanhamento aplicáveis à Caatinga, distinguindo coerência normativa, operacional e distributiva. Trata-se de uma síntese aplicada, sem reivindicar novidade em relação às abordagens gerais de coerência de políticas ou de avaliação baseada em teoria.

O Quadro 4 apresenta uma aplicação demonstrativa à ação 2 do objetivo 2.1 da Matriz de Ações do PAB (Brasil, 2026c), em diálogo com as definições da PNCD e os estudos sobre água. A avaliação se restringe à descrição documental dessa ação. Assim, permite explicitar o que pode ser julgado e o que permanece não aferível, sem avaliar a execução do PAB ou o conjunto das políticas hídricas. A demonstração também não constitui uma validação externa.

Quadro 4 – Aplicação demonstrativa da heurística à ação 2 do objetivo 2.1 da matriz do PAB

Dimensão	Base documental e relação com os estudos	Avaliação no recorte	Limite da demonstração
Diagnóstico	PNCD, art. 2º: definições; ação 2: referência ao Índice de Segurança Hídrica (ISH)	Parcialmente atendida	A referência geral não detalha o diagnóstico de degradação em cada local
Mecanismo	Ação 2: implantação e manutenção de infraestrutura hídrica; Gomes e Heller (2016): condições de uso	Parcialmente atendida	A relação entre manutenção, qualidade da água e saúde não está integralmente descrita na ação
Meios	Ação 2: responsáveis e metas temporais definidos	Parcialmente atendida	O recorte não discrimina custos e rotinas locais de manutenção

Dimensão	Base documental e relação com os estudos	Avaliação no recorte	Limite da demonstração
Direitos	A ação 2 não especifica o poder decisório das comunidades	Não aferível	Essa informação pode estar em outros instrumentos; não se infere ausência de participação
Indicadores	Ação 2: municípios por classe do ISH; PNSH 2019 indicado como referência	Parcialmente atendida	Não informa diretamente a qualidade microbiológica da água ou a distribuição dos benefícios
Governança	O funcionamento da governança não é demonstrado pela descrição da ação 2	Não aferível	A execução e o financiamento exigem consulta a registros complementares

Fonte: Elaborado pelo autor (2026). Dispositivos: Brasil (2015, 2026c), objetivo 2.1, ação 2.

A aplicação demonstrativa identifica quatro dimensões parcialmente atendidas e duas não aferíveis. O perfil expressa os limites e as informações presentes no recorte documental, sem atribuir desempenho insuficiente à política. Ao mesmo tempo, orienta perguntas para uma avaliação posterior: quais rotinas asseguram a manutenção, como se verifica a qualidade da água, quem participa das decisões e como os benefícios são distribuídos?

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

As diretrizes do PAB Brasil, do Plano Clima Adaptação e do Recaatingar apresentam convergência normativa com as evidências reunidas para a Caatinga. Essa compatibilidade, porém, não permite concluir que os instrumentos sejam efetivos, pois o estudo não examina dados de implementação nem séries de resultados capazes de demonstrar seus impactos.

As evidências indicam que as intervenções precisam considerar as diferenças entre os territórios e os componentes da recuperação ambiental. O diagnóstico deve distinguir seca e desertificação e combinar indicadores de sensoriamento remoto com validação em campo. O acompanhamento da restauração precisa avaliar o solo, a vegetação e a conectividade, enquanto as ações hídricas devem considerar a qualidade da água e a manutenção. Em todos esses campos, a participação deve ser examinada pelo poder de decisão efetivamente compartilhado. A heurística de coerência territorial organiza essas questões em seis dimensões e oferece critérios preliminares de acompanhamento. Sua aplicação à ação 2 do objetivo 2.1 da matriz do PAB ilustra como construir uma avaliação documentada e

reconhecer os limites das informações disponíveis. A proposta permanece aberta ao aperfeiçoamento e à validação em outras aplicações.

Avançar da convivência com o Semiárido para a adaptação territorial implica articular as tecnologias e instituições já construídas a uma gestão de riscos atenta aos limites ecológicos, às desigualdades e aos conhecimentos locais. A diversidade socioecológica da Caatinga exige respostas ajustadas a cada contexto. Nessa perspectiva, a coerência das políticas depende de conservar as funções ambientais, ampliar a autonomia das comunidades e distribuir de forma equitativa a capacidade de decidir sobre o território.

REFERÊNCIAS

ANTONGIOVANNI, M. et al. Restoration priorities for Caatinga dry forests: landscape resilience, connectivity and biodiversity value. **Journal of Applied Ecology**, v. 59, n. 9, p. 2287–2298, 2022. DOI: https://doi.org/10.1111/1365-2664.14131.

ARAUJO, H. F. P. et al. Human disturbance is the major driver of vegetation changes in the Caatinga dry forest region. **Scientific Reports**, v. 13, art. 18440, 2023. DOI: https://doi.org/10.1038/s41598-023-45571-9.

BRASIL. Lei nº 13.153, de 30 de julho de 2015. Institui a Política Nacional de Combate à Desertificação e Mitigação dos Efeitos da Seca e seus instrumentos; prevê a criação da Comissão Nacional de Combate à Desertificação; e dá outras providências. **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília, DF, 31 jul. 2015. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2015/lei/l13153.htm. Acesso em: 6 set. 2026.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente e Mudança do Clima. **Plano Clima Adaptação**: sumário executivo. Brasília, DF: MMA; MCTI; Casa Civil da Presidência da República, 2025a. ISBN 978-85-7738-523-2. Versão registrada na UNFCCC como Plano Nacional de Adaptação em 20 fev. 2026. Disponível em: https://unfccc.int/documents/655876. Acesso em: 6 set. 2026.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente e Mudança do Clima. **Plano de Ação Brasileiro de Combate à Desertificação e Mitigação dos Efeitos da Seca**: PAB Brasil 2025–2045. Brasília, DF: MMA, 2025b. Disponível em: https://www.gov.br/mma/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/povos-e-comunidades-tradicionais/pab-brasil.pdf. Acesso em: 6 set. 2026.

BRASIL. Comissão Nacional de Combate à Desertificação. Resolução CNCD nº 9, de 6 de março de 2026. Aprova o Plano de Ação Brasileiro de Combate à Desertificação e Mitigação dos Efeitos da Seca – PAB Brasil 2025–2045. **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília, DF, n. 45, p. 73, 9 mar. 2026a. Disponível em: https://www.gov.br/mma/pt-br/composicao/snpct/dcde/ResoluoCNCD09AprovaodoPABBrasil_DOU.pdf. Acesso em: 6 set. 2026.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente e Mudança do Clima. Portaria GM/MMA nº 1.700, de 9 de junho de 2026. Institui o Programa Recaatingar para recuperação socioprodutiva de terras degradadas no bioma Caatinga. **Diário Oficial da União**: seção 1 extra B, Brasília, DF, ed. 106-B, p. 15, 10 jun. 2026b. Disponível em: https://www.gov.br/mma/pt-br/composicao/snpct/dcde/PORTARIAGM_MMAN1.700DE9DEJUNHODE2026PORTARIAGM_MMAN1.PDF. Acesso em: 6 set. 2026.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente e Mudança do Clima. Matriz de Ações do PAB Brasil: versão final. Brasília, DF: MMA, 2026c. 28 p. Disponibilizada no Portal de Dados Abertos do MMA em 22 jun. 2026. Disponível em: https://dados.mma.gov.br/pt_BR/dataset/plano-de-acao-brasileiro-de-combate-a-desertificacao-e-mitigacao-dos-efeitos-da-seca-pab-brasil/resource/875e5bbe-379d-488f-85c8-442adc1c753f. Acesso em: 6 set. 2026.

DA MATA, D. et al. Climate adaptation policies and infant health: evidence from a water policy in Brazil. **Journal of Public Economics**, v. 220, art. 104835, 2023. DOI: https://doi.org/10.1016/j.jpubeco.2023.104835.

GOMES, U. A. F.; HELLER, L. Acesso à água proporcionado pelo Programa de Formação e Mobilização Social para Convivência com o Semiárido: Um Milhão de Cisternas Rurais: combate à seca ou ruptura da vulnerabilidade? **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 21, n. 3, p. 623–633, 2016. DOI: https://doi.org/10.1590/S1413-41522016128417.

LIMA, A. Y. V. et al. Grazing exclusion restores soil health in Brazilian drylands under desertification process. **Applied Soil Ecology**, v. 193, art. 105107, 2024. DOI: https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2023.105107.

MARQUES, L. S. As comunidades de Fundo de Pasto e o processo de formação de terras de uso comum no semiárido brasileiro. **Sociedade & Natureza**, v. 28, n. 3, p. 347–359, 2016. DOI: https://doi.org/10.1590/1982-451320160302.

MILHORANCE, C. et al. Unpacking the policy mix of adaptation to climate change in Brazil's semiarid region: enabling instruments and coordination mechanisms. **Climate Policy**, v. 20, n. 5, p. 593–608, 2020. DOI: https://doi.org/10.1080/14693062.2020.1753640.

NOGUEIRA, D.; MILHORANCE, C.; MENDES, P. Do Programa Um Milhão de Cisternas ao Água para Todos: divergências políticas e bricolagem institucional na promoção do acesso à água no Semiárido brasileiro. **IdeAs**, n. 15, 2020. DOI: https://doi.org/10.4000/ideas.7219.

PAREDES-TREJO, F. et al. Impact of drought on land productivity and degradation in the Brazilian semiarid region. **Land**, v. 12, n. 5, art. 954, 2023. DOI: https://doi.org/10.3390/land12050954.

PEREIRA, B. et al. Advancing water security in semi-arid Brazil: expansion of water storage infrastructure and human-water system co-evolution. **Frontiers in Water**, v. 7, art. 1602146, 2025. DOI: https://doi.org/10.3389/frwa.2025.1602146.

PÉREZ-MARIN, A. M. et al. Agroecological and social transformations for coexistence with semi-aridity in Brazil. **Sustainability**, v. 9, n. 6, art. 990, 2017. DOI: https://doi.org/10.3390/su9060990.

SALAZAR, A. A. et al. Restoration and conservation of priority areas of Caatinga's semi-arid forest remnants can support connectivity within an agricultural landscape. **Land**, v. 10, n. 6, art. 550, 2021. DOI: https://doi.org/10.3390/land10060550.

SOBRINHO, M. S. et al. Land use, fallow period and the recovery of a Caatinga forest. **Biotropica**, v. 48, n. 5, p. 586–597, 2016. DOI: https://doi.org/10.1111/btp.12334.

TOMASELLA, J. et al. Desertification trends in the Northeast of Brazil over the period 2000–2016. **International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation**, v. 73, p. 197–206, 2018. DOI: https://doi.org/10.1016/j.jag.2018.06.012.

UNCCD – UNITED NATIONS CONVENTION TO COMBAT DESERTIFICATION. **United Nations Convention to Combat Desertification in those countries experiencing serious drought and/or desertification, particularly in Africa**: convention text. Paris, 17 jun. 1994. Disponível em: https://www.unccd.int/sites/default/files/relevant-links/2017-01/UNCCD_Convention_ENG_0.pdf. Acesso em: 6 set. 2026.

CAPÍTULO II

INTERFACES EM SISTEMA DE INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA-FLORESTA (ILPF) NO CONTEXTO DA SUSTENTABILIDADE AGRÍCOLA BRASILEIRA

INTERFACES WITHIN CROP-LIVESTOCK-FORESTRY INTEGRATION (ILPF) SYSTEMS IN THE CONTEXT OF BRAZILIAN AGRICULTURAL SUSTAINABILITY

DOI: 10.51859/amplla.mac6322-2

Pedro Celso Soares da Silva

Engenheiro Agrônomo, Dr. Pesquisador, IDR-Paraná

RESUMO

Conforme algumas projeções até 2050 o Brasil vai ter que duplicar sua produção agrícola para atender a uma demanda crescente por alimentos a nível mundial. A fim de garantir o aumento da produção e produtividade agropecuária sem exaurir os recursos naturais diversas práticas sustentáveis têm sido implementadas com sucesso no país. Um dos grandes avanços no sentido da produção sustentável tem sido a criação da política brasileira de agricultura de baixo carbono. Um dos pilares da agricultura de baixo carbono é o Sistema de Integração Lavoura-Pecuária- Floresta (ILPF). Para reforçar a necessidade de implantação de Sistemas de Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF) no país, foi criada a Lei 708/07 (02/04/2013) que institui a Política Nacional de Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF). Dentro da temática da sustentabilidade agrícola brasileira, a presente revisão tem por objetivo trazer elementos que norteiam o Sistema de Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF).

Palavras-chave: Solo. Planta. Animal.

ABSTRACT

According to some projections, Brazil will need to double its agricultural production by 2050 to meet the growing global demand for food. To ensure increased agricultural production and productivity without depleting natural resources, various sustainable practices have been successfully implemented in the country. A major advancement toward sustainable production has been the creation of Brazil's low-carbon agriculture policy. One of the pillars of low-carbon agriculture is the Crop-Livestock-Forest Integration (ILPF) system. To reinforce the need for implementing ILPF systems in the country, Law 708/07 (April 2, 2013) was enacted, establishing the National Policy on Crop-Livestock-Forest Integration (ILPF). Within the context of Brazilian agricultural sustainability, this review aims to present the key elements guiding the Crop-Livestock-Forest Integration (ILPF) system.

Keywords: Soil. Plant. Animal.

1. INTRODUÇÃO

No últimos 30 anos, as práticas agrícolas convencionais foram substituídas por práticas de manejo mais sustentáveis. Neste sentido surge o conceito de agricultura sustentável. Conforme Silva e Baldicera (2024), a agricultura sustentável surge como uma abordagem que visa harmonizar a produção agrícola com a preservação do meio ambiente. A agricultura sustentável é fundamental no esforço global para proteger o meio ambiente, equilibrando a produção de alimentos com a conservação dos recursos naturais (Silva e Baldicera, 2024).

A fim de implantar um modelo mais sustentável de agricultura, o governo brasileiro cria o Plano ABC (Agricultura de Baixa Emissão de Carbono). Lopes (2026) comenta que o Plano ABC é uma arrojada política pública, que já contribui para esta agenda, uma vez que estimula a incorporação de práticas sustentáveis como a recuperação de pastagens degradadas, a integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF), o sistema de plantio direto (SPD), a fixação biológica de nitrogênio (FBN), dentre outras.

Dentro do contexto da sustentabilidade agrícola brasileira, o objetivo da presente revisão é abordar conceitos e definições de agricultura sustentável enfatizando a temática Sistema de Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF).

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. AGRICULTURA SUSTENTÁVEL

O pioneirismo de Rachel Carson em prol do meio ambiente e o lançamento do seu livro em 1962 Primavera Silenciosa é um marco para a criação do conceito de sustentabilidade. A partir desse marco, começa a surgir no mundo inteiro, movimentos em prol do meio ambiente e propostas de agriculturas alternativas. Muitas formas de agricultura conservacionista já existiam antes deste período e foram a partir daí resgatadas. Conforme Campanhola (1999) a questão ambiental trouxe à tona o conceito de sustentabilidade e de desenvolvimento sustentável. Conforme Pontes (2022), em 1972 a questão ambiental foi tratada como uma preocupação global graças à ONU, que convocou representantes de várias nações para discutir a relação do Homem com o Meio Ambiente na Conferência de Estocolmo (Suécia), intitulada de Primeira Conferência Mundial sobre o Homem e o Meio Ambiente.

Para Pontes (2022) o conceito de sustentabilidade foi construído por um grande movimento de união internacional, pactos globais e cooperação, visando a busca de um futuro promissor para a humanidade. Pontes (2022), comenta que na década de 1980, o documento mais conhecido e difundido com esse termo foi o Relatório Brundtland (1987)**,** intitulado de Nosso Futuro Comum. A carta conceitua o Desenvolvimento Sustentável como o "desenvolvimento que atende às necessidades atuais sem comprometer a habilidade das futuras gerações de atender suas próprias necessidades" (Pontes, 2022). Conforme Pontes (2022) no ano seguinte, a Constituição Federal Brasileira de 1988, reservou uma sessão para a temática e considerou o meio ambiente equilibrado um direito fundamental reconhecido, sendo classificado como de terceira dimensão (ligado ao valor de fraternidade e solidariedade), com caráter intergeracional e coletivo. Neste sentido, Pontes (2022), ressalta que é dever da República Federativa do Brasil zelar pelo meio ambiente equilibrado conforme o artigo 225 e incisos onde está escrito " *Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preserva para as presentes e futuras gerações."*

Guimarães (2024) comenta que a sustentabilidade é a capacidade de cumprir com as necessidades do presente sem comprometer as mesmas das gerações futuras. Conforme Guimarães (2024), o conceito de sustentabilidade é composto por três pilares: econômico, ambiental e social.

Embrapa (2024a) comenta que em 2015, a ONU, estabeleceu 17 Objetivos do Desenvolvimento Sustentável. Segundo Embrapa (2024a), esses objetivos compõem uma agenda mundial para a construção e implementação de políticas públicas que visam guiar a humanidade até 2030.

Conforme Nações Unidas Brasil (2024), a ONU e seus parceiros no Brasil estão trabalhando para atingir os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável. Segundo Nações Unidas Brasil (2024), são 17 objetivos ambiciosos e interconectados que abordam os principais desafios de desenvolvimento enfrentados por pessoas no Brasil e no mundo. Nações Unidas Brasil (2024), observa que os objetivos de Desenvolvimento Sustentável são um apelo global à ação para acabar com a pobreza, proteger o meio ambiente e o clima e garantir que as pessoas, em todos os lugares, possam desfrutar de paz e de prosperidade. Estes são os

objetivos para os quais as Nações Unidas estão contribuindo a fim de que possamos atingir a Agenda 2030 no Brasil (Nações Unidas Brasil, 2024).

Embrapa (2024a) observa que a Agenda 2030 contempla um plano de ação internacional para o alcance dos 17 ODS desdobradas em 169 metas, que abordam diversos temas fundamentais para o desenvolvimento humano, em cinco perspectivas: pessoas, planeta, prosperidade, parceria e paz. Os 17 ODS, segundo Embrapa (2024a), envolvem temáticas diversificadas como erradicação da pobreza, segurança alimentar e agricultura, saúde, educação, igualdade de gênero, redução das desigualdades, energia, água e saneamento, padrões sustentáveis de produção e de consumo, mudança do clima, cidades sustentáveis, proteção e uso sustentável dos oceanos e dos ecossistemas terrestres, crescimento econômico inclusivo, infraestrutura e industrialização, governança, e meios de implementação. Conforme Embrapa (2024a), a implementação da Agenda 2030 e suas metas estimulam e apoiam ações em áreas de importância crucial para a humanidade: Pessoas, Planeta, Prosperidade, Paz e Parcerias.

Dentro dos 17 ODS está incluso a agricultura sustentável. A agricultura sustentável surge a partir do conceito de sustentabilidade definido nos anos 80. Conforme passou o tempo, o termo passou de um conceito para uma prática em andamento. Diversas abordagens a partir daí foram desenvolvidas como a agroecologia, a agricultura orgânica, os sistemas de integração lavoura e pecuária floresta, plantio direto entre outras. Por muito tempo se praticou um modelo de agricultura que se provou ao longo do tempo ser insustentável. Como consequência houve aumento do desmatamento, aumento de erosão de solo, aumento de compactação de solo pelo excesso de uso de mecanização agrícola, aumento de perda de fertilidade do solo, aumento da ocorrência de plantas invasoras, pragas e doenças. A falta de conservação de solo e água, o uso abusivo de fertilizantes e agroquímicos são sinais claros do uso indevido do solo. As queimadas, o desmatamento para plantio de novas áreas com culturas anuais e para formação de pastagens, a queima de combustíveis fósseis pelos implementos agrícolas tem contribuindo para o aumento da concentração de gases na atmosfera gerando o chamado efeito estufa tendo como efeito direto o aumento do aquecimento global. Desta maneira o modelo agrícola, praticado em muitas partes do mundo, tem contribuindo juntamente com outros fatores para as mudanças climáticas. Neste sentido para fazer um contraponto a tudo isto, novas alternativas de produção agrícola com práticas

que vão de encontro as dimensões da sustentabilidade têm sido propostas para evitar ainda mais o desequilíbrio causado pelas mudanças climáticas.

Segundo Pontes (2022), o termo aquecimento global remete ao fato de que todo o Planeta Terra está aquecendo, ou seja, a temperatura atmosférica média da sua superfície está subindo ao longo dos anos, como consequência do aumento do efeito estufa, gerado pelo incremento na concentração atmosférica de alguns GEE, em especial o CO_2, o CH_4 e o N_2O. Para Pontes (2022) esse fato pode gerar alterações ou mudanças do clima.

De todas as atividades econômicas, a agricultura é, naturalmente, a mais dependente do clima e, consequentemente, é a mais sensível às mudanças climáticas. Mas além de serem afetadas negativamente, a agricultura e a pecuária são atividades que também geram emissões de GEE para a atmosfera, principalmente os gases compostos de carbono (CO_2 e CH_4) e nitrogênio (N_2O). Portanto, tanto contribuem para o efeito estufa e o aquecimento global quanto sofrem suas consequências (Embrapa, 2024b).

Em relação as mudanças climáticas, Embrapa (2024b), comenta que o Brasil foi um dos países que sempre se mostrou sensível a esta questão, valorizando ações nos âmbitos nacional e internacional que propiciassem a mitigação das consequências negativas do processo, já que entende-se que as atividades humanas são uma das causas da concretização das mudanças do clima, o que leva a preocupações em torno da qualidade de vida de toda a população. Embrapa (2024b) observa que em 2009, o Brasil apresentou um compromisso internacional de redução das emissões de GEE, o que envolve diversos setores da economia, visando, em um primeiro momento, à redução do desmatamento, à adoção de práticas sustentáveis na agricultura e ao aumento da eficiência energética.

Embrapa (2024b), explica que no caso específico da agricultura, o Brasil estruturou o Plano ABC, oficialmente denominado Plano Setorial de Mitigação e de Adaptação às Mudanças Climáticas para a Consolidação de uma Economia de Baixa Emissão de Carbono na Agricultura, que é um dos planos setoriais estabelecidos em conformidade com a Política Nacional sobre Mudança do Clima (PNMC), como parte da estratégia do Estado Brasileiro na mitigação da emissão de GEE e no combate ao aquecimento global. Embrapa (2024b), esclarece que as políticas públicas de agricultura de baixa emissão de carbono podem contribuir significativamente para o desenvolvimento sustentável de sistemas de produção agropecuária, em especial para a recuperação de pastagens degradadas e para os sistemas de ILPF. Neste contexto, o Brasil, estabelece uma política pública denominada Plano ABC.

Embrapa (2024b), argumenta que o Plano ABC é uma política pública composta de um conjunto de ações para promover a ampliação da adoção de algumas tecnologias agropecuárias sustentáveis, com alto potencial de mitigação das emissões de GEE e combate ao aquecimento global. Conforme Embrapa (2024b), o Plano ABC, foi estruturado em sete programas: 1) recuperação de pastagens degradadas; 2) integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF) e sistemas agroflorestais (SAFs); 3) sistema de plantio direto (SPD); 4) fixação biológica de nitrogênio (FBN); 5) florestas plantadas; 6) tratamento de dejetos animais; e, 7) adaptação a mudanças climáticas. Embrapa (2024b), esclarece que em cada programa é proposta a adoção de uma série de ações, como, por exemplo, fortalecimento da assistência técnica, iniciativas para capacitação e informação, estratégias de transferência de tecnologia, realização de dias de campo, palestras, seminários, workshops, implantação de Unidades de Referência Tecnológica (URTs), campanhas de divulgação e chamadas públicas para contratação de serviços de Assistência Técnica e Extensão Rural (ATER). Essas ações estão divididas em três grandes grupos: adaptação às mudanças climáticas, mecanismos para o monitoramento e ações transversais.

Embrapa (2024b), relata que diante da importância e da dimensão que o Plano ABC tomou, observou-se a necessidade de detalhamento e modificações dos compromissos originais da agricultura, firmados na COP-15, que passaram a ser compostos por meio da adoção das seguintes ações: - Recuperar uma área de 15 milhões de hectares de pastagens degradadas por meio do manejo adequado e da adubação;- Aumentar a adoção de sistemas ILPF e de SAFs em 4 milhões de hectares; - Ampliar a utilização do SPD em 8 milhões de hectares;- Ampliar o uso da FBN em 5,5 milhões de hectares; - Promover as ações de reflorestamento no País, expandindo a área com florestas plantadas, atualmente destinada à produção de fibras, madeira e celulose, em 3 milhões de hectares, passando de 6 milhões para 9 milhões de hectares; - Ampliar o uso de tecnologias para tratamento de dejetos de animais para geração de energia e produção de composto orgânico em 4,4 milhões de metros cúbicos. Conforme Embrapa (2024b), que esses compromissos foram ratificados no artigo 12 da lei que institui a Política Nacional sobre Mudanças do Clima – PNMC (Lei n.º 12.187, de 29 de dezembro de 2009). Nela, está definido que o Poder Executivo, em consonância com a Política Nacional sobre Mudança do Clima, estabelecerá os Planos Setoriais de Mitigação e de Adaptação às Mudanças Climáticas visando à consolidação de uma economia de baixo consumo de carbono em diferentes setores. No âmbito do Plano ABC, Embrapa (2024b),

esclarece que já foram implantados grupos gestores em todos os estados da federação e no Distrito Federal, os quais têm organizado planos estaduais com estabelecimento de ações regionais de transferência de tecnologias, capacitação de técnicos e produtores rurais, fortalecimento da ATER, implantação de URTs, entre outras ações. Por último, Embrapa (2024b), comenta que o objetivo é promover uma intensa qualificação de todos os recursos humanos envolvidos no setor produtivo e aumentar a capacidade de adoção de sistemas de produção sustentáveis que assegurem a redução de emissões de GEE e, simultaneamente, elevem a renda dos produtores.

2.2. SISTEMA DE INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA-FLORESTA (ILPF) DENTRO DA POLITICA AGRÍCOLA BRASILEIRA DE BAIXO CARBONO

Os sistemas ILPF fazem parte do Plano ABC. Para Embrapa (2024c), a aprovação da Lei 708/07 (02/04/2013), que institui a Política Nacional de Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF) no Brasil, reforça o crescente interesse na utilização de sistemas de produção sustentáveis. Segundo Embrapa (2024c), a ILPF está sendo proposta como uma estratégia de produção que inclui, em seus conceitos referenciais, os principais elementos da sustentabilidade, ou seja, o econômico, o social e o ambiental.

No Brasil conforme Taghuci e Ribeiro (2016), as primeiras experiências de Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF), iniciaram com a Embrapa nos anos 60. Atualmente tem uma série de políticas públicas voltadas a ILPF como o Plano ABC e Lei 708/07 de 02/07/2013. Do ponto de vista das instituições oficiais de pesquisas, existem diversos programas de pesquisa em ILPF nos quais são desenvolvidos uma série de pesquisas experimentais com excelentes resultados. Neste mesmo sentido, as universidades tanto nos cursos de graduação como os de pós-graduação em ciências agrárias têm a temática ILPF tanto no ensino bem como na pesquisa e extensão. Nos cursos de graduação as grades curriculares apresentam disciplinas e tópicos voltados a ILPF. Na pós-graduação existe linhas de pesquisa em ILPF. Nas últimas duas décadas diversos resultados de pesquisa foram divulgados através de boletins e artigos científicos. Vídeos e reportagens em veículos de mídias também contribuíram para divulgar informações sobre ILPF. Diversos congressos, seminários, encontros, reuniões tecnológicas, reuniões técnicas e dias de campos, envolvendo a temática ILPF, foram realizados no Brasil. Em 2011, a Embrapa, por meio dos pesquisadores Balbino, Barcellos e Stone publicaram o documento Marco Referencial Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF). Segundo Balbino,

Barcellos e Stone (2011) a elaboração do Marco Referencial Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF) contou com a participação de técnicos de diferentes biomas brasileiros. Segundo Balbino, Barcellos e Stone (2011) foram iniciados durante workshop realizado em Sete Lagoas, MG, de 24 a 26 de junho de 2008. Nesse evento conforme Balbino, Barcellos e Stone (2011), foi estruturado o conteúdo do Marco Referencial Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF), relacionados a conceitos, potencial, estado da arte e necessidades de pesquisa e transferência de conhecimento em ILPF. Para Pereira (2011) a elaboração do Marco Referencial Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF) tem por objetivo contribuir para o estabelecimento e a difusão das bases conceituais de uma estratégia de produção sustentável para a agricultura brasileira. Segundo Pereira (2011) a implementação dessa estratégia irá contribuir para superar um dos maiores desafios da humanidade na atualidade que é suprir a demanda crescente por alimentos, fibras e energia, com uso mais eficiente dos recursos e da conservação ambiental. Pereira (2011), afirma que o documento, além de conceitos, trata da definição dos tipos de sistemas produtivos de origem vegetal e animal envolvidos na ILPF e seus benefícios. Por fim Pereira (2011) comenta que o Marco Referencial Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF), apresenta também o potencial de utilização desses sistemas no contexto dos diferentes biomas brasileiros.

Para promover a ILPF no Brasil foi criada em 2012 a Associação Rede ILPF. Conforme Rede ILPF (2024a), a Associação Rede ILPF é formada e co-financiada pelas empresas Bradesco, Cocamar, John Deere, Minerva Foods, Soesp, Suzano, Syngenta, Timac Agro e pela Embrapa. Segundo Rede ILPF (2024a), a Associação, foi criada em 2012, e tem como objetivo intensificar a sustentabilidade da agropecuária brasileira, por meio da adoção das tecnologias de integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF). Rede ILPF (2024a) comenta que entre as frentes de trabalho estão a difusão dos sistemas integrados, apoio a pesquisa e desenvolvimento, capacitações, transferência de tecnologia, relações institucionais, governamentais e comunicação. Rede ILPF (2024a) finaliza dizendo atualmente desenvolve projetos próprios em diversas regiões produtoras do país, executa projetos com recursos de financiadores externos e apoia uma rede com 16 Unidades de Referência Tecnológica (URT) e 12 Unidades de Referência Tecnológica e de Pesquisa (URTP), distribuídas entre os biomas brasileiros e envolvendo a participação de 22 Unidades de Pesquisa da Embrapa.

Conforme Rede ILPF (2024b) em 2020, o Brasil tinha uma área estimada de 17,43 milhões de hectares. Segundo Rede ILPF (2024b), os estados que mais tinham área

implementada com ILPF eram Mato Grosso do Sul (3.169.987 ha), Mato Grosso (2.281.544 ha), Rio Grande do Sul (2.216.008 ha), Minas Gerais (1.591.255 ha), Goiás e DF (1.434.780 ha). Rede ILPF (2024b), observa que da safra 2015/2016 até a safra de 2020/2021, houve um aumento estimado de 52% de áreas com ILPF no Brasil. Segundo Rede ILPF (2024b) a meta estipulada pelo Plano de Agricultura de Baixa Emissão de Carbono (Plano ABC), em 2009, era de aumentar em 4 milhões de hectares com ILPF em todo o país até 2020. Para Rede ILPF (2024b) entre 2010 e 2015 o incremento de 5,96 milhões de toneladas de CO 2 eq. Rede ILPF (2024b) finaliza comentando que a ratificação do Acordo de Paris sobre mudança do Clima pelo governo brasileiro, em 2016, adicionou à meta do Plano ABC o incremento de mais de cinco milhões de hectares com sistema ILPF, totalizando nove milhões de hectares até 2030.

Polidoro *et al*. (2020), baseados em dados do Grupo Kieffmann (2016) em pesquisa encomendada por Rede ILPF sobre o crescimento de área do ILPF, classificaram esses dados em três cenários de crescimento de área de ILPF. Com base nestes três cenários Polidoro *et al.* (2020) estabeleceram uma previsão de crescimento da área de ILPF, entre 22,99 e 28,74 milhões de hectares até o ano de 2030. Segundo Polidoro *et al.* (2020), tais resultados de previsão e o crescimento conhecido dos dados podem contribuir para a ideia de que o ILPF é uma tecnologia em expansão, com grande potencial a nível continental e em rápido crescimento. Para Polidoro *et al.* (2020), a facilidade de combinações entre sistemas de gestão da terra, a maior produtividade por hectare e adaptabilidade em diferentes ambientes, fazem da tecnologia ILPF uma aposta segura para o futuro desenvolvimento sustentável. Polidoro *et al.* (2020) comentam que a principal característica do ILPF é a variedade de componentes e espécies vegetais que poderiam ser utilizadas no sistema. Para Polidoro *et al.* (2020), esse aumento na diversidade está alinhado com a maioria das teorias ecológicas. Por fim Polidoro *et al.* (2020), comentam que isto tem uma grande relevância em termos de agricultura de conservação, devido ao papel do aumento da biodiversidade para melhorias no armazenamento de carbono, ciclagem de nutrientes, preservação do solo e alterações climáticas; ao mesmo tempo que mantém a produtividade de alimentos e fibras para a sociedade.

2.3. CONCEITOS E DEFINIÇÕES DE SISTEMA DE INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA-FLORESTA (ILPF)

Em termos de conceituação e definição de Sistemas ILPF, existe uma unanimidade com relação aos mesmos. Todos os conceitos e definições tem como diretriz a sustentabilidade como foco a ser atingida.

Para Balbino, Barcellos e Stone (2011), os Sistemas ILPF consistem em uma estratégia que visa a produção sustentável, que integra atividades agrícolas, pecuárias e florestais realizadas na mesma área, em cultivo consorciado, em sucessão ou rotacionado, e busca efeitos sinérgicos entre os componentes do agroecossistema, contemplando a adequação ambiental, a valorização do homem e a viabilidade econômica. Semelhantemente, Embrapa (2016), neste mesmo sentido comenta que os Sistemas ILPF, conceitua-se como uma estratégia de produção empregando os princípios de sustentabilidade que permite a produção, na mesma área, de grãos, carne, leite, fibras, energia e madeira. Carvalho (2022) comenta que a ILPF, pode ser definida como o conjunto de tecnologias e estratégias que permitem integrar os sistemas de produção agrícola, pecuária e florestal, tanto em dimensões espaciais como temporais. Conforme Embrapa (2016), os cultivos podem ser consorciados, em sucessão ou rotacionados. Embrapa (2016), comenta que com isso se busca o aperfeiçoamento dos ciclos biológicos de plantas e animais, insumos e seus respectivos resíduos, bem como os efeitos sinérgicos entre os componentes. Para Machado, Balbino e Ceccon (2011), os Sistemas ILPF, fundamentam-se na integração dos componentes do sistema produtivo, a fim de atingir patamares cada vez mais elevados de qualidade de produto e do ambiente e aumentar a competitividade. Rede ILPF (2024a) comenta que esta forma de sistema busca otimizar o uso da terra, elevando os patamares de produtividade, diversificando a produção e gerando produtos de qualidade. Com isso reduz a pressão sobre a abertura de novas áreas.

2.4. CLASSIFICAÇÃO DOS SISTEMAS DE INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA-FLORESTA (ILPF)

Para Rede ILPF (2020a), a ILPF é uma estratégia de produção que pode ser utilizada em quatro possíveis modalidades: Integração Lavoura-Pecuária, Integração Lavoura-Pecuária-Floresta, Integração Pecuária-Floresta, Integração Lavoura-Floresta.

Segundo Embrapa (2024d), os sistemas integrados de produção agrícola só podem ser feitos combinando dois ou três componentes. Através do Quadro 1, Embrapa (2024d),

descreve a composição de cada sistema. Verifica-se pelo Quadro 1, que os sistemas integrados de produção agrícola, estão classificados em quatro categorias. As categorias são Agropastoril, Silviagrícola, Silvipastoril e Agrossilvipastoril (Quadro 1).

Quadro 1. Classificação dos Sistemas Integrados de Produção Agrícola.

Componentes	Sigla	Sistema
Lavoura-Pecuária	ILP	Agropastoril
Lavoura-Floresta	ILF	Silviagrícola
Pecuária-Floresta	IPF	Silvipastoril
Lavoura-Pecuária-Floresta	ILPF	Agrossilvipastoril

Fonte: Adaptado de Embrapa (2024d).

A Integração Lavoura Pecuária (ILP) ou Sistema Agropastoril, segundo Kluthcouski *et al.* (2015), é o sistema de produção que integra os componentes agrícola e pecuário, em rotação, consórcio ou sucessão, na mesma área e no mesmo ano agrícola ou por múltiplos anos. Para Kluthcouski *et al*. (2015), a Integração Pecuária-Floresta (IPF) ou Sistema Silvipastoril é o sistema de produção que integra os componentes pecuário (pastagem e animal) e florestal, em consórcio. A Integração Lavoura-Floresta (ILF) ou sistema Silviagrícola, segundo Kluthcouski *et al.* (2015) é o sistema de produção que integra os componentes florestal e agrícola pela consorciação de espécies arbóreas e agrícolas (anuais) em rotação e/ou sucessão. Observa Kluthcouski *et al.* (2015) que a Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF) ou sistema Agrossilvipastoris é o sistema de produção que integra os componentes agrícola e pecuário, em rotação, consórcio ou sucessão, na mesma área e no mesmo ano agrícola ou por múltiplos anos, em consórcio com o componente florestal.

Segundo Rede ILPF (2024a), a escolha por qual estratégia utilizar dependerá das características da região e da propriedade, como proximidade de mercado, logística, relevo, clima, aptidão da propriedade, maquinário disponível, entre outros.

Para Cordeiro *et al.* (2015), os Sistemas ILPF podem ser adotados por produtores rurais, independentemente da dimensão do estabelecimento agropecuário, e devem ser adequadamente planejados, levando-se em conta os diferentes aspectos socioeconômicos e ambientais das unidades de produção. Segundo Cordeiro *et al.* (2015), o melhor sistema de integração é aquele que se adequa à realidade de cada propriedade rural no intuito de proporcionar a ela mais viabilidade e sustentabilidade. Cordeiro *et al.* (2015), comentam que o sistema mais adotado atualmente é ILP, em que o consórcio de culturas anuais com

forrageiras figuram como umas das principais práticas em uso nas propriedades rurais do Brasil

2.5. VANTAGENS E DESVANTAGENS DOS SISTEMAS DE INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA FLORESTA (ILPF)

As vantagens em utilizar os Sistemas ILPF são inúmeras. Balbino *et al.* (2012) citam trinta e cinco vantagens dos Sistemas ILPF. Essas vantagens estão descritas no Quadro 2.

Quadro 2**.** Vantagens dos Sistemas ILPF segundo Balbino *et al.* (2012).

VANTAGENS
1. Possibilidade de aplicação dos sistemas para grandes, médias e pequenas propriedades rurais;
2. Controle mais eficiente de insetos-pragas, doenças e plantas daninhas, com a possibilidade de diminuição no uso de agrotóxicos;
3. Melhoria de condições microclimáticas, pela contribuição do componente arbóreo: redução da amplitude térmica, aumento da umidade relativa do ar, diminuição da intensidade dos ventos;
4.Aumento do bem-estar animal, em decorrência do maior conforto térmico;
5. Possibilidade de uso de espécies e cultivares mais apropriadas para cada região; 5 Possibilidade de redução da pressão para a abertura de novas áreas de vegetação natural;
6. Possibilidade de redução da pressão para a abertura de novas áreas de vegetação natural;
7. Plantas indesejadas, que normalmente ocorrem nas plantações florestais jovens, são substituídas por culturas de grãos e/ou forrageiras, tornando sua manutenção menos dispendiosa;
8.Mitigação do efeito estufa pelo sequestro de carbono especialmente pelos componentes forrageiro e florestal;
9. Promoção da biodiversidade, especialmente pela abundância de “efeitos de borda” ou interfaces, o que permite uma melhoria sinérgica, por favorecer novos nichos e hábitats para os agentes polinizadores das culturas e inimigos naturais de insetos-pragas e doenças;
10. Intensificação da ciclagem de nutrientes;
11. Criação de paisagens atrativas e que possam inclusive favorecer atividades de turismo rural;
12. Incremento da produção regional de grãos, carne, leite, fibra, madeira e energia;
13. Aumento da competitividade das cadeias de carne nos mercados nacional e internacional, com produção de carcaças de melhor qualidade, por uma pecuária de ciclo curto, pautadas em alimentação de qualidade, controle sanitário e melhoramento genético;
14. Aumento da produtividade e da qualidade do leite, inclusive na entressafra (período seco), também, em pasto, especialmente por pequenos e médios produtores;
15. Dinamização de vários setores da economia regional;
16. Redução de riscos operacionais e de mercado em função de melhorias nas condições de produção e da diversificação de atividades comerciais;
17. Redução do processo migratório e maior inserção social pela geração de emprego e renda;
18. Estímulo à qualificação profissional;
19. Favorecimento à participação da sociedade civil organizada;
20. Diversificação das atividades rurais, com melhor aproveitamento da mão-de-obra durante todo o ano;
21. Aumento da cobertura do solo pela palhada proporcionada pelos restos das lavouras e das pastagens. Essa interação atua prevenindo as perdas por erosão (solo, água, matéria orgânica e nutrientes), estimulando a biota e a recuperação física do mesmo;
22. Recuperação de nutrientes lixiviados ou drenados para camadas mais profundas do solo, especialmente pelas raízes das árvores e das forrageiras, e incremento da matéria orgânica do solo pela serapilheira e raízes mortas das árvores, das lavouras e das forrageiras;
23. Possibilidade de realização de parcerias sólidas que ofereçam mais benefícios para proprietários de terras e arrendatários.
24. Redução dos custos de implantação das árvores pelo cultivo de pastagens e/ou culturas anuais;

VANTAGENS
25. Alternativa para o plantio florestal comercial e lavoura de grãos, permitindo a introdução da atividade em terras cujo potencial agropecuário é alto. Com isso, não são deslocadas as atividades agropecuárias, ao contrário, elas são mantidas em bases sustentáveis, o que pode reduzir a pressão para abertura de novas áreas para plantios;
26. Aumento da capacidade de suporte das pastagens pela melhoria da fertilidade do solo e manutenção mais frequente das mesmas;
27. Estímulo à substituição da forrageira por espécie mais produtiva;
28. Aceleração do crescimento, em diâmetro, das árvores devido ao maior espaçamento;
29. Custeio ou redução no custo de implantação das árvores e/ou reforma de pastagens, devido ao menor número de árvores plantadas (em alguns arranjos) e pela renda oriunda dos componentes agrícola e pecuário;
30. Melhoria na qualidade da madeira produzida pela maior regularidade da espessura de anéis de crescimento, adequando-se melhor às necessidades da indústria;
31. Devido aos cultivos intercalares de lavouras e consumo das pastagens pelos animais, existe a tendência de maior proteção contra fogo;
32. Permite o desenvolvimento de madeira de alta qualidade, com espécies de árvores que são pouco utilizadas nos plantios florestais tradicionais, mas que possuem elevado valor, em projetos de ILPF em médio e longo prazos;
33. Permite o desenvolvimento de madeira de alta qualidade, com espécies de árvores que são pouco utilizadas nos plantios florestais tradicionais, mas que possuem elevado valor, em projetos de ILPF em médio e longo prazos;
34. Benefícios diretos e indiretos gerados pela preservação da biodiversidade, como na polinização das culturas;
35. A diversidade de espécies e rotação de culturas ajuda no controle da erosão, no aumento da porosidade do solo e consequentemente da infiltração de água para recomposição dos lençóis freáticos.

Fonte: Elaborado conforme Balbino *et al.* (2012).

Embrapa (2016), classifica os benefícios dos Sistemas ILPF nos componentes agronômico e pecuário. Embrapa (2016) cita como exemplos das vantagens agronômicas proporcionadas pelos Sistemas ILPF: a reciclagem de nutrientes mais eficiente, a estruturação do solo e o aumento da atividade microbiana, a quebra do ciclo de pragas e doenças e a oferta de forragem na época seca. Segundo Embrapa (2016) o sistema possui grande potencial de sequestro de carbono pelos elevados acúmulos de biomassa forrageira e florestal e acúmulo de matéria orgânica no solo, o que reduz a emissão de GEE na atmosfera. Para o componente pecuário, Embrapa (2016) comenta que os Sistemas ILPF proporcionam microclima favorável ao aumento do índice de conforto térmico com presença dos animais na sombra das árvores, ao contrário da exposição à insolação direta ou às temperaturas elevadas. Embrapa (2016), observa que desde que o componente florestal seja implantado corretamente (preferencialmente as linhas de árvores em sentido Leste-Oeste e em nível) e bem manejado, esse benefício torna-se muito importante, pois pode produzir reflexos positivos sobre a produtividade e a reprodução animal. Por fim Embrapa (2016), enfatiza que os Sistemas ILPF aumentam a eficiência dos sistemas agrícolas, com o incremento da atividade global deles, a

maior intensidade do uso da terra e a possibilidade de produção de grãos, carne, leite e madeira, otimizando os recursos aplicados, gerando maior renda para o produtor.

Com relação as desvantagens ou principais obstáculos dos Sistemas ILPF, Lopes (2020), comenta que os produtores rurais enfrentam diversas dificuldades na adoção dos Sistemas ILPF. Para Lopes (2020), o primeiro obstáculo enfrentado diz respeito a maior investimento inicial por parte dos produtores. Segundo Lopes (2020), a falta de mão de obra capacitada para a lavoura e pecuária, dificuldade de acesso a crédito, problemas estruturais de logística e obstáculos ligados ao mercado estão entre as principais causas que dificultam esta adoção.

Careli (2021) cita como desafios para a adoção dos Sistemas ILPF, o retorno financeiro em médio a longo prazo, principalmente do componente florestal; altos investimentos em infraestrutura para implantação de cada um dos componentes dos sistemas de integração; manutenção dependente de máquinas, equipamentos, energia, armazenamento e transporte; maior complexidade do componente agrícola.

Balbino *et al.* (2012) e Amaral (2022) cita como desvantagens para adoção dos Sistemas ILPF por parte dos produtores, o enfrentamento do tradicionalismo e resistência de alguns produtores rurais quanto à implantação de novas tecnologias; maior qualificação e dedicação de produtores, gestores, técnicos e colaboradores; alto investimento financeiro, retorno em médio e longo prazo; altos investimentos em infraestrutura; maior complexidade agregando riscos ao sistema.

Os entraves para a adoção dos Sistemas ILPF, segundo Balbino *et al.* (2012) são: a disponibilidade do volume de capital financeiro suficiente para investimento ou acesso ao crédito; falta de infraestrutura básica regional e mercado local para os produtos; altos investimentos em infraestrutura para a implantação de cada um dos componentes dos sistemas de integração; falta de infraestrutura básica regional e mercado local para os produtos; a produção depende da disponibilidade e manutenção de máquinas e equipamentos, e também de fatores externos à unidade produtiva, como energia, armazenamento e transporte; longas distâncias até as regiões consumidoras e as agroindustriais; em algumas regiões, há dificuldade de aquisição de insumos como fertilizantes, sementes, mudas, agroquímicos e animais, bem como a comercialização dos produtos; pouca disponibilidade de pessoal qualificado, principalmente, de técnicos de nível superior; a adoção de novas tecnologias exige maior agilidade na validação e na transferência daquelas mais adequadas a cada sistema de integração, bem como na qualificação da mão de-

obra; pouca ênfase aos sistemas de integração nas grades curriculares de cursos de ciências agrárias; política governamental de incentivos e estímulos à adoção dos sistemas de integração ainda em desenvolvimento; maior complexidade agregando riscos ao sistema, especialmente devido ao componente agrícola.

Para Rede ILPF (2024a), os principais entraves identificados para a adoção dos Sistemas ILPF, são: a necessidade de nivelamento do conhecimento entre os pesquisadores, a pouca formação de consultores técnicos e a necessidade de interação e capacidade interna entre os produtores.

Para Rede ILPF (2024a), dadas as características dos diversos Sistemas de ILPF é fundamental a implementação de um conjunto de estratégias e ações de comunicação que possam apoiar mais efetivamente a rede de transferência de tecnologia e contribuir para ampliar a adoção de sistemas ILPF pelo setor produtivo, bem como de um conjunto de ações educativas, na forma de um programa integrado e continuado de capacitação em ILPF, na modalidade mista (educação à distância e presencial). Conforme Rede ILPF (2024a) a comunicação para ILPF deve ser criativa, com estratégias e ações ajustadas às realidades das diversas regiões e aos perfis dos diferentes produtores, sejam empreendedores rurais, agricultores familiares ou assentados de reforma agrária.

2.6. OBJETIVOS DOS SISTEMAS INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA-FLORESTA (ILPF)

Embrapa (2016), comenta que os objetivos dos Sistemas ILPF são: Produzir grãos, fibras, produtos madeireiros e não madeireiros e energia renovável, empregando princípios da sustentabilidade; Diminuir impactos ambientais oriundos da atividade agropecuária; Contribuir para preservar reservas florestais e matas ciliares; Recuperar áreas degradadas, criando condições propícias pra a produção e diminuindo a necessidade de desmatamentos de novas áreas; Aumentar a produtividade da agropecuária e melhorar a eficiência dos insumos utilizados na produção; Facilitar certificação de produtos agrícolas; Reduzir as emissões de GEE e aumentar o sequestro de carbono e na biomassa vegetal; Gerar empregos, renda e melhoria da qualidade de vida do produtor rural.

Segundo Cordeiro *et al.* (2015), os sistemas têm o objetivo de intensificar o uso da terra, e fundamentam-se na integração espacial e temporal dos componentes do sistema produtivo, para atingir patamares cada vez mais elevados de qualidade do produto, qualidade

ambiental e competitividade. Para Nogueira (2023), a ILPF tem o objetivo de integrar sistemas produtivos, o que pode ser vantajosos para o meio ambiente e para o produtor.

3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A adoção do Sistemas ILPF contemplam todas as dimensões da sustentabilidade (econômica, ambiental e social). Em termos de benefícios para o solo o ILPF proporciona a reciclagem de nutrientes mais eficiente, a estruturação do solo e o aumento da atividade microbiana, a quebra do ciclo de pragas e doenças e a oferta de forragem na época seca. Além do mais o ILPF tem grande potencial de sequestro de carbono pelos elevados acúmulos de biomassa forrageira e florestal e acúmulo de matéria orgânica no solo, o que reduz a emissão de GEE na atmosfera. Os sistemas ILPF proporcionam ainda microclima favorável ao aumento do índice de conforto térmico com presença dos animais na sombra das árvores. Por fim, os sistemas ILPF aumentam a eficiência dos sistemas agrícolas, com o incremento da atividade global deles, a maior intensidade do uso da terra e a possibilidade de produção de grãos, carne, leite e madeira, otimizando os recursos aplicados, gerando maior renda para o produtor.

REFERÊNCIAS

AMARAL, G**. Entenda o que é Integração Lavoura-Pecuária-Floresta e quais suas vantagens**. 14/01/2022. AGRO2. Disponível em: https://agro2.com.br/agronegocio/entenda-o-que-e-integracao-lavoura-pecuaria-floresta-e-quais-suas-vantagens/. Acesso em: 23 abr. 2024.

BALBINO, L.C.; BARCELLOS, A.O.; STONE, L.F. **Marco Referencial Integração Lavoura-Pecuária-Floresta.** 130p. Embrapa. Brasília, DF. 2011. Disponível em:https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/923530/1/balbino01.pdf. Acesso em: 03 abr. 2024.

BALBINO, L.C.; KICHEL, A.N.; BUNGENSTAB, D.J.; ALMEIDA, R.G. **Capitulo 2. Sistemas de Integração. O que suas vantagens e limitações**. P.11-18. Sistemas de Integração Lavoura-Pecuária-Floresta. A produção sustentável. 239p. 2ªedição. BUNGENSTAB, D.J. Editor técnico. Embrapa, DF. 2012.

CAMPANHOLA, C. **Agricultura Sustentável: Conceito Novo e Incerto.** 9p. VI Ciclo Sobre o Controle Biológico de Pragas. Centro Experimental do Instituto Biológico. Anais. Campinas. 06 e 07 de julho de 1999. Disponível em: https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/199602/1/Campanhola-Agricultura.pdf. Acesso em: 10 mar. 2024.

CARELI, M.V**. Conheça as vantagens e os desafios da Integração Lavoura-Floresta (ILF)**. Flora Júnior. 25 de abril de 2021. Disponível em:https://www.florajunior.com/post/integra%C3%A7%C3%A3o_lavoura_floresta_ilf. Acesso em: 16 abr. 2024.

CARSON, R. **Primavera Silenciosa.** 1962. 2ª edição. 305p.Tradução Raul de Polillo. Edições Melhoramento. São Paulo, 1969. Disponível em: https://edisciplinas.usp.br/mod/folder/view.php?id=2696728. Acesso em: 02 mar. 2024.

CARVALHO, I.R. **Sistema de Integração Lavoura-Pecuária-Floresta**. Materiais Técnicos. Elevagro.01/05/2022.https://elevagro.com/blog/sistema-de-integracao-lavoura-pecuaria-floresta-ilpf/. Acesso em: 17 abr. 2024.

CORDEIRO, L.A.M.; VILELA, L.; KLUTHCOUSKI, J.; MARCHÃO, R. L. **Integração Lavoura-Pecuária- Floresta. O produtor pergunta, a Embrapa responde.** 393p. Embrapa. Brasília, DF. 2015. Disponível em: https://mais500p500r.sct.embrapa.br/view/pdfs/90000033-ebook-pdf.pdf. Acesso em: 19 abr. 2024.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Objetivos de Desenvolvimento Sustentável – ODS**. Embrapa e a Agenda 2030. Disponível em: https://www.embrapa.br/objetivos-de-desenvolvimento-sustentavel-ods/o-que-sao-os-ods. Acesso em: 14 abr. 2024(a)

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Temas – Agricultura de baixa emissão de carbono.** Disponível em:https://www.embrapa.br/tema-agricultura-de-baixo-carbono/sobre-o-tema. Acesso em: 20 mar. 2024(b).

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF)**. Embrapa Floresta. Disponível em: https://www.embrapa.br/florestas/ilpf#:~:text=A%20aprova%C3%A7%C3%A3o%20da%20Lei%20708,de%20sistemas%20de%20produ%C3%A7%C3%A3o%20sustent%C3%A1veis. Acesso em: 04 abr. 2024(c).

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Temas. Integração Lavoura-Pecuária-Floresta.** Disponível em:https://www.embrapa.br/tema-integracao-lavoura-pecuaria-floresta-ilpf/nota-tecnica. Acesso em: 15 abr. 2024(d).

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Tecnologia. ILPF – Integração Lavoura-Pecuária-Floresta.** 2016. EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Disponível em: https://www.embrapa.br/documents/1355008/0/Folder+tecnologia+ILPF/82256031-d02c-4b22-bc5c-149bb6d62a2d. Acesso em: 16 abr. 2024.

GUIMARÃES, D. **Sustentabilidade: entenda o que é, importância e 7 seus pilares.** Publicado em 07/02/2024. Meio Sustentável. Disponível em: https://meiosustentavel.com.br/sustentabilidade/. Acesso em: 05 abr. 2024.

KLUTHCOUSKI, J.; CORDEIRO, L.A.M.; VILELA, L. et al. **Capitulo 1. Conceitos e Modalidades da Estratégia de Integração Lavoura-Pecuária-Floresta.** p.21-33. Integração Lavoura-Pecuária- Floresta. O produtor pergunta, a Embrapa responde. 393p. CORDEIRO, L.A.M.; VILELA, L.; KLUTHCOUSKI, J.; MARCHÃO, R. L Editores técnicos. Embrapa. Brasília, DF.2015. Disponível em: https://mais500p500r.sct.embrapa.br/view/pdfs/90000033-ebook-pdf.pdf. Acesso em: 19 abr. 2024.

LOPES, M.S. **Sistemas ILPF: Vantagens e Principais Desafios**. Mata Nativa Blog. 30 de abril de 2020. Disponível em: https://matanativa.com.br/sistemas-ilpf-vantagens-e-principais-desafios/. Acesso em: 15 abr. 2024.

LOPES, M. A. **A Agricultura Brasileira na Agenda Global de Desenvolvimento Sustentável**. Olhares para 2030. Convergência tecnológica e de conhecimentos na agricultura. EMBRAPA. Disponível em:https://www.embrapa.br/olhares-para-2030/convergencia-tecnologica-e-de-conhecimentos-na-agricultura/-/asset_publisher/SNN1QE9zUPS2/content/mauricio-antonio-lopes?redirect=%2Folhares-para-2030%2Fconvergencia-tecnologica-e-de-conhecimentos-na-agricultura&inheritRedirect=true. Acesso em: 09 set. 2026.

MACHADO, L. A. Z.; BALBINO, L.C.; CECCON. G**.** Integração Lavoura-Pecuária-Floresta. 1. Estruturação dos Sistemas de Integração Lavoura-Pecuária. **Documento 110.** Embrapa. Embrapa Agropecuária Oeste. Dourados, MS. 2011.46p. Disponível em: https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/58600/1/DOC2011110.pdf. Acesso em: 15 abr. 2024.

NAÇÕES UNIDAS BRASIL. **Sobre o nosso trabalho para alcançar os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável no Brasil.** Disponível em: https://brasil.un.org/pt-br/sdgs. Acesso em: 15 abr. 2024.

NOGUEIRA, L. **ILPF: O que você precisa saber para utilizar este sistema.** 22 de maio de 2023. Disponível em:https://blog.aegro.com.br/ilpf/#:~:text=O%20planejamento%20do%20sistema%20ILPF,%C3%A1rea%20por%20um%20longo%20tempo.&text=O%20manejo%20da%20%C3%A1rea%20tamb%C3%A9m,m%C3%A1xima%20efici%C3%AAncia%20possa%20ser%20atingida. Acesso em: 23 abr. 2024.

PEREIRA, P.A.A. **Marco Referencial Integração Lavoura-Pecuária-Floresta.** 130p. Embrapa. Brasília, DF. 2011. Disponível em:https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/923530/1/balbino01.pdf. Acesso em: 03 abr. 2024.

POLIDORO, J. C.; FREITAS, P.L.; HERNANI, L.C.; et al. O impacto de planos, políticas, práticas e tecnologias baseadas nos princípios da agricultura de conservação no controle da erosão do solo no Brasil**. Authorea.** 21 de abril de 2020. Disponível em: https://www.authorea.com/doi/full/10.22541/au.158750264.42640167. Acesso em 18 abr. 2024.

PONTES, C. **Origem e evolução do conceito de sustentabilidade.** Publicado em 05/08/2022. Politize. Meio Ambiente.https://www.politize.com.br/origem-e-evolucao-do-conceito-de-sustentabilidade/. Acesso em: 11 mar. 2024.

REDE ILPF. **O que é a Rede ILPF**. Disponível em: https://redeilpf.org.br/o-que-e-a-rede-ilpf/. Acesso em: 15 abr. 2024(a).

REDE ILPF. **Rede ILPF em números.** Disponível em: https://redeilpf.org.br/ilpf-em-numeros/. Acesso em:16 abr. 2024(b).

SILVA, G. C.F.; BALDICERA, A. K. A Importância da Agricultura Sustentável na Preservação do Meio Ambiente. **Revista UNICREA**, v.2, n.2, p. 39-55, mai-ago. 2024. Florianópolis. 2024.Disponível em:file:///C:/Users/USER/Downloads/A+IMPORT%C3%82NCIA+DA+AGRICULTURA+SUSTENT%C3%81VEL+NA+PRESERVA%C3%87%C3%83O+DO+MEIO+AMBIENTE_.pdf. Acesso em: 09 set. 2026.

TAGUCHI, V.; RIBEIRO, C. **Integração. Infográfico: a evolução da ILPF**. Globo Rural. 05/04/2016. Disponível em: https://globorural.globo.com/Integracao/noticia/2016/04/infografico-evolucao-da-ilpf.html. Acesso em: 16 abr. 2024.

CAPÍTULO III

PESQUISA CIENTÍFICA EM ZOOTECNIA AGROECOLÓGICA NO RIO GRANDE DO SUL

SCIENTIFIC RESEARCH ON AGROECOLOGICAL ANIMAL SCIENCE IN RIO GRANDE DO SUL

DOI: 10.51859/amplla.mac6322-3

Maitê de Moraes Vieira [1]
Natana Peres da Rosa [2]
João Vitor Nobrega Dias [3]

[1] Docente no departamento de Zootecnia, Faculdade de Agronomia e Zootecnia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS
[2] Discente do curso de Zootecnia, Faculdade de Agronomia e Zootecnia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS
[3] Discente do curso de Zootecnia, Faculdade de Agronomia e Zootecnia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS

RESUMO

A produção animal agroecológica está em expansão desde os primórdios do movimento agroecológico no país. O objetivo deste trabalho foi realizar um levantamento sobre o desenvolvimento da pesquisa científica em zootecnia agroecológica no Rio Grande do Sul, nos últimos 20 anos. Buscou-se em bases de dados científicos e em repositórios institucionais de ensino superior públicas e privadas. Inicialmente foram encontrados 40 documentos científicos e após classificação foram mantidos 29 que atenderam todos os critérios. No total de documentos encontrados, foram 37,9% artigos científicos; 48,3% autores da UFRGS, 34,5% realizados em Viamão e 53% publicados a partir de 2019. Os temas mais pesquisados foram qualidade de produto (31%) e sanidade (24,1%) e espécies, bovinos e aves (34,5% cada). Conclui-se que a pesquisa científica em zootecnia agroecológica no RS foi crescente e diversificada em temas, instituições, regiões, e espécie animal ao longo de 20 anos de publicações.

Palavras-chave: criação animal agroecológica, pesquisa gaúcha, produção animal, produção orgânica.

ABSTRACT

Agroecological animal production has been expanding since the early days of the agroecological movement in Brazil. The objective of this study was to conduct a survey on the development of scientific research in agroecological animal science in Rio Grande do Sul over the past 20 years. The search was conducted in scientific databases and in public and private institutional repositories of higher education. Initially, 40 scientific documents were found, and after classification, 29 were retained that met all criteria. Of the total documents found, 37.9% scientific articles; 48.3% authored by UFRGS researchers, 34.5% conducted in Viamão, and 53% published since 2019. The most frequently researched topics were product quality (31%) and animal health (24.1%), as well as cattle and poultry (34.5% each). It is concluded that scientific research in agroecological animal husbandry in Rio Grande do Sul has grown and diversified in terms of topics, institutions, regions, and animal species over 20 years of publications.

Keywords: agroecological animal husbandry, research in Rio Grande do Sul, animal production, organic production.

1. INTRODUÇÃO

A criação animal agroecológica é capaz de promover a produção de alimentos de origem animal com melhor qualidade biológica e ser competitiva economicamente, além de trazer benefícios sociais e culturais sem necessidade de insumos externos (Machado Filho et al. 2023). Valente e Saravia (2024) apontaram que a pesquisa sobre produção animal agroecológica e orgânica tem muito espaço para melhorar entre os pesquisadores brasileiros.

O termo agroecologia pode significar diferentes abordagens como movimento social, prática agrícola ou ciência (Wezel et al. 2009). O termo criação animal agroecológica ou criação animal de base agroecológica ainda é pouco citado na literatura especializada, diferentemente da criação animal orgânica que tem regulamentação e definições bastante específicas (Machado Filho, 2023). Neste trabalho, o termo "zootecnia agroecológica" foi atribuído ao sistema de produção animal que ultrapassa o conhecimento técnico, e aborda, de forma holística, uma sistemática de manutenção da essência agroecológica aplicada aos animais domésticos, incluíndo neste termo a produção animal em sistema orgânico.

No Rio Grande do Sul há uma concentração da produção orgânica no âmbito da produção vegetal, cerca de 94% dos produtores do Estado, já a produção animal possui um número bastante inferior de produtores em atuação (Lucion, 2025). A legislação brasileira de produção orgânica compreende a Lei n° 10831/2003 (Brasil, 2003), já produção animal orgânica está regulamentada no Brasil desde 2007 pelo Decreto n°6.323/07 (Brasil, 2007) e a normativa mais recente é Portaria n°52/2021 do MAPA (Brasil, 2021). Todas as regulamentações garantem maior segurança ao consumidor que opta pelo alimento orgânico. O sistema orgânico de produção otimiza o uso de recursos naturais e socioeconômicos, respeita a integridade cultural das comunidades rurais, objetiva sustentabilidade econômica e ecológica com ênfase na conservação ambiental (Brasil, 2003). O Decreto nº 6.323, de 27 de dezembro de 2007 regulamenta a Lei nº 10.831/2003 e estabelece as normas para a produção, certificação, comercialização e fiscalização de produtos orgânicos no Brasil garantindo a confiabilidade dos produtos orgânicos comercializados (Brasil, 2021).

No Rio Grande do Sul, a produção animal agroecológica começou a mais de 20 anos, e as primeiras publicações em zootecnia agroecológica foram vinculadas a resumos em congressos científicos (Valente; Saravia, 2024). Pesquisadores de diversas instituições de ensino superior se dedicaram em abordar a criação animal agroecológica através do

conhecimento científico (zootecnia agroecológica) e produziram trabalhos científicos publicados em repositórios institucionais e também em revistas científicas. O objetivo deste trabalho foi analisar a produção científica em zootecnia agroecológica realizada no Rio Grande do Sul nos últimos 20 anos. Os objetivos específicos foram classificar e quantificar os documentos científicos por tipo de documento, instituição de origem, tema de pesquisa, espécie animal e produto final e ainda classificar e quantificar por ano de publicação e local de realização do estudo.

2. METODOLOGIA

Foi realizado um levantamento de dados com o propósito de localizar os trabalhos científicos publicados por pesquisadores vinculados à instituições de ensino e pesquisa do Rio Grande do Sul nos últimos 20 anos. A pesquisa foi realizada entre março e abril de 2026. As bases de dados de acesso aberto utilizadas foram: Google Acadêmico; Periódicos Capes, Scielo, Associação Brasileira de Agroecologia (ABA) e Repositórios de Instituições de Ensino Superior do Rio Grande do Sul. As palavras chave utilizadas nas buscas foram: Transição agroecológica, Produção animal orgânica, Criação animal agroecológica, Produção animal agroecológica. Na base de dados da Associação Brasileira de Agroecologia, por se tratar de uma base de dados voltada para a Agroecologia, as palavras-chave utilizadas foram: criação animal, produção animal, ovinos, bovinos, caprinos, búfalos, aves, peixes, suínos, abelhas. Os trabalhos relacionados às buscas (encontrados em referências bibliográficas ou indicados paralelamente nas bases de dados) também foram analisados. Os critérios utilizados para a inclusão dos documentos foram: autores vinculados à instituição de ensino gaúchas; trabalho realizado no Rio Grande do Sul; trabalho realizado com animais de produção; abordagem de sistema agroecológico e/ou orgânico. Os trabalhos também foram selecionados de acordo com o ano de publicação, de 2006 a 2026.

Os critérios de classificação foram definidos da seguinte forma:

Tipo de documento: Foram incluídos os documentos classificados como: artigos científicos (publicados em revista com corpo editorial, sem restrição ao idioma ou local de publicação); capítulos de livro, dissertações, teses e trabalhos de conclusão de curso (TCC). Foram excluídos os documentos classificados como resumos de eventos científicos (publicados em anais de eventos ou em repositórios) e outros documentos sem viés científico (notícias de sites, revistas sem cunho científico, editoriais);

Instituição de origem: Os documentos foram classificados conforme o vínculo dos autores às instituições de ensino ou pesquisa e foram utilizadas as siglas das instituições na classificação: UFRGS (Universidade Federal do Rio Grande do Sul; UFSM (Universidade Federal de Santa Maria); UFPEL (Universidade Federal de Pelotas); UPF (Universidade de Passo Fundo); UCS (Universidade de Caxias do Sul); UNIPAMPA (Fundação Universidade Federal do Pampa); UERGS (Universidade do Estado do Rio Grande do Sul);

Tema de pesquisa: os documentos foram classificados nas seguintes temáticas: Produção (trabalhos relacionados a sistemas de produção animal); Gestão (trabalhos relacionados à aspectos da administração de propriedade rural); Qualidade (trabalhos relacionados à qualidade do produto final); Mercado (estudos de mercado e comercialização de produtos de origem animal); Nutrição (trabalhos relacionados à alimentação e nutrição animal); Sanidade (trabalhos relacionados à saúde dos animais, uso de fitoterápicos e homeopáticos) e Manejo (trabalhos relacionados a manejos dos sistemas de produção e manejo dos animais);

Espécie animal: os documentos foram classificados conforme a espécie animal que foi abordada no trabalho: bovinos (bovinos de corte e bovinos de leite); aves (aves de corte e de postura); pequenos ruminantes (ovinos e caprinos); peixes (captura e cultivo); espécies variadas (trabalhos com mais de uma espécie de grupos diferentes);

Produto final: os documentos foram classificados de acordo com o produto final de cada sistema de produção animal como segue: leite (produção de leite bovina e caprina), ovos (ovos de galinha de postura), carne (ovina, bovina ou de peixe) e diversos (trabalhos que abordaram mais de um produto).

Local geográfico de realização do estudo: a classificação dos documentos científicos foi realizada utilizando o nome do município ou região que foi descrita na metodologia de cada documento científico;

Ano de publicação: os documentos foram classificados de acordo com o ano de publicação que constou em cada documento encontrado.

Os documentos científicos encontrados foram tabulados em planilha de dados. A análise dos resultados foi realizada através de contagem e cálculos percentuais. A tabulação dos dados e gráficos foram realizados no Google planilhas.

3. ANÁLISE DOS RESULTADOS

O levantamento de dados resultou, inicialmente, em 40 documentos e após análise minuciosa e classificação nos critérios estabelecidos, foram mantidos 29 documentos científicos que atenderam a todos os critérios (Tabela 1). As bases de dados onde estavam os documentos foram ABA, Scielo e Repositórios Institucionais de Escolas de Ensino Superior.

Na classificação das temáticas, a maioria dos trabalhos abordaram principalmente a qualidade (31%) e a sanidade (24,1%). Áreas como nutrição e produção resultaram em 13,8% cada. Por outro lado, temas relacionados ao manejo animal (10,3%) e à gestão e mercado (3,4% cada) foram menos trabalhados. Nesse quesito, verifica-se que mais da metade dos trabalhos estão difusos em diversas áreas, demonstrando que a pesquisa em zootecnia agroecológica já abrange um amplo leque de temas e ainda tem potencial para ampliar nessas áreas menos abordadas.

Entre as espécies contempladas neste levantamento, evidenciou-se a predominância de estudos voltados a bovinos e aves, como 34,5% cada. Em seguida, destacam-se os pequenos ruminantes, com 24,1% das publicações. Os trabalhos com outras espécies variadas e com peixes, obtiveram menos estudos publicados, resultando em apenas 3,4% cada. Não foram encontrados documentos científicos, que atendiam aos critérios dessa pesquisa, sobre suínos e abelhas. Esse maior número de trabalhos relacionados à bovinos de leite e aves de postura, pode estar relacionado ao maior acesso à essas espécies nos sistemas agroecológicos. Da mesma forma, Valente e Saravia (2024) analisando o estado da arte da agroecologia no Brasil, encontraram na maior parte dos trabalhos, analisados, estudos sobre bovinocultura de leite (34%) e avicultura (20,5%).

Tabela 1. Listagem dos 29 documentos encontrados no levantamento de dados, realizado de março a abril de 2026, em bases de dados eletrônicos de acesso aberto, classificados, alfabeticamente, de acordo com a temática zootécnica, espécie animal e produto final.

Autores	Classificação
Chies, 2019	Gestão da produção de bovinos de leite
Balem e Machado, 2019	Manejo de bovinos de leite
Ponte, 2010; Lourensi, 2018	Manejo de pequenos ruminantes
Cotrim, 2010	Mercado da carne de peixes

Autores	Classificação
Sauceda, 2017	Nutrição de aves de postura
Charão, 2006; Charão et al., 2008; Seibt, 2019	Nutrição de bovinos de leite
Kelber, 2025	Produção animal
Bechlin, 2023	Produção de aves de postura
Ferreira, 2022	Produção de bovinos de leite
Bechlin e Vieira, 2025	Produção de Ovos
Granella, 2013; Fernandez et al., 2018; Pigatto, 2018	Qualidade de leite bovino
Poletti, 2017; Poletti, Vieira e Maia, 2019a; Poletti, Vieira e Maia, 2019b; Poletti e Vieira, 2020; Poletti et al.,2021a; Viana, 2023	Qualidade de ovos
Poletti et al., 2021b	Sanidade de aves de postura
Agnolin et al., 2010	Sanidade de bovinos de leite
Schmidt et al., 2009; Parra et al., 2011; Santos, Vogel e Monteiro, 2011; Santos, Vogel e Monteiro, 2012; Souza, 2019;	Sanidade de pequenos ruminantes

Fonte: autoria própria

No que se refere aos produtos finais das cadeias produtivas analisadas, houve expressiva concentração de estudos relacionados ao leite, correspondendo a 37,9% das publicações, seguida pela produção de ovos, com 34,5%. Estudos que englobam diversos produtos tiveram 17,2% do total analisado, enquanto aqueles voltados à produção de carne obtiveram apenas 10,3%. Nos documentos resgatados não houve trabalhos sobre mel. De acordo com Lucion (2025), os produtos de origem animal, produzidos e processados no RS, são, basicamente, carne de frango, ovos e laticínios, como leite, iogurte e queijos. Nesse sentido, o maior número de trabalhos com leite e ovos se justifica. Verificou-se uma diversidade de produtos pesquisados, no entanto, poucos trabalhos envolveram espécies com propósito de produção de carne como produto final e nenhum deles esteve relacionado à carne de frango ou qualidade de carne.

Na análise da classificação por tipo de documento (Tabela 2), 37,9% dos trabalhos foram artigos científicos, seguidos de Dissertações e TCC (20,7% em cada). Já capítulos de livro

e teses, representaram 10,3% cada. Verificou-se com esses dados que a metade das publicações (teses, dissertações e TCC) foram encontradas em repositórios institucionais.

Tabela 2: Classificação e quantificação dos documentos científicos, publicados no RS, nos últimos 20 anos, de acordo com tipo de documento e instituição de origem.

Variável	Classificação	Total de documentos
Tipo de Documento	Artigo Científico	11
	Trabalho de Conclusão de Curso	6
	Dissertação	6
	Tese	3
	Capítulo de Livro	3
Instituição de Origem	UFRGS	14
	UFSM	10
	UNIPAMPA	2
	UFPEL	1
	UERGS	1
	UCS	1

Fonte: autoria própria.

Na análise das instituições de origem dos trabalhos científicos, foi verificado que a maior parte das publicações tiveram origem na UFRGS (48,3%) e na UFSM (34,5%) e também encontrou-se trabalhos da Unipampa (6,9%), UERGS, UFPEL e UCS (3,4%) cada. Com esses dados, verificou-se que mais de 90% dos trabalhos foram realizados em instituições públicas de ensino superior. Mendes e Fernandes (2022), realizaram um levantamento sobre publicações de resumos científicos nos Congressos de Agroecologia, e da mesma forma que nesta pesquisa, identificaram a importância vital das universidades públicas na produção e difusão do conhecimento agroecológico, tendo ampla maioria dos trabalhos científicos apresentados oriundos de instituições de ensino públicas.

A respeito da distribuição geográfica onde foram realizados os estudos, na Figura 1 verificou-se que a maior concentração de estudos foram realizados no município de Viamão, totalizando em 10 trabalhos realizados, seguido por Santa Maria onde foram realizados 7 estudos. Visto que Viamão é a cidade com o maior número de estabelecimentos de produção orgânica no Estado (Lucion, 2025), é esperado que a maioria dos trabalhos sejam oriundos deste município. Em Dom Pedrito, ocorreram 2 dos estudos e nos demais municípios ou regiões, que apresentaram menor frequência, foram realizados 1 estudo em cada. Adicionalmente, trabalhos cujas metodologias não especificaram o município, ou que

abrangeram várias cidades, foram agrupados como “Rio Grande do Sul”, totalizando 4 estudos. Verificou-se uma ampla distribuição por município, no entanto houve uma forte concentração de estudos na região metropolitana de Porto Alegre onde somaram-se 44,8% dos estudos. Segundo Lucion (2025), a região Metropolitana do RS é a que possui o maior número de produtores orgânicos do Estado (51,7%), o que pode justificar o maior número de trabalhos realizados nos municípios dessa região.

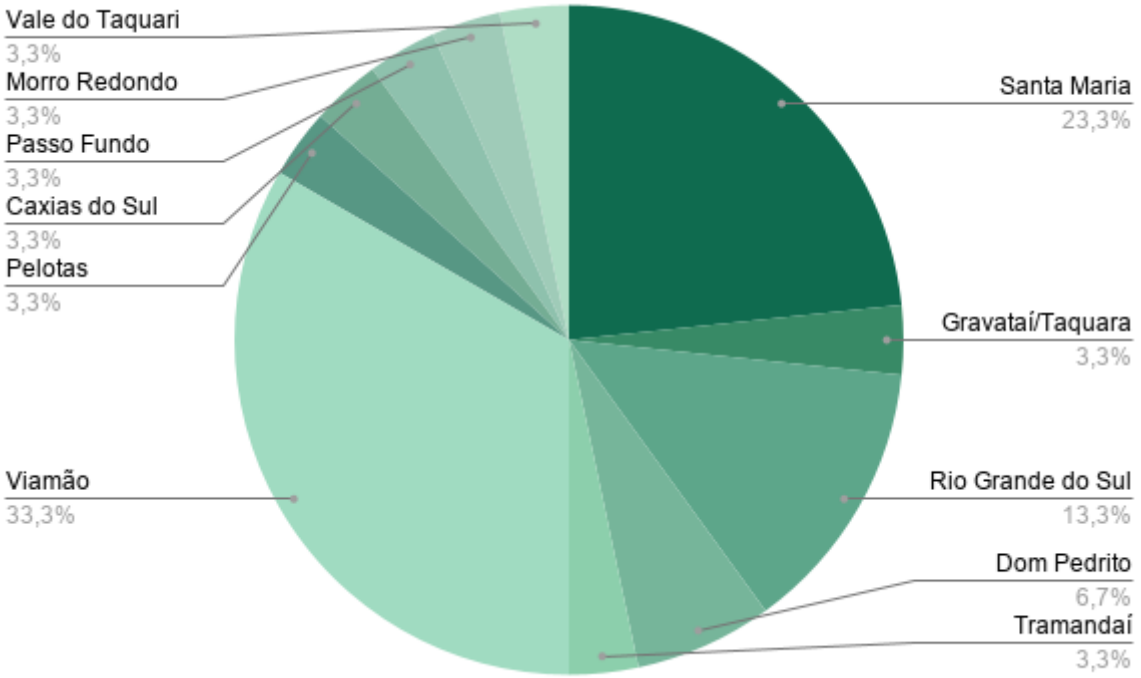


Figura 1: Classificação dos documentos científicos, relacionados à zootecnia agroecológica, de acordo com o município ou região em que os trabalhos foram realizados conforme descrito na metodologia de cada trabalho. Fonte: Fonte: autoria própria.

O ano com maior publicação de trabalhos científicos foi 2019, com um total de seis documentos, seguido por 2010 e 2018 com três trabalhos cada (Figura 2). Normalmente as pesquisas realizadas para a posterior confecção dos trabalhos científicos começam anos antes, no caso das teses de doutorado, 4 anos antes, dessa forma, é provável que todos esses trabalhos já estivessem em andamento e houve a coincidência da publicação no mesmo ano de 2019. Também foi possível constatar que nos últimos dez anos houve mais publicações que nos 10 anos anteriores, representando um aumento dos trabalhos publicados ao longo do tempo.

Figura 2: Análise do ano de publicação de trabalhos científicos publicados nos últimos 20 anos, por autores gaúchos, em zootecnia agroecológica. Fonte: autoria própria.

Na análise dos documentos científicos publicados nos últimos 20 anos no Rio Grande do Sul, relacionados à zootecnia agroecológica, verificou-se, de uma maneira geral, que foram publicados apenas um terço dos trabalhos como artigos científicos, e esse dado alerta para uma necessidade de maior número de publicações em revistas científicas. Nesse sentido, também foi constatado que a maior parte dos trabalhos foram conduzidos em universidades públicas, principalmente UFRGS e UFSM, e em sua maioria, foram realizados em municípios próximos dessas universidades, Viamão e Santa Maria, respectivamente.

Ao considerar os documentos científicos publicados nos últimos 20 anos no Rio Grande do Sul, relacionados à zootecnia agroecológica, verificou-se que, mais da metade dos trabalhos publicados estão vinculados à repositórios institucionais e apenas um terço foram publicados em revistas científicas. Os estudos deste levantamento foram conduzidos, em maior parte, por universidades públicas e realizados na região metropolitana de Porto Alegre, cujo pico de publicação foi no ano de 2019. Considerando os critérios desta análise, o maior número de trabalhos científicos foram realizados com qualidade de leite e ovos, e também sanidade em bovinos, ovinos e caprinos.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Um aspecto relevante foi que, apesar do pico de publicação ter sido em 2019, dois terços dos trabalhos foram publicados nos últimos 10 anos, o que nos atenta para um aumento no número de publicações. Interessante abordar que os documentos encontrados nos repositórios institucionais ainda são potenciais trabalhos para publicação em revistas científicas, o que provavelmente deve acontecer nos próximos anos, incrementando o número de publicações dessa natureza.

Ao analisar as áreas da zootecnia de maior interesse de pesquisa, os trabalhos abordaram principalmente a temática da qualidade sendo a maior parte realizados com bovinos e aves, cujos produtos em estudo foram leite e ovo, respectivamente. Esse dado pode estar relacionado à uma maior necessidade de aperfeiçoamento zootécnico nessas temáticas ou ainda à melhor organização da cadeia produtiva em leite e ovos de produção agroecológica. As cadeias produtivas dos demais produtos de origem animal produzidos em sistema agroecológico, como o de mel e de carnes, ainda estão em desenvolvimento, podendo impactar na condução dos estudos científicos. Outro ponto a ser considerado é que, diferentemente das pesquisas realizadas com sistemas de produção convencional (em diversas propriedades ou em estações experimentais dentro das instituições de ensino), a pesquisa científica em zootecnia agroecológica é desenvolvida dentro da propriedade rural e com nenhuma intervenção no sistema de produção, com o intuito de não descaracterizar o sistema, o que se torna um desafio científico para os pesquisadores, pois essas pesquisas resultarão em trabalhos diferentes dos tradicionais, e muitos serão estudos de caso, com menor ou nenhum número de repetições o que pode limitar a aplicação estatística nos dados coletados. Essas pesquisas demandam uma aplicação holística do método científico, o que pode dificultar a publicação dos trabalhos em revistas científicas, mas não deve impedir a produção do conhecimento científico em zootecnia agroecológica.

A pesquisa científica em zootecnia agroecológica no Rio Grande do Sul foi crescente e diversificada em temas, instituições, regiões, e espécie animal ao longo de 20 anos de publicações. Os trabalhos publicados espelham o avanço científico em zootecnia agroecológica em leite e ovos e transparecem a demanda por mais pesquisas científicas em produtos como mel e também pesquisas em carnes de diversas espécies zootécnicas.

REFERÊNCIAS

AGNOLIN, Carlos A. et al. Concentrações de óleo de citronela no controle do carrapato de bovinos. Revista Brasileira de Agroecologia, Brasília, v. 5, n. 2, p. 187–193, 2010. Disponível em: https://periodicos.unb.br/index.php/rbagroecologia/article/view/49120/37289 Acesso em: 31 mar 2026

BALEM, Tatiana A., MACHADO, Ricardo L. Sistemas de produção de leite de base ecológica: a construção das variáveis a partir de uma experiência de extensão rural em Santa Maria-RS. Revista Brasileira de Agroecologia, Brasília, v. 14, n. 1, p. 16, 2019. DOI: 10.33240/rba.v14i1.22785 Disponível em: https://periodicos.unb.br/index.php/rbagroecologia/article/view/50105 Acesso em: 31 mar 2026

BECHLIN, Pâmela; VIEIRA, Maitê M. Análise da produção de ovos orgânicos marrons em granja agroecológica ao longo de seis ciclos produtivos. Studies in Environmental and Animal Sciences, Curitiba, v. 6, n. 2, p. 1–22, 2025. DOI: 10.54020/seasv6n2-002 Disponível em: https://ojs.studiespublicacoes.com.br/ojs/index.php/seas/article/view/17025 Acesso em: 24 mar 2026

BECHLIN, Pâmela. Análise da produção de ovos orgânicos em granja agroecológica durante oito anos. 2023. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Bacharelado em Zootecnia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Faculdade de Agronomia, Porto Alegre, RS. 2023. Disponível em: https://lume.ufrgs.br/handle/10183/265884 Acesso em: 24 mar 2026

BRASIL. Lei nº 10.831, de 23 de dezembro de 2003. Dispõe sobre a agricultura orgânica e dá outras providências. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, 24 dez. 2003. Disponível em:https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/sustentabilidade/organicos/legislacao/portugues/lei-no-10-831-de-23-de-dezembro-de-2003.pdf/view . Acesso em: 20 abr. 2026.

BRASIL. Decreto nº 6.323, de 27 de dezembro de 2007. Regulamenta a Lei nº 10.831, de 23 de dezembro de 2003, que dispõe sobre a agricultura orgânica, e dá outras providências. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, 28 dez. 2007. Disponível em: https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/sustentabilidade/organicos/legislacao/portugues/decreto-no-06-323-de-27-de-dezembro-de-2007.pdf/view. Acesso em: 20 abr. 2026.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Portaria nº 52, de 15 de março de 2021. Estabelece procedimentos para o registro de estabelecimentos e produtos orgânicos, bem como diretrizes para sua fiscalização. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, 17 mar. 2021. Disponível em: https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/sustentabilidade/organicos/legislacao/portugues/PORTARIAMAPAN52.2021.pdf. Acesso em: 20 abr. 2026.

CHARÃO, Pablo S. Valor nutritivo de pastagens de capim-elefante manejadas sob sistema convencional e agroecológico. 2006. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS 2006. Disponível em: coralx.ufsm.br/ppgz/conteudo/Defesas/Dissertacoes/Pablo_Santini_Charao.pdf Acesso em: 7 abr 2026

CHARÃO, Pablo S., et al. Valor nutritivo de pastagens de capim-elefante manejadas sob sistema convencional e agroecológico. Ciência Rural, Santa Maria, v. 38, n. 4, p. 1092–1098, 2008. DOI: 10.1590/S0103-84782008000400029. Disponível em: https://www.scielo.br/j/cr/a/Xq4bSx4D33dm4bB3bgwGkzN/?lang=pt Acesso em: 31 mar 2026

CHIES, Andreia. Análise de custos e de rentabilidade na bovinocultura de leite para conversão da produção convencional em orgânica: estudo de caso numa propriedade rural familiar associada ao sistema cooperativo. 2019. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Bacharelado em Ciências Contábeis, Universidade de Caxias do Sul. Caxias do Sul, RS. 2019 Disponível em: https://repositorio.ucs.br/items/bcb4ffbd-8ddd-412f-96bc-1ba2ea9309d7 Acesso em: 7 abr 2026

COTRIM, Décio S. Agroecologia, sustentabilidade e os pescadores artesanais: o caso de Tramandaí (RS). Revista Brasileira de Agroecologia, Brasília, v. 5, n. 1, p. 148, 2010. Disponível em: https://periodicos.unb.br/index.php/rbagroecologia/article/view/49081 Acesso em: 31 mar 2026

FERNANDEZ, Victoria N. V., et al. Qualidade do leite ecológico produzido em uma unidade de produção do Rio Grande do Sul. Acta Scientiae Veterinariae, Porto Alegre v. 37, n.1, p. 45–48. 2018. DOI: 10.22456/1679-9216.16186 Disponível em: https://seer.ufrgs.br/index.php/ActaScientiaeVeterinariae/article/view/16186 Acesso em: 31 mar 2026

FERREIRA, Cássia M. Caracterização da atividade leiteira em Unidades de Produção Familiar Agroecológicas, no município de Morro Redondo, Rio Grande do Sul. 2022. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Pelotas, Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Territorial e Sistemas Agroindustriais, RS. 2022. Disponível em: https://guaiaca.ufpel.edu.br/handle/prefix/9297 Acesso em: 7 abr 2026

GRANELLA, Vanusa. Qualidade do leite produzido em sistemas orgânico e convencional. 2013. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia dos Alimentos) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2013. Disponível em: https://repositorio.ufsm.br/handle/1/3406 Acesso em: 7 abr 2026

KELBER, Frederico V. Caracterização da transição agroecológica de sistemas agroalimentares em unidades de produção familiar no Vale do Taquari e região metropolitana de Porto Alegre, RS. 2025. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual do Rio Grande do Sul, Mestrado Profissional em Ambiente e Sustentabilidade, Unidade Hortênsias, RS. 2025 Disponível em:

https://repositorio.uergs.edu.br/xmlui/bitstream/handle/123456789/3954/_com_ficha_dissertaacaao_frederico_vianna_kelber_final_biblioteca_nov_2025_%289%29.pdf?sequence=1&isAllowed=y Acesso em: 7 abr 2026

LUCION, Jéssica. M. R. Produção orgânica no Rio Grande do Sul – uma análise a partir do Censo Agropecuário e do CNPO. Revista de Economia e Sociologia Rural, Brasília, v. 63, n. e282296. p 1-22. 2025. DOI: 10.1590/1806-9479.2025.282296. Disponível em: https://revistasober.org/article/doi/10.1590/1806-9479.2025.282296 Acesso em: 05 mai. 2026.

LOURENSI, Luísa I. Transição agroecológica da ovinocultura em uma propriedade em Dom Pedrito/ RS: um estudo de caso. 2018. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização) – Curso de Pós-Graduação em Gestão e Inovação do Agronegócio, Universidade Federal do Pampa, Dom Pedrito, RS. 2018. Disponível em: https://repositorio.unipampa.edu.br/items/8fdd5af1-5352-4cc8-a594-17f2e81e85bd Acesso em: 7 abr 2026

MACHADO FILHO, Luiz C. P. et al. Criação Animal Agroecológica: Reflexões e Desafios. Revista Brasileira de Agroecologia, Brasília, v. 18, n.1, p. 214–237. 2023. DOI: 10.33240/rba.v18i1.23763 Disponível em: https://periodicos.unb.br/index.php/rbagroecologia/article/view/49929 Acesso em: 31 mar 2026

MENDES, Eduardo; FERNANDES, Bruna L. P. A difusão do conhecimento agroecológico no brasil a partir da identificação da procedência dos participantes de eventos científicos. Revista Brasileira de Agroecologia, Brasília, v. 17, n. 2, p. 72-89. 2022 DOI: 10.33240/rba.v17i2.23549 Disponível em: https://periodicos.unb.br/index.php/rbagroecologia/article/view/49899 Acesso em: 31 mar 2026

PARRA, Carla L. C. et. al. Alteração da carga de endoparasitas em ovinos submetidos a diferentes níveis de folha de bananeira na alimentação. Revista Brasileira de Agroecologia, Brasília, v. 6, n. 2, p. 111–116. 2011. Disponível em: https://periodicos.unb.br/index.php/rbagroecologia/article/view/49223 Acesso em: 31 mar 2026

PIGATTO, Giane M. Aflatoxina M1 e bifenilos policlorados (PCBs) em leites produzidos em sistemas convencional e orgânico. 2018. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Ciências Rurais, Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia dos Alimentos, Santa Maria, RS. 2018 Disponível em: https://repositorio.ufsm.br/handle/1/23031 Acesso em: 7 abr 2026

POLETTI, Bruna, et al. Qualidade de ovos de produção orgânica ao longo de cinquenta semanas de postura. Revista Brasileira de Agroecologia, Brasília, v. 16, n. 1, p. 73-80. 2021. DOI: 10.33240/rba.v16i1.23170 **a** Disponível em: https://periodicos.unb.br/index.php/rbagroecologia/article/view/49945 Acesso em: 31 mar 2026

POLETTI, Bruna et al. Controle de endoparasitoses em galinhas no sistema orgânico de produção. In: OELKE, Carlos A. Suinocultura e Avicultura: Do Básico a Zootecnia De Precisão. São Paulo: Editora Científica Digital, 2021. p. 154-166. **b** DOI: https://doi.org/10.37885/210203331 Disponível em: https://www.editoracientifica.com.br/books/chapter/210203331 Acesso em: 24 mar 2026

POLETTI, Bruna.; VIEIRA, Maitê M. Vida de prateleira de ovos de poedeiras com diferentes idades de postura em sistema orgânico de produção. 2020. Brazilian Journal of Animal and Environmental Research, Curitiba, v.4, n.1, p. 2-15 jan./mar. 2021 Disponível em: http://hdl.handle.net/10183/252719 Acesso em: 24 mar 2026

POLETTI, Bruna; VIEIRA, Maitê M.; MAIA, Daniela. Estabilidade de espuma de ovos de sistema orgânico de produção ao longo da sua vida de prateleira. In: VIEIRA, Vanessa B.; PIOVESAN, Natiéli. Avanços e Desafios da Nutrição 4. ed. 1. Ponta Grossa: Atena Editora, 2019. p. 87–93. **a** Disponível em: https://lume.ufrgs.br/handle/10183/198300 Acesso em: 24 mar 2026

POLETTI, Bruna; VIEIRA, Maitê M.; MAIA, Daniela. Qualidade de albúmen de ovos de poedeiras com idade de postura avançada em sistema de produção orgânico. In: VIEIRA, Vanessa B.; PIOVESAN, Natiéli. Avanços e Desafios da Nutrição 4. ed. 1. Ponta Grossa: Atena Editora, 2019. p. 262-268. **b** Disponível em: https://lume.ufrgs.br/handle/10183/198218 Acesso em: 24 mar 2026

POLETTI, Bruna. Vida de prateleira de ovos de poedeiras com diferentes idades de postura em sistema orgânico de produção. 2017. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Faculdade de Agronomia, Programa de Pós Graduação em Zootecnia, Porto Alegre, RS. 2017. Disponível em: https://lume.ufrgs.br/handle/10183/179116 Acesso em: 24 mar 2026

PONTE, Bruna M. Produção de ovinos orgânicos. 2010. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Zootecnia) – Universidade Federal do Pampa, Dom Pedrito, 2010. Disponível em: https://repositorio.unipampa.edu.br/items/7da4ad8b-c864-4050-b55c-2a4fd7cc81e2 Acesso em: 31 mar 2026

SAUCEDA, Douglas R. Qualidade de ovos e metabolismo em poedeiras com diferentes idades e fitase na dieta em sistema orgânico. 2017. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Faculdade de Agronomia, Programa de Pós Graduação em Zootecnia, Porto Alegre, RS. 2017. Disponível em: https://lume.ufrgs.br/handle/10183/159516 Acesso em: 24 mar 2026

SANTOS, Fernanda C. C., VOGEL, Fernanda S. F., MONTEIRO, Silvia G. Extrato aquoso de alho (Allium sativum) sobre nematóides gastrintestinais de ovinos. Revista Brasileira de Agroecologia, Brasília, v. 7, n. 1, p. 139–144, 2012. Disponível em: https://periodicos.unb.br/index.php/rbagroecologia/article/view/49308 Acesso em: 31 mar 2026

SANTOS, Fernanda C. C., VOGEL, Fernanda S. F., & MONTEIRO, Silvia G. Efeito do Suco de alho (Allium sativum L.) sobre endoparasitas gastrintestinais de ovinos. Revista Brasileira de Agroecologia, Brasília, v. 6, n. 3, p. 176–181. 2011. Disponível em: https://periodicos.unb.br/index.php/rbagroecologia/article/view/49265 Acesso em: 31 mar 2026

SCHMIDT, Verônica et al. Caracterização da mastite subclínica em caprinos produzidos em sistema orgânico no Rio Grande do Sul. Pesquisa Veterinária Brasileira, Rio de Janeiro, v. 29, n. 9, p. 774–778, 2009. DOI: 10.1590/S0100-736X2009000900015 Disponível em: https://www.scielo.br/j/pvb/a/467zfv3PPQ8kQmQVpzgf5Fr/?lang=pt Acesso em: 31 mar 2026

SEIBT, Daiane C. Avaliação de pastos de capim elefante em sistemas forrageiros de produção convencional e orgânica sob pastejo. 2019. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Ciências Rurais, Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Santa Maria, RS. 2019. Disponível em: https://repositorio.ufsm.br/handle/1/17246 Acesso em: 31 mar 2026

SOUZA, Roberta S. Alternativas de controle de nematódeos gastrointestinais em pequenos ruminantes: revisão bibliográfica. 2019. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Bacharelado em Medicina Veterinária, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS. 2019. Disponível em: https://lume.ufrgs.br/handle/10183/236878 Acesso em: 31 mar 2026

VALENTE, Luiza C. M.; SARAVIA, Celmira. The state of the art of agroecological or organic animal production systems in Brazil: a systematic review. Revista Brasileira de Agroecologia, v.19, n. 1, p. 13–37. 2024. DOI: 10.33240/rba.v19i1.51378 Disponível em: https://periodicos.unb.br/index.php/rbagroecologia/article/view/51378/39871 Acesso em: 31 mar 2026

VIANA, Fernanda B.. Vida de prateleira de ovos de poedeiras com extrato de acácia negra na dieta em sistema orgânico de produção. 2023. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Bacharelado em Zootecnia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Faculdade de Agronomia, Porto Alegre, RS, 2023. Disponível em: https://lume.ufrgs.br/handle/10183/259898 Acesso em: 24 mar 2026

WEZEL, Alexander et al. Agroecology as a science, a movement and a practice. A review. Agronomy for Sustainable Development, Paris, v. 29, n. 4, p. 503–515, 2009. DOI 10.1051/agro/2009004. Disponível em: :http://link.springer.com/10.1051/agro/2009004. Acesso em 06 mai 2026.

CAPÍTULO IV

BUBALINOCULTURA NO MARANHÃO: DINÂMICA DO REBANHO, CONCENTRAÇÃO TERRITORIAL E PRIORIDADES DE PESQUISA PARA O SUL MARANHENSE

BUFFALO FARMING IN MARANHÃO, BRAZIL: HERD DYNAMICS, TERRITORIAL CONCENTRATION, AND RESEARCH PRIORITIES FOR SOUTHERN MARANHÃO

DOI: 10.51859/amplla.mac6322-4

José Luiz Leonardo de Araujo Pimenta [1]
Jemima Camelo de Sousa [2]
Marlene Sipauba de Oliveira [3]
Arléia Medeiros Maia [4]
Raiane Ribeiro dos Santos [5]
Yasmim Santana Duarte da Cunha [6]
Kaylane do Nascimento Santos [7]
Tyago Rodrigues Nunes [8]

[1] Doutor em Zootecnia/Professor EBTT, IFMA – Campus São Raimundo das Mangabeiras.
[2] Mestra em Agricultura e Ambiente/ Professora EBTT, IFMA – Campus São Raimundo das Mangabeiras.
[3] Doutora em Ciência Animal/Professora EBTT, IFMA – Campus São Raimundo das Mangabeiras.
[4] Mestra em Ciência Animal/ Professora ETEC – Juara, MT.
[5,6,7,8] Discentes do curso de Bacharelado em Zootecnia, IFMA – Campus São Raimundo das Mangabeiras.

RESUMO

A bubalinocultura maranhense combina relevância numérica com forte concentração territorial e uma base científica espacialmente assimétrica. Esta revisão narrativa crítica, complementada por análise documental de dados secundários, avaliou a dinâmica do efetivo, a configuração produtiva e a transferibilidade das evidências disponíveis para o Sul Maranhense. Foram priorizados artigos indexados e fontes institucionais verificáveis, com busca bibliográfica atualizada em agosto de 2026; os dados pecuários oficiais utilizados abrangem 2019–2024. O rebanho do Maranhão aumentou de 89.105 para 95.152 cabeças (+6,79 %), enquanto o efetivo brasileiro cresceu 25,88 %, reduzindo a participação estadual de 6,21 % para 5,27 %. Dados da defesa sanitária publicados para 2020 mostram que 64,8 % dos bubalinos registrados nessa base estavam concentrados na Unidade Regional de Viana, enquanto as regionais de Balsas e São João dos Patos apresentavam efetivos residuais. A evidência primária maranhense permanece majoritariamente localizada na Baixada e deriva de estudos com alcance territorial limitado, o que restringe extrapolações para ambientes de Cerrado. Evidências recentes reforçam a relevância do conforto térmico, manejo de pastagens, biosseguridade e uso criterioso de coprodutos, mas sua eficiência no Sul do estado deve ser demonstrada localmente. Conclui-se que São Raimundo das Mangabeiras e entorno devem ser tratados como fronteira de pesquisa, priorizando diagnóstico territorial, desempenho, ambiência, alimentação, sanidade, economia e mercado antes de recomendações de expansão.

Palavras-chave: *Bubalus bubalis*. Produção animal. Cerrado brasileiro. Sistemas integrados. Pecuária sustentável.

ABSTRACT

Buffalo farming in Maranhão combines numerical relevance with marked territorial concentration and a spatially asymmetric scientific evidence base. This critical narrative review, complemented by documentary analysis of secondary data, evaluated herd dynamics, production structure, and the transferability of available evidence to southern

Maranhão. Indexed articles and verifiable institutional sources were prioritized, with the literature search updated in August 2026; official livestock data covered 2019–2024. The Maranhão buffalo herd increased from 89,105 to 95,152 head (+6.79 %), whereas the Brazilian herd grew by 25.88 %, reducing the state's share from 6.21 % to 5.27 %. Animal-health data published for 2020 showed that 64.8 % of the buffaloes recorded in that database were concentrated in the Viana Regional Unit, whereas the Balsas and São João dos Patos regional units had residual herd sizes. Primary evidence from Maranhão remains largely concentrated in the Baixada region and is based on studies with limited territorial coverage, restricting direct extrapolation to Cerrado environments. Recent evidence reinforces the relevance of thermal comfort, pasture management, biosecurity, and careful use of agro-industrial coproducts, although their effectiveness in southern Maranhão must be locally demonstrated. São Raimundo das Mangabeiras and surrounding areas should therefore be considered a research frontier, prioritizing territorial diagnosis, animal performance, thermal environment, nutrition, health, economics, and markets before recommending expansion.

Keywords: *Bubalus bubalis*. Animal production. Brazilian Cerrado. Integrated systems. Livestock sustainability.

1. INTRODUÇÃO

A bubalinocultura brasileira reúne sistemas de produção heterogêneos, incluindo rebanhos destinados à carne, leite e múltiplas finalidades. Em 2024, o Brasil registrou aproximadamente 1,81 milhão de bubalinos na Pesquisa da Pecuária Municipal (PPM), confirmando a relevância da espécie na pecuária nacional, embora sua distribuição permaneça concentrada em determinadas regiões e estados[1]. A diversidade de ambientes em que o búfalo é criado não autoriza, entretanto, a interpretação de que sua reconhecida capacidade adaptativa torne todos os sistemas tecnicamente ou economicamente equivalentes.

No Maranhão, essa cautela é particularmente importante. A atividade consolidou-se historicamente na Baixada Maranhense, onde áreas sazonalmente inundáveis, campos naturais e trajetória social de criação favoreceram a formação de um núcleo produtivo expressivo. Dados da Agência Estadual de Defesa Agropecuária do Maranhão (AGED/MA) compilados para 2020 demonstram forte concentração dos registros na Unidade Regional de Viana, enquanto unidades do sul apresentavam números residuais[2]. Revisões estaduais também reconhecem a assimetria territorial da atividade e a predominância de informações provenientes da Baixada[3].

Em escala amazônica e tropical, revisões recentes mostram que a eficiência da bubalinocultura depende de interação entre recursos forrageiros, manejo, genética, sanidade, ambiência, disponibilidade hídrica e organização da cadeia de valor[4,5]. Assim, a rusticidade da espécie deve ser entendida como uma característica biológica útil, e não como substituto de planejamento nutricional, controle sanitário, conforto térmico ou avaliação de mercado.

A evidência primária disponível para o Maranhão é relevante, mas possui limitações de escala. Levantamentos realizados em Viana e Cajari identificaram dependência da agricultura familiar, baixa assistência técnica, limitações gerenciais e fragilidades de comercialização[6,7]. Mais recentemente, estudo em Penalva mostrou que a produção leiteira permanece caracterizada por pequena escala e gargalos estruturais em parte das propriedades avaliadas[8]. Esses trabalhos constituem referências essenciais para compreender a Baixada, porém não representam automaticamente as condições produtivas do Sul Maranhense.

São Raimundo das Mangabeiras insere-se em ambiente de Cerrado e possui base agropecuária distinta daquela observada na Baixada. A questão científica relevante, portanto, não é presumir que a bubalinocultura seja inviável ou promissora na região, mas determinar quais componentes do conhecimento existente são transferíveis, quais exigem validação local e quais permanecem desconhecidos. Essa distinção aumenta a utilidade da revisão ao transformar ausência de dados em hipóteses testáveis, evitando recomendações fundamentadas apenas em analogias.

Diante disso, objetivou-se analisar criticamente a dinâmica recente do rebanho bubalino no Maranhão, examinar a concentração territorial da atividade, avaliar a qualidade e a transferibilidade das principais evidências produtivas, sanitárias e de ambiência disponíveis e propor prioridades de pesquisa para o Sul Maranhense, com ênfase em São Raimundo das Mangabeiras.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. DELINEAMENTO DA REVISÃO E ESTRATÉGIA DE BUSCA

O estudo foi conduzido como revisão narrativa crítica, complementada por análise documental de dados secundários. A opção por uma abordagem narrativa foi deliberada: a questão examinada integra evidências heterogêneas (levantamentos de propriedades, estudos sanitários, pesquisas fisiológicas e nutricionais, revisões temáticas, estatísticas oficiais e documentos de caracterização territorial) que diferem substancialmente em delineamento, população, variável-resposta e unidade espacial. Por esse motivo, não foram realizados metanálise, estimativa combinada de efeitos ou aplicação do protocolo PRISMA.

A busca bibliográfica foi atualizada até 27 de agosto de 2026. Foram consultados PubMed, SciELO, páginas oficiais de periódicos e repositórios ou portais institucionais, com

ênfase em publicações relacionadas ao Maranhão e em literatura recente sobre produção, ambiência, sanidade, carne, leite e nutrição de bubalinos. Foram empregados, isoladamente ou em combinação, os termos “bubalinos”, “búfalos”, “Bubalus bubalis”, “bubalinocultura”, “Maranhão”, “Baixada Maranhense”, “São Raimundo das Mangabeiras”, “Sul Maranhense”, “water buffalo”, “buffalo production”, “buffalo meat”, “buffalo milk”, “heat stress”, “shade”, “agro-industrial by-products” e “integrated systems”. Foram considerados trabalhos em português e inglês. A busca teve caráter direcionado e crítico, com leitura do título e resumo e, quando pertinente, conferência do texto completo e da fonte original; não foi apresentada como levantamento bibliométrico ou revisão sistemática exaustiva.

Foram priorizados: (i) estudos diretamente conduzidos no Maranhão; (ii) artigos indexados recentes capazes de sustentar mecanismos biológicos ou práticas de manejo relevantes à interpretação do contexto maranhense; e (iii) fontes oficiais necessárias à caracterização do efetivo e do território. Trabalhos mais antigos foram mantidos quando constituíam evidência primária local ainda sem substituto mais atual. Foram excluídos registros duplicados, materiais sem autoria ou procedência verificável, conteúdos opinativos sem base documental e dados cuja unidade territorial não pudesse ser identificada com segurança.

2.2. DADOS SECUNDÁRIOS E ANÁLISE QUANTITATIVA

A análise quantitativa utilizou o efetivo de bubalinos do Brasil e do Maranhão entre 2019 e 2024, obtido na PPM/IBGE, Tabela 3939[1]. Foram calculados: participação percentual do Maranhão no rebanho nacional, variação anual do efetivo estadual e índice de evolução com base 2019 = 100. Os cálculos foram descritivos e tiveram como finalidade identificar direção e magnitude das mudanças recentes, sem inferência causal.

Para caracterizar a concentração espacial em 2020, utilizaram-se os registros da AGED/MA publicados por Silva *et al.*[2], organizados pelas 18 Unidades Regionais do serviço veterinário oficial. Essas unidades são recortes administrativos que abrangem conjuntos de municípios e não devem ser interpretadas como efetivos do município-sede. Por essa razão, os dados da AGED/MA não foram combinados matematicamente com séries municipais do IBGE; as duas fontes foram utilizadas de forma complementar.

2.3. AVALIAÇÃO CRÍTICA E TRANSFERIBILIDADE DAS EVIDÊNCIAS

A síntese não se limitou à identificação do achado principal de cada estudo. Para as evidências diretamente relacionadas ao Maranhão foram considerados o desenho do estudo, o recorte territorial, a natureza da amostra, a atualidade dos dados, a variável investigada e a possibilidade de generalização. A transferibilidade para o Sul Maranhense foi discutida qualitativamente como alta, moderada ou baixa, a partir de três critérios narrativos: dependência da variável em relação ao contexto territorial, natureza do mecanismo avaliado e proximidade ambiental ou produtiva com o contexto de interesse. Essa classificação é uma ferramenta heurística de síntese elaborada pelos autores e não corresponde a um escore validado de qualidade metodológica. Evidências biológicas gerais, como mecanismos de estresse térmico, foram consideradas mais transferíveis do que estimativas locais de prevalência de doenças, produtividade, preço ou organização de mercado.

Essa abordagem permite separar três níveis de inferência: evidência diretamente observada no Maranhão; evidência externa biologicamente plausível, mas dependente de validação local; e hipótese de pesquisa ainda não demonstrada. A distinção foi mantida ao longo da discussão para evitar extrapolações indevidas e tornar explícito o grau de incerteza associado às recomendações propostas.

2.4. LIMITAÇÕES DA REVISÃO

A literatura maranhense sobre bubalinocultura é espacialmente concentrada e utiliza diferentes unidades de análise. Além disso, a revisão narrativa não assegura exaustividade bibliográfica e não produz uma medida formal de risco de viés. A ausência de estudos específicos em São Raimundo das Mangabeiras foi interpretada como lacuna nas fontes consultadas, e não como prova de inexistência de criatórios ou inviabilidade da espécie. Dados oficiais posteriores a 2024 não estavam disponíveis na série pecuária adotada no momento da análise.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. DINÂMICA RECENTE DO REBANHO BUBALINO

Entre 2019 e 2024, o efetivo bubalino do Maranhão aumentou de 89.105 para 95.152 cabeças, crescimento acumulado de 6,79 %. No mesmo período, o rebanho brasileiro passou

de 1.433.989 para 1.805.145 cabeças, aumento de 25,88 %[1]. Portanto, o crescimento estadual foi positivo em termos absolutos, porém insuficiente para acompanhar a expansão nacional.

Tabela 1. Efetivo bubalino no Brasil e no Maranhão, participação estadual e variação anual do rebanho maranhense, 2019–2024.

Ano	Brasil (cabeças)	Maranhão (cabeças)	MA/Brasil (%)	Variação MA (%)
2019	1.433.989	89.105	6,21	—
2020	1.502.254	93.945	6,25	5,43
2021	1.551.812	95.811	6,17	1,99
2022	1.598.268	97.157	6,08	1,40
2023	1.672.956	97.212	5,81	0,06
2024	1.805.145	95.152	5,27	-2,12

Fonte: elaborado pelos autores com base na Pesquisa da Pecuária Municipal – IBGE, Tabela 3939.

A participação maranhense no efetivo nacional reduziu de 6,21 % para 5,27 %. A queda relativa não representa colapso estadual; indica que o crescimento ocorreu em ritmo menor que o observado no conjunto do país. Em 2024, especificamente, o rebanho maranhense recuou 2,12 % em relação a 2023, enquanto o total brasileiro manteve trajetória ascendente[1].

A evolução relativa do efetivo evidencia uma diferença estrutural que os números absolutos ocultam. O Maranhão atingiu índice 109,10 em 2023 e recuou para 106,79 em 2024, enquanto o Brasil alcançou 125,88. O resultado sugere perda de dinamismo relativo e reforça que a posição histórica do estado entre os maiores rebanhos não deve ser confundida com expansão recente da atividade.

Do ponto de vista de política produtiva, esse padrão desloca a pergunta de "quantos animais existem" para "em quais sistemas os animais geram eficiência, regularidade e valor". A simples expansão do efetivo, desacompanhada de gestão, assistência técnica e mercado, pode reproduzir gargalos já identificados nas regiões tradicionais.

3.2. CONCENTRAÇÃO TERRITORIAL E DIFERENÇAS ENTRE AS BASES DE INFORMAÇÃO

Os registros da AGED/MA para 2020 compilados por Silva *et al*.[2] totalizaram 95.343 bubalinos nas 18 Unidades Regionais. A Unidade Regional de Viana concentrava 61.782 animais, equivalentes a aproximadamente 64,8 % do total. Pinheiro, Itapecuru Mirim e Codó apresentavam efetivos intermediários, enquanto Balsas e São João dos Patos registravam, respectivamente, 18 e quatro bubalinos.

Tabela 2. Unidades Regionais selecionadas da AGED/MA e efetivo bubalino registrado em 2020.

Unidade Regional	Bubalinos	Participação (%)	Interpretação
Viana	61.782	64,8	Principal concentração; núcleo associado à Baixada Maranhense
Pinheiro	7.879	8,3	Concentração relevante no norte/baixada
Itapecuru Mirim	6.023	6,3	Efetivo intermediário
Codó	3.681	3,9	Efetivo intermediário
Balsas	18	0,02	Presença residual no recorte regional
São João dos Patos	4	<0,01	Presença residual no recorte regional

Fonte: Silva *et al*. (2023), com dados da AGED/MA. Unidades Regionais abrangem conjuntos de municípios.

A intensidade da concentração confirma a Baixada como principal núcleo da atividade no estado e ajuda a explicar por que grande parte da literatura maranhense identificada nas fontes consultadas foi produzida nessa região[2,3]. Contudo, os registros administrativos da defesa sanitária e a PPM não são diretamente intercambiáveis. Divergências podem resultar de conceito, cobertura cadastral, atualização dos registros e unidade territorial. Para estudos futuros no Sul, a melhor estratégia é cruzar, sem somar indevidamente, PPM municipal, cadastro sanitário atualizado e verificação de campo.

3.3. FORÇA E LIMITAÇÕES DA EVIDÊNCIA PRODUZIDA NO MARANHÃO

A interpretação do estado da arte exige atenção à qualidade e ao alcance das evidências locais. Lima *et al*.[6] caracterizaram produtores em Viana e documentaram importância da atividade para a renda familiar e deficiência de orientação técnica. Santos *et al*.[7] avaliaram 30 produtores em Viana e Cajari, identificando baixa tecnificação e fragilidades organizacionais. Esses estudos permanecem relevantes como linha de base, mas são temporalmente antigos e territorialmente restritos; portanto, não devem ser apresentados como retrato integral do Maranhão em 2026.

A evidência mais recente também requer leitura crítica. Costa *et al*.[8] estudaram propriedades leiteiras em Penalva e atualizaram o diagnóstico de pequena escala, ordenha manual e limitações de infraestrutura. O trabalho é importante pela atualidade, mas o delineamento transversal e a amostragem não probabilística limitam generalizações estaduais. Da mesma forma, os registros da AGED/MA publicados por Silva *et al*.[2] são robustos

para demonstrar contraste territorial em 2020, mas não substituem levantamento municipal contemporâneo.

Tabela 3. Avaliação crítica de evidências-chave para a bubalinocultura maranhense.

Referência	Recorte	Desenho/evidência	Força	Limitação principal	Transferibilidade
Lima *et al.* (2015)	Viana	Caracterização de produtores	Evidência primária local; identifica renda e ATER	Estudo localizado e antigo	Moderada para gestão; baixa para estimativas atuais
Santos *et al.* (2016)	Viana/Cajari	Cadeia de corte; 30 produtores	Integra produção, gestão e comercialização	Amostra pequena e recorte restrito	Moderada para gargalos de cadeia
Gerude Neto *et al.* (2022)	Maranhão	Revisão narrativa	Síntese da distribuição e contexto estadual	Não gera dado primário novo	Moderada como panorama
Silva *et al.* (2023)	Maranhão	Registros AGED/MA 2020	Quantifica forte concentração regional	Unidade administrativa; defasagem temporal	Alta para padrão de concentração; baixa para município atual
Serra *et al.* (2024)	Baixada	Estudo sanitário	Demonstra circulação de T. vivax em búfalos	Não representa prevalência estadual	Moderada para risco sanitário; baixa para prevalência no Sul
Costa *et al.* (2026)	Penalva	Estudo transversal leiteiro	Atualiza gargalos produtivos e estruturais	Amostragem localizada/não probabilística	Moderada para problemas de pequena escala

Fonte: síntese crítica dos autores. Transferibilidade refere-se ao uso da evidência para formular hipóteses no Sul Maranhense, não à reprodução direta de valores.

O principal ganho analítico dessa comparação é evitar duas simplificações opostas. A primeira seria considerar a ausência de estudos no Sul como evidência de inviabilidade. A segunda seria assumir que resultados obtidos na Baixada podem ser transferidos integralmente para o Cerrado. O estado atual do conhecimento sustenta uma posição intermediária: há base suficiente para formular hipóteses, mas insuficiente para recomendações regionais definitivas.

3.4. SISTEMAS DE PRODUÇÃO, GESTÃO E ORGANIZAÇÃO DA CADEIA

Os sistemas descritos no Maranhão são predominantemente extensivos e, em parte relevante, vinculados à agricultura familiar[6,7]. A baixa adoção de escrituração zootécnica e controles gerenciais aparece como limitação recorrente. Esse aspecto é mais importante do

que uma simples classificação entre “extensivo” e “intensivo”, porque a ausência de registros impede estimar fertilidade, mortalidade, ganho de peso, idade ao abate, custo alimentar e margem por animal.

Revisões sobre sistemas bubalinos tropicais reforçam que produtividade depende da qualidade do manejo de pastagens, oferta de água, planejamento alimentar e ajuste do sistema ao ambiente[4,5]. Assim, modernização não significa necessariamente confinamento ou alto uso de insumos. Em propriedades familiares, identificação individual, controle de nascimentos, condição corporal, pesagens estratégicas e calendário forrageiro podem oferecer maior retorno gerencial que a adoção isolada de tecnologias sem monitoramento.

Para o Sul Maranhense, a organização da cadeia precisa ser avaliada antes da expansão do rebanho. A presença de pecuária bovina, grãos e infraestrutura agroindustrial reduz algumas barreiras logísticas, mas não assegura comprador, preço diferenciado, escala mínima de abate ou canal formal para leite bubalino. A decisão produtiva exige diagnóstico de demanda e não apenas diagnóstico de capacidade de criar o animal.

3.5. CARNE BUBALINA: POTENCIAL DE DIFERENCIAÇÃO E RESTRIÇÕES DE MERCADO

A literatura internacional mostra que a carne bubalina possui características que permitem inserção em mercados de carne vermelha, porém sua valorização depende de idade ao abate, acabamento, processamento e comunicação ao consumidor[9]. A espécie não cria, por si só, um produto premium: sem identidade comercial e segregação adequada, a carne pode ser negociada como commodity indiferenciada, reduzindo a captura de valor pelo produtor.

No Maranhão, Santos *et al*.[7] identificaram baixa coordenação entre produção, abate e distribuição e dependência de intermediários em parte dos sistemas avaliados. Como esses dados são de 2016 e provenientes de Viana/Cajari, precisam ser atualizados. Entretanto, eles oferecem uma hipótese clara para o Sul: antes de aumentar o efetivo, devem ser investigados a disposição de frigoríficos em receber bubalinos, requisitos de lote, distância de transporte, critérios de pagamento, aceitação do varejo e conhecimento do consumidor.

Um estudo de mercado regional deveria separar três questões: existência de demanda por carne bubalina identificada; possibilidade de comercialização sem diferenciação; e preço necessário para compensar eventuais custos adicionais de logística ou escala. Essa separação evita confundir capacidade de abate com existência de cadeia economicamente atrativa.

3.6. LEITE, QUALIDADE E AGREGAÇÃO DE VALOR

O leite de búfala apresenta composição e propriedades tecnológicas que favorecem a produção de derivados de maior valor agregado, especialmente queijos[10]. Estudos recentes indicam que a produção e a composição do leite de ruminantes em regiões quentes variam com condições ambientais, e que, em búfalas, a estação do ano pode influenciar componentes do leite e indicadores como a contagem de células somáticas[11,12]. Portanto, o maior teor de sólidos característico do leite bubalino não elimina exigências de higiene, refrigeração, regularidade de entrega e processamento formal, aspectos particularmente relevantes diante dos gargalos estruturais descritos em propriedades maranhenses[8].

Em Penalva, Costa *et al*.[8] observaram pequena escala de produção, ordenha manual e limitações estruturais, com parte expressiva das produções individuais concentrada em faixas baixas de litros por búfala/dia. Esses resultados são úteis para reconhecer gargalos reais da cadeia leiteira maranhense, mas não definem o potencial produtivo de animais submetidos a outros sistemas alimentares e de manejo.

No Sul do estado, a hipótese de produção leiteira deve ser precedida por análise de mercado e infraestrutura. O fator limitante pode não ser o potencial biológico da búfala, mas a inexistência de rota de coleta, laticínio habilitado, mão de obra para ordenha ou volume contínuo que justifique processamento. Ensaios de aceitabilidade e disposição a pagar por derivados devem ser vinculados a estudo de custos e exigências sanitárias.

3.7. SANIDADE E BIOSSEGURIDADE NA FORMAÇÃO DE NOVOS NÚCLEOS

A expansão para áreas com baixo efetivo provavelmente dependeria da introdução de matrizes e reprodutores. Isso transforma o trânsito animal em ponto crítico de biosseguridade. Serra *et al*.[13] detectaram evidências sorológicas e moleculares de Trypanosoma vivax em búfalos da Baixada Maranhense, demonstrando que agentes de importância produtiva circulam em rebanhos do estado. O resultado não permite estimar prevalência no Sul, mas justifica triagem sanitária e rastreabilidade da origem dos animais.

A formação de rebanhos experimentais ou comerciais deve cumprir as exigências oficiais aplicáveis ao trânsito animal e integrar rastreabilidade da origem, histórico sanitário, avaliação clínica e medidas de biosseguridade compatíveis com os riscos identificados. A genética e o desempenho de um reprodutor não devem ser avaliados separadamente do risco sanitário associado à sua introdução.

Do ponto de vista científico, levantamentos transversais iniciais devem ser seguidos por vigilância longitudinal. A simples detecção pontual de um agente informa exposição ou circulação, mas não mede necessariamente impacto produtivo, sazonalidade ou incidência. Essa distinção é relevante para evitar tanto subestimação quanto alarmismo sanitário.

3.8. CONFORTO TÉRMICO E AMBIÊNCIA: MECANISMO TRANSFERÍVEL, MAGNITUDE LOCAL DESCONHECIDA

A fisiologia termorregulatória dos búfalos é um dos componentes de maior transferibilidade biológica entre regiões. A pele intensamente pigmentada, a menor eficiência relativa da sudorese e o comportamento de busca por água e sombra aumentam a sensibilidade à carga térmica quando há elevada radiação solar[14-16]. Estudos em condições tropicais também mostram alterações de comportamento alimentar e termorregulatório diante de estresse térmico[17].

A literatura mais recente reforça o papel do sombreamento natural ou artificial como estratégia de mitigação, com efeitos potenciais sobre comportamento, parâmetros fisiológicos e produtividade[18]. Isso não significa que todos os sistemas necessitem de açudes ou áreas alagadas. A necessidade funcional é oferecer recursos que permitam dissipação de calor — sombra efetiva, água de qualidade e, quando técnica e economicamente justificável, resfriamento adicional.

Para São Raimundo das Mangabeiras, o ponto crítico é quantificar a magnitude do desafio térmico em cada época do ano e categoria animal. Temperatura do ar isolada não é suficiente. Estudos locais devem associar índices bioclimáticos à frequência respiratória, temperatura corporal, comportamento, tempo à sombra, consumo e desempenho. Comparações entre pastagem aberta, sombra artificial e sistemas com componente arbóreo forneceriam evidência diretamente aplicável ao desenho de sistemas regionais.

3.9. ALIMENTAÇÃO, PASTAGENS E COPRODUTOS AGROINDUSTRIAIS

A capacidade dos bubalinos de utilizar dietas fibrosas não dispensa manejo quantitativo e qualitativo da oferta de nutrientes. Em condições de trópico úmido, Oliveira *et al*.[19] mostraram que a caracterização do pasto por ciclo de pastejo e o uso de coprodutos agroindustriais podem ser integrados à avaliação de desempenho, sem presumir que todo

coproduto melhore a resposta animal. Esse tipo de evidência é mais útil como modelo metodológico que como recomendação direta para o Cerrado maranhense.

Huang *et al*.[20], em estudo com 30 búfalos, observaram maior ganho médio diário em tratamento que combinou resíduo de mandioca e DDGS em substituição parcial a ingredientes convencionais. A resposta demonstra viabilidade biológica em uma formulação específica, mas não define nível ótimo, composição química, disponibilidade ou custo para o Maranhão. A extrapolação correta é formular a hipótese de teste, e não recomendar inclusão automática.

Em Balsas, a inauguração de uma biorrefinaria com produção anunciada de DDGS ampliou a disponibilidade regional potencial desse coproduto[21]. Para uso em bubalinos, estudos locais deveriam começar pela composição bromatológica e variabilidade entre lotes, seguida de ensaios de inclusão, consumo, digestibilidade, ganho médio diário e custo por quilograma de ganho. A decisão econômica deve considerar também frete, armazenamento e competição do ingrediente com dietas de bovinos e outras espécies.

3.10. SÃO RAIMUNDO DAS MANGABEIRAS: BASE AGROPECUÁRIA NÃO EQUIVALE A VIABILIDADE BUBALINA

São Raimundo das Mangabeiras possui experiência documentada com integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF). Na Agropecuária Santa Luzia, a Embrapa Meio-Norte documentou e avaliou modalidades de terminação e engorda de bovinos em uma Unidade de Referência Tecnológica de ILPF nos Cerrados do Maranhão[22]. O município possui área territorial de aproximadamente 3.523,94 km²[23]. Esses elementos demonstram experiência regional com sistemas pecuários integrados e componentes arbóreos; não demonstram, contudo, que a bubalinocultura seja automaticamente competitiva ou tecnicamente validada para as mesmas condições.

A ILPF é particularmente interessante como hipótese de pesquisa porque o componente arbóreo pode fornecer sombra e modificar o microclima, ao mesmo tempo em que amplia a complexidade de manejo. O efeito líquido sobre búfalos dependerá de densidade arbórea, disponibilidade de forragem, espécie vegetal, acesso à água e categoria animal. Ensaios devem comparar desempenho e indicadores de conforto, evitando transferir diretamente resultados obtidos com bovinos.

A mesma lógica vale para a disponibilidade de grãos e coprodutos. A proximidade de insumos pode reduzir barreiras logísticas, mas a competitividade da dieta depende de

composição, preço relativo, desempenho animal e destino do produto final. A decisão deve ser construída por sequência experimental e econômica, não pela simples presença física do ingrediente na região.

3.11. MATRIZ DE TRANSFERIBILIDADE DAS EVIDÊNCIAS PARA O SUL MARANHENSE

A síntese das fontes permite distinguir áreas em que o conhecimento atual já oferece direção segura de manejo daquelas em que persistem incertezas decisivas. A Tabela 4 apresenta uma matriz de transferibilidade elaborada a partir da natureza da evidência e do grau de dependência do contexto local.

Tabela 4. Matriz de transferibilidade das evidências disponíveis para o Sul Maranhense.

Domínio	Base de evidência	Transferibilidade	Dado local necessário
Distribuição territorial	AGED/MA 2020 + PPM	Alta para reconhecer concentração histórica; baixa para estimar efetivo municipal atual	Atualizar PPM municipal, cadastro sanitário e visitas
Gestão/organização da cadeia	Estudos Viana/Cajari/Penalva	Moderada	Atualizar perfil de produtores e canais comerciais no Sul
Estresse térmico	Revisões e estudos tropicais recentes	Alta para mecanismo; moderada para magnitude	Mensurar respostas fisiológicas e comportamentais localmente
Sombreamento/ILPF	Literatura de ambiência + experiência local de ILPF	Moderada a alta como hipótese	Comparar pastagem aberta, sombra e ILPF com búfalos
Sanidade	Evidência de T. vivax na Baixada	Moderada para necessidade de biosseguridade; baixa para prevalência	Triagem e vigilância de animais introduzidos
Coprodutos/DDGS	Ensaios externos + oferta regional potencial	Moderada como prova de conceito	Caracterizar ingrediente e testar níveis, desempenho e custo
Carne e mercado	Estudos de cadeia + literatura de qualidade da carne	Moderada	Entrevistar frigoríficos, varejo e consumidores; estimar preço e escala
Leite e derivados	Estudo local + literatura internacional	Moderada	Avaliar coleta, processamento, qualidade, aceitação e viabilidade

Fonte: elaboração dos autores a partir da síntese crítica das evidências revisadas.

A matriz evidencia que mecanismos biológicos gerais, especialmente estresse térmico e necessidade de ambiência adequada, podem orientar o desenho inicial dos estudos. Em contraste, variáveis econômicas, sanitárias locais e de mercado possuem forte dependência

territorial e não devem ser inferidas a partir de outras regiões. Essa distinção define uma sequência racional de investigação.

3.12. AGENDA DE PESQUISA E SEQUÊNCIA DE DECISÃO

A prioridade inicial não deve ser instalar um rebanho numeroso, mas construir uma linha de base confiável. Diagnóstico territorial, identificação de criadores existentes, levantamento de mercado e caracterização dos recursos forrageiros reduzem incertezas antes de investimentos experimentais mais caros. Na etapa seguinte, estudos com pequeno número de animais podem avaliar adaptação, ambiência, sanidade e desempenho ao longo das estações.

Tabela 5. Prioridades de pesquisa para São Raimundo das Mangabeiras e entorno.

Eixo	Pergunta central	Indicadores/abordagem	Produto esperado
Diagnóstico territorial	Existem criadores ativos e qual é o efetivo real?	PPM municipal + cadastro AGED + visitas	Mapa e linha de base
Mercado de carne	Há demanda e diferenciação de preço?	Frigoríficos, varejo, restaurantes e consumidores	Estratégia comercial
Adaptação/desempenho	Qual o desempenho em pastagens do Cerrado?	GMD, ECC, lotação, consumo, mortalidade	Parâmetros produtivos locais
Conforto térmico	Sombra/ILPF reduz carga térmica?	FR, temperatura corporal, comportamento, índices bioclimáticos	Recomendação de ambiência
Planejamento alimentar	Como atravessar o período seco?	Pasto, diferimento, forragem conservada e suplemento	Calendário alimentar
Coprodutos	DDGS regional é técnica e economicamente útil?	Composição, inclusão, digestibilidade, GMD, custo/kg ganho	Recomendação nutricional
Sanidade	Quais riscos acompanham animais introduzidos?	Triagem, origem, vigilância longitudinal	Protocolo de biosseguridade
Economia	A atividade compete com alternativas locais?	Custo operacional, margem, VPL e sensibilidade	Decisão de investimento
Leite e derivados	Há escala, estrutura e mercado?	Qualidade, coleta, processamento e pesquisa de mercado	Modelo agroindustrial

Fonte: elaboração dos autores com base nas lacunas identificadas nesta revisão.

A sequência proposta reduz dois riscos. O primeiro é técnico: introduzir animais sem conhecer ambiência, calendário alimentar e biosseguridade. O segundo é econômico: demonstrar que o animal sobrevive e produz, mas descobrir posteriormente que não existe mercado capaz de remunerar o sistema. A decisão de expansão deve ocorrer apenas quando desempenho, sanidade, bem-estar, logística e margem econômica forem avaliados conjuntamente.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O Maranhão mantém relevância na bubalinocultura brasileira, porém sua participação no efetivo nacional diminuiu entre 2019 e 2024 porque o crescimento estadual foi substancialmente inferior ao observado no país. A atividade permanece territorialmente concentrada, com destaque para a Baixada Maranhense, e os dados disponíveis não sustentam a interpretação de que a bubalinocultura esteja difundida de forma homogênea pelo estado.

A evidência primária maranhense identifica gargalos consistentes de assistência técnica, gestão, infraestrutura e comercialização, mas deriva majoritariamente de estudos localizados. Sua principal utilidade para o Sul Maranhense é fornecer hipóteses e alertas, e não parâmetros produtivos prontos para transferência. Em contraste, mecanismos associados ao estresse térmico, sombreamento, planejamento alimentar e biosseguridade possuem maior generalização biológica, embora sua magnitude e eficiência econômica precisem ser mensuradas nas condições locais.

São Raimundo das Mangabeiras e entorno devem, neste momento, ser tratados como fronteira de pesquisa em bubalinocultura. A agenda prioritária inclui atualização do diagnóstico territorial, estudo de mercado, avaliação de adaptação e desempenho, conforto térmico, alimentação na estação seca, uso de coprodutos, biosseguridade, viabilidade econômica e integração com sistemas arbóreos. Somente a convergência dessas evidências permitirá decidir, com base científica, se a atividade deve permanecer experimental, ocupar nichos específicos ou avançar para escala comercial no Sul Maranhense.

REFERÊNCIAS

1. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Pesquisa da Pecuária Municipal: Tabela 3939 - efetivo dos rebanhos, por tipo de rebanho. Rio de Janeiro: IBGE, 2025. Disponível em: https://sidra.ibge.gov.br/tabela/3939. Acesso em: 27 ago. 2026.

2. SILVA, T. M. D.; PAIXÃO, A. P.; BARROS, H. O. V.; SARAIVA, L. Q.; ROSÁRIO, C. J. R. M.; BEZERRA, D. C. et al. Aspectos demográficos da pecuária no Maranhão, Brasil. In: VIEIRA, A.; SILVA, L. F.; OLIVEIRA, V. C. (org.). Ciências agrárias: debates emblemáticos e situação perene 2. Ponta Grossa: Atena, 2023. p. 18-29. DOI: 10.22533/at.ed.2962324083.

3. GERUDE NETO, O. J. A.; PEREIRA, D. R.; MOURA, L. S. P.; MIRANDA, R. C. M. A distribuição dos bubalinos no mundo, no Brasil, e a realidade atual da espécie no Maranhão. Conjecturas, v. 22, n. 11, p. 948-970, 2022. DOI: 10.53660/CONJ-1450-2A04.

4. SILVA, J. A. R.; GARCIA, A. R.; ALMEIDA, A. M.; BEZERRA, A. S.; LOURENÇO JÚNIOR, J. B. Water buffalo production in the Brazilian Amazon Basin: a review. Trop. Anim. Health Prod., v. 53, art. 343, 2021. DOI: 10.1007/s11250-021-02744-w.

5. CHIARIOTTI, A.; BORGHESE, A.; BOSELLI, C.; BARILE, V. L. Water Buffalo's adaptability to different environments and farming systems: a review. Animals, v. 15, n. 11, art. 1538, 2025. DOI: 10.3390/ani15111538.

6. LIMA, L. P. C.; DIAS, E. F.; VIANA, D. C.; SANTOS, A. C.; FERREIRA, G. A. S.; SOUZA, F. A. et al. Características dos produtores e propriedades de bubalinos na Baixada Maranhense. PUBVET, v. 9, n. 9, p. 418-421, 2015. DOI: 10.22256/pubvet.v9n9.418-421.

7. SANTOS, C. L. R.; SANTOS JÚNIOR, J. B.; CUNHA, M. C.; NUNES, S. R. F.; BEZERRA, D. C.; TORRES JÚNIOR, J. R. S. et al. Nível tecnológico e organizacional da cadeia produtiva da bubalinocultura de corte no estado do Maranhão. Arq. Inst. Biol., v. 83, e0022014, 2016. DOI: 10.1590/1808-1657000022014.

8. COSTA, L. S.; PEREIRA, C. E. C.; PEREIRA, G. J.; JESUS, R. S.; BEZERRA, N. P. C.; BEZERRA, D. C. Caracterização socioprodutiva da bubalinocultura leiteira na Baixada Maranhense: desafios estruturais e perspectivas para o desenvolvimento regional sustentável. Veredas do Direito, v. 23, n. 13, e237665, 2026. DOI: 10.18623/rvd.v23.7665.

9. DI STASIO, L.; BRUGIAPAGLIA, A. Current knowledge on river buffalo meat: a critical analysis. Animals, v. 11, n. 7, art. 2111, 2021. DOI: 10.3390/ani11072111.

10. LIAO, J.; YANG, J.; SUO, H.; SONG, J. Buffalo milk: nutritional composition, bioactive properties, and advances in processing technologies - a comprehensive review. Food Chem. X, v. 29, art. 102647, 2025. DOI: 10.1016/j.fochx.2025.102647.

11. RASHID, M.; ABOSHADY, H. M.; AGAMY, R.; ARCHIMEDE, H. Milk production and composition in warm-climate regions: a systematic review and meta-analysis. Trop. Anim. Health Prod., v. 56, art. 382, 2024. DOI: 10.1007/s11250-024-04214-5.

12. VIANA, C. F.; LOPES, A. C. C.; CONRRADO, R. S.; RESENDE, F. A. M.; ANDRADE, E. H. P.; PENNA, C. F. A. M. et al. Buffalo milk quality: a study of seasonal influence on composition and somatic cell count. J. Dairy Sci., v. 108, n. 3, p. 2215-2226, 2025. DOI: 10.3168/jds.2024-25534.

13. SERRA, T. B. R.; REIS, A. T.; SILVA, C. F. C.; SOARES, R. F. S.; FERNANDES, S. J.; GONÇALVES, L. R. et al. Serological and molecular diagnosis of Trypanosoma vivax on buffalos (Bubalus bubalis) and their ectoparasites in the lowlands of Maranhão, Brazil. Rev. Bras. Parasitol. Vet., v. 33, n. 4, e003424, 2024. DOI: 10.1590/S1984-29612024066.

14. MISHRA, S. R. Thermoregulatory responses in riverine buffaloes against heat stress: an updated review. J. Therm. Biol., v. 96, art. 102844, 2021. DOI: 10.1016/j.jtherbio.2021.102844.

15. NAPOLITANO, F.; DE ROSA, G.; CHAY-CANUL, A.; ÁLVAREZ-MACÍAS, A.; PEREIRA, A. M. F.; BRAGAGLIO, A. et al. The challenge of global warming in water buffalo farming: physiological and behavioral aspects and strategies to face heat stress. Animals, v. 13, n. 19, art. 3103, 2023. DOI: 10.3390/ani13193103.

16. PETROCCHI JASINSKI, F.; EVANGELISTA, C.; BASIRICÒ, L.; BERNABUCCI, U. Responses of dairy buffalo to heat stress conditions and mitigation strategies: a review. Animals, v. 13, n. 7, art. 1260, 2023. DOI: 10.3390/ani13071260.

17. GALLOSO-HERNÁNDEZ, M. A.; SOCA-PÉREZ, M.; DUBLIN, D.; ALVAREZ-DÍAZ, C. A.; IGLESIAS-GÓMEZ, J.; DÍAZ-GAONA, C. et al. Thermoregulatory and feeding behavior under different management and heat stress conditions in heifer water buffalo (Bubalus bubalis) in the tropics. Animals, v. 11, n. 4, art. 1162, 2021. DOI: 10.3390/ani11041162.

18. MOTA-ROJAS, D.; LANZONI, L.; FERNANDES BETTENCOURT, A.; DOMÍNGUEZ-OLIVA, A.; CHAY-CANUL, A.; ÁLVAREZ-MACÍAS, A. et al. Effects of natural and artificial shade on behavior, physiology, and productivity in water buffalo: a narrative review. Front. Vet. Sci., v. 13, art. 1730075, 2026. DOI: 10.3389/fvets.2026.1730075.

19. OLIVEIRA, K. C. C.; FATURI, C.; GARCIA, A. R.; JOELE, M. R. S. P.; NAHÚM, B. S.; SILVA, W. C. et al. The characterization of pastures by grazing cycle and evaluation of supplementation with agro-industry co-products on the performance of buffaloes in the humid tropics. Animals, v. 14, n. 6, art. 879, 2024. DOI: 10.3390/ani14060879.

20. HUANG, J.; WU, T.; SUN, X.; ZOU, C.; YANG, Y.; CAO, Y. et al. Effect of replacing conventional feeds with tropical agricultural by-products on the growth performance, nutrient digestibility and ruminal microbiota of water buffaloes. J. Anim. Physiol. Anim. Nutr., v. 104, n. 4, p. 1034-1042, 2020. DOI: 10.1111/jpn.13358.

21. MARANHÃO. Governo do Estado. Em Balsas, Brandão participa da inauguração de fábrica da Inpasa que será estratégica para o Matopiba. São Luís, 1 ago. 2025. Disponível em: https://www.ma.gov.br/noticias/em-balsas-brandao-participa-da-inauguracao-de-fabrica-da-inpasa-que-sera-estrategica-para-o-matopiba. Acesso em: 27 ago. 2026.

22. TEIXEIRA NETO, M. L.; ARAUJO NETO, R. B. de; FROTA, M. N. L. da; MONTEIRO, F. C. das; LIMA NETO, A. F.; CARVALHO, G. M. C. Considerações técnicas sobre terminação e engorda de bovinos em pastagem, semiconfinamento e confinamento em sistema ILPF nos cerrados do Maranhão: “Sistema Santa Luzia”. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2023. 32 p. (Documentos, 292). Disponível em: https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/handle/doc/1155984. Acesso em: 27 ago. 2026.

23. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). São Raimundo das Mangabeiras: panorama. Rio de Janeiro: IBGE, 2025. Disponível em: https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/ma/sao-raimundo-das-mangabeiras.html. Acesso em: 27 ago. 2026.

CAPÍTULO V

IMPACTOS PRODUTIVOS E SANITÁRIOS DAS MICOTOXINAS EM RAÇÕES DE POEDEIRAS COMERCIAIS NO BRASIL

PRODUCTIVE AND SANITARY IMPACTS OF MYCOTOXINS IN COMMERCIAL LAYING HEN DIETS IN BRAZIL

DOI: 10.51859/amplla.mac6322-5

Yasmim Hellen Rocha Gonçalves Silva [1]
Marcos André Mesquita Romeu [2]
Raissa Duarte Soares [3]
Bianca Cardoso Rodrigues [4]
Daniela Aguiar Penha Brito [5]

[1] Mestranda no Programa de Pós-Graduação em Produção Animal (PPGPA). IFMA/UEMA
[2] Graduando do Curso de Licenciatura em Ciências Agrárias. Instituto Federal do Maranhão (IFMA)
[3] Graduanda do Curso de Agronomia. Instituto Federal do Maranhão (IFMA)
[4] Graduanda do Curso de Zootecnia. Instituto Federal do Maranhão (IFMA)
[5] Docente, Departamento de Desenvolvimento Educacional (IFMA)

RESUMO

As micotoxinas constituem um importante desafio para a avicultura, especialmente por sua ocorrência em grãos, ingredientes e rações utilizadas na alimentação das aves. Produzidas principalmente por fungos dos gêneros *Aspergillus*, *Fusarium* e *Penicillium*, as principais micotoxinas de interesse para aves no Brasil são as aflatoxinas, fumonisinas, zearalenona, ocratoxina A e as toxinas T-2. Os efeitos negativos nas aves depende do tipo e concentração de exposição à essas toxinas por meio da alimentação. Os impactos mais comuns são concentrações subclínicas das micotoxinas em poedeiras, comprometendo o consumo alimentar, a resposta imunológica, a produção e a qualidade da casca dos ovos. A ocorrência desses contaminantes está relacionada às condições ambientais e às etapas de cultivo, colheita e armazenamento dos grãos. O diagnóstico pode ser realizado por diferentes métodos, incluindo ELISA e técnicas cromatográficas. Considerando a ausência de tratamento plenamente eficaz, a prevenção constitui a principal estratégia de controle, envolvendo boas práticas agrícolas, armazenamento adequado, monitoramento das rações e utilização de adsorventes. Portanto, o controle das micotoxinas é fundamental para preservar a sanidade das aves, a eficiência produtiva e a qualidade dos produtos avícolas.

Palavras-chave: Micotoxinas; Avicultura; Aflatoxinas; Sanidade avícola.

ABSTRACT

Mycotoxins pose a significant challenge to the poultry industry, particularly due to their presence in the grains, ingredients, and feeds used in poultry diets. Produced primarily by fungi of the genera Aspergillus, Fusarium, and Penicillium, the key mycotoxins of concern for poultry in Brazil include aflatoxins, fumonisins, zearalenone, ochratoxin A, and T-2 toxins. The adverse effects on birds depend on the type and concentration of exposure to these toxins through the diet. The most common impacts involve subclinical mycotoxin levels in laying hens, which compromise feed intake, immune response, and egg production and shell quality. The occurrence of these contaminants is linked to environmental conditions as well as the stages of grain cultivation, harvesting, and storage. Diagnosis can be achieved through various methods, including ELISA and chromatographic techniques. Given the lack of a fully effective treatment, prevention is the primary control strategy, involving good agricultural practices, proper storage, feed monitoring, and the use of adsorbents. Therefore, controlling mycotoxins is essential for maintaining poultry health, production efficiency, and the quality of poultry products.

Keywords: Mycotoxins; Poultry farming; Aflatoxins; Poultry health.

1. INTRODUÇÃO

A avicultura de postura apresenta importante participação na produção animal, sendo caracterizada pelo uso crescente de tecnologias relacionadas à genética, nutrição, sanidade e manejo. A integração desses fatores tem contribuído para o aumento da eficiência produtiva e para a melhoria dos índices zootécnicos das aves (Lemos, 2016). Nesse contexto, a qualidade dos alimentos fornecidos aos animais constitui um dos fatores fundamentais para a manutenção da saúde, do desempenho produtivo e da qualidade dos produtos obtidos.

A alimentação das aves é baseada principalmente em ingredientes de origem vegetal, como milho, trigo e sorgo, utilizados na formulação das rações. Entretanto, esses ingredientes podem apresentar contaminações de origem biológica ao longo das etapas de cultivo, colheita, processamento e armazenamento. Além disso, a qualidade da dieta, juntamente com as características ambientais e de saúde animal precisam ser considerados para alcançar essas metas (Yadav & Jha et al., 2019). A avicultura enfrenta diversos desafios relacionados à produção, incluindo questões de bem-estar animal, manejo e sanidade. Entre esses desafios, destacam-se as micotoxinas, cujos impactos são significativos para a avicultura industrial. Diante da ausência de limites considerados totalmente seguros para a exposição a essas substâncias, torna-se fundamental a adoção de estratégias eficazes para seu controle, visando minimizar seus efeitos e garantir a saúde e o desempenho das aves (Prigol et al., 2023).

As micotoxinas são metabólitos secundários produzidos principalmente por fungos filamentosos dos gêneros *Aspergillus*, *Fusarium* e *Penicillium*. Entre as principais micotoxinas de interesse na alimentação animal encontram-se as aflatoxinas, fumonisinas, zearalenona, ocratoxina A, desoxinivalenol (DON) e as toxinas T-2 e HT-2 (Oliver et al., 2020). A ampla disseminação de fungos no solo e nas plantações favorece a contaminação frequente de produtos destinados à alimentação humana e animal. Essa situação representa um importante problema de segurança alimentar em escala global, uma vez que os compostos produzidos por esses microrganismos são potencialmente nocivos e, em determinados casos, podem ser letais (Navale et al., 2021).

A exposição às micotoxinas pode provocar efeitos agudos ou crônicos das aves, dependendo do tipo de toxina, da concentração presente na dieta e do período de exposição (NAN et al., 2022). A presença simultânea de diferentes micotoxinas em uma mesma matéria-prima ou ração é comum e aumenta os riscos à saúde e à produtividade animal (FRANCO et

al., 2019). Um relatório publicado pela Cargill (2023), apontou riscos de desempenho médio a alto para frangos de corte, matrizes e poedeiras na américa do sul, por contaminação com fumonisinas, desoxinivalenol e zearalenona em rações com ingrediente a base de milho e cereais.

A avicultura enfrenta problemas relacionados a sua produção, como bem-estar animal, manejo e questões sanitárias sendo as micotoxinas são um desafio e seus impactos são perceptíveis, pois não existem limites seguros para a avicultura industrial lidar com essa situação, portanto, o controle efetivo dessas micotoxinas são essenciais (Prigol et al., 2023).

No Brasil, as condições climáticas são ideais para o desenvolvimento de fungos toxigênicos. Nesse sentido as micotoxinas de maior relevância econômica são as aflatoxinas B1 (AFB1), fumonisinas (FB), zearalenona (ZEA), toxina T-2, desoxinivalenol e ocratoxina A (Oliver et al., 2020). Ademais, o aquecimento global tem favorecido a incidência de doenças fúngicas em culturas agrícolas, elevando, consequentemente, a contaminação de diversos grãos (Eskola et al., 2020). Dessa forma, o monitoramento da qualidade sanitária dos ingredientes e das rações torna-se uma medida necessária para prevenir ou reduzir os impactos das micotoxinas na produção de aves.

A detecção preliminar de micotoxinas em matérias-primas e rações frequentemente emprega a luz ultravioleta como um método qualitativo rápido, identificando a fluorescência emitida por amostras positivas. Para diagnósticos e quantificações precisas, no entanto, existem diversas metodologias aplicáveis a matrizes que incluem tecidos vegetais, alimentos e fluidos biológicos animais, como urina, leite, fezes e sangue (Guahyba et al., 2011). Entre as técnicas imunológicas, o ensaio de ELISA (Enzyme-Linked ImmunoSorbent Assay) é amplamente utilizado por se basear na reação específica entre antígeno e anticorpo. Esse processo gera uma mudança de cor na solução-teste, em que a intensidade da coloração reflete diretamente a quantidade de toxina present e (Silva et al., 2009).

A prevenção e controle de micotoxinas na cadeia produtiva de alimentos écomplexa e aplicada em diferentes etapas. Segundo Lach e Kotarska (2024), apesar de melhorias das práticas agrícolas e aplicações nos tratamentos agronômicos, não há garantias de matérias-primas livres de fungos e suas micotoxinas, sendo necessários os métodos de desintoxicação de rações. O uso de compostos químicos neutralizantes e adsorventes de micotoxinas são comumente usados em rações de aves, porém podem trazer impactos negativos na qualidade, valor nutricional ou palatabilidade dos alimentos oferecidos aos animais (Gomes et al. 2025).

Diante desse contexto, este capítulo tem como objetivo abordar os principais aspectos relacionados às micotoxinas presentes em rações destinadas às aves, com ênfase nos impactos produtivos e sanitários em poedeiras comerciais, nos efeitos sobre a produção e a qualidade dos ovos, nos métodos de detecção e nas principais estratégias de prevenção e mitigação.

2. MICOTOXINAS EM RAÇÕES DE AVES

As micotoxinas são metabólitos secundários de baixo peso molecular produzidos por determinadas espécies de fungos filamentosos sob condições de estresse, como estratégia de defesa contra outros organismos (Xue et al., 2025). A contaminação pode ocorrer ao longo da cadeia produtiva, especialmente durante o cultivo, a colheita e o armazenamento dos grãos, sendo favorecida por condições ambientais adequadas ao desenvolvimento dos fungos produtores. A ampla distribuição desses microrganismos em solos, culturas agrícolas e produtos armazenados contribui para a ocorrência de micotoxinas em matérias-primas utilizadas na alimentação animal (Navale et al., 2021).

A contaminação por fungos micotoxigênicos em matérias-primas de rações nem sempre acarreta a presença de micotoxinas, pois a produção destas pelos microrganismos é determinada pela exposição de fatores externos como temperatura, umidade, pH, a espécie de fungo e a extensão dos danos aos grãos (Vörösházi et al., 2024). Destaca-se ainda que muitas espécies de fungos podem produzir tipos de micotoxinas diferentes, aumentando o risco de contaminação por múltiplas micotoxinas na ração animal (Eskola et al., 2020).

Entre os principais gêneros fúngicos de importância toxicológica para a alimentação animal, destacam-se *Aspergillus*, *Fusarium* e *Penicillium*, que estão associados à produção de diferentes grupos de micotoxinas. Os principais contaminantes de interesse em rações de aves incluem aflatoxinas, fumonisinas, zearalenona, desoxinivalenol (DON), toxinas T-2/HT-2 e ocratoxina A (Lach; Kotarski et al., 2024). A ocorrência desses fungos e de suas respectivas micotoxinas apresenta relação com as características do substrato e com as condições ambientais durante as etapas de produção e armazenamento.

O gênero *Aspergillus* apresenta grande importância na contaminação de grãos e rações de poedeiras, sendo constituído por espécies amplamente distribuídas no ambiente e capazes de se desenvolver em diferentes substratos agrícolas. Espécies desse gênero estão associadas principalmente à produção de aflatoxinas e, em determinadas espécies, à

produção de ocratoxina A (Navale et al., 2021). As aflatoxinas (AFTs) produzidas por *Aspergillus flavus* destacam-se como as micotoxinas mais perigosas na avicultura, uma vez que têm alta ocorrência nos ingredientes das rações como milho (Lach e Kotarska et al., 2024). Entre as espécies relacionadas à produção de ocratoxina A estão *Aspergillus ochraceus*, *A.carbonarius*, *A. niger* e *A. westerdijkiae* (Navale et al., 2021; Xue et al., 2025).

O gênero *Fusarium*, por sua vez, apresenta importância principalmente pela produção de fumonisinas, zearalenona e tricotecenos, incluindo o desoxinivalenol. Esses fungos estão frequentemente associados a cereais, especialmente ao milho, matéria-prima de grande importância na formulação de rações para aves. A presença de fumonisinas em milho brasileiro tem sido demonstrada em diferentes levantamentos, constituindo um dos principais problemas micotoxicológicos relacionados a esse ingrediente (Mallmann et al., 2019; Vidal et al., 2024).

O gênero *Penicillium* é um fungo decompositor com capacidade de produção de várias micotoxinas (Lindsey et al., 2024). Entre as espécies de maior relevância para segurança das rações, destaca-se *Penicillium nordicum* por estar associada à produção de ocratoxina A e cuja ocorrência é descrita principalmente em cereais armazenados e produtos de origem animal (Cebrián et al., 2025).

No Brasil, a ocorrência de micotoxinas em matérias-primas utilizadas na alimentação animal tem sido documentada ao longo da última década, com variações relacionadas à matéria-prima, região de produção, condições ambientais e período de armazenamento. Em estudo realizado com rações e milho provenientes de pequenas propriedades rurais dos estados de São Paulo e Santa Catarina, Franco et al. (2019) detectaram aflatoxinas, fumonisinas, zearalenona e desoxinivalenol em concentrações de 100 µg/kg, 680 µg/kg, 160 µg/kg e 200 µg/kg, respectivamente. No trabalho, 51% das amostras de ração apresentaram duas ou mais micotoxinas simultaneamente, evidenciando a ocorrência de contaminação múltipla. Mallmann et al. (2019) avaliaram a qualidade micotoxicológica de híbridos de milho utilizados na alimentação de frangos de corte, no Brasil, durante os dois anos, e encontraram uma contaminação de 90% para fumonisinas, 17% para aflatoxinas e 33% para zearalenona. As concentrações médias detectadas foram de 3.067 µg/kg para fumonisinas e 1 µg/kg para aflatoxinas.

A contaminação de grãos por fungos produtores de micotoxinas impacta diretamente o custo da produção avícola, tanto pelos efeitos adversos nas aves quanto pelas perdas

econômicas durante a formulação das rações. Vidal et al. (2024) avaliaram 150 amostras de 50 híbridos de milho cultivados no sul do Brasil**,** investigando composição nutricional e contaminação por micotoxinas. O estudo demonstrou diferenças entre os híbridos quanto à ocorrência de micotoxinas e avaliou a relação entre a qualidade do milho e o custo de formulação de rações iniciais para frangos de corte. Entre as micotoxinas avaliadas, as fumonisinas apresentaram associação positiva com o custo das rações, indicando que a qualidade micotoxicológica do milho pode apresentar repercussões também sobre a formulação das dietas.

3. AFLATOXINA

As aflatoxinas (AFTs) são as micotoxinas mais tóxicas e letais para os mamíferos e aves, consideradas as de maior relevância para a avicultura pelos impactos econômicos (Navale et al., 2021). Quando absorvidas pelo organismo das aves, dependendo da dose e tempo de exposição, às aflatoxinas provocam efeitos toxicológicos como danos hepáticos e formação de tumores (Lach e Kotarska et al., 2024). Em aves e suínos, as aflatoxinas prejudicam o desempenho fisiológico, o metabolismo dos nutrientes e suprimem o sistema imunológico, aumentando a suscetibilidade dos animais às infecções (Olariu et al., 2025).

Em casos agudos de aflatoxicoses, os animais apresentam sinais de piora do estado geral, redução da ingestão de alimento, hepatite, icterícia, hemorragias e aumento da mortalidade. Esses sinais podem surgir em curto período após o consumo de alimentos contaminados (Tessari; Cardoso et al., 2004). Em galinhas, dependendo da dose de exposição, as aflatoxinas podem provocar a redução da produção de ovos, além de comprometer a resistência da casca (Cardinal et al., 2026). A bioacumulação de aflatoxinas tem sido detectada em ovos comerciais, deixando resíduos que permanecem após seis semanas de exposição (Jia et al.,2016).

4. ZEARALENONA

A zearalenona (ZEA) é uma das principais micotoxinas de ocorrência no milho. No Brasil, sua ocorrência é maior na região sul devido às condições de elevada umidade e temperaturas mais amenas, que favorecem sua produção por *F. graminearum e F. culmorum* (Cota e Costa et al., 2024). Em aves reprodutoras e galinhas poedeiras, os efeitos potenciais desta micotoxina impactam o trato reprodutivo e produção de ovos (Gabardo et al., 2021).

Segundo Jia et al. (2016), a contaminação combinada por AF e ZEA apresenta efeitos sinérgicos na redução da produção de ovos, do consumo de ração, da conversão alimentar e da resistência da casca dos ovos de galinhas de postura comercial. A presença da ZEA tem sido detectada em órgãos de galinhas como coração e moela (Wang et al, 2018).

5. FUMONISINA

As fumonisinas (FB) constituem-se como micotoxinas mais frequentes em grãos de milho no Brasil, sendo produzidas por *Fusarium verticillioides*, o fungo filamentoso de alta incidência no país (Cota e Costa et al., 2024). Seus efeitos em galinhas relacionam-se à imunotoxicidade, pois compromete os órgãos linfáticos e os linfócitos do baço (Zhu e Wang et al., 2022). Outros efeitos envolvem redução da absorção dos nutrientes das aves, consequentemente diminuindo o desempenho, assim como a erosão da moela e atrofias da Bursa de Fabricius (Santurio et al., 2000; Bunzen et al., 2006; Ying Luo et al., 2018). Em trabalho de exposição a poedeiras comerciais alimentadas com ração contaminada por FB1, Dazuk et al. (2020) encontraram menor produção, peso e massa dos ovos, sendo explicado pelos efeitos negativos na síntese de proteínas e lipídios no nível sanguíneo das galinhas poedeiras.

6. OCRATOXINA

Embora existam centenas de micotoxinas identificadas, as ocratoxinas (OTA) são as mais relevantes devido à severidade dos efeitos adversos (Navale et al., 2021). A exposição prolongada a essa toxina está associada a nefropatias e, em doses elevadas, à letalidade (Heussner e Bingle et al, 2015). Produzidas durante o armazenamento de colheitas, as ocratoxinas contaminam alimentos como milho, trigo, café e nozes (Navale et al., 2021). A biossíntese das ocratoxinas é coordenada por agrupamentos genômicos (clusters) que incluem cinco genes conservados: otaA, otaB, otaC, otaD e otaR1 (Gil-Serna et al., 2018). Além disso, a OTA apresenta elevada estabilidade térmica, resistindo a processos industriais e dificultando sua eliminação (Navale et al., 2021).

Em animais de produção, o consumo de ração contaminada pode levar à bioacumulação em tecidos e secreções, resultando em resíduos em ovos (Ben Miri et al., 2024). Os principais aspectos da ocratoxicose em aves referem-se a severas lesões renais e hepáticas que resultam em imunossupressão, diminuição de ganho de peso, postura de ovos e aumento de mortalidade nos plantéis (Simão et al., 2010; STOEV et al., 2010).

7. TRICOTECENOS

Os tricotecenos (TCT) são grupos de compostos quimicamente relacionados de micotoxinas, produzidos por gêneros *Fusarium*, *Trichoderma*, *Trichothecium* e outras espécies de fungos filamentosos (Janik et al., 2021). Existem centenas de TCT descritos, porém os considerados mais tóxicos para os animais incluem a toxina T-2, a toxina HT-2, o deoxinivalenol (DON), o nivalenol (NIV) e o diacetoxiscirpenol (DAS).

Segundo Vörösházi et al. (2024), a toxina T-2 é uma das mais prejudiciais para as aves, pois suas lesões patológicas ocorrem no trato gastrointestinal, no fígado, rins ou órgãos reprodutivos, além de causar imunossupressão das aves, por danificar o baço, a bolsa de Fabricius e o timo . Os sintomas pelo consumo da toxina T-2 em poedeiras e frangos comerciais são amplos, incluindo desde a redução da ingestão de ração e da taxa de crescimento a alteração da função imunológica, distúrbios neurológicos e reprodutivos. Descreve-se ainda a despigmentação da pele dos pés e deterioração da qualidade das penas (Sokolovic et al., 2008).

8. EFEITOS DAS MICOTOXINAS EM AVES E OVOS COMERCIAIS

As micotoxinas em rações de aves impactam a avicultura comercial porque seus efeitos nem sempre são o aparecimento imediato de sinais clínicos evidentes. Dependendo da micotoxina, concentração e duração da exposição, podem ocorrer sinais de piora do estado geral do lote, redução do consumo alimentar e crescimento e mortalidade (Kobashigawa et al., 2019). No entanto, os efeitos subclínicos das micotoxinas representam o maior impacto econômico na criação de aves, pois reduzem a produtividade, manifestando-se pela redução do desempenho zootécnico, imunossupressão e maior susceptibilidade a doenças infecciosas sem sinais clínicos evidentes que facilitem o diagnóstico em condições de campo (Kobashigawa et al., 2019).

9. DETECÇÃO E ESTRATÉGIAS DE MITIGAÇÃO DE MICOTOXINAS NA AVICULTURA

O diagnóstico presuntivo das micotoxicoses pode ser estabelecido a partir da avaliação dos sinais clínicos apresentados pelas aves. Entretanto, para a confirmação do diagnóstico, é necessária a detecção de micotoxinas por meio da análise de grãos, farelos e rações, utilizando diferentes técnicas laboratoriais (Guahyba et al., 2011). Entre os principais métodos

empregados para essa finalidade estão os testes de ELISA, além de técnicas cromatográficas utilizadas na confirmação dos resultados, como a Cromatografia em Camada Delgada (TLC), a Cromatografia Líquida de Alta Eficiência (CLAE) e a Cromatografia Gasosa (CG) (Silva et al., 2009). Geralmente, são adotadas três abordagens e estratégias principais para o controle e a prevenção de micotoxinas em rações para animais e aves, que incluem métodos físicos, químicos e biológicos (Anwar et al., 2023). Esses métodos incluem adsorção, irradiação, tratamento térmico, extração por solventes, lavagem e separação.

O tratamento térmico como método de controle de micotoxinas tem sido amplamente utilizado para a remoção de diferentes micotoxinas; no entanto, a AFB1 e a FB1 são resistentes ao calor e requerem altas temperaturas (provavelmente superiores a 150 °C) para sua decomposição (Colovic et al.,2019). O processo de irradiação é geralmente dividido em duas formas: não ionizante e ionizante. Os processos não ionizantes envolvem micro-ondas, ondas de rádio, ondas de luz visível e ondas infravermelhas, enquanto a forma ionizante inclui raios ultravioleta, raios X, feixes de elétrons e raios gama (Guo et al.,2020).

No métodos químicos , diferentes agentes químicos podem ser utilizados para converter eficientemente micotoxinas em compostos menos tóxicos ou atóxicos, destruindo sua estrutura molecular. Certos tratamentos com substâncias alcalinas e com ozônio são métodos químicos que se mostraram benéficos nesse sentido (Jalili et al., 2011). O tratamento alcalino usa-se produtos químicos alcalinos comumente usados para o controle de micotoxinas em rações mofadas incluem carbonato de sódio, hidróxido de potássio, hidróxido de sódio e amônia (Jalili et al., 2011). A hidrólise alcalina pode abrir a estrutura do anel lactônico da AFB1, e o produto hidrolisado pode então ser removido por lavagem com água (JavanmardI et al. 2022). O tratamento de vários cereais com amônia e sais de hidróxido pode remover quase 95% das micotoxinas, agentes oxidantes, como o ozônio, desempenham um papel na desintoxicação de micotoxinas ao modificar as estruturasndesses metabólitos secundários. Métodos biológicos utilizados para o controle de micotoxicoses com microrganismos com atividade de desintoxicação. O uso de diferentes probióticos em animais promove seu desenvolvimento e crescimento, além de melhorar a resistência do hospedeiro contra diversas doenças e distúrbios metabólicos (Bidura et al.,2022.)

No Brasil, as normas regulatórias para controle da qualidade e segurança das matérias-primas destinadas à ração de aves de produção são inexistentes até o momento. O controle e a fiscalização relacionadas a esta contaminação ocorre de forma indireta por meio de regras

sobre Boas Práticas de Fabricação regulamentado pelo Decreto n° 12.031 de 28 de maio de 2024 do MAPA, que atribuem monitoramento de riscos de contaminações químicas aos estabelecimentos que exerçam atividade com produtos destinados à alimentação animal, desde a produção à comercialização.

Embora voltada para alimentos humanos, a Instrução Normativa Nº 160 de 1° de julho de 2022 da Agência Nacional de Vigilância Sanitária apresenta os limites máximos tolerados (LMT) de micotoxinas para os grãos de milho destinado a moagem, sendo usadas como parâmetros de controle de qualidade das matérias primas para uso animal. Os LMT descritos são de 20 mcg/kg de Aflatoxinas B1 + B2 + G1 + G2, 4000 mcg/kg de Fumonisinas (B1 + B2) e 400 mcg/kg de Zearalenona.

A prevenção e controle de micotoxinas na cadeia produtiva da avicultura é complexa e aplicada em diferentes etapas. Segundo Lach e Kotarska (2024), apesar de melhorias das práticas agrícolas e aplicações nos tratamentos agronômicos, não há garantias de matérias-primas livres de fungos e suas micotoxinas, sendo necessários os métodos de desintoxicação de rações. O uso de compostos químicos neutralizantes e adsorventes de micotoxinas são comumente usados em rações de aves, porém compostos alternativos têm sido estudados (Gomes et al. 2025).

Os adsorventes incorporados à ração têm a finalidade de dificultar a absorção das micotoxinas no trato gastrointestinal das aves. Esses aditivos atuam ligando-se às micotoxinas, formando um complexo que reduz sua absorção e favorecem sua eliminação pelas fezes das aves (Tapia-Salazar et al., 2010). Além disso, apresentam vantagens como facilidade de administração, segurança e relação custo-benefício favorável (Engormix et al., 2009).

A principal estratégia de controle das micotoxinas consiste na prevenção do crescimento de fungos, tanto no campo quanto durante a colheita e o armazenamento. Para isso, é importante utilizar genótipos mais resistentes, realizar rotação de culturas a cada dois ou três anos, controlar plantas daninhas hospedeiras de *Fusarium*, evitar a colheita de plantas acamadas e incorporar ao solo restos culturais contaminados. Também é recomendado realizar a colheita com umidade dos grãos igual ou inferior a 13%, efetuar a secagem imediatamente quando necessária e armazenar o produto em local seco, protegido da água e com temperatura adequada (Bünzen et al., 2006; Filho et al., 2010).

No período pós-colheita, devem ser adotadas medidas como a manutenção adequada das instalações de armazenamento, controle de roedores e insetos e limpeza frequente dos

comedouros, especialmente quando são utilizadas rações úmidas. O monitoramento periódico das rações para identificação de micotoxinas também é recomendado, assim como a utilização de adsorventes quando houver contaminação das matérias-primas ou da ração (Bünzen et al., 2006).

10. CONSIDERAÇÕES FINAIS

As micotoxinas representam um fator de risco relevante para a produção avícola, podendo comprometer a saúde das aves, o desempenho zootécnico, a resposta imunológica e a produção e qualidade dos ovos. A ocorrência de diferentes toxinas, inclusive de forma simultânea, reforça a necessidade de atenção durante toda a cadeia produtiva.

Diante da ausência de um tratamento eficaz para as micotoxicoses, o controle deve priorizar medidas preventivas, como a utilização de matérias-primas de qualidade, boas práticas de cultivo e armazenamento, monitoramento das rações e identificação laboratorial dos contaminantes. O uso adequado de adsorventes pode atuar como medida complementar. Dessa forma, a adoção de estratégias integradas de prevenção e monitoramento é essencial para reduzir os impactos das micotoxinas e contribuir para uma produção avícola mais segura e eficiente.

REFERÊNCIAS

ANWAR U, YOUSAF M, MIRZA MA, AZIZ-UR-RAHMAN M: Impact of stored wheat-based feed on gut morphology, digesta viscosity and blood metabolites of broiler chickens. **Pak Vet** J, 43 (1): 179-183, 2023.

BEN MIRI, Y.; BENABDALLAH, A.; CHENTIR, I.; DJENANE, D.; LUVISI, A.; DE BELLIS, L. Visão abrangente da ocratoxina A: ocorrência, análise e estratégias de controle. **Foods,** 13, 1184, 2024. Disponível em: https://doi.org/10.3390/foods13081184 . Acesso em 31 jan. 2026

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Instrução Normativa - IN nº 160, de 1º de julho de 2022**. Estabelece os limites máximos tolerados (LMT) de contaminantes em alimentos. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF, 6 jul. 2022. Alterada pela Instrução Normativa nº 463, de 5 de agosto de 2026. Disponível em: https://anvisalegis.datalegis.net/. Acesso em: 01 set. 2026.

BRASIL. **Decreto nº 12.031, de 28 de maio de 2024**. Regulamenta a Lei nº 6.198, de 26 de dezembro de 1974, e a Lei nº 14.515, de 29 de dezembro de 2022, para dispor sobre a inspeção e a fiscalização obrigatórias dos produtos destinados à alimentação animal. Brasília, DF: Presidência da República, 2024. Disponível em:

https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2023-2026/2024/Decreto/D12031.htm. Acesso em: 01 set. 2026.

BIDURA IGNG, SITI NW, WIBAWA AAP, PUSPANI E, CANDRAWATI DPMA: Improving the quality of tofu waste by mixing it with carrots and probiotics as a feed source of probiotics and β-carotene. **Int J Vet Sci**, 12, 407-413, 2023. DOI: 10.47278/journal.ijvs/2022.213.

BÜNZEN, Silvano; et al. CONTROLE DE MICOTOXINAS NA ALIMENTAÇÃO DE AVES E SUÍNOS. **Nutritime**, [S. l.], ano 2006, v. 3, n. 1, p. 304-309, 3 jan. 2006. Acesso em: 25 ago. 2026.

CARDINAL, K.M.; FLUCK, AC; CAMPONOGARA, GR; DE MOURA LYRA, F.; PIRES, G.F.P. Aflatoxin contamination in commercial egg hens production – systematic review and meta-analysis. **World's Poultry Science Journal ,** p.1–16, 2026. https://doi.org/10.1080/00439339.2026.2626674 . Acesso em: 02 ago. 2026.

CARGILL. **Relatório sobre micotoxinas**: de janeiro a dezembro de 2022. Wayzata: Car-gill, 2022.

CAFSI, E.L; BJEOUI, I.; RABEH, S.; NECHI; et al. Effects of ochratoxin A on membrane phospholipids of the intestine of broiler chickens, practical consequences**. Animal,** v. 14, p. 933–941, mai 2020. Acesso em: 22 ago. 2026.

CEBRIÁN, E.; RONCERO, E.; LUZ, J.; RODRÍGUEZ, M.; SOUSA SILVA, M.; CORDEIRO, C.; NÚÑEZ, F. The Impact of Biocontrol Agents on the Metabolome of Penicillium nordicum Strains and Its Relation to Ochratoxin A Production on DryCured Ham. **Toxins**, 17, 236, 2025. Disponível em: https://doi.org/10.3390/toxins17050236.

COLOVIC R, PUVACA N, CHELI F, AVANTAGGIATO G, GRECO D, DURAGIC O,KOS J, PINOTTI L: Decontamination of mycotoxin-contaminated feedstuffs and compound feed. **Toxins (Basel)**, 11 (11):617, 2019. DOI: 10.3390/toxins11110617.

CORRÊA, B. Micotoxinas de Interesse em Avicultura. In: **Saúde Aviária e Doenças**. 1.ed. São Paulo: Roca, 2007.v.1.cap.29,p.246-254.

DAZUK, Vanessa *et al*. Galinhas poedeiras alimentadas com ração contaminada por micotoxinas produzidas por fungos do gênero *Fusarium* (toxina T-2 e fumonisina B1) e lisado de *Saccharomyces cerevisiae*: impactos na saúde das aves, eficiência produtiva e qualidade dos ovos. **Microbial Pathogenesis**, v. 149, p. 104517, dez. 2020. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.micpath.2020.104517. Acesso em: 25 ago. 2026.

ENGORMIX. Estratégias de Descontaminação para Evitar Micotoxicoses Através do Uso de Adsorventes. **Agrolink** 2009. Disponível em: https://www.agrolink.com.br/saudeanimal/artigo/estrategias-de-descontaminacao-para-evitar-micotoxicoses-atraves-do-uso-de-adsorventes_82924.html. Acesso em: 29 ago. 2026.

ESKOLA, M.; KOS, G.; ELLIOTT, C.T.; HAJŠLOVÁ, J.; MAYAR, S.; KRSKA, R. Worldwide contamination of food-crops with mycotoxins: Validity of the widely cited 'FAO

estimate' of 25%. **Crit. Rev. Food Sci. Nutr**. V.60, p.2773–2789, 2020. Disponível em: https://doi.org/10.1080/10408398.2019.1658570 Acesso em: 31 de jan. de 2026.

FRANCO, L. T. et al. Co-occurrence of mycotoxins in maize food and maize-based feed from small-scale farms in Brazil: a pilot study. **Mycotoxin Research**, v. 35, n. 1, p. 55-64, 2019. Disponível em: https://doi.org/10.1007/s12550-018-0331-4 .

FERNANDES, A.J. **Efeitos das micotoxicoses crônicas na produção avícola**. 2004. 65 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Zootecnia, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria - Rs, 2004. Disponível em: https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/10931/ADRIANOFERNANDES.pdf?sequence=1&isAllowed=y. Acesso em: 01 set. 2026.

FREIRE, F.C.O. et al. Micotoxinas: importância na alimentação e saúde humana e animal. **Fortaleza;Embrapa Agroindústria Tropical,**2007, 48p. Acesso em: 21 ago. 2026.

GABARDO, L.B. Um novo método para reduzir os efeitos da zearalenona em reprodutoras e galinhas poedeiras. **Biomin** 2021. Disponível em: https://www.biomin.net/br/science-hub/um-novo-metodo-para-reduzir-os-efeitos-dazearalenona-em-reprodutoras-e-galinhas-poedeiras/. Acesso em: 22 ago. 2026.

GIL-SERNA J, GARCÍA-DÍAZ M, GONZÁLEZ-JAÉN MT, VÁZQUEZ C, PATIÑO B. Description of an

orthologous cluster of ochratoxin .A biosynthetic genes in Aspergillus and Penicillium species. A comparative analysis. **Int J Food Microbiol**. 2;268:35-43, 2018. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2017.12.028 Acesso em 31 jan. 2026.

GOMES, B. et al. Toxicogenic fungi and mycotoxins seasonality in poultry farms: Implications for animal health and food safety, **Journal of Agriculture and Food Research**, Volume 24, 2025, 102399. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.jafr.2025.102399. Acesso em: 31 de ago. 2026.

GUO Y, ZHAO L, MA Q, JI C: Novel strategies for degradation of aflatoxins in food and feed: A review. **Food Res Int,** 140:109878, 2021. DOI:10.1016/j.foodres.2020.109878.

GUAHYBA, M.R. **Toxicidade, sinais clínicos, detecção e prevenção das micotoxinas de influência na avicultura de corte no Brasil**. 2011. 52 f. Monografia (Especialização) - Curso de Medicina Veterinária, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2011. Disponível em: https://www.ufrgs.br/lacvet/site/wp-content/uploads/2013/05/marli_guahyba.pdf. Acesso em: 29 ago. 2026.

HEUSSNER AH, BINGLE LE. Comparative Ochratoxin Toxicity: A Review of the Available Data. **Toxins (Basel)**. 22;7(10):4253-82, 2015. Disponível em: https://doi.org/10.3390/toxins7104253 Acesso em 30 jan. 2026

IAMANAKA, B.T. et al. Micotoxinas em Alimentos. **Anais da Academia Pernambucana de Ciência Agronômica, Recife,** v. 7, n. 1, p. 138-161, dez. 2010. Disponível em: http://ead.codai.ufrpe.br/index.php/apca/article/view/128/117. Acesso em: 20 ago. 2026.

Janik E, Niemcewicz M, Podogrocki M, Ceremuga M, Stela M, Bijak M. T-2 Toxin-The Most Toxic Trichothecene Mycotoxin: Metabolism, Toxicity, and Decontamination Strategies. **Molecules**. 2021 Nov 14;26(22):6868. doi: 10.3390/molecules26226868.

JALILI M, Jinap S, Son R: The effect of chemical treatment on reduction of aflatoxins and ochratoxin A in black and white pepper during washing**. Food Addit** Contam, 28 (4): 485-493, 2011. DOI: 10.1080/19440049.2010.551300.

JAVANMARDI F, KHODAEI D, SHEIDAEI Z, BASHIRY M, NAYEBZADEH K, VASSEGHIAN Y, MOUSAVI KHANEGHAH A: Decontamination of aflatoxins in edible oils: A comprehensive review. **Food Rev Int**, 38 (7): 1410-1426, 2022. DOI: 10.1080/87559129.2020.1812635

JIA, Ru et al. The toxic effects of combined aflatoxins and zearalenone in naturally contaminated diets on laying performance, egg quality and mycotoxins residues in eggs of layers and the protective effect of *Bacillus subtilis* biodegradation product. **Food and Chemical Toxicology**, v. 90, p. 1-10, abr. 2016. DOI: https://doi.org/10.1016/j.fct.2016.02.010. Acesso em: 20 ago. 2026.

KOBASHIGAWA, E. et al. Aflatoxinas e fumonisinas em rações de um sistema de produção de frangos de corte no estado de São Paulo, Brasil. **Ciência Rural**, v. 49, n. 2, 2019. Disponível em: https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20180888.

LACH M, KOTARSKA K. Negative Effects of Occurrence of Mycotoxins in Animal Feed and Biological Methods of Their Detoxification: A Review. **Molecules**. 25;29(19):4563, 2024. Disponível em: https://doi.org/10.3390/molecules29194563.

LEMOS, M.J. et al. Uso de aditivo alimentar equilibrador da flora intestinal em aves de corte e de postura. **Arquivos do Instituto Biológico**, v. 83, 2016. Disponível em:<https://www.scielo.br/j/aib/a/nk6JMpPkPJ3hMWLmhtPmKsf/?format=pdf&lang=pt> Acesso em: 31 ago. 2026.

LINDSAY CA, KINGHORN AD, RAKOTONDRAIBE HL. Bioactive and unusual steroids from Penicillium fungi. **Phytochemistry**. May;209:113638, 2023. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.phytochem.2023.113638 . Acesso em 11 mar. 2026.

LUO, Ying, et al. Updating techniques on controlling mycotoxins - A review. **Food Control**, China, ano 2018, v. 89, p. 123-132, 16 jan. 2018. 20 ago. 2026.

MALLMANN, A. O. et al.. Influência da qualidade micotoxicológica e nutricional de híbridos de milho no custo da ração de frangos de corte. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia,** v. 71, n. 5, p. 1659–1668, set. 2019. Disponível em: https://doi.org/10.1590/1678-4162-10675 .

NAN, M.; XUE, H.; BI, Y. Contamination, Detection and Control of Mycotoxins in Fruits and Vegetables. **Toxins**, v. 14, n. 5, p. 309, 27 abr. 2022. DOI 10.3390/toxins14050309. Disponível em: https://www.mdpi.com/20726651/14/5/309. Acesso em: 01 set. 2026.

NAVALE V, VAMKUDOTH KR, AJMERA S, DHURI V. Aspergillus derived mycotoxins in food and the environment: Prevalence, detection, and toxicity. **Toxicol Rep. V.2**, n.8, p.1008-1030, 2021. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.toxrep.2021.04.013 .

NONES, J. **Avaliação da contaminação por micotoxinas em ingredientes e rações para suínos. Relatório** (Disciplina estágio supervisionado II). Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2010.

OLARIU, R.M.; FIŢ, N.I.; BOUARI, C.M.; NADĂŞ, G.C. Mycotoxins in broiler production: impacts on growth, Immunity, Vaccine Efficacy, and food safety. **Toxins**, 17, p. 261, 2025.

OLIVEIRA, C. A. F. et al. Produção e qualidade dos ovos de poedeiras submetidas à intoxicação prolongada com aflatoxina B1. **Arquivos do Instituto Biológico,** São Paulo, v. 68, n.2, p. 1-4, 2001. DOI: 10.1590/1808-1657v68n1.2p00120011.

OLIVER, M.E.C et al. Micotoxinas e micotoxicoses na suinocultura: revisão de literatura. **NutriTime**, Viçosa, v. 17, n. 2, p. 1-8, abr. 2020. Disponível em: https://nutritime.com.br/wp-content/uploads/2020/03/Artigo-514.pdf. Acesso em: 31 ago. 2026.

PEREIRA, et al. Mycotoxins in cattle feed and feed ingredients in Brazil: a five-year survey.**Toxins**, v. 14, n. 8, 2022. DOI: 10.3390/toxins14080552.

PARK DL: Perspectives on mycotoxin decontamination procedures.**Food Addit** Contam, 10 (1): 49-60, 1993. DOI: 10.1080/026520393093.

PRIGOL, C. **Uso de blend inativador de micotoxinas em dietas de frangos de corte contaminadas por deoxinivalenol e fumonisina**. 2023. Dissertação (Mestre em Zootecnia) Chapecó, 202 https://sistemabu.udesc.br/pergamumweb/vinculos/0000b5/0000b5c5.pdf. Acesso em: 20 ago. 2026.

ROSMANINHO, J. F.; OLIVEIRA, C. A. F.; BITTENCOURT, A. B. F. Efeitos das micotoxicoses rônicas na produção avícola. **Arquivos do Instituto Biológico**, São Paulo, v. 68, n. 2, p. 107-114, 2001. DOI: 10.1590/1808-1657v68n2p1072001.

SABINO, M. et al. Avaliação da eficiência de dois kits comerciais para detecção de aflatoxina B1 em amostras de milho, ração e amendoim e seus produtos. **Food Science and Technology**, v. 17, n. 2, p. 107-110, 2007.

SANTURIO, JM. Micotoxinas e Micotoxicoses na Avicultura. **Rev. Bras. Cienc. Avic. v.2,** n.1, p.01-12, 2000. Acesso em: 25 ago. 2026.

SILOTO, E. V. **Desempenho, qualidade de ovos e metabolismo lipídico de poedeiras comerciais alimentadas com dietas contendo aflatoxina, fumonisina e adsorvente.** 2009. Dissertação — Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2009.

SIMÃO, V. AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DE ALIMENTOS PARA AVES DE COMPANHIA QUANTO

INGREDIENTES, CORANTES ARTIFICIAIS, FUNGOS E MICOTOXINAS. 2010. 194 f. Dissertação (Mestrado) **- Curso de Ciência dos Alimentos, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis**, 2010. Disponível em: file:///C:/Users/Win10/Downloads/285127.pdf. Acesso em: 25 ago. 2026.

SILVA, L. Micotoxinas em grãos e derivados. **Revista Grãos Brasil**, Ano VIII, n. 39, 2009.

STOEV, S. D.et al. Mycotoxic nephropathy in Bulgarian pigs and chickens: complex aetiology and similarity to Balkan Endemic Nephropathy. **Food Additives and Contaminants,** v. 27, n. 1, p. 72-88, 2010. Acesso em: 25 ago. 2026.

SILVA, D. D. da; COTA, L. V.; COSTA, R. V. da. Micotoxinas em milho e sorgo. In: REUNIÃO TÉCNICA SUL-BRASILEIRA DE PESQUISA DE MILHO E SORGO, 3., 2023, Pelotas. **MISOSUL 2024: informações técnicas para o cultivo de milho e sorgo na região subtropical do Brasil: safras 2023/24 e 2024/25**. Sete Lagoas: Associação Brasileira de Milho e Sorgo, 2024.

TAPIA-SALAZAR M. et al. **Mycotoxins in aquaculture: occurrence in feeds components and impact on animal performance.** In: CRUZ-SUAREZ, L.E. et al. Avances en Nutrición Acuícola. Monterrey: Universidad Autónoma de Nuevo León, p.514-546, 2010.

TESSARI, E. N. C.; CARDOSO, A. L. S. P.; CASTRO, A. G. M.; KANASHIRO, A. M. I.; ZANATTA, G.

F. Prevalência de aspergilose pulmonar em pintos de um dia de idade**. Arquivos do Instituto Biológico**, São Paulo - SP, v. 71, n. 1, p. 75-77, 2004. Disponível em: http://www.biologico.sp.gov.br/uploads/docs/arq/V71_1/tessari.pdf. Acesso em: 27 ago. 2026.

TIBOLA, C. S.; FERNANDES, J. M. C. **Micotoxinas no Trigo: estratégias de manejo para minimizar a contaminação**. Brasília, DF. 2020. Acesso em: 25 ago. 2026.

VIDAL, Juliano Kobs; SIMÕES, Cristina Tonial; SILVA, Cristiane Rosa da; SCHLÖSSER,Luara Medianeira de Lima; MADALOSSO, Tiago; MALLMANN, Carlos Augusto. Productivity, nutritional composition, and presence of mycotoxins in different corn hybrids. **Ciência Rural,** Santa Maria, v. 54, n. 12, e20230549, 2024. Disponível em: https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20230549.

VÖRÖSHÁZI J, Neogrády Z, Mátis G, Mackei M. Pathological consequences, metabolism and toxic effects of trichothecene T-2 toxin in poultry. **Poult Sci**. (2024) 103:103471–13. doi: 10.1016/j.psj.2024.103471, PMID: [DOI].

WANG L., Zhang Q., Yan Z., Tan Y., Zhu R., Yu D., Yang H., Wu A. Occurrence and Quantitative Risk Assessment of Twelve Mycotoxins in Eggs and Chicken Tissues in China. **Toxins**. 2018;10:477. doi: 10.3390/toxins10110477.

WORDELL FILHO, J.A. Micotoxinas na cultura do milho. **Agropecuária Catarinense**, Chapecó, v. 23, n. 2, p. 46-48, jun. 2010. Disponível em: file:///C:/Users/Win10/Downloads/725-Texto%20do%20artigo-4834-1-10-20200428.pdfv. Acesso em: 16 ago. 2026.

XUE, M. et al. Aspergillus Mycotoxins: The Major Food Contaminants**. Adv Sci (Weinh**). Mar, v.12, n.9, e2412757, 2025. Disponível em: https://doi.org/10.1002/advs.202412757 Acesso em: 01 set. 2026.

YADAV, S., & Jha, R. (2019). Strategies to modulate the intestinal microbiota and their effects on nutrient utilization, performance, and health of poultry. **Journal of Animal Science and Biotechnology**, 10(1), 1–11. https://doi.org/10.1186/s40104-018-0310-9.

ZHU F, Wang Y. Fumonisin B1 Induces Immunotoxicity and Apoptosis of Chicken Splenic Lymphocytes. **Front Vet Sci**. 2022 May 24;9:898121. doi: 10.3389/fvets.2022.898121.

CAPÍTULO VI

O GÊNERO *FUSARIUM* SOB A PERSPECTIVA DA SAÚDE ÚNICA: UMA REVISÃO NARRATIVA

THE *FUSARIUM* GENUS FROM A ONE HEALTH PERSPECTIVE: A NARRATIVE REVIEW

DOI: 10.51859/amplla.mac6322-6

Nícollas Emanuel Tolentino Melo [1]
Siomar de Castro Soares [2]
Mônica Hitomi Okura [3]
Mariângela Torreglosa Ruiz Cintra [4]

[1] Mestre em Inovações e Tecnologias. Programa de Mestrado Profissional em Inovações e Tecnologias - UFTM
[2] Professor Adjunto do Departamento de Microbiologia, Imunologia e Parasitologia. Universidade Federal do Triângulo Mineiro - UFTM
[3] Professora Titular do Departamento de Engenharia de Alimentos. Universidade Federal do Triângulo Mineiro - UFTM
[4] Professora Titular do Departamento de Ciências Biológicas. Universidade Federal do Triângulo Mineiro – UFTM

RESUMO

O gênero *Fusarium* reúne fungos filamentosos de elevada plasticidade ecológica, atuando como saprófitas, fitopatógenos e agentes oportunistas em humanos e animais. Sua adaptabilidade e caráter trans-reino reforçam sua importância crítica para a saúde pública e o meio ambiente. Nesse contexto, objetivou-se discutir a relação desse microrganismo com a Saúde Única (One Health). Para isso, realizou-se uma revisão narrativa da literatura, analisando majoritariamente estudos entre 2015 e 2025. A análise apontou que o gênero *Fusarium* impacta severamente a agricultura e a segurança alimentar via micotoxinas, além de causar infecções graves em animais e humanos. A virulência é agravada pela resistência aos antifúngicos azólicos, conectando o uso de defensivos agrícolas à falha terapêutica em pacientes. Conclui-se que o controle desse fungo exige ações multidisciplinares, validando a abordagem de Saúde Única como essencial para mitigar riscos à saúde global.

Palavras-chave: Fitopatógeno. Agricultura. Segurança Alimentar. Micotoxina. Resistência.

ABSTRACT

The *Fusarium* genus comprises filamentous fungi with high ecological plasticity, acting as saprophytes, phytopathogens, and opportunistic agents in humans and animals. Their adaptability and trans-kingdom character reinforce their critical importance to public health and the environment. In this context, the objective was to discuss the relationship between this microorganism and One Health. To this end, a narrative review of the literature was conducted, analyzing mainly studies between 2015 and 2025. The analysis showed that *Fusarium* severely impacts agriculture and food security via mycotoxins, in addition to causing serious infections in animals and humans. Its virulence is aggravated by resistance to azole antifungals, linking the use of pesticides to therapeutic failure in patients. It is concluded that the control of this fungus requires multidisciplinary actions, validating the One Health approach as essential to mitigate global health risks.

Keywords: Plant pathogen. Agriculture. Food safety. Mycotoxin. Resistance.

1. INTRODUÇÃO

O gênero *Fusarium* representa um dos grupos de fungos filamentosos mais amplamente distribuídos e economicamente importantes no mundo (Wang, Wang e Sha, 2022). Disperso globalmente no solo e em substratos orgânicos, ele atua primariamente como saprófita, desempenhando um papel crucial na decomposição de matéria orgânica (Szaliński et al., 2021). No entanto, sua plasticidade ecológica permite que diversas espécies desse gênero atuem como patógenos oportunistas devastadores, capazes de infectar plantas, humanos e outros animais, o que lhes confere o status de patógeno trans-reino (Ma et al., 2013; Sáenz et al., 2020). Este termo é utilizado para definir um grupo de microrganismos capazes de ultrapassar barreiras filogenéticas distantes para infectar hospedeiros pertencentes aos reinos Plantae e Animalia, característica extremamente presente no gênero abordado (Navarro-Velasco et al., 2011; Sáenz et al., 2020).

A taxonomia de *Fusarium* é complexa e tem evoluído com o uso de ferramentas moleculares como o Multilocus Sequence Typing (MLST), técnica de fácil reprodução que sequencia múltiplos loci de genes conservados, nomeados como housekeeping, com o objetivo de detectar polimorfismos nucleotídicos e distinguir isolados com maior precisão, superando as limitações da identificação fenotípica. Dessa forma, atualmente percebeu-se que esse gênero é composto por complexos de espécies de difícil distinção morfológica que antes eram consideradas espécies únicas (Da Rosa et al., 2021; Dallé Da Rosa et al., 2018). Os mais prevalentes na prática clínica e na agricultura são o Complexo de *Espécies Fusarium solani* (FSSC) e o Complexo de Espécies *Fusarium oxysporum* (FOSC). O FSSC, por exemplo, é responsável pela maioria das infecções invasivas em humanos e animais, demonstrando uma adaptabilidade térmica e metabólica notável (Batista et al., 2020; Gleason, Allerstorfer e Lilje, 2020; Uemura et al., 2022). Já o FOSC se destaca pela presença de cromossomos acessórios que determinam a especificidade do hospedeiro, permitindo causar murcha vascular em mais de cem culturas agrícolas e ser a segunda etiologia mais frequente de fusariose em humanos (Batista et al., 2020; Ma et al., 2013; Meng et al., 2024; Sáenz et al., 2020).

Semelhante ao conceito de patógeno trans-reino, a Saúde Única conecta universos aparentemente distintos (Navarro-Velasco et al., 2011). O One Health é uma abordagem integrada que reconhece a interdependência fundamental entre a saúde humana, a saúde animal e os ecossistemas relacionados, promovendo uma colaboração multisetorial para

enfrentar ameaças sanitárias complexas que, de forma direta ou indireta, impactam a saúde humana (Pettan-Brewer et al., 2021). Trata-se então de uma definição recente, porém crucial, visto a interconexão e a necessidade urgente de compreendermos a relação entre o equilíbrio dos ecossistemas e o comportamento humano (Sáenz et al., 2020).

Por fim, devido às características citadas e ao impacto gerado em diversos ecossistemas, entende-se que a abordagem da Saúde Única se faz necessária para estudar esse gênero de microrganismos. Este trabalho então tem como objetivo realizar uma revisão narrativa sobre o gênero de microrganismos *Fusarium* e compreender como ele pode se relacionar ao conceito de Saúde Única.

2. MÉTODOS

Trata-se de uma pesquisa bibliográfica, fundamentada na análise crítica e reflexiva de estudos previamente conduzidos sobre o tema em questão. Esse tipo de abordagem permite a compilação e síntese de conhecimentos já existentes na literatura cientifica, fornecendo uma base sólida para entender a complexidade desse patógeno e como ele transita entre diferentes ecossistemas.

A revisão foi construída a partir de uma busca bibliográfica não sistemática no banco de dados PubMed (https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/), motor de busca vinculado ao National Center for Biotechnology Information (NCBI). Para o levantamento foram utilizadas palavras-chave combinadas como: "*Fusarium*", "One Health", "pathogenicity", "mycotoxins" e "fungicide resistance".

Quanto aos critérios de inclusão, foram considerados artigos originais, revisões de literatura e relatos de caso publicados majoritariamente em inglês. O recorte temporal abrangeu principalmente os últimos 10 anos, de modo a garantir um panorama atualizado que vai desde a classificação das espécies até os problemas mais recentes de resistência. Por outro lado, foram excluídos trabalhos que fugiam do escopo ou que não traziam relevância direta para a discussão de Saúde Única.

Dessa forma, a análise qualitativa permitiu compreender o cenário atual do gênero *Fusarium* e relacioná-lo com a Saúde Única, destacando a necessidade de novas estratégias de manejo. Para facilitar a visualização dos dados, as informações foram organizadas em tabelas e a dinâmica da resistência foi ilustrada em um fluxograma.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. A PERSPECTIVA DA SAÚDE ÚNICA

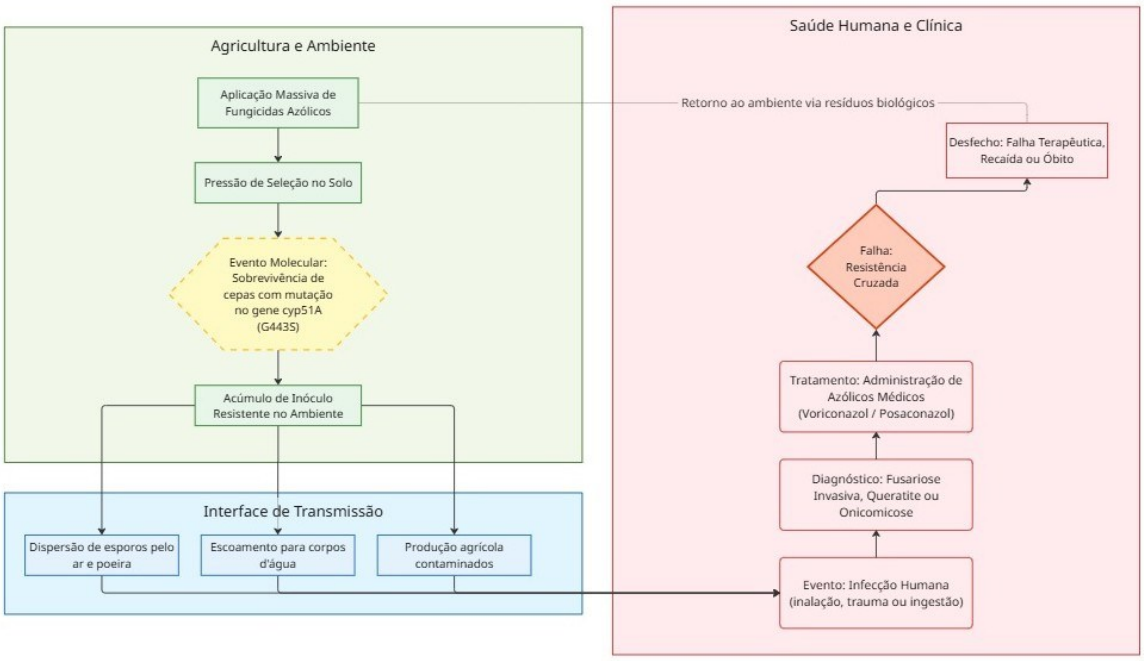
O conceito de Saúde Única refere-se a uma abordagem integrada que reconhece a interdependência entre a saúde humana, animal e ambiental, promovendo ações colaborativas entre múltiplas áreas, como medicina, veterinária, saúde pública, ecologia, antropologia, educação e outras profissões relacionadas ao cuidado comunitário (Brasil, 2024; Pettan-Brewer et al., 2021). Essa abordagem opera em diferentes escalas, do nível local ao global, permitindo soluções abrangentes e sustentáveis para desafios complexos de saúde (Pettan-Brewer et al., 2021).

O gênero *Fusarium* representa um exemplo evidente da necessidade dessa perspectiva, já que inclui microrganismos capazes de infectar plantas, animais e seres humanos, além de impactar diretamente o ambiente (Sáenz et al., 2020). No contexto agrícola, o uso intensivo de fungicidas, especialmente os azóis, exerce pressão seletiva que favorece o surgimento de cepas resistentes. Como o mesmo grupo de compostos é utilizado na medicina humana, a resistência desenvolvida no campo pode chegar ao ambiente clínico, comprometendo o tratamento de infecções fúngicas (Batista et al., 2020; Sáenz et al., 2020), como demonstrado no fluxograma da Figura 1.

Do ponto de vista ambiental, o solo e a água funcionam como importantes reservatórios do fungo. Esporos provenientes de solos agrícolas perturbados podem ser carreados para rios e oceanos, atingindo ecossistemas marinhos e afetando organismos como tartarugas-marinhas. Desse modo, a fusariose nos ovos desses animais evidencia como práticas agrícolas terrestres se conectam diretamente à saúde da vida selvagem e ao equilíbrio ambiental (Gleason, Allerstorfer e Lilje, 2020).

A biologia desse gênero fúngico também destaca sua capacidade de transitar entre diferentes hospedeiros, incluindo plantas, insetos e mamíferos (Navarro-Velasco et al., 2011). Estudos indicam que muitos genes de virulência necessários para infectar plantas ou insetos são os mesmos utilizados para causar doença em humanos, sugerindo que o ambiente funciona como uma “escola” evolutiva para o desenvolvimento da patogenicidade (Sáenz et al., 2020).

Figura 1 – Ciclo de Transmissão e Resistência Cruzada de *Fusarium.*



Fonte: Autoria própria.

Em ambientes hospitalares, sistemas de água e ar podem atuar como fontes de infecção, especialmente em pacientes imunocomprometidos, o que reforça a importância do monitoramento ambiental em unidades de saúde (Sáenz et al., 2020). No setor animal, fusarioses também impactam populações vulneráveis, contribuindo para desequilíbrios ecológicos e riscos à biodiversidade (Gleason, Allerstorfer e Lilje, 2020).

Assim, o controle de infecções por *Fusarium* não pode ser abordado isoladamente por setores clínicos ou agronômicos. A detecção em culturas agrícolas, o monitoramento da saúde da vida selvagem, a vigilância ambiental e o diagnóstico rápido em humanos são dimensões interligadas de um mesmo problema. A abordagem de Saúde Única é, portanto, essencial para enfrentar os desafios impostos por esse fungo versátil, protegendo a saúde pública, a economia e os ecossistemas (Sáenz et al., 2020).

3.2. IMPACTO NA AGRICULTURA: AMEAÇA GLOBAL ÀS CULTIVARES VEGETAIS

Na agricultura, o gênero *Fusarium* se relaciona com perdas econômicas consideráveis (Wang, Wang e Sha, 2022). A infecção ocorre por meio da penetração desses microrganismos nas plantas, principalmente pelas raízes, colonizando o xilema e bloqueando o transporte de água, o que leva à murcha vascular, clorose e morte (Pegg et al., 2019).

A Doença da Murcha do Café (CWD), por exemplo, causada por *Fusarium xylarioides*, desenvolve o microrganismo nas raízes e coloniza os feixes vasculares, bloqueando o transporte de nutrientes e levando a planta a morte. Esta doença foi capaz de devastar plantações na África subsaariana. Zhang, X. et al., (2023) mostraram que populações específicas do fungo se adaptaram a diferentes temperaturas para infectar variedades distintas de café, como o arábica (cultivado em altitudes elevadas e fria) e a robusta (adaptado a terras baixas e quentes), sugerindo que as mudanças climáticas podem alterar a distribuição da doença.

Além disso o impacto se estende a outras culturas como a do abacaxi, onde o *F. solani* provoca o surgimento de manchas amarelas que evoluem para grandes lesões necróticas marrons nas pontas das folhas basais (Zhang et al., 2023). Já em cereais, o *F. tricinctum* causa a queda da espiga (*Fusarium* head Blight) através da produção de micotoxinas fitotóxicas, como as enniatinas e a moniliformina, onde a primeira atua como ionóforos integrando-se às membranas celulares para formar canais catiônicos, e a segunda, inibe sistemas enzimáticos dependentes de tiamina pirofosfato, resultando em necrose, murcha e comprometendo a qualidade dos grãos (Wang, Wang e Sha, 2022).

Um ponto crucial é que uma mesma espécie de fungo é capaz de infectar múltiplos hospedeiros. Armer et al., (2024) reuniu trabalhos que demonstram essa capacidade, e dentre as espécies destaca-se o *F. oxysporum*, agente etiológico de doenças em bananeiras, cana de açúcar, feijão, lentilha, batata, tomate e pimenta, além de toda a família Curcubitaceae, composta por frutas como pepinos, melões e abóboras. Isso gera um grande problema, pois dificulta a alternação de plantio entre essas culturas, além de o tratamento na plantação ser capaz de produzir uma cepa resistente que permanecerá no solo, afetando as próximas culturas cultivadas no local (Batista et al., 2020; Chen et al., 2021).

O controle da fusariose na agricultura é feito principalmente por meio da administração de compostos azóis, moléculas capazes de promover instabilidade na membrana celular por sua ação na biossíntese de ergosterol (Moonjely et al., 2023). Tal molécula também é utilizada no tratamento humano, o que traz preocupações quanto a resistências provocadas na agricultura (Sáenz et al., 2020).

3.3. PATOGENICIDADE EM HUMANOS E ANIMAIS: DE INFECÇÕES SUPERFICIAIS A SISTÊMICAS

A capacidade do gênero *Fusarium* de infectar hospedeiros vertebrados e invertebrados destaca sua virulência generalista. Armer et al., (2024) também trouxeram essa observação em seu estudo, demonstrando como, assim como nas plantas, diversos microrganismos são capazes de infectar um único hospedeiro, além de um único microrganismo infectar hospedeiros distintos.

Em animais, este fungo é uma ameaça emergente para a vida marinha e terrestre. Um exemplo crítico é a Fusariose dos Ovos de Tartaruga Marinha (Sea Turtle Fusariosis - SEFT), causada por espécies do complexo *Fusarium solani* (*Fusarium falciforme* e *Fusarium keratoplasticum*). Esses fungos penetram a casca dos ovos, digerem os tecidos embrionários e, consequentemente, causam altas taxas de mortalidade em espécies ameaçadas em todo o mundo (Gleason, Allerstorfer e Lilje, 2020). Além disso, infecções sistêmicas e no exoesqueleto foram relatadas em caranguejos-ferradura (*Limulus polyphemus*) e dermatites micóticas em mamíferos marinhos. Quando observado em animais terrestres, o cavalo chama a atenção, pois a ingestão do milho contaminado com micotoxinas, especialmente fumosinas, causa a leucoencefalomalácia equina, doença neurodegenerativa fatal (Evans et al., 2004; Tuxbury et al., 2014).

Em outros animais terrestres o gênero atua como um entomopatógeno letal. Estudos utilizando a traça-da-cera (*Galleria mellonella*) demonstram que o fungo é capaz de penetrar a cutícula do inseto, proliferar na hemolinfa e superar a resposta imune inata mediada por hemócitos, levando o hospedeiro à morte através da liberação de toxinas e invasão tecidual (Navarro-Velasco et al., 2011; Sharma e Marques, 2018). Essa interação possui uma grande relevância translacional, pois os genes de virulência necessários para matar o inseto frequentemente se assemelham aos utilizados para infectar mamíferos, o que indica mecanismos patogênicos conservados que justificam o uso desses modelos no estudo da doença humana (Navarro-Velasco et al., 2011).

Entre os animais domésticos, apesar de menos frequente que em humanos, a infecção pode assumir formas neurológicas graves e de difícil diagnóstico. Foi documentado, por exemplo, um caso de meningoencefalite fúngica fatal em um cão causado por *Fusarium solani*, que foi confundido com outras patologias do sistema nervoso central ao apresentar sintomas específicos como convulsões generalizadas e síndrome vestibular (Evans et al., 2004). A

complexidade desse cenário ocorre na dificuldade de distinção histopatológica entre *Fusarium* e outros fungos oportunistas comuns, como *Aspergillus*, dessa forma exigindo técnicas moleculares ou imuno-histoquímicas precisas para identificação correta do agente patogênico (Evans et al., 2004).

As infecções humanas variam de manifestações superficiais a quadros sistêmicos graves. Estima-se que cerca de dez espécies sejam patogênicas para humanos, incluindo *Fusarium solani*, *Fusarium oxysporum*, *Fusarium fujikuroi*, *Fusarium incarnatum–equiseti*, *Fusarium chlamydosporum*, *Fusarium dimerum*, *Fusarium sambucinum*, *Fusarium concolor* e *Fusarium lateritium*, sendo que aproximadamente 40–60% das infecções são atribuídas ao complexo *F. solani*, 20% ao *F. oxysporum* e 10% aos complexos *F. fujikuroi* e *F. moniliforme* (Batista et al., 2020).

As manifestações clínicas podem ser dermatológicas e cutâneas, mas também ocorrerem de forma sistêmica, afetando corrente sanguínea, ossos e cérebro, especialmente em pacientes hematológicos e imunocomprometidos, como indivíduos com neutropenia ou receptores de transplante (Batista et al., 2020; Da Rosa et al., 2021; Evans et al., 2004). Nesses casos, o fungo pode causar fusariose invasiva, uma condição de alta mortalidade caracterizada pela disseminação hematogênica e pela proliferação em múltiplos órgãos. O quadro clínico costuma envolver febre persistente, lesões cutâneas e rápida deterioração do estado geral (Batista et al., 2020).

Ao abordar infecções superficiais a onicomicose é a mais comum, frequentemente associada a fatores como imunossupressão, diabetes, obesidade e traumatismos. Ela compromete parcial ou totalmente o aparelho ungueal (unhas), que perde a coloração e pode apresentar inflamação, inchaço e secreção (Uemura et al., 2022). Já a ceratite fúngica (ou queratite por *Fusarium*) é uma condição oftalmológica considerada uma emergência devido à sua rápida progressão e difícil manejo terapêutico. É mais prevalente em regiões tropicais e subtropicais e costuma estar relacionada ao contato com detritos vegetais, uso de lentes de contato, cirurgias oculares, doenças prévias da córnea ou uso excessivo de esteroides (Szaliński et al., 2021). Entre 55% e 65% dos casos estão associados a trauma ocular com matéria vegetal, especialmente em trabalhadores agrícolas expostos a ambientes quentes e úmidos que favorecem o crescimento do fungo, contexto recorrente em países tropicais (Cintra et al., 2024).

O tratamento dessas infecções é desafiador e marcado por altas taxas de recaída. Na onicomicose, utilizam-se medicamentos sistêmicos como itraconazol e terbinafina, embora a recorrência seja frequente (Uemura et al., 2022). Na ceratite, a penetração limitada dos antifúngicos nos tecidos oculares reduz a eficácia terapêutica, sendo a natamicina tópica o tratamento padrão, muitas vezes associada à anfotericina B ou ao voriconazol (Szaliński et al., 2021). Para infecções disseminadas, recorre-se a voriconazol, posaconazol, anfotericina B e, em alguns casos, desbridamento cirúrgico (Batista et al., 2020).

Mais uma vez é importante destacar que vários antifúngicos empregados na medicina humana são estruturalmente semelhantes aos utilizados na agricultura (Chen et al., 2021). Essa proximidade pode favorecer a seleção de cepas resistentes em múltiplos ambientes agrícolas, animais e humanos e representa um risco crescente para o controle das infecções por Fusarium no contexto de Saúde Única (Sáenz et al., 2020).

3.4. MECANISMOS DE AÇÃO E MICOTOXICIDADE

A patogenicidade de *Fusarium* não se limita à invasão física dos tecidos em humanos, animais e plantas, o gênero também é capaz de produzir uma ampla variedade de metabólitos secundários tóxicos (Ekwomadu, Akinola e Mwanza, 2021). Essas substâncias representam um risco significativo à saúde humana e animal, além de comprometerem a segurança alimentar em escala global (Streit et al., 2013).

As micotoxinas mais comuns associadas a espécies de *Fusarium* incluem os tricotecenos, fumonisinas, zearalenonas, deoxynivalenol (DON), nivalenol e toxina T-2. Esses compostos possuem efeitos mutagênicos, carcinogênicos, hemorrágicos, neurotóxicos, estrogênicos e hepatotóxicos, estando também relacionados à má formação embrionária e à imunossupressão, assim como demonstrado no Quadro 1 (Adaptado de Ekwomadu, Akinola e Mwanza, 2021). Algumas espécies, como *Fusarium tricinctum*, sintetizam enniatinas (ENs) e moniliformina (MON). Os efeitos tóxicos dessas moléculas são bem conhecidos: as enniatinas funcionam como ionóforos, rompendo gradientes iônicos e causando morte celular por necrose, enquanto a moniliformina bloqueia enzimas dependentes de tiamina pirofosfato, prejudica o metabolismo energético das mitocôndrias, o que pode provocar danos cardíacos (Wang, Wang e Sha, 2022).

Quadro 1 - Micotoxinas Presentes no Gênero Fusarium.

Nome da Micotoxina	Espécies Produtoras	Mecanismo de Ação	Efeitos em Saúde (Humanos e Animais)	Fonte
Tricotecenos (Geral)	Diversas espécies, incluindo *F. graminearum*, *F. culmorum*, *F. poae*, *F. sporotrichioides*, *F. langsethiae*.	Potentes inibidores da síntese proteica eucariótica, interferindo nas etapas de terminação, alongamento e iniciação.	Causam doenças agudas/crônicas, vômitos, náuseas, perda de peso, distúrbios sanguíneos, imunossupressão e distúrbios do sistema nervoso.	Ekwomadu, Akinola e Mwanza, 2021; Moonjely *et al.*, 2023; Tadei *et al.*, 2020
Fumonisinas (FB1, FB2)	Principalmente *F. verticillioides* e membros do complexo *F. fujikuroi* (FFSC).	Perturbam o metabolismo dos esfingolipídios e o desenvolvimento do tubo neural.	Causam leucoencefalomalácia (LEME) em equinos e edema pulmonar em suínos. Associadas a câncer de esôfago em humanos e má formação do tubo neural em gestantes. São carcinogênicas e hepatotóxicas.	Ekwomadu, Akinola e Mwanza, 2021; Tadei *et al.*, 2020
Zearalenona (ZEA)	*F. graminearum*; *Fusarium sp.*.	Atua como micoestrogênio.	Causa síndrome da feminização em suínos e desenvolvimento sexual precoce em humanos. Associada a risco de câncer de mama em humanos.	Armer *et al.*, 2024; Ekwomadu, Akinola e Mwanza, 2021; Tadei *et al.*, 2020
Moniliformina (MON)	Complexo de espécies *F. fujikuroi* (FFSC).	Inibe sistemas enzimáticos e gliconeogênese, especificamente o complexo da piruvato desidrogenase.	Associada à cardiotoxicidade aguda em frangos de corte. Representa uma ameaça à saúde humana e segurança alimentar.	Tadei *et al.*, 2020; Wang, Wang e Sha, 2022
Enniatinas (ENNs) (A, A1, B, B1)	Membros do complexo *F. tricinctum* (FTSC); Complexo *F. fujikuroi* (FFSC).	Peptídeos não-ribossomais (NPR) / Ciclodepsipeptídeos.	Micotoxinas emergentes. Possuem potencial antimicrobiano. Risco à saúde humana (em produtos de tomate).	Batista, Abegg e Campos, 2022; Ekwomadu, Akinola e Mwanza, 2021; Ji *et al.*, 2023
Beauvericina (BEA)	*Fusarium sp.*; Complexo *F. fujikuroi* (FFSC).	Peptídeo não-ribossomal (NPR).	Micotoxina emergente. Possui potencial antibacteriano (ex: contra *Staphylococcus aureus* e *Escherichia coli*). Risco à saúde humana (em produtos de tomate).	Batista, Abegg e Campos, 2022; Ekwomadu, Akinola e Mwanza, 2021; Ji *et al.*, 2023; Tadei *et al.*, 2020

Nome da Micotoxina	Espécies Produtoras	Mecanismo de Ação	Efeitos em Saúde (Humanos e Animais)	Fonte
Fusapironas (e derivados)	*F. semitectum*; *Fusarium sp.*.	Derivados de 2-pirona (α-pirona).	Atividade antifúngica forte contra fitopatógenos como *Botrytis cinerea* e *Geotrichum candidium*. Desoxifusapirona foi classificada como um novo antifúngico.	Batista, Abegg e Campos, 2022
Ácido Fusárico (FA)	*F. oxysporum*; Complexo *F. fujikuroi* (FFSC).	Ligante metálico (ácido tetrâmico).	Atividade antibacteriana (fraca a forte) contra bactérias como *Bacillus mojavensis* e *Mycobacterium tuberculosis*. Associado à virulência fitopatogênica.	Armer *et al.*, 2024; Batista, Abegg e Campos, 2022; Tadei *et al.*, 2020

Fonte: Adaptado de Ekwomadu, Akinola e Mwanza, 2021.

Por se desenvolverem frequentemente em plantas comestíveis, as micotoxinas produzidas por *Fusarium* contaminam uma ampla variedade de alimentos destinados tanto ao consumo humano quanto à nutrição animal (Ekwomadu, Akinola e Mwanza, 2021). Grãos e matérias-primas agrícolas são as mais afetadas, e o acondicionamento inadequado favorece ainda mais o crescimento do fungo e a produção de toxinas. Estudos de Streit et al., (2013) demonstram a amplitude desse problema: ao analisar 17.316 amostras de ração animal coletadas na Europa e na Ásia, o grupo de pesquisadores identificaram múltiplas micotoxinas, mais especificamente 72% das amostras continham pelo menos um contaminante, já 38% apresentavam dois ou mais.

Esses dados evidenciam que as micotoxinas de *Fusarium* representam uma ameaça relevante à saúde pública e à produtividade agropecuária, exigindo medidas contínuas de monitoramento e controle ao longo de toda a cadeia alimentar (Ekwomadu, Akinola e Mwanza, 2021).

3.5. RESISTÊNCIA: O PROBLEMA CHAVE

As espécies desse gênero apresentam resistência primária e secundária a uma ampla gama de agentes antifúngicos, incluindo azóis, equinocandinas e polienos (Batista et al., 2020). A resistência primária corresponde à capacidade inata do microrganismo de tolerar determinados compostos, enquanto a resistência secundária emerge após a exposição aos antifúngicos. Essa resistência adquirida tem sido observada principalmente em resposta aos azóis, tanto no ambiente clínico quanto agrícola (Chen et al., 2021).

Um dos mecanismos mais estudados envolve a presença de múltiplos genes parálogos da família *CYP51* (*CYP51A*, *CYP51B* e *CYP 51C*), alvo dos azóis. A expressão elevada desses genes em espécies como *F. graminearum* e *F. keratoplasticum* está diretamente associada ao aumento de suas resistências (Chen et al., 2021). Além disso, tratamentos com anfotericina B e posaconazol provocaram a regulação diferencial de genes relacionados à resistência antifúngica em *F. oxysporum* e *F. solani* (Batista et al., 2020). Em nível genético, Zhao et al., (2022) demonstraram que a alteração de um único nucleotídeo em *F. graminearum* foi suficiente para reduzir a sensibilidade a antifúngicos inibidores da biossíntese de ergosterol, diminuindo a reprodução sexual e a virulência, mas aumentando a esporulação, o que, paradoxalmente, intensifica o ciclo da doença.

No contexto agrícola, a diminuição da sensibilidade a metconazol e tebuconazol em cepas de *F. graminearum* evidencia que tratamentos combinados nem sempre são eficazes para conter a resistência (Anderson et al., 2020; Chen et al., 2021).

Além da resistência molecular, o gênero de microrganismos *Fusarium* também exibem fatores adicionais que aumentam sua virulência e dificultam o tratamento. Estes microrganismos apresentam capacidade intrínseca de formar biofilmes em tecidos vegetais, dispositivos médicos como lentes de contato e em tecidos humanos, especialmente na córnea. A formação desse biofilme confere uma barreira física e metabólica que reduz significativamente a eficácia de antifúngicos como natamicina e voriconazol, agravando o desafio terapêutico (Ratitong e Pearlman, 2021; Szaliński et al., 2021). Complementarmente, a produção de enzimas extracelulares, como proteases e fosfolipases, facilita a invasão tecidual e contribui para o agravamento das infecções (Gleason, Allerstorfer e Lilje, 2020; Ratitong e Pearlman, 2021; Szaliński et al., 2021).

Assim, a combinação entre resistência antifúngica, formação de biofilme e produção de enzimas degradativas torna microrganismos desse gênero patógenos de alta complexidade, com impacto direto na saúde humana, animal e vegetal e evidencia como a abordagem da Saúde Única se torna necessária no contexto desses microrganismos (Sáenz et al., 2020).

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Por conta de sua capacidade de infectar uma vasta gama de hospedeiros, o gênero *Fusarium* demonstra a necessidade crítica da abordagem de Saúde Única para conectar a

saúde humana, animal e ambiental. A exposição contínua a antifúngicos azólicos na agricultura impulsiona a seleção de cepas resistentes, comprometendo o tratamento de infecções humanas como onicomicose e ceratite, e elevando as taxas de recaída clínica, ao passo que a contaminação por micotoxinas ameaça à segurança alimentar global. Assim, o controle eficaz da fusariose não pode ocorrer de forma isolada, ele exige uma vigilância multidisciplinar que integre o monitoramento agrícola, a saúde da vida selvagem e o diagnóstico clínico para diminuir os riscos de resistência antimicrobiana e proteger a biodiversidade e a saúde pública.

REFERÊNCIAS

ANDERSON, N. R. et al. Sensitivity of Fusarium graminearum to Metconazole and Tebuconazole Fungicides Before and After Widespread Use in Wheat in the United States. **Plant Health Progress**, v. 21, n. 2, p. 85–90, 1 jan. 2020.

ARMER, V. J. et al. Navigating the Fusarium species complex: Host-range plasticity and genome variations. **Fungal Biology**, p. S1878614624000886, jul. 2024.

BATISTA, B. G. et al. Human fusariosis: An emerging infection that is difficult to treat. **Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical**, v. 53, p. e20200013, 2020.

BATISTA, G. R.; ABEGG, M. A.; CAMPOS, R. Metabólitos fúngicos com potencial antimicrobiano isolados e caracterizados produzidos por gênero Fusarium: uma revisão sistemática da literatura. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 9, p. e6711931513, 3 jul. 2022.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Uma Só Saúde**: O que é a Uma Só Saúde. Brasília, DF: Ministério da Saúde, 2024. Disponível em: https://www.gov.br/saude/pt-br/assuntos/saude-de-a-a-z/u/uma-so-saude. Acesso em: 15 out. 2024.

CHEN, J. et al. Tebuconazole resistance of Fusarium graminearum field populations from wheat in Henan Province. **Journal of Phytopathology**, v. 169, n. 9, p. 525–532, set. 2021.

CINTRA, M. E. C. et al. Fusarium Keratitis: A Systematic Review (1969 to 2023). **Mycopathologia**, v. 189, n. 5, p. 74, out. 2024.

DA ROSA, P. D. et al. Diversity of Fusarium species causing invasive and disseminated infections. **Journal of Medical Mycology**, v. 31, n. 3, p. 101137, set. 2021.

DALLÉ DA ROSA, P. et al. In vitro susceptibility and multilocus sequence typing of Fusarium isolates causing keratitis. **Journal de Mycologie Médicale**, v. 28, n. 3, p. 482–485, set. 2018.

EKWOMADU, T. I.; AKINOLA, S. A.; MWANZA, M. Fusarium Mycotoxins, Their Metabolites (Free, Emerging, and Masked), Food Safety Concerns, and Health Impacts. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 18, n. 22, p. 11741, 9 nov. 2021.

EVANS, J. et al. Intracranial Fusariosis: A Novel Cause of Fungal Meningoencephalitis in a Dog. **Veterinary Pathology**, v. 41, n. 5, p. 510–514, set. 2004.

GLEASON, F. H.; ALLERSTORFER, M.; LILJE, O. Newly emerging diseases of marine turtles, especially sea turtle egg fusariosis (SEFT), caused by species in the Fusarium solani complex (FSSC). **Mycology**, v. 11, n. 3, p. 184–194, 2 jul. 2020.

JI, X. et al. Emerging Alternaria and Fusarium mycotoxins in tomatoes and derived tomato products from the China market: Occurrence, methods of determination, and risk evaluation. **Food Control**, v. 145, p. 109464, mar. 2023.

MA, L.-J. et al. Fusarium Pathogenomics. **Annual Review of Microbiology**, v. 67, n. 1, p. 399–416, 8 set. 2013.

MENG, T. et al. FoPGDB: a pangenome database of Fusarium oxysporum, a cross-kingdom fungal pathogen. **Database**, v. 2024, p. baae017, 27 mar. 2024.

MOONJELY, S. et al. Update on the state of research to manage Fusarium head blight. **Fungal Genetics and Biology**, v. 169, p. 103829, dez. 2023.

NAVARRO-VELASCO, G. Y. et al. Galleria mellonella as model host for the trans-kingdom pathogen Fusarium oxysporum. **Fungal Genetics and Biology**, v. 48, n. 12, p. 1124–1129, dez. 2011.

PEGG, K. G. et al. The Epidemiology of Fusarium Wilt of Banana. **Frontiers in Plant Science**, v. 10, p. 1395, 20 dez. 2019.

PETTAN-BREWER, C. et al. From the Approach to the Concept: One Health in Latin America-Experiences and Perspectives in Brazil, Chile, and Colombia. **Frontiers in Public Health**, v. 9, p. 687110, 14 set. 2021.

RATITONG, B.; PEARLMAN, E. Pathogenic Aspergillus and Fusarium as important causes of blinding corneal infections — the role of neutrophils in fungal killing, tissue damage and cytokine production. **Current Opinion in Microbiology**, v. 63, p. 195–203, out. 2021.

SÁENZ, V. et al. A One Health Perspective to Recognize Fusarium as Important in Clinical Practice. **Journal of Fungi**, v. 6, n. 4, p. 235, 20 out. 2020.

SHARMA, L.; MARQUES, G. Fusarium, an Entomopathogen—A Myth or Reality? **Pathogens**, v. 7, n. 4, p. 93, 28 nov. 2018.

STREIT, E. et al. Mycotoxin occurrence in feed and feed raw materials worldwide: long-term analysis with special focus on Europe and Asia. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 93, n. 12, p. 2892–2899, set. 2013.

SZALIŃSKI, M. et al. Fusarium Keratitis—Review of Current Treatment Possibilities. **Journal of Clinical Medicine**, v. 10, n. 23, p. 5468, 23 nov. 2021.

TADEI, N. S. et al. Fusarium mycotoxins in beer production: Characteristics, toxicity, incidence, legislation, and control strategies. **Scientia Agropecuaria**, v. 11, n. 2, p. 247–256, 8 jun. 2020.

TUXBURY, K. et al. Fusarium solani species complex associated with carapace lesions and branchitis in captive American horseshoe crabs Limulus polyphemus. **Diseases of Aquatic Organisms**, v. 109, n. 3, p. 223–230, 3 jul. 2014.

UEMURA, E. V. G. et al. Onychomycosis Caused by Fusarium Species. **Journal of Fungi**, v. 8, n. 4, p. 360, 31 mar. 2022.

WANG, Y.; WANG, R.; SHA, Y. Distribution, pathogenicity and disease control of Fusarium tricinctum. **Frontiers in Microbiology**, v. 13, p. 939927, 26 jul. 2022.

ZHANG, X. et al. Temperature contributes to host specialization of coffee wilt disease (Fusarium xylarioides) on arabica and robusta coffee crops. **Scientific Reports**, v. 13, n. 1, p. 9327, 8 jun. 2023.

ZHAO, H. et al. Mechanism of Fusarium graminearum Resistance to Ergosterol Biosynthesis Inhibitors: G443S Substitution of the Drug Target FgCYP51A. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 70, n. 6, p. 1788–1798, 16 fev. 2022.

CAPÍTULO VII

RESÍDUOS ORGÂNICOS DA PRODUÇÃO PECUÁRIA BRASILEIRA: GERAÇÃO, TRATAMENTO E ALTERNATIVAS DE VALORIZAÇÃO

ORGANIC WASTE FROM BRAZILIAN LIVESTOCK PRODUCTION: GENERATION, TREATMENT, AND VALORIZATION ALTERNATIVES

DOI: 10.51859/amplla.mac6322-7

Maria Eduarda Scarabelot Cortez [1]
Kátia Valéria Marques Cardoso Prates [2]

[1] Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental (PPGEA), Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, Campus Londrina.
[2] Docente do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental (PPGEA), Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, Campus Londrina.

RESUMO

A atividade pecuária brasileira apresenta elevada relevância econômica e produtiva, mas também contribui para a geração de diferentes resíduos ao longo das etapas de criação, manejo e produção animal. Entre os principais resíduos orgânicos destacam-se os dejetos e as carcaças de animais mortos, cuja geração varia conforme a espécie, o sistema de criação, a alimentação e as condições ambientais. Este trabalho teve como objetivo analisar a geração de resíduos orgânicos na pecuária brasileira. Foi realizada uma pesquisa bibliográfica exploratório-descritiva nas plataformas Google Scholar, SciELO e Portal de Periódicos CAPES, considerando estudos relacionados à geração, tratamento, reaproveitamento, recuperação e valorização desses resíduos. Complementarmente, foi estimado o potencial de geração de dejetos e carcaças no território brasileiro, com base em dados dos efetivos dos rebanhos. Os resultados evidenciaram elevado potencial de geração de resíduos orgânicos e identificaram diferentes alternativas para seu manejo e aproveitamento, com destaque para a compostagem, a biodigestão anaeróbia, as lagoas de estabilização e a produção de biochar. Essas alternativas podem contribuir para a redução dos impactos ambientais e para a recuperação de matéria orgânica, nutrientes e energia, agregando valor aos resíduos gerados pela atividade pecuária. Entretanto, sua implementação pode ser limitada por fatores como custos de implantação e operação, disponibilidade de infraestrutura, características dos resíduos e necessidade de mão de obra capacitada. Dessa forma, o tratamento e a valorização dos resíduos orgânicos constituem estratégias relevantes para o manejo sustentável dos resíduos gerados pela atividade pecuária.

Palavras-chave: Resíduos pecuários. Dejetos animais. Carcaças animais. Valorização de resíduos. Aproveitamento energético.

ABSTRACT

Brazilian livestock farming is of great economic and productive importance, but it also contributes to the generation of different types of waste throughout animal rearing, management, and production stages. Among the main organic wastes are animal manure and carcasses, whose generation varies according to species, production system, feeding practices, and environmental conditions. This study aimed to analyze the generation of organic waste from livestock farming in Brazil. An exploratory-descriptive literature review was conducted using Google Scholar, SciELO, and the CAPES Journals Portal, considering studies related to the generation, treatment, reuse, recovery, and valorization of these wastes. In addition, the potential generation of manure and animal carcasses in Brazil was estimated based on livestock population data. The results indicated a high potential for organic waste generation and

identified different alternatives for its management and utilization, particularly composting, anaerobic digestion, stabilization ponds, and biochar production. These alternatives can contribute to reducing environmental impacts and recovering organic matter, nutrients, and energy, adding value to waste generated by livestock farming. However, their implementation may be constrained by factors such as implementation and operating costs, infrastructure availability, waste characteristics, and the need for skilled labor. Therefore, the treatment and valorization of organic waste represent relevant strategies for the sustainable management of waste generated by livestock farming..

Keywords: Livestock waste**.** Animal manure. Animal carcasses. Waste Valorization. Energy recovery.

1. INTRODUÇÃO

O Brasil apresenta condições edafoclimáticas favoráveis ao desenvolvimento de diversas atividades agrícolas e pecuárias, destacando-se mundialmente pela produção agropecuária. A produção pecuária apresenta importante contribuição para o desenvolvimento econômico do país, abrangendo diferentes sistemas de criação e espécies de interesse zootécnico.

A produção pecuária apresenta estreita relação com as questões ambientais, uma vez que suas diferentes etapas podem resultar na geração de resíduos sólidos com potencial de causar impactos ao meio ambiente quando manejados de forma inadequada. Entre esses impactos, destacam-se a contaminação do solo e dos recursos hídricos, as emissões de gases de efeito estufa e as perdas de nutrientes, especialmente quando os resíduos são armazenados, tratados ou dispostos de maneira inadequada (Qi et al., 2023). Neste cenário, a crescente demanda por sistemas de produção sustentáveis tem impulsionado a adoção de estratégias de manejo que busquem reduzir os impactos ambientais e promover o uso mais eficiente dos recursos. Entre essas estratégias, destacam-se os sistemas integrados de produção, que associam atividades agrícolas, pecuárias e florestais e buscam conciliar produtividade, conservação ambiental e bem-estar social (Balbino et al., 2011).

A criação de animais resulta na geração de volumes expressivos predominantemente de resíduos orgânicos ao longo das diferentes etapas de produção, os quais apresentam características e potencialidades distintas de acordo com a espécie animal, o sistema de criação e as práticas de manejo adotadas. Quando manejados de forma adequada, esses resíduos podem deixar de ser considerados apenas passivos ambientais e assumir valor como fonte de matéria orgânica, nutrientes e energia. Nesse sentido, diferentes tecnologias têm sido desenvolvidas e aprimoradas para o tratamento e a valorização dos resíduos pecuários, incluindo processos de compostagem, digestão anaeróbia, conversão termoquímica e

recuperação de nutrientes, possibilitando a obtenção de fertilizantes, biogás, bioenergia e outros produtos de valor agregado (Qi et al., 2023; Hoyos-Sebá et al., 2024; Sajjad et al., 2024). A recuperação desses recursos contribui para a redução dos impactos ambientais associados à disposição inadequada dos resíduos e para o desenvolvimento de sistemas de produção mais sustentáveis.

Embora existam estudos sobre a geração e o aproveitamento de resíduos provenientes de diferentes sistemas de produção animal, ainda são limitadas as estimativas integradas da geração potencial desses resíduos em escala nacional, especialmente quando considerados conjuntamente os dejetos e as carcaças. Nesse contexto, a sistematização das informações disponíveis e a estimativa do potencial de geração desses resíduos podem contribuir para dimensionar a magnitude do problema e discutir alternativas de tratamento e valorização aplicáveis ao setor pecuário brasileiro.

Diante desse contexto, este capítulo tem como objetivo caracterizar a geração de resíduos orgânicos associados à produção pecuária brasileira, estimar o potencial de geração de dejetos e carcaças com base nos dados dos rebanhos nacionais e discutir alternativas de tratamento, recuperação e valorização destes resíduos.

2. METODOLOGIA

O presente trabalho caracteriza-se como uma pesquisa bibliográfica, de caráter exploratório-descritiva, com uma abordagem qualitativa e quantitativa. A pesquisa bibliográfica possibilita o levantamento e a análise de conhecimentos já produzidos sobre determinada temática, permitindo identificar aspectos relevantes, avanços tecnológicos, desafios e alternativas relacionadas ao gerenciamento e ao aproveitamento dos resíduos pecuários (Gil, 2002).

O levantamento foi realizado nas plataformas *Google Scholar, SciELO*, Portal de Periódicos CAPES e nos portais do PPM/IBGE (2024) e do PERS/PR (2017). O levantamento e a seleção dos trabalhos foram realizados considerando aspectos relacionados aos tipos de resíduos gerados, métodos de tratamento e recuperação, possibilidades de aproveitamento energético, produção de biofertilizantes e outros produtos, recuperação de nutrientes e benefícios ambientais associados à adoção dessas alternativas. A partir dessa análise, foram identificadas as principais estratégias empregadas para o gerenciamento e a valorização dos

resíduos provenientes da produção pecuária. O processo de levantamento, seleção e análise dos estudos utilizados no desenvolvimento do trabalho está apresentado na Figura 1.

Figura 1 – Processo de levantamento e seleção dos estudos bibliográficos

Fonte: Elaborado com auxílio da inteligência artificial NotebookLM (2026) a partir de descrição das autoras.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. CARACTERIZAÇÃO DOS RESÍDUOS GERADOS NA CADEIA PECUÁRIA BRASILEIRA

A pecuária se refere às produções oriundas de animais, como as bovinoculturas, suinoculturas, aviculturas, pisciculturas, entre outros (Barros, 2022). Já a cadeia industrial pecuária também denotada de agroindústria abrange todo o setor econômico responsável pela transformação da criação animal e os seus bens de consumo e matérias primas e os outros setores de forma sistemática (MAPA, 2021).

Para a caracterização das atividades pecuárias foi elaborado a Tabela 1 que apresenta a quantidade de cabeças de animais produzidas no território brasileiro, classificando pelos seus rebanhos e suas descrições. Foram adotadas como base as definições utilizadas pela Pesquisa da Pecuária Municipal (PPM) realizada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) (PPM/IBGE, 2024).

Tabela 1 – Quantidade de cabeças de rebanhos criados para a pecuária brasileira.

Rebanhos	Descrição	Quantidade (Cabeças)	Percentual total (%)
Bovino	Bois, vacas e bezerros, sem distinção de sexo, idade, raça ou finalidade.	238.000.000	10,8
Bubalino	Espécies de búfalos verdadeiros, sem distinção de sexo, idade, raça ou finalidade.	1.805.145	0,1
Equino	Cavalos, éguas, potros e potrancas.	5.702.612	0,3
Suíno - total	Porcos, sem diferenciação de sexo, idade ou uso específico.	43.914.785	2,0
Caprino	Bodes, cabras e cabritos, independentemente de sexo, idade ou finalidade.	13.292.844	0,6
Ovino	Ovelhas, carneiros e borregos, sem distinção de sexo, idade ou finalidade.	21.862.326	1,0
Galináceos - total	Conjunto de aves, incluindo as diferentes categorias de criação.	1.580.000.000	71,9
Galináceos - galinhas	Aves fêmeas criadas para produção de ovos	277.000.000	12,6
Codornas	Aves para produção de ovos e carne.	15.467.570	0,7

Fonte: Adaptado com base em dados da Pesquisa da Pecuária Municipal (PPM/IBGE, 2024).

Além dessas categorias descritas na Tabela 1, as atividades pecuárias podem ser agrupadas de acordo com a finalidade da produção e do sistema produtivo. Essa classificação permite uma compreensão de forma ampla da composição da cadeia industrial pecuária brasileira. Nesse sentido, na Tabela 2 são apresentadas a distribuição das atividades pecuárias segundo sua finalidade produtiva, considerando a criação para corte, produção leiteira, avicultura de postura, apicultura e piscicultura e as respectivas quantidades.

Dentro dessas cadeias industriais, os diferentes sistemas de produção podem contribuir para um aumento da pressão exercida sobre os recursos, especialmente com a quantidade de animais criados, os seus níveis de produção e a capacidade de suporte dos sistemas produtivos e dos ecossistemas. Nesse contexto, os sistemas de produção pecuária são distinguidos, de maneira geral, em intensivo, extensivo e semi-intensivo, na qual, variam de acordo com o grau de confinamento dos animais, o nível da utilização das tecnologias e os insumos e dependências dos recursos naturais, como descrito no Quadro 1.

Tabela 2 – Distribuição das produções desenvolvidas na cadeia industrial pecuária brasileira

Distribuição	Descrição	Quantidade	Percentual total (%)
Pecuária de Corte	Focada na criação de animais para a produção de carne. Animais robustos e selecionados	1.775.975 (t)	93,3
Pecuária Leiteira	Voltada para a produção de leite e seus derivados, como queijo e manteiga	35.743× 10^6 (L)	1,9
Avicultura de Postura	Criação de aves (galinhas, codornas) voltada para a produção de ovos	5.668× 10^6 (L)	0,3
Apicultura	Criação de abelhas para a produção de mel, própolis, cera, pólen e geleia real	97.313 (t)	3,5
Pisciculturas	Criação de peixes em tanques, redes ou escavados	11.676 (t)	0,6

Fonte: Adaptado com base em dados da Pesquisa da Pecuária Municipal (PPM/IBGE, 2024)

Quadro 1 – Descrição dos sistemas de produção pecuária no Brasil

Sistemas de produção	Descrição
Sistema Intensivo	Os animais são criados em condições de confinamento, com uma maior utilização de tecnologias, alimentação controlada e rações balanceadas.
Sistema Extensivo	Os animais são criados predominantemente em áreas de pastagens, com maior dependência dos recursos naturais disponíveis.
Sistema Semi-intensivo	Apresenta uma característica intermediária entre os dois modelos, combinando o acesso dos animais às áreas de pastagem com o fornecimento de suplementação alimentar.

Fonte: Elaborado pelas autoras com base em Cezar (2005); Souza (2011); Filho (2020).

A diferenciação desses sistemas é importante para a compreensão das dimensões da produção pecuária brasileira, uma vez que a quantidade e a distribuição dos animais estão diretamente relacionadas à demanda por recursos naturais e principalmente a geração de resíduos ao longo das atividades produtivas. Tornando necessário a compreensão inicial da dimensão dos efeitos pecuários existentes no país.

Assim, um dos principais problemas gerados na cadeia industrial pecuária são os impactos associados à elevada carga de resíduos orgânicos ao longo das etapas de criação, manejo e o abate animal (Nunes, Júnior, Guimarães, 2017). Esses resíduos podem ser classificados em três categorias principais, conforme apresentados no Quadro 2.

Quadro 2 – Classificação dos resíduos gerados nas cadeias industriais brasileiras

Resíduos	Descrição	Fontes Geradoras
Inorgânico	**Materiais recicláveis não contaminadas;** **Manutenção e construção:** Pneus e resíduos de construção civil, como agregados e entulhos não perigosos.	Sede administrativa, oficinas internas e reformas de instalações rurais.
Perigoso	**Embalagens de defensivos agrícolas;** **Manutenção:** óleos lubrificantes usados, graxas entre outros; **Saúde e proteção:** EPI's contaminados, resíduos de saúde veterinária.	Oficinas mecânicas e cuidados veterinários na criação de animais.
Orgânico	**Restos vegetais:** Restos de ração e camas de animais. **Resíduos animais**: Dejetos e sobras de carcaças.	Criação de animais.

Fonte: Adaptado de ANVISA, (2018); Luís; Rossoni, (2018).

Os resíduos inorgânicos são compostos principalmente por embalagens de insumos, materiais plásticos, metais e recipientes utilizados no processo industrial. De acordo com a ABNT NBR 10004:2024, partes desses materiais podem ser destinados aos sistemas de reciclagens e logística reversa, possibilitando o reaproveitamento dos resíduos.

Já os resíduos classificados como perigosos, como os equipamentos de proteção individuais (EPI's) e embalagens contaminadas por produtos químicos, medicamentos veterinários e substâncias potencialmente tóxicas, necessitam um manejo específico, envolvendo processos de descontaminação, tratamento e reutilização. Caso esses resíduos não sejam capazes de passar pelo processo de recuperação são destinados para etapas de incineração ou destinação final adequadas.

Com relação aos resíduos orgânicos associados à criação de animais, destacam-se os dejetos e as carcaças decorrentes da mortalidade dos animais. A quantificação desses resíduos apresenta limitações, uma vez que é influenciada por diferentes fatores, como o tamanho e a composição do rebanho, o peso dos animais, o sistema de criação, a alimentação, a raça e o sexo, além das condições de umidade e temperatura do ambiente. O Plano Estadual de Resíduos Sólidos do Paraná (PERS/PR) (2017) destaca a dificuldade de determinar com precisão a geração de dejetos, especialmente em razão da limitada disponibilidade de referências bibliográficas e de coeficientes específicos.

Diante disso, para a quantificação dos dejetos, foram aplicados aos respectivos rebanhos os coeficientes de geração apresentados no PERS/PR (2017), considerando as unidades de medida e os períodos de referência estabelecidos no documento. Nos casos em que os coeficientes foram expressos em quilogramas por cabeça por dia, os valores foram

convertidos para toneladas por cabeça por ano e, posteriormente, multiplicados pelo número de animais de cada rebanho.

Para a quantificação das carcaças, o número potencial de animais mortos foi determinado mediante a aplicação das respectivas taxas de mortalidade sobre o efetivo de cada rebanho. Quando os coeficientes de geração de dejetos ou as taxas de mortalidade foram apresentados na forma de intervalos, foram considerados os limites inferior e superior, permitindo estabelecer os valores mínimo e máximo de geração de resíduos.

Considerando a ausência de uma estimativa nacional consolidada e atualizada para a geração desses resíduos, foi realizada uma estimativa potencial para o território brasileiro, seguindo a metodologia adotada pelo PERS/PR (2017). Para tanto, foram utilizados os dados referentes ao efetivo dos rebanhos brasileiros em 2024, obtidos na Pesquisa da Pecuária Municipal (PPM), disponibilizada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Os coeficientes de geração de dejetos e as taxas de mortalidade foram, então, aplicados aos respectivos efetivos dos rebanhos, resultando nos valores apresentados na Tabela 3.

Tabela 3 – Estimativa da geração de dejetos e carcaças de animais na pecuária brasileira por tipo de rebanho

Tipo do rebanho	Coeficiente para a geração de dejetos	Geração estimada (t/ano)	Taxa de Mortalidade (%)	Animais mortos estimados (cabeça/ano)	Observações
Bovino	24 ~40 kg/cab./dia	2,09 ~ 3,48 bilhões	3,0 ~ 7,0	7.145.423 ~ 16.672.653	Intervalo devido à ausência da separação para corte/leite
Suínos	2,35 kg/cab./dia	37.667.907	0,6 ~ 1,0	263.489~ 439.148	Intervalo da ocorrência de mortes
Ovino	1.500 kg/cab./ano	32.793.489	5,0	1.093.116	–
Galináceos, exceto galinhas	0,0015 t/cab/ano	1.955.596	1,5	19.555.955	Aproximação usando coeficiente de aves de corte
Galinhas	0,0120 t/cab/ano	3.329.822	4,0	11.099.408	Aproximação usando o coeficiente de aves de postura

Fonte: Elaborado pelas autoras com base em dados da Pesquisa da Pecuária Municipal (PPM/IBGE, 2024)

3.2. MÉTODOS DE TRATAMENTO E RECUPERAÇÃO

O manejo inadequado desses resíduos pode representar riscos significativos à saúde pública e ao meio ambiente, principalmente pela grande geração desses resíduos (Tabela 3) e a ocorrência da possibilidade de disseminação de patógenos e a contaminação do solo, dos corpos hídricos e das águas subterrâneas.

Diante dos impactos ambientais associados à elevada geração dos resíduos pecuários orgânicos, vem se tornando necessário a implementação de tecnologias voltadas para a recuperação, tratamento e o reaproveitamento desses materiais, e assim promovendo alternativas mais sustentáveis e economicamente viáveis para o setor pecuário. Entre as principais técnicas utilizadas é destacado os biodigestores em lagoas de estabilização, os processos de compostagem para os dejetos e as carcaças de animais e a produção de biochar.

Diante da quantidade de produção de resíduos orgânicos gerados na cadeia industrial da pecuária, diferentes técnicas de manejo vêm sendo empregadas para seu tratamento, aproveitamento e a valorização. Entre as principais técnicas identificadas na literatura é destacado a compostagem, as lagoas de estabilização, os biodigestores e a produção de biofertilizantes. No Quadro 3 é apresentado uma síntese das principais técnicas identificadas na literatura.

As lagoas de estabilização constituem uma alternativa para o tratamento de dejetos animais, especialmente da fração líquida, por meio da degradação da matéria orgânica presente nos efluentes. Esses sistemas podem ser empregados no tratamento de resíduos líquidos provenientes das atividades pecuárias e, em determinadas situações, integrados a outras etapas de tratamento. A utilização de resíduos de maior teor de sólidos ou de carcaças requer, entretanto, procedimentos específicos de manejo e pré-tratamento, de modo a reduzir a carga de sólidos e os riscos associados à presença de microrganismos patogênicos. Dessa forma, as lagoas de estabilização são apresentadas no Quadro 3 como uma técnica de tratamento dos resíduos orgânicos da atividade pecuária.

Outra alternativa consiste na biodigestão anaeróbia, utilizada para o tratamento de dejetos animais e para a recuperação energética da matéria orgânica. Nesse processo, o material orgânico é submetido à decomposição na ausência de oxigênio, resultando na produção de biogás e de digestato. O biogás é composto predominantemente por metano (CH_4) e pode ser captado e posteriormente utilizado para a geração de energia térmica e elétrica ou, após tratamento adequado, como biometano. O digestato, por sua vez, apresenta

nutrientes e matéria orgânica remanescente, podendo ser utilizado como fertilizante agrícola, desde que atendidos os requisitos de segurança e qualidade aplicáveis (Otenio et al., 2010). A biodigestão anaeróbia pode ser associada a outras etapas de tratamento, incluindo lagoas de estabilização, conforme as características do sistema e do resíduo tratado. A Figura 2 apresenta dois modelos de biodigestores empregados no setor pecuário.

Quadro 3 – Principais métodos e técnicas de tratamento, recuperação e aproveitamento

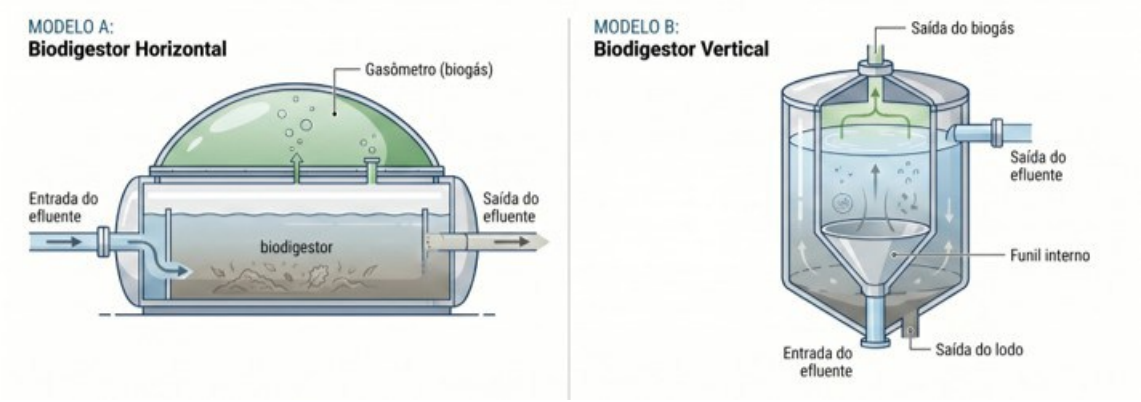
Método	Técnica	Aplicação/Produto	Referência
Tratamento	Compostagem	Dejetos animais, resíduos de alimentação e carcaças; produção de composto orgânico estabilizado.	(Embrapa, 2010); Geremias e Eslabão (2023)
	Lagoas de estabilização	Tratamento de efluentes e dejetos pecuários, especialmente da fração líquida	(Otenio et al., 2010);
Recuperação energética	Biodigestão anaeróbia	Dejetos animais e outros resíduos orgânicos; produção de biogás e digestato	Otenio et al. (2010); Lins (2017)
	Biodigestão anaeróbia associada a lagoas de estabilização	Tratamento de dejetos e aproveitamento energético do biogás	Otenio et al. (2010); Lins (2017)
Recuperação de Nutrientes	Biodigestão anaeróbia	Digestato com potencial de uso como biofertilizantes	(Otenio et al., 2010)
Recuperação de matéria orgânica	Compostagem	Produção de composto orgânico	(Embrapa, 2010); (Geremias; Eslabão, 2023)
Valorização de resíduos	Pirólise	Biochar - Conversão de resíduos orgânicos em material carbonizado para aproveitamento agrícola e ambiental	(Geremias; Eslabão, 2023)

Fonte: Elaborado pelos autores, (2026)

Outra alternativa empregada no manejo desses resíduos é a compostagem, processo amplamente utilizado para o tratamento e o aproveitamento de resíduos orgânicos. Essa técnica consiste na decomposição controlada da matéria orgânica por meio da ação de microrganismos, sob condições adequadas de aeração, umidade e temperatura. O processo pode envolver a combinação de materiais com diferentes proporções de carbono e nitrogênio, de modo a favorecer a atividade microbiana e a estabilização da matéria orgânica. Na atividade pecuária, a compostagem pode ser aplicada ao tratamento de dejetos animais, resíduos de alimentação e carcaças (Embrapa, 2010).

Entre as principais vantagens da compostagem destacam-se a redução do volume dos resíduos, a estabilização da matéria orgânica, a redução de odores e a obtenção de um material estabilizado com potencial de aproveitamento agrícola. Dependendo das características do processo e do material obtido, o composto pode ser utilizado como condicionador do solo ou fonte de matéria orgânica e nutrientes. Entretanto, a técnica apresenta algumas limitações, como a necessidade de área adequada para a instalação das leiras ou sistemas de compostagem, o manejo periódico do material, o controle de parâmetros como temperatura e umidade e o tempo necessário para a completa estabilização da matéria orgânica (Embrapa, 2010).

Figura 2 – Ilustração de esquemas de lagoas de estabilização e de biodigestores, com modelo A do estilo canadense e o modelo B uma ilustração de fluxo ascendente



Fonte: Adaptado de LINS (2017). com o auxílio da inteligência artificial NotebookLM (2026), a partir de descrição das autoras.

No caso da compostagem de carcaças, o manejo e as condições do processo podem variar de acordo com o porte e as características dos animais. Para animais de menor porte, como aves e suínos, pode ser empregados sistemas convencionais de compostagem, desde que sejam observadas as condições adequadas de manejo e controle do processo (Figura 3a). Para animais de maior porte, como bovinos, são necessárias estruturas e procedimentos específicos, considerando o maior volume de material, a necessidade de adequada cobertura das carcaças, o controle de odores e a prevenção de riscos de contaminação ambiental e sanitária, além do maior tempo requerido para a completa decomposição e estabilização da matéria orgânica (Figura 3b).

Figura 3 – Processo de compostagem para animais de grande porte.

a) Processo de compostagem para dejetos e animais de pequeno porte

b) Processo de compostagem para animais de grande porte

Fonte: Adaptado de Embrapa (2010) com o auxílio da inteligência artificial NotebookLM (2026), a partir de descrição das autoras.

Além da compostagem convencional, algumas tecnologias complementares vêm sendo empregadas com o objetivo de otimizar o tratamento e a estabilização dos resíduos orgânicos. Entre essas alternativas, destaca-se a desidratação prévia das carcaças, que contribui para a redução do teor de umidade e pode favorecer a decomposição do material. Também vêm sendo desenvolvidos sistemas automatizados de compostagem, que possibilitam maior controle operacional das condições do processo, incluindo parâmetros

como temperatura e umidade, além de reduzir a necessidade de intervenções manuais frequentes.

Outra possibilidade de valorização dos resíduos orgânicos consiste na produção de biochar, um material carbonáceo obtido pela conversão termoquímica de biomassa em condições de baixa disponibilidade de oxigênio, geralmente por meio do processo de pirólise (Geremias; Eslabão, 2023). Diferentemente da compostagem, a produção de biochar constitui uma rota específica de aproveitamento dos resíduos, na qual parte da matéria orgânica é convertida em uma forma de carbono mais estável. Esse material apresenta potencial para o armazenamento de carbono e para a redução das emissões de gases de efeito estufa, além de possibilitar o aproveitamento agrícola e ambiental dos resíduos, dependendo de suas características e da aplicação pretendida.

Na atividade pecuária, o biochar pode ser produzido a partir de diferentes resíduos orgânicos, incluindo camas de aviários, dejetos e outros materiais provenientes da criação animal. Entre as vantagens dessa tecnologia destacam-se a possibilidade de valorização de resíduos, a produção de um material carbonáceo com potencial de aplicação no solo e a contribuição para estratégias de aproveitamento e recuperação de recursos. Entretanto, sua implementação pode demandar equipamentos específicos, condições controladas de operação, mão de obra qualificada e investimentos superiores aos requeridos por métodos convencionais de tratamento de resíduos, especialmente em sistemas de menor escala (Geremias; Eslabão, 2023).

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir da revisão realizada, observa-se que a atividade pecuária apresenta elevado potencial de geração de resíduos orgânicos, especialmente dejetos e carcaças de animais. Quando manejados de forma inadequada, esses resíduos podem ocasionar impactos ambientais e sanitários, incluindo a contaminação do solo e dos corpos hídricos, a emissão de gases de efeito estufa e a disseminação de agentes patogênicos, com possíveis riscos à saúde pública e animal.

Os estudos analisados demonstram a utilização de diferentes alternativas para o tratamento e a valorização desses resíduos, com destaque para a compostagem, as lagoas de estabilização e a biodigestão anaeróbia. Essas técnicas podem contribuir para a redução da carga poluidora e possibilitar o aproveitamento dos resíduos por meio da geração de biogás,

da obtenção de composto orgânico e digestato e da produção de materiais com potencial de uso agrícola, como biofertilizantes e biochar. Dessa forma, o tratamento dos resíduos pode estar associado à recuperação de recursos e à agregação de valor aos materiais gerados na atividade pecuária.

Apesar das possibilidades de aproveitamento e dos benefícios ambientais associados a essas alternativas, sua implementação ainda apresenta desafios, que podem incluir a necessidade de infraestrutura adequada, investimentos iniciais, custos operacionais, disponibilidade de área e mão de obra capacitada. A viabilidade de cada tecnologia depende, ainda, das características e do volume dos resíduos gerados, das condições locais e da finalidade pretendida para os produtos obtidos.

Nesse contexto, o manejo adequado dos resíduos orgânicos da atividade pecuária constitui um componente importante para a redução dos impactos ambientais associados à criação e à produção animal. A adoção de estratégias de tratamento e valorização que considerem as características dos resíduos e as condições de cada sistema produtivo pode contribuir para o uso mais eficiente dos recursos, a redução da geração de passivos ambientais e o desenvolvimento de práticas mais sustentáveis na atividade pecuária.

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho contou com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES), Código de Financiamento 001 e do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental (PPGEA).

REFERÊNCIAS

Associação Brasileira de Normas Técnicas. **ABNT NBR 10004-1:2024:** resíduos sólidos — classificação — parte 1: requisitos de classificação. Rio de Janeiro: ABNT, 2024.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. **ABNT NBR 10004-2:2024:** resíduos sólidos — classificação — parte 2: sistema geral de classificação de resíduos (SGCR). Rio de Janeiro: ABNT, 2024.

ANVISA. **Resolução RDC n. 222**, de 28 de março de 2018. Regulamenta as Boas Práticas de Gerenciamento dos Resíduos de Serviços de Saúde e dá outras providências. Disponível em: Resolução da Diretoria Colegiada (RDC) 222/2018. Acesso em: 20 de maio de 2026.

BALBINO, L. C.; KICHEL, A. N.; BUNGENSTAB, D. J.; ALMEIDA, R. G. de. **Sistemas de integração:** o que são, suas vantagens e limitações.In: BUNGENSTAB, D. J.(Ed.). Sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta: a produção sustentável. 2. ed. Brasília: Embrapa, 2012. p. 11–18. Disponível em: https://www.embrapa.br. Acesso em: 16 de maio de 2026.

BOENO, Daniel et al. **Compostagem dos Dejetos de Bovinos: Uma Prática Sustentável.** Centro de Ciências Rurais. 2018. Disponível em: 6126 N. 84/2018 Compostagem dos dejetos de bovinos: uma prática sustentável Daniel Boeno. Acesso em: 23 de maio de 2026.

BRASIL. **Lei nº 9.974**, de 06 de junho de 2000. Dispõe sobre o destino final dos resíduos e embalagens, o registro, a classificação, o controle, a inspeção e a fiscalização de agrotóxicos, seus componentes e afins, e dá outras providências. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9974.htm. Acesso em: 23 de maio de 2026.

CEZAR, I. M. et al. **Cadeia produtiva da carne bovina: contexto e desafios futuros.** Campo Grande: Embrapa Gado de Corte, 2005. Disponível em: https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1132914/1/DOC-291-Final-em-Alta.pdf. Acesso em: 19 set. 2026.

ESLABÃO, Andrieza D. A.; GEREMIAS, Reginaldo. **Biogás a Partir de Dejetos da Pecuária:** Impactos Ambientais e Ordenamento Jurídico em Santa Catarina. Revista Brasileira de Energia. vol. 29, n° 2. 2023. DOI: https://doi.org/10.47168/rbe.v29i2.728. Acesso em: 23 de maio de 2026.

FILHO, K. E. **Produção animal no Brasil:** caracterização, simulação de sistemas e zoneamento. Brasília, DF: Embrapa, 2020. Disponível em: embrapa.br. Acesso em: 19 set. 2026.

FLUCK, Ana C. et al. **Aspectos Nutricionais na Produção de Bovinos de Leite a Pasto.** Editora Científica. pg 54 - 76 Vol. 1 - Ano 2025. DOI: https://dx.doi.org/10.37885/250419239. Acesso em: 16 de maio de 2026.

GIL, Antônio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa.** 4. ed. pág 44. São Paulo: Atlas, 2002. Disponível em: https://files.cercomp.ufg.br/weby/up/150/o/Anexo_C1_como_elaborar_projeto_de_pesquisa_-_antonio_carlos_gil.pdf. Acesso em: 11 de set. de 2026.

GUITARRARA, Paloma. **Pecuária:** o que é, tipos, importância, impactos. Brasil Escola, 2026. Disponível em: https://brasilescola.uol.com.br/brasil/pecuaria.htm. Acesso em: 13 set. 2026.

HOYOS-SEBÁ, J. J.; ARIAS, N. P.; SALCEDO-MENDOZA, J.; ARISTIZÁBAL-MARULANDA, V. **Animal manure in the context of renewable energy and value-added products:** A review. Chemical Engineering and Processing – Process Intensification, v. 196, p. 109660, 2024. DOI: https://doi.org/10.1016/j.cep.2023.109660. Acesso em: 10 de set. de 2026.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Agropecuário 2017**. Rio de Janeiro, IBGE, 2017. Acesso em: 16 de maio de 2026.

LIU, Y.; TANG, R.; LI, L.; ZHENG, G.; WANG, J.; WANG, G.; BAO, Z.; YIN, Z.; LI, G.; YUAN, J. A **global meta-analysis of greenhouse gas emissions and carbon and nitrogen losses during livestock manure composting:** Influencing factors and mitigation strategies. Science of The Total Environment, v. 885, p. 163900, 2023. DOI: https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.163900.

LINS, Leonardo P. **Produção de Biogás a Partir de Resíduos de Bovinocultura Leiteira por Meio da Codigestão com Macrófitas da Espécie Salvinia.** Dissertação de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Tecnologias Ambientais (PPGTAMB). Disponivel em: PRODUÇÃO DE BIOGÁS A PARTIR DE RESÍDUOS DE BOVINOCULTURA LEITEIRA POR MEIO DA CODIGESTÃO COM MACRÓFITAS DA ESPÉCIE Salvin. Acesso em: 23 de maio de 2026.

LUÍS, Renata; ROSSONI, Hygo. **SUBSÍDIOS PARA A IMPLANTAÇÃO DO PLANO DE GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS EM ENTREPOSTO DE MEL E CERA DE ABELHAS:** Estudo de Caso Realizados em Agroindústria de Grande Porte Localizada na Região Centro-Oeste de Minas Gerais. MG, 2018. Disponível em: https://sistemas.bambui.ifmg.edu.br/open_conference/index.php/SEP/2018/paper/view/181. Acesso em 23 de maio de 2026.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA E PECUÁRIA (MAPA). **O que é agroindústria?** Brasília: MAPA, 12 abr. 2021. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/sustentabilidade/agroindustria/o-que-e-agroindustria>. Acesso em: 19 set. 2026.

NASCIMENTO, Alexandre F. D. et al. **Uso de Biochar no Processo de Compostagem de Resíduos Rurais e Urbanos** – Maximização da Reciclagem de Nutrientes na Agricultura. Encontro de Ciência e Tecnologia Agrossustentáveis. 2017. Disponível em: Resumos 8 a 10 de Agosto de 2017 Sinop, MT. Acesso em: 22 de maio de 2026.

NUNES, Walder A. G. D.; JÚNIOR, Sérgio A. D. L.; GUIMARÃES, Fábio F. **Caracterização de Resíduos Orgânicos de Cadeias Produtivas da Agropecuária na Região CentroOeste do Brasil.** Embrapa Agropecuária Oeste, Dourados, MS. 2017. Disponível em: Caracterização de Resíduos Orgânicos de Cadeias Produtivas da Agropecuária na Região Centro- Oeste do Brasil.

PARANÁ. Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Recursos Hídricos. **Plano Estadual de Resíduos Sólidos do Paraná: Relatório 04** – Produto 04 – relatório contendo a situação dos resíduos sólidos. Curitiba: Governo do Estado do Paraná, 2017. Disponível em: https://www.sedest.pr.gov.br/sites/default/arquivos_restritos/files/documento/2022-05/r4_rev00_situacao_residuos_solidos_final.pdf.

OTENIO, Marcelo H.; CUNHA, Carolina M. D.; ROCHA, Bernardo B. **Compostagem de Carcaças de Grandes Animais.** Embrapa, 2010. Disponível em:

https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/875238/1/COT61compostagem.pdf. Acesso em: 22 de maio de 2026.

OTENIO, Marcelo H. et al. **Produção de Biogás a Partir de Dejetos da Pecuária Leiteira**. Intelactus. Embrapa. Disponível em: Produção de biogás a partir de dejetos da pecuária leiteira. Acesso em: 23 de maio de 2026.

SANCHES, Igor B. et al. **Panorama Histórico dos Resíduos Sólidos Agrossilvopastoris no Território Brasileiro.** Revista Foco. v. 18 n. 4 p.01 - 21. 2025. Acesso em: panorama histórico dos resíduos sólidos agrossilvipastoris no território brasileiro. Acesso em: 23 de maio de 2026.

SAJJAD, Muhammad *et al*. **Methods for the removal and recovery of nitrogen and phosphorus nutrients from animal waste:** A critical review. Ecological Frontiers, v. 44, n. 1, p. 2-14, 2024. DOI: https://doi.org/10.1016/j.chnaes.2023.05.003.

SCHNEIDER, V. E. **Diagnóstico dos Resíduos Orgânicos do Setor Agrossilvopastoril e Agroindústrias Associadas:** Relatório de Pesquisa. Brasil: IPEA, 2012. 134 p.

SILVA, D. B. **Sustentabilidade no agronegócio:** dimensões econômica, social e ambiental.Comunicação & Mercado/UNIGRAN, Dourados, MS, v. 1, n. 3, p. 23–34, jul./dez. 2012. Disponível em: Repositório Institucional da UFMS. Acesso em: 16 de maio de 2026.

SOUZA, A. D. O. de et al. **Sistema semi-intensivo de produção de carne de bovinos.** Campo Grande: Embrapa Gado de Corte, 2011. Disponível em: https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/324073/1/Sistemasemiintensivodeproducao.pdf. Acesso em: 19 set. 2026.

QI, J. *et al*. **State-of-the-art on animal manure pollution control and resource utilization. Journal of Environmental Chemical Engineering**, v. 11, n. 5, p. 110462, 2023. DOI: https://doi.org/10.1016/j.jece.2023.110462.

CAPÍTULO VIII

POTENCIAL ENERGÉTICO E SUSTENTABILIDADE DO BAMBU IMPERIAL (*BAMBUSA VULGARIS* SCHRAD. EX J.C. WENDL) PARA A PRODUÇÃO DE CARVÃO VEGETAL: UMA REVISÃO DE LITERATURA

ENERGY POTENTIAL AND SUSTAINABILITY OF IMPERIAL BAMBOO (*BAMBUSA VULGARIS* SCHRAD. EX J.C WENDL) FOR CHARCOAL PRODUCTION: A LITERATURE REVIEW

DOI: 10.51859/amplla.mac6322-8

Suellen Santos da Silva [1]
Thayna Ixóra Rodrigues dos Santos [1]
Vitoria Luiza dos Passos [2]
Marcele Farias Pereira [3]
Ricardo Christin Lobato Machado [4]
Paula Daniele Martins Moraes [4]

[1] Engenheira Florestal. Universidade Federal Rural da Amazônia - UFRA
[2] Mestranda em Ciências Florestais. Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais – UFRA
[3] Mestre em Ciências Florestais. Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais – UFRA
4 Doutorando (a) em Ciências Florestais. Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais – UFRA

RESUMO

No Brasil, o bambu imperial (*Bambusa vulgaris* Schrad. ex J.C. Wendl) ganha destaque como uma promissora fonte renovável de biomassa para a produção de carvão vegetal. Este capítulo tem como objetivo uma revisão de literatura para analisar o potencial energético e a sustentabilidade dessa cultura em comparação com as fontes lenhosas tradicionais. Como gramínea exótica altamente adaptada ao clima tropical brasileiro, a espécie apresenta vantagens silviculturais marcantes, tendo rápido crescimento, curto ciclo de rotação (idade de corte de 3 anos), alta capacidade de rebrota sem necessidade de replantio, além da tolerância a solos de baixa fertilidade. No aspecto tecnológico, o carvão vegetal de bambu imperial apresenta excelentes características energéticas, incluindo teor de umidade inferior a 5%, teor de carbono fixo entre 63% e 67%, baixa friabilidade e um poder calorífico superior elevado (6.500 a 6.700 Kcal/kg), sendo superior ao desempenho energético dos carvões tradicionais de eucalipto e pinus. Além da viabilidade bioenergética, o cultivo do bambu apresenta ótimos benefícios ecológicos e socioeconômicos, atuando nas atividades de reestruturação de solos degradados, conservação de matas ciliares e no alto sequestro de carbono subterrâneo, o dobro da vegetação aérea. Em síntese, o bambu imperial é um recurso muito viável e sustentável para diversificar a matriz bioenergética nacional, apesar de necessitar de avanços tecnológicos no manejo e colheita mecanizada para viabilizar sua plena utilização industrial.

Palavras-chave: Biomassa. Carvão vegetal. Energia renovável. Sustentabilidade.

ABSTRACT

In Brazil, imperial bamboo (*Bambusa vulgaris* Schrad. ex J.C. Wendl.) has emerged as a promising renewable biomass source for charcoal production. This chapter aims to conduct a literature review to analyze the energy potential and sustainability of this crop in comparison with traditional woody biomass sources. As an exotic grass species highly adapted to the Brazilian tropical climate, *B. vulgaris* presents remarkable silvicultural advantages, including rapid growth, a short rotation cycle (harvesting age of three years), high regrowth

capacity without the need for replanting, and tolerance to low-fertility soils. From a technological perspective, imperial bamboo charcoal exhibits excellent energy-related properties, including a moisture content below 5%, fixed carbon content ranging from 63% to 67%, low friability, and a high higher heating value (6,500–6,700 kcal kg^{-1}), outperforming the energy performance of conventional charcoal produced from eucalyptus and pine. In addition to its bioenergy potential, bamboo cultivation provides significant ecological and socioeconomic benefits, contributing to the restoration of degraded soils, riparian forest conservation, and substantial belowground carbon sequestration, which may be twice as high as that of aboveground vegetation. Overall, imperial bamboo represents a highly viable and sustainable resource for diversifying Brazil's national bioenergy matrix, although technological advances in management practices and mechanized harvesting are still required to enable its full-scale industrial utilization.

Keywords: Biomass. Charcoal. Renewable energy. Sustainability.

1. INTRODUÇÃO

A busca por alternativas renováveis para o carvão mineral intensificou-se durante a crise do petróleo nos anos 1970, em que as atenções foram voltadas para o carvão vegetal, que apesar de liberar fumaça e gases poluentes, é considerado um bom substituto do carvão mineral especialmente por ser renovável (Cosmo et al., 2020). Contemporaneamente, o estado brasileiro se mantém em posição destaque na produção deste insumo, que de acordo com o Balanço Energético Nacional de 2023, corresponde em cerca de 9% da oferta de energia interna do país (Brasil, 2023). O carvão vegetal é considerado como um substituto ideal do carvão mineral por apresentar elevado poder calorífico, uma boa estabilidade química e baixa emissão de gases do efeito estufa (Rosa, 2010).

Apesar da biomassa gerada por meio do resíduo de florestas plantadas de eucalipto seja a principal matéria prima na produção de carvão vegetal no Brasil (Basso, 2017; Ostapiv; Ostapiv, 2023), o bambu aparece como uma alternativa viável. O bambu imperial (*Bambusa vulgaris* Schrad. ex J.C. Wendl) pertence ao gênero *Bambusa* da subfamília *Bambusoideae* da família *Poaceae* e alguns dos seus nomes populares pelo Brasil, são: Bambu-Açu, Bambu-verde, Bambu comum e Bambu-Grosso (Kelchner; Bamboo Phylogeny Group, 2013; Filgueiras, 2015). Originária da Ásia, ela foi trazida através dos portugueses durante o processo de colonização, além de ter sofrido grande influência durante a imigração japonesa (Brand et al., 2020), o que contribuiu para que o Brasil se tornasse o maior país com maior número de espécies de bambu da América com mais de 200 (Maia et al., 2022) dentre estas, as mais utilizadas pertencem ao gênero Bambusa, nos quais são melhores de se adaptar a climas tropicais (Drumond; Weidman, 2017).

Nessa perspectiva, este estudo fundamenta-se em uma revisão bibliográfica, de forma exploratória e descritiva, com o intuito de sintetizar e analisar o conhecimento científico a

respeito do potencial silvicultural, ecológico e tecnológico do bambu imperial na produção de carvão vegetal. Para isso, foram utilizados estudos sobre as propriedades físico-químicas e térmicas da espécie, produtividade de biomassa e marcos regulatórios brasileiros, em que foram discutidos de modo integrativo e comparativo aos gêneros tradicionalmente utilizados no setor florestal: *Eucalyptus* e *Pinus.*

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. ASPECTOS SILVICULTURAIS, MANEJO E POTENCIAL PRODUTIVO DO BAMBU IMPERIALASPECTOS SILVICULTURAIS, MANEJO E POTENCIAL PRODUTIVO DO BAMBU IMPERIAL

A ótima vantagem com o clima tropical brasileiro, fatores morfológicos permitiram a boa abrangência e adaptação da espécie em diversos ambientes florestais (Filgueiras; Viana, 2017). As folhas largas e colmos com grandes alturas fornecem uma melhor sustentação e facilitam a busca por luz, fator importante para sobrevivência em meio a árvores maiores e já estabelecidas (Filgueiras; Viana, 2017). Os bambus possuem essas características por serem gramíneas, resultando em maiores chances de sobrevivência, uma vez que esses atributos permitem a busca de nutrientes mesmo em solos pobres, arenosos e argilosos (Ostapiv e Ostapiv, 2023). Nesse contexto, este fato facilita seu cultivo em vários locais do país e que atrai investimentos, como ocorreu no estado de Pernambuco, onde já existem florestas plantadas de bambu com finalidade de produzir papel e celulose (Lobão et. al., 2023).

A espécie *Bambusa vulgaris* detém um grande potencial energético por sua capacidade produtiva e crescimento serem acima da média, com um ciclo curto de menos de 4 anos e colheita contínua (Liu et al., 2014), fatos que evidenciam sua importância para o setor florestal e econômico, além de possuir as mais variadas finalidades, como produção de celulose e papel, biocombustíveis, aplicações em bioengenharia e na indústria farmacêutica (Maia et al., 2022).

As plantações de Bambusa vulgaris possuem idade de corte apenas de 3 anos (Andrade et al., 2015; Ostapiv; Ostapiv, 2023), enquanto a de eucalipto só pode ser extraído a partir dos seus 7 anos, com possibilidade dessa idade ficar ainda mais tardia (Ramos et al., 2023). O crescimento acelerado e curtos intervalos de colheita do bambu não é apenas uma nova opção para além das espécies que são tradicionalmente plantadas e exploradas. Murakami

(apud Marafon et al., 2019) aponta que o incremento de biomassa anual de espécies de bambu é de 22 a 44 m³/ha ao ano, valor semelhante e levemente superior ao de eucalipto, que possui de 30 a 40 m³/ha ao ano. Os investimentos em adubações em plantios de bambu praticamente não existem, já que são gramíneas e lidam com muitas adversidades no seu desenvolvimento (Ostapiv; Ostapiv, 2023), e por razões como esta, a produção em larga escala vem ocorrendo, como a plantação de mais de 50 mil hectares de *Bambusa vulgaris* com finalidade de produção de papel e celulose em Pernambuco (Lobão et al., 2023). Ademais, a espécie não precisa de replantio devido à sua capacidade de rebrota por rizomas (Guerra et al., 2017).

O incentivo ao uso do bambu para reflorestamento em áreas degradadas tem sido bastante discutido devido ao número elevado destas áreas, onde outras culturas não se desenvolveriam em solo completamente danificado, porém muitas espécies de bambu cresceriam com bastante êxito (Amaral et al., 2020), que o torna uma excelente opção de fonte de biomassa para geração de energia (Balduino et al., 2016; Marafon et al., 2019). A consolidação dessa cultura foi fortemente impulsionada com a implementação pelo Governo Federal da Lei nº 12.484, que instituiu a Política Nacional de Incentivo ao Manejo Sustentável e ao Cultivo do Bambu (PNMCB). Esta lei trata do incentivo ao investimento e desenvolvimento do cultivo de bambu no Brasil através das ações públicas e privadas, fomentando o desenvolvimento de estratégias de manejo da espécie, incentivo à pesquisa e ao desenvolvimento tecnológico, orientando e incentivando a utilização do bambu na agricultura familiar, além das parcerias com entidades do setor público e privado para otimizar a produção e a comercialização dos produtos derivados do bambu, estimulando o comércio interno e externo (Brasil, 2011).

2.2. SUSTENTABILIDADE E MULTIFUNCIONALIDADE DA CULTURA

O maior uso do bambu favorece a todos os fatores adaptativos e agronômicos para os mais variados fins. Souza, Leão e Quaresma (2020) apud Lobão et al. (2023), afirmam que a espécie *Dendrocalamus giganteus* é muito utilizada em construções civis em áreas rurais. Os autores também citam Choudhury et al. (2012), Singhal et al. (2013) e Liese et al. (2015) para demonstrar de forma abrangente como as mais variadas espécies de bambu possuem diversas finalidades, como as espécies dos gêneros *Bambusa*, *Dendrocalamus*, *Phyllostachys* e outros, que são utilizadas para o processamento de picles, biscoitos e até de vinhos, além de também

serem usados para produzir farinhas ricas em fibras para alimentação humana (Lobão et al., 2023). Há também o foco farmacêutico das espécies, como a raiz da *Guadua paniculata*, por exemplo, que é utilizada no Brasil com finalidade medicinal na atenuação de dores e infecções (Sousa et al., 2021 apud Lobão et al., 2023).

Muitos benefícios do bambu imperial já foram notados por empresas produtoras de papel e celulose no nordeste do país, em estados como Bahia, Maranhão e Pernambuco, onde o bambu, mesmo que de forma ainda limitada, é usado em escala industrial para combustão direta, com potencial uso em geração de calor e energia em usinas termelétricas (Marafon et al., 2019). No setor de papel e celulose, as fibras de bambu apresentam comprimento médio equivalente às do gênero *Pinus*, o que qualifica essa poácea para o aproveitamento industrial com igual êxito (Lobão et al., 2023).

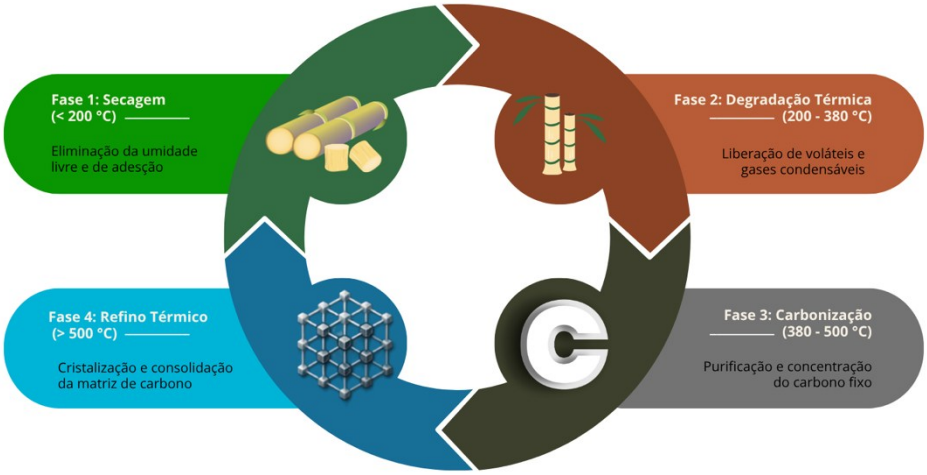
No geral, os bambus também são amplamente utilizados por populações de baixa renda em construções rurais e até tubulações de água, empregados na produção de móveis por possuírem baixo impacto ecológico e serem considerados materiais altamente sustentáveis, exercendo um papel social de destaque (Lobão et al., 2023). Seu uso para recuperação de áreas degradadas é de extrema importância, tendo em vista seu grande potencial de reestruturar matas ciliares, combatendo assoreamentos e estabilizando encostas (Lima et al., 2014 apud Lobão et al., 2023), sendo ainda um ótimo sequestrador de carbono. Estudos florestais, apontaram que em solos de florestas plantadas de bambu o carbono armazenado subterraneamente é o dobro do que o disponível na vegetação aérea (Zhou; Jiang, 2004; Song et al., 2011 apud Lobão et al., 2023). Em síntese, O bambu consolida-se como um substituto estratégico e altamente promissor para a madeira convencional, impulsionado por suas excelentes propriedades energéticas e pelo elevado incremento volumétrico anual por hectare (Marafon et al., 2019).

2.3. TECNOLOGIA E PROPRIEDADES DO CARVÃO VEGETAL DE BAMBU

O processo de carbonização do bambu imperial segue as mesmas fases físicas e térmicas em espécies florestais lenhosas, conforme descrito por Brito (1990) e ilustrado na Figura 1. Esse ciclo apresenta: perda de umidade inicial (abaixo de 200°C), eliminação de gases voláteis (entre 200°C e 380°C), purificação do carvão vegetal (entre 380°C e 500°C) e a degradação térmica final para refino do carbono (acima de 500°C). No entanto, as características anatômicas intrínsecas da espécie (colmos ocos com paredes celulares densas

e ricas em fibras) favorecem uma carbonização eficiente, diferenciando-se pela excelente liberação de voláteis e expressiva concentração de carbono fixo (Tomazello Filho; Azzini, 1987; Vale; Moreira; Martins, 2017; Brand et al., 2020).

Figura 1 - Ciclo de carbonização do bambu imperial (*Bambusa vulgaris*), apresentando as transformações físicas e térmicas divididas em quatro fases consecutivas.



Fonte: Adaptado de Brito (1990).

Estudos realizados por Brand et al. (2020) revelam bons resultados na carbonização de quatro espécies de bambu (*Bambusa vulgaris*, *Phyllostachys bambusoides*, *Phyllostachys edulis* e *Phyllostachys nigra*), reforçando a aptidão de todas para a produção de carvão vegetal de alta qualidade. Entretanto, o mesmo autor constata que a porção apical (topo) dos colmos é a mais eficiente em termos de rendimento gravimétrico e densidade, na medida em que as porções basais e medianas se destacam pela maior eficiência energética do combustível obtido.

As propriedades tecnológicas do carvão de bambu imperial (*Bambusa vulgaris*) são notáveis e o habilitam como um combustível de alto desempenho. A densidade básica média do carvão (0,335 g/cm³) mostra-se compatível e até superior à de carvões de outras espécies lenhosas comerciais, sendo bastante influenciada pela alta densidade básica do colmo maduro (0,55 a 0,60 g/cm³) (Doat; Petroff, 1975; Brand et al., 2020). No que se refere ao teor de umidade, o carvão de bambu imperial se mantém abaixo de 5%, atendendo às especificações e resoluções legais brasileiras para uso seguro (Costa, 2004; Brand et al., 2020). Um outro fator relevante é o teor de carbono fixo, no qual se situa entre 63% e 67%, apontando uma elevada concentração de carbono puro na matriz e garantindo estabilidade e durabilidade

durante o processo de combustão energética (Andrade et al., 2015; Brand et al., 2020). Essa composição química reflete o poder calorífico superior (PCS), posicionado entre 6.500 e 6.700 Kcal/kg, superando de forma expressiva o desempenho energético de combustíveis tradicionais derivados de eucalipto e pinus (Brito; Tomazello Filho; Salgado, 1987; Ostapiv; Ostapiv, 2023). Por fim, em relação à resistência física, o produto é classificado como muito pouco friável, o que resulta em uma baixa geração de resíduos finos durante o transporte, manuseio e comercialização, caracterizando uma enorme vantagem logística (Doat; Petroff, 1975; Costa, 2004).

Dessa maneira, o carvão vegetal de bambu imperial possui boas qualidades energéticas e mecânicas. Quando carbonizado sob temperaturas elevadas, tem a capacidade de reter água e atuar no melhoramento físico-químico do solo (Ostapiv; Ostapiv, 2023), comportando-se ainda como biochar de alta qualidade, cuja propriedade é de imensa validação para agricultura, para os plantios florestais e produção de mudas.

3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Além da biomassa de alto potencial do bambu imperial (Bambusa vulgaris), este diferencia-se pelo potencial em sistema silvicultural, ecológico e tecnológico para produção de carvão vegetal de alto rendimento. Ademais, as características tecnológicas, como o elevado poder calorífico, o baixo teor de umidade, a alta concentração de carbono fixo e a baixa friabilidade logística, confirmam a viabilização técnica e a grande competitividade desse insumo em relação às espécies comuns.

Nacionalmente, para consolidação definitiva do bambu imperial no mercado bioenergético, é necessário sanar alguns gargalos operacionais particulares, como é o caso da mecanização de colheita e o desenvolvimento de fornos contínuos ajustados à anatomia do colmo oco. Nesse cenário, é importante desenvolver pesquisas para melhoria da tecnologia de carbonização e ao manejo florestal sustentável de plantios contínuos de bambu, a fim de consolidar esta poácea como uma das principais forças renováveis da bioeconomia no contexto nacional.

REFERÊNCIAS

Amaral, E. F. do; Carmo, L. F. Z. do; Maciel, A. dos S.; Aamaral, E. F. do; Viana, J. G. de L.; Korte, G. J.; Bardales, N. G.; Araújo, G. C. de. **Potencial do uso do bambu nativo para recuperação de reserva legal e de áreas alteradas,** 2020.

Andrade, J. K. B.; Oliveira, E.; Lima, C. R.; Calegari, L.; Costa Júnior, D. S. Potencial produtivo de carvão vegetal da espécie Bambusa vulgaris Schrad. cultivado em Timon, Ma. 2015. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**. v. 10. n. 3. p. 29–33, 2015. DOI: http://dx.doi.org/10.18378/rvads.v10i3.3619.

Balduino Junior, A. L. **Avaliação do potencial energético de duas espécies de bambu cultivadas em Santa Catarina**. 2016. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade do Estado de Santa Catarina, Lages, 2016.

Basso, S. **Análise do carvão vegetal para uso doméstico**. 2017. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Química) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, 2017.

Brand, M. A.; Gaa, A. Z. N.; Balduino Junior, A. L.; Cunha, A. B.; Rios, P. D. Potential of the use of four bamboo species for the production of charcoal for home use. **Ciência Florestal**, v. 30, p. 60-71, 2020.

Brasil. Empresa de Pesquisa Energética. **Balanço energético nacional 2023**: relatório síntese-ano base 2022. Rio de Janeiro: EPE, 2023.

Brasil. **Lei nº 12.484, de 8 de setembro de 2011**. Institui a Política Nacional de Incentivo ao Manejo Sustentado e ao Cultivo do Bambu. Diário Oficial da União. Brasília, DF. Ano 123, 8 set. 2011.

Brito, J. O. **Princípios de produção e utilização de carvão vegetal de madeira**. Documentos Florestais, Piracicaba, n. 9, p. 1-19, 1990.

Brito, J. O.; Tomazello Filho, M.; Salgado, A. L. B. Produção e caracterização do carvão vegetal de espécies e variedades de bambu. **IPEF**, v. 36, n. 1, p. 13-17, 1987.

Cosmo, B. M. N.; GALERIANI, T. M.; NOVAKOSKI, F. P.; RICINI, B.M. Carvão mineral. **Revista Agronomia Brasileira**, v. 4, n. 1, 2020. DOI: https://doi.org/10.29372/rab202001/.

Costa, T. M. D. S. **Estudo da viabilidade técnica do emprego do bambu da espécie *Bambusa vulgaris* Schard. como carvão vegetal**. Tese de Doutorado - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.

Doat, J.; Pétroff, G. La carbonisation des bois tropicaux. Essais de laboratoire et perspectives industrielles. **BOIS & FORETS DES TROPIQUES**, v. 159, n. 159, p. 55–72, 1975. DOI: https://doi.org/10.19182/bft1975.159.a19272.

Drumond, P. M.; Wiedman, G. (orgs.) **Bambus no Brasil**: da biologia à tecnologia. Rio de Janeiro: Instituto Ciência Hoje. p. 655, 2017.

Filgueiras, T. S. Bambusa. In: **Flora do Brasil 2015**. Rio de Janeiro: Jardim Botânico do Rio de Janeiro, 2015.

Filgueiras, T. S.; Viana, P. L. **Bambus brasileiros:** morfologia, taxonomia, distribuição e conservação. In: Drumond, P. M; Wiedman, G. (orgs). **Bambus no Brasil:** da biologia à tecnologia. Rio de Janeiro: Instituto Ciência Hoje, p. 10-27, 2017.

Guerra, S. P. S.; Silva, M. de. A; Garcia, L. de. A.; Melo, R. X. de.; Ticelli, M.; Mendes, C. R. L. G.; Brito, C. M. Estudo de caso de plantio adensado de *Bambusa vulgaris*. In: Drumond, P. M; Wiedman, G. (orgs). **Bambus no Brasil**: da biologia à tecnologia. Rio de Janeiro: Instituto Ciência Hoje, p. 281-289, 2017.

Kelchner, S. A.; Group, B. P. Higher level phylogenetic relationships within the bamboos (Poaceae: Bambusoideae) based on five plastid markers. **Molecular phylogenetics and evolution**, v. 67, n. 2, p. 404-413, 2013.

Liu Z.; Fei B.; Jiang Z.; Liu X. Combustion characteristics of bamboo-biochars. **Bioresour Technol**. v. 167. p. 94-99, 2014. DOI: https://doi.org/10.1016/j.biortech.2014.05.023.

Lobão, M. S. et al. (org.). **Bambu:** madeira do futuro – uma compilação de estudos desenvolvidos em instituições de pesquisa dos estados do Acre e do Paraná. v. 2. Rio Branco: Edufac, p. 155, 2023.

Maia, M. M.; Souza, A. M. de.; Sousa, J. R. L. D.; Scherwinski-Pereira, J. E.; Rosa, R. C. D.; Vasconcelos, A. D. M.; Santos, M. L. D.; Raddatz, D. D. Incorporação de lodo de esgoto ao substrato de produção de mudas de *Bambusa vulgaris* via estaquia. **Revista Forestal Mesoamericana Kurú**. v. 19. n. 44. p. 21-28. DOI: https://doi.org/10.18845/rfmk.v19i44.6097.

Marafon, A. C.; Amaral, A. F. C.; Lemos, E. E. P. de. Caracterização de espécies de bambu e outras biomassas com potencial para a geração de energia térmica. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 49, 2019.

NUMAZAWA, Sueo. Características do carvão vegetal de cupiúba (*Goupia glabra*, AUBL). Belém: FCAP, 1990.

Ostapiv, F.; Ostapiv, G. Produção de carvão de bambu em reator portátil tipo retorta. *In*: LOBÃO, M. S. *et al.* (orgs.). **Bambu**: madeira do futuro: uma compilação de estudos desenvolvidos em instituições de pesquisa nos estados do Acre e do Paraná. Rio Branco: Edufac, v. 2, p. 136-150, 2023.

Ramos, D. C., Carneiro, A. DE C. O., Siqueira, H. F. DE., Oliveira, A. C., Pereira, B. L. C. Qualidade da madeira e do carvão vegetal de quatro clones de *Eucalyptus* com idades entre 108 e 120 meses. **Ciência Florestal**. v. 33. n. 1. p. 1-27. DOI: https://doi.org/10.5902/1980509848302.

Rosa, R. A. Qualidade do carvão vegetal, para uso doméstico, comercializado em três municípios do estado do Espírito Santo. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Florestal) - Universidade Federal do Espírito Santo, Jerônimo Monteiro, 2010.

Tomazello Filho, M.; Azzini, A. Estrutura anatômica, dimensões das fibras e densidade básica de colmos de *Bambusa vulgaris* Schrad. Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais, v. 36, n. 1, p. 43-50, 1987.

Vale, A. T. D.; Moreira, A. C. D. O.; Martins, I. S. Evaluation of Bambusa vulgaris energy potential based on age. **Floresta e Ambiente**, v. 24, 2017.

CAPÍTULO IX

AVALIAÇÃO DO COMPORTAMENTO DO TINGIMENTO COM CORANTES NATURAIS EM DIFERENTES TIPOS DE LAVAGENS

EVALUATION OF THE BEHAVIOR OF DYEING WITH NATURAL DYES UNDER DIFFERENT WASHING CONDITIONS

DOI: 10.51859/amplla.mac6322-9

Beatriz de Andrade Lima Makoski [1]
Nívea Taís Vila [2]
Rodrigo Antoniassi Cardim [3]
Márcia Gomes da Silva [4]
Elaine Regina Brito Maia Mercial [5]

[1] Graduada em Engenharia Têxtil. Universidade Estadual de Maringá – UEM
[2] Professora Associada do Departamento de Engenharia Têxtil. Universidade Estadual de Maringá – UEM
[3]Professor Assistente do Departamento de Engenharia Têxtil. Universidade Estadual de Maringá – UEM
[4] Professora Associada do Departamento de Engenharia Têxtil. Universidade Estadual de Maringá – UEM
[5] Professora Adjunta do Departamento de Engenharia Têxtil. Universidade Estadual de Maringá – UEM

RESUMO

O presente trabalho teve como objetivo avaliar o comportamento do tingimento com os corantes naturais catuaba e açafrão por meio de ensaios de solidez à lavagem, utilizando três tipos de sabão: sabão comercial, detergente não iônico e o sabão WOB, padronizado pela ABNT NBR ISO 105-C06:2010. A avaliação da transferência e da alteração de cor foi realizada por meio de escalas cinza específicas para determinação dos graus de solidez à lavagem. O estudo foi motivado pelo crescente interesse na utilização de corantes naturais como alternativa sustentável aos corantes sintéticos, em razão de seu potencial para reduzir os impactos ambientais associados ao processo de tingimento têxtil e contribuir para práticas de produção mais sustentáveis. Para isso, os corantes foram aplicados em três diferentes tipos de fibras têxteis: algodão, seda e poliamida. Os resultados demonstraram que ambos os corantes naturais proporcionaram boa pigmentação mesmo sem a utilização de mordentes, evidenciando seu potencial de aplicação em processos de tingimento mais ambientalmente amigáveis. O corante de açafrão apresentou maior resistência à alteração de cor quando comparado à catuaba. Observou-se ainda que o desempenho dos sabões variou de acordo com o tipo de fibra, entretanto, considerando os resultados obtidos, o custo e a facilidade de aquisição, o sabão comercial em pó mostrou-se uma alternativa adequada para a lavagem de tecidos tingidos com corantes naturais.

Palavras-chave: Corante natural. Solidez à lavagem. Alteração de cor. Transferência de cor.

ABSTRACT

The present study aimed to evaluate the dyeing performance of the natural dyes catuaba and turmeric through wash fastness tests using three types of detergents: a commercial laundry detergent, a non-ionic detergent, and WOB detergent standardized according to ABNT NBR ISO 105-C06:2010. Color change and color staining were assessed using the appropriate gray scales for determining wash fastness ratings. This study was motivated by the growing interest in the use of natural dyes as a sustainable alternative to synthetic dyes due to their potential to reduce the environmental impacts associated with textile dyeing processes and to promote more sustainable production practices. For this purpose, the dyes were applied to three different textile fibers: cotton, silk, and polyamide. The results demonstrated that both natural dyes provided good coloration even without the use of mordants, highlighting their potential for application in more environmentally friendly dyeing processes. Turmeric exhibited greater resistance to color change than catuaba. In addition, the performance of the detergents varied according to the fiber type. However, considering the overall results, as well as cost and availability, the commercial powdered laundry detergent proved to be a suitable alternative for washing fabrics dyed with natural dyes.

Keywords: Natural dye; Wash fastness; Color change; Color staining.

1. INTRODUÇÃO

A utilização de corantes naturais foi a primeira forma encontrada de tingir substratos têxteis, realizar pinturas e decorar objetos. Muitos corantes foram obtidos através do extrato de flores, folhas, frutas, cascas, raízes, madeiras, etc. (Har Bhajan; Bharati, 2014).

O processo de tingimento natural é antigo tanto quanto o tecido. Evidências de corantes auferidos da garança (planta da família das rubiáceas, nativa da Europa) foram descobertos em trajes de civilizações da época de 2600 a.C. (MANSOUR, 2013). De acordo com Kant (2012), quando tingidos, esses apresentavam baixa solidez da cor quando sujeitos à lavagem e luz solar.

Em termos técnicos, os corantes naturais são substâncias que contém cor, extraídas por alguns tipos de processos, como os físico-químicos e os bioquímicos (ARAÚJO. M; MARIA E, 2006).

Atualmente, a indústria têxtil utiliza predominantemente corantes sintéticos devido à ampla variedade de tonalidades, elevada reprodutibilidade e boa solidez da cor. Entretanto, o emprego desses corantes tem sido associado a preocupações ambientais e à saúde humana, uma vez que os efluentes gerados durante o processo de tingimento apresentam, em muitos casos, baixa biodegradabilidade e podem conter compostos potencialmente tóxicos. Quando descartados inadequadamente, esses efluentes podem causar impactos significativos aos ecossistemas aquáticos, tornando o tratamento dos resíduos uma das principais demandas da indústria têxtil (KHOUNI et al., 2010).

Nesse contexto, os corantes naturais têm despertado crescente interesse como alternativa mais sustentável aos corantes sintéticos. No entanto, para que sua utilização seja ampliada na indústria têxtil, é fundamental que apresentem desempenho compatível com as exigências de qualidade dos produtos têxteis. Entre os principais parâmetros avaliados destaca-se a solidez da cor, que representa um dos fatores determinantes para a aceitação comercial de um processo de tingimento (Giacomini, 2016).

Quando se fala em solidez de um tingimento, entende-se como a resistência que o tecido apresenta em alterar ou transferir a cor quando submetido a ação de agentes químicos e/ou físicos. Uma solidez é satisfatória ao cliente quando ela resiste às condições de uso, como a lavagem, movimentos de fricção, entre outros. (MALUF, 1997).

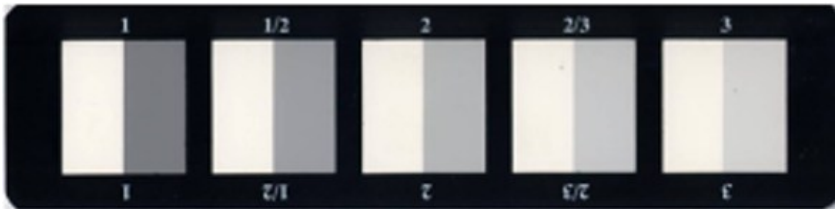
Existem dois tipos de avaliações compostas pelas normas ABNT NBR ISO 105-A02:2006 (Têxteis – Ensaio de solidez da cor. Parte A02: Escala cinza para avaliação da alteração da cor) e ABNT NBR ISO 105-A03:2006 (Têxteis – Ensaio de solidez da cor. Parte A03: Escala cinza para avaliação da transferência da cor). Na solidez em relação à alteração da cor, a diferença de uma amostra ensaiada para uma não ensaiada, pode ser observada por uma alteração de luminosidade (mais clara ou mais escura) ou em croma, saturação ou tonalidade cromática. A avaliação é feita visualmente, comparando-se a amostra após o ensaio com a amostra sem a realização do ensaio, utilizando uma escala cinza de alteração de cor (ABNT NBR ISO 105-A02:2006) para realizar a avaliação, que vai da pontuação 5, que não apresenta nenhuma alteração, até a pontuação 1, que apresenta uma grande alteração, conforme ilustra a Figura 1 (ABNT NBR ISO 105-A01:2011).

Figura 1. Escala cinza para a avaliação da alteração da cor.

Fonte: ABNT NBR ISO 105-A02: 2006

No ensaio de solidez da cor quanto à transferência de cor, avalia-se a migração do corante da amostra tingida para um tecido testemunha durante o processo de lavagem. Essa transferência pode ocorrer tanto pelo contato direto entre os tecidos quanto pela ação da solução de lavagem. Após a realização do ensaio, cada tecido testemunha é submetido à avaliação visual em cabine de luz, utilizando-se a escala cinza para avaliação da transferência de cor (Figura 2), conforme estabelecido pela ABNT NBR ISO 105-A03:2006. A classificação é expressa por uma escala de notas que varia de 5 a 1, em que o grau 5 indica ausência de transferência de cor, enquanto o grau 1 corresponde à máxima transferência de cor, caracterizada por intenso manchamento do tecido testemunha (ABNT NBR ISO 105-A01:2011).

Figura 2. Escala cinza para a avaliação da transferência da cor.



Fonte: ABNT NBR ISO 105-A03: 2006

Cabe a indústria têxtil regulamentar as condições alteradas relacionadas a lavagem por meio do desenvolvimento de testes de solidez apropriados, tal como também assegurar que a solidez da cor de têxteis produzidos seja apropriada para atender aos requisitos destes testes. Métodos alternativos aos estabelecidos pela ISO podem ser sugeridos, possibilitando que os novos requisitos de manutenção da solidez possam ser atingidos na prática (Rouete et al., 2001).

Desta forma, o objetivo do presente trabalho foi realizar uma avaliação do processo de tingimento de tecidos de algodão, poliamida e seda com corantes naturais de catuaba e açafrão e avaliar o efeito da aplicação de diferentes tipos de sabão no ensaio de solidez à lavagem dos tecidos tintos.

2. METODOLOGIA

2.1. MATERIAIS E REAGENTES

Os materiais utilizados na pesquisa foram açafrão e catuaba em pó como corante natural. Tecidos de composição de meia malha 100% algodão com gramatura 194 $g.m^{-2}$, tecidos de malha 100% poliamida com gramatura 144 $g.m^{-2}$ e tecido plano 100% seda com gramatura 52 $g.m^{-2}$. Todas as amostras para o experimento foram adquiridas na forma pré-lavadas e prontas para o tingimento. Sabão em pó comercial, detergente não iônico e sabão 1993 AATCC WOB referência da norma ABNT NBR ISO 105-C06:2010 foram utilizados para o ensaio de solidez à lavagem.

2.2. PREPARAÇÃO DOS EXTRATOS NATURAIS

Nesta etapa foi realizada a extração do corante de açafrão e de catuaba em pó no banho-maria a 90 °C com uma concentração de 20 $g.L^{-1}$ durante 60 minutos. Após o término desse tempo, foi feito uma filtragem, onde foi separado o líquido dos resíduos que sobram durante o processo de extração e reservados até chegar à temperatura ambiente.

2.3. ENSAIOS DE TINGIMENTO

Inicialmente, foram cortadas amostras de tecidos de algodão, seda e poliamida, todos seguindo a medida da norma de solidez à lavagem ABNT NBR ISO 105-C06:2010, que é de 10 cm x 4 cm. No total, foram preparadas 18 amostras (6 amostras de cada composição), para utilização nos dois tipos de corantes e para cada tipo de sabão. O tingimento foi realizado utilizando uma relação de banho de 1:100 e cada amostra de tecido foi tinta em uma máquina de tingimento de o processo de tingimento, as amostras foram enxaguadas em água corrente e submetidas a uma lavagem com 2 $g.L^{-1}$ de detergente neutro durante 10 minutos à temperatura de 60 °C. Após finalizar a lavagem, as amostras foram enxaguadas em água corrente e secas à temperatura ambiente.

2.4. ENSAIO DE SOLIDEZ À LAVAGEM

Após o tingimento e a secagem das amostras, foram realizados os ensaios de solidez à lavagem de acordo com os procedimentos estabelecidos na norma ABNT NBR ISO 105-C06:2010. Os ensaios foram conduzidos separadamente para cada tipo de fibra têxtil, utilizando três tipos de sabão: sabão em pó comercial, detergente não iônico e o detergente padrão especificado pela norma. Para cada sabão, foi preparada uma solução na concentração de 4 gL^{-1} em água.

O ensaio foi realizado conforme o ciclo A1S da ABNT NBR ISO 105-C06:2010. Para cada amostra, foram adicionados 150 mL da respectiva solução de sabão ao recipiente de ensaio. Em seguida, a amostra foi submetida ao tratamento em máquina de tingimento, à temperatura de 40 °C, durante 30 minutos. Ao término do ensaio, as amostras foram enxaguadas em água corrente e secas naturalmente à temperatura ambiente para posterior avaliação da alteração de cor e da transferência de cor, conforme as escalas cinza estabelecidas pela norma.

O pH das soluções de lavagem foi determinado antes da realização dos ensaios, sendo obtidos os valores de 10,44 para o sabão em pó comercial, 5,41 para o detergente não iônico e 10,73 para o detergente padrão especificado na norma.

2.4.1. Avaliação da solidez à lavagem dos tecidos

A avaliação da solidez à lavagem foi realizada por meio da análise da alteração de cor e da transferência de cor, utilizando as escalas cinza padronizadas pelas normas ABNT NBR ISO 105-A02:2006 e ABNT NBR ISO 105-A03:2006, respectivamente.

A alteração de cor foi avaliada na própria amostra tingida, empregando a escala cinza descrita na ABNT NBR ISO 105-A02:2006. Para essa avaliação, cada corpo de prova foi dividido em duas partes: uma submetida ao ensaio de solidez à lavagem e outra mantida sem tratamento como referência. A comparação visual entre as duas porções foi realizada em cabine de luz, permitindo a atribuição do grau de alteração de cor de acordo com a escala cinza apresentada na Tabela 1.

Tabela 1 - Grau de solidez quanto a alteração da cor.

Alteração de cor	Observação
5	Cor inalterada
4	Perda muito pequena em cor
3	Apreciável perda na cor
2	Alteração de cor bem distinta
1	Grande perda de cor

Fonte: Maluf (1997)

Na avaliação da transferência de cor, o corpo de prova foi costurado a um par de tecidos brancos (tecido testemunha), conforme estabelecido pela norma, simulando as condições de uso durante o processo de lavagem. Após a conclusão do ensaio, o tecido testemunha foi separado da amostra e avaliado em cabine de luz, sendo comparado com um tecido testemunha de referência que não foi submetido ao ensaio. A intensidade do manchamento causada pela migração do corante foi classificada utilizando a escala cinza para avaliação da transferência de cor, conforme apresentado na Tabela 2.

Tabela 2 - Grau de solidez quanto a transferência de cor.

Transferência de cor	Observação
5	Não houve transferência de cor
4	Pequena transferência de cor
3	Apreciável transferência de cor
2	Tecido testemunha bem tinto
1	Tecido testemunha muito tinto

Fonte: Maluf (1997)

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. ASPECTO VISUAL DOS TECIDOS ANTES E APÓS A LAVAGEM

As Tabelas 3 a 5 apresentam o aspecto visual dos tecidos de algodão, poliamida e seda tingidos com os corantes naturais de açafrão e catuaba antes e após os ensaios de solidez à lavagem utilizando diferentes detergentes.

Tabela 3 - Amostra de poliamida tinta com açafrão e catuaba antes e depois da lavagem.

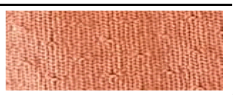
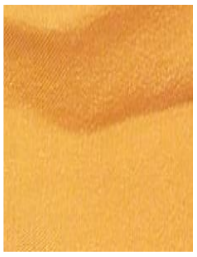
Corante	Cor antes da lavagem	Solução de lavagem	Cor após lavagem
Açafrão		Sabão em pó	
		Detergente não iônico	
		Sabão da norma	
Catuaba		Sabão em pó	
		Detergente não iônico	
		Sabão da norma	

Tabela 4 - Amostra de algodão tinta com açafrão e catuaba antes e depois da lavagem.

Corante	Cor antes da lavagem	Solução de lavagem	Cor após lavagem
Açafrão		Sabão em pó	
		Detergente não iônico	
		Sabão da norma	
Catuaba		Sabão em pó	
		Detergente não iônico	
		Sabão da norma	

Tabela 5 - Amostra de seda tinta com açafrão e catuaba antes e depois da lavagem.

Corante	Cor antes da lavagem	Solução de lavagem	Cor após lavagem
Açafrão		Sabão em pó	
		Detergente não iônico	
		Sabão da norma	
Catuaba		Sabão em pó	
		Detergente não iônico	
		Sabão da norma	

De maneira geral, verificou-se que ambos os corantes naturais foram capazes de conferir coloração às diferentes fibras têxteis, mesmo sem a utilização de mordentes, evidenciando sua afinidade com os substratos avaliados e seu potencial de aplicação em processos de tingimento mais sustentáveis. A utilização de corantes naturais constitui uma alternativa ambientalmente mais favorável aos corantes sintéticos, uma vez que são provenientes de fontes renováveis e podem contribuir para a redução da carga poluente dos efluentes gerados pela indústria têxtil (Kant, 2012; Har Bhajan; Bharati 2014).

Embora todas as fibras tenham apresentado boa capacidade de absorção dos corantes, observou-se que a intensidade da alteração de cor após a lavagem variou em função da natureza da fibra, do corante utilizado e do detergente empregado. Esse comportamento pode ser explicado pelas diferenças estruturais e químicas entre as fibras têxteis, as quais influenciam os mecanismos fixação das moléculas dos corantes naturais. Além disso, a estabilidade desses compostos é fortemente influenciada pelas condições do meio, principalmente pelo pH da solução de lavagem, que pode provocar modificações estruturais nos cromóforos dos corantes naturais, resultando em alterações de tonalidade e intensidade da cor (Christie, 2001; Giacomini, 2014).

3.2. AVALIAÇÃO DA SOLIDEZ À LAVAGEM

A avaliação dos resultados de solidez à lavagem foi realizada considerando os graus de alteração de cor da amostra tingida e de transferência de cor para o tecido testemunha,

permitindo analisar a influência do tipo de fibra e do detergente empregado sobre a estabilidade dos corantes naturais durante a lavagem.

Os resultados dos ensaios de solidez à lavagem dos tecidos de poliamida tingidos com os corantes naturais de açafrão e catuaba são apresentados na Tabela 6.

Tabela 6 - Resultados de solidez dos tecidos de poliamida tintos com corantes naturais de açafrão e catuaba utilizando diferentes tipos de sabão.

Solidez à lavagem				
Corante	**Detergente**	Alteração	Transferência de cor	
			Algodão	Poliamida
Açafrão	Sabão em pó	4	2	2
	Detergente não iônico	4	3	1
	Sabão da norma	4	3	3
Catuaba	Sabão em pó	3	4	5
	Detergente não iônico	3	5	5
	Sabão da norma	2	4	4

Nos tecidos de poliamida tingidos com o corante de açafrão, verificou-se que a maior transferência de cor ocorreu após as lavagens com sabão em pó comercial e detergente não iônico, sendo este último o que apresentou o pior desempenho, principalmente em relação ao tecido testemunha de poliamida. Esse resultado indica menor retenção do corante na fibra sob essa condição de lavagem. Em contrapartida, a alteração de cor da amostra tingida foi pouco significativa, apresentando grau 4 em todas as condições avaliadas, o que, de acordo com a ABNT NBR ISO 105-A02:2006, corresponde a uma pequena alteração da tonalidade original. Esses resultados demonstram que, embora tenha ocorrido migração parcial do corante para o tecido testemunha, a coloração da poliamida permaneceu relativamente estável após o ensaio de lavagem.

O comportamento observado para o corante de catuaba aplicado à poliamida foi distinto, com reduzida transferência de cor para o tecido testemunha em praticamente todas as condições de lavagem. Os ensaios realizados com sabão em pó comercial e detergente não iônico apresentaram grau 5 de transferência, indicando ausência de manchamento do tecido testemunha, enquanto o detergente padrão da norma apresentou grau 4, correspondente a uma pequena transferência de cor. Em relação à alteração de cor da amostra tingida, o detergente padrão da norma promoveu a maior variação de tonalidade, com grau 2, indicando

alteração acentuada da cor original e evidenciando um desbotamento mais pronunciado. Esse comportamento sugere que, embora a catuaba apresente elevada afinidade pela fibra de poliamida, a estabilidade de seus compostos pode ser afetada pelas condições de lavagem impostas pelo detergente padrão, resultando em alteração da tonalidade sem, contudo, ocasionar elevada transferência de cor para o tecido testemunha.

Em relação aos corantes de açafrão e catuaba aplicados na fibra de algodão, os resultados podem ser visualizados na Tabela 7.

A avaliação dos tecidos de algodão tingidos com o corante de açafrão revelou baixa transferência de cor para os tecidos testemunha após os ensaios de lavagem. As lavagens realizadas com o detergente não iônico e com o detergente padrão da norma apresentaram grau 4 para o tecido testemunha de algodão, indicando apenas uma pequena transferência de cor, conforme a classificação estabelecida pela ABNT NBR ISO 105-A03:2006. Para as demais condições, não foi observada transferência significativa de cor, evidenciando boa retenção do corante na fibra. Em contrapartida, a alteração de cor da amostra tingida foi mais pronunciada, sendo o detergente padrão da norma o que promoveu a maior alteração da tonalidade, caracterizada por um desbotamento mais acentuado da coloração original.

Tabela 7 - Resultados de solidez dos tecidos de algodão tintos com corantes naturais de açafrão e catuaba utilizando diferentes tipos de sabão.

Solidez à lavagem				
Corante	**Detergente**	Alteração	Transferência de cor	
			Algodão	Lã
Açafrão	Sabão em pó	3	5	5
	Detergente não iônico	3	4	5
	Sabão da norma	2	4	5
Catuaba	Sabão em pó	4	4	4
	Detergente não iônico	5	4	5
	Sabão da norma	3	4	5

Para os tecidos tingidos com o corante de catuaba, a transferência de cor para os tecidos testemunha também foi reduzida, predominando os graus 4 e 5, que correspondem, respectivamente, à pequena ou nenhuma transferência de cor. Em relação à alteração de cor, verificou-se que o detergente padrão da norma promoveu a maior modificação da tonalidade da amostra, ocasionando uma mudança para um tom mais avermelhado. Esses resultados

demonstram que, embora a catuaba apresente elevada afinidade pela fibra de algodão, seus compostos cromóforos são suscetíveis às condições de lavagem, especialmente em meio alcalino, ocasionando alterações na tonalidade sem promover transferência significativa de cor para os tecidos testemunha.

Os resultados dos ensaios de solidez à lavagem para os tecidos de seda tingidos com os corantes naturais de açafrão e catuaba são apresentados na Tabela 8.

Para o corante de açafrão, verificou-se que a maior transferência de cor ocorreu após as lavagens com detergente não iônico e com o detergente padrão da norma. No primeiro caso, a maior migração do corante foi observada para o tecido testemunha de seda, enquanto, no segundo, ocorreu predominantemente para o tecido testemunha de algodão. Em ambas as condições foi atribuído grau 2 de transferência de cor, indicando intenso manchamento do tecido testemunha.

Tabela 8 - Resultados de solidez dos tecidos de seda tintos com corantes naturais de açafrão e catuaba utilizando diferentes tipos de sabão.

Solidez à lavagem				
Corante	**Detergente**	Alteração	Transferência de cor	
			Algodão	Seda
Açafrão	Sabão em pó	3	3	4
	Detergente não iônico	4	3	2
	Sabão da norma	4	2	3
Catuaba	Sabão em pó	2	4	5
	Detergente não iônico	4	5	5
	Sabão da norma	2	4	5

Em relação à alteração de cor da amostra tingida, verificou-se que o sabão em pó comercial promoveu a maior alteração da tonalidade, apresentando grau 3, correspondente a uma alteração de cor bem distinta. Além da redução da intensidade da cor, observou-se uma descaracterização da tonalidade original, especialmente nas amostras submetidas às lavagens com sabão em pó comercial e com o detergente padrão da norma, nas quais a coloração amarela característica do açafrão passou a apresentar tonalidade avermelhada. Esse comportamento evidencia que a lavagem promoveu modificações nos compostos cromóforos do corante, resultando em alteração da tonalidade, e não apenas em desbotamento.

Para os tecidos tingidos com o corante de catuaba, a transferência de cor permaneceu reduzida em todas as condições avaliadas. Apenas as amostras lavadas com sabão em pó comercial e com o detergente padrão da norma apresentaram grau 4 para o tecido testemunha de algodão, indicando pequena transferência de cor. Nas demais condições, não foi observado manchamento significativo dos tecidos testemunha, evidenciando boa retenção do corante pela fibra.

Quanto à alteração de cor, verificou-se que as lavagens realizadas com sabão em pó comercial e com o detergente padrão da norma promoveram maior modificação da tonalidade da catuaba, ocasionando descaracterização da cor original. Por outro lado, o detergente não iônico apresentou melhor desempenho, com grau 4 de alteração de cor, indicando apenas uma pequena variação da tonalidade após a lavagem.

De modo geral, observou-se que o detergente não iônico proporcionou melhor conservação da coloração dos tecidos tingidos com os corantes naturais avaliados, enquanto o sabão em pó comercial e, principalmente, o detergente padrão da norma favoreceram alterações de tonalidade mais pronunciadas. Em diversas condições experimentais, essas alterações ocorreram na forma de mudanças de cor, e não apenas como redução da intensidade da coloração.

Esse comportamento está de acordo com o observado por Jothi (2008), que relata que uma das principais dificuldades na avaliação da solidez à lavagem de tecidos tingidos com corantes naturais é a ocorrência de alterações na tonalidade original, em vez do simples desbotamento. Segundo o autor, esse fenômeno está relacionado à sensibilidade dos compostos cromóforos naturais às condições alcalinas impostas pelos detergentes utilizados nos ensaios de lavagem.

A influência do pH sobre a estabilidade dos corantes naturais também foi discutida por Giacomini (2014), que verificou que a redução do pH do banho de tingimento favorece a adsorção do corante pela fibra, aumentando sua afinidade pelo substrato têxtil. Embora esse estudo esteja relacionado ao processo de tingimento, os resultados obtidos neste trabalho sugerem que detergentes com menor pH tendem a preservar melhor a tonalidade dos tecidos durante a lavagem, minimizando alterações na estrutura dos compostos responsáveis pela coloração.

Resultados semelhantes foram descritos por Giacomini et al. (2016), que observaram que tecidos de lã e seda tingidos com os corantes naturais de camomila, casca de cebola, erva-

mate e eucalipto apresentaram menor alteração de cor quando submetidos à lavagem com detergente de pH neutro. Tendência semelhante foi observada no presente estudo para os tecidos de poliamida, algodão e seda tingidos com açafrão e catuaba, reforçando a influência do pH do detergente na estabilidade cromática dos corantes naturais.

4. CONCLUSÃO

Os resultados obtidos demonstraram que os corantes naturais de açafrão e catuaba apresentaram boa capacidade de tingimento das fibras de algodão, seda e poliamida, mesmo sem a utilização de mordentes, evidenciando seu potencial para aplicação em processos de tingimento mais sustentáveis. Entre os corantes avaliados, o açafrão apresentou melhor desempenho em relação à resistência à alteração de cor após os ensaios de solidez à lavagem, indicando maior estabilidade cromática quando comparada à catuaba.

Os resultados também evidenciaram que o comportamento dos tecidos durante a lavagem depende tanto da natureza da fibra quanto do tipo de detergente utilizado. De maneira geral, o detergente não iônico proporcionou menor alteração da tonalidade dos tecidos, enquanto o sabão em pó comercial e o detergente padrão da norma promoveram alterações de cor mais acentuadas em algumas condições. Entretanto, o sabão em pó comercial apresentou baixa transferência de cor para os tecidos testemunha, demonstrando desempenho satisfatório quanto à retenção do corante. Além disso, considerando seu menor custo e sua ampla disponibilidade no mercado, esse detergente mostrou-se uma alternativa viável para a lavagem de tecidos tingidos com corantes naturais.

De forma geral, os resultados obtidos confirmam a viabilidade da utilização dos corantes naturais avaliados como alternativa aos corantes sintéticos, contribuindo para o desenvolvimento de processos têxteis com menor impacto ambiental. O estudo permitiu ampliar o conhecimento sobre o comportamento dos tecidos de algodão, seda e poliamida tingidos com açafrão e catuaba quando submetidos a diferentes condições de lavagem, fornecendo informações relevantes para futuras aplicações industriais e para o desenvolvimento de pesquisas voltadas à melhoria da solidez dos corantes naturais.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR ISO 105-A01:2011.** Têxteis: Ensaios de solidez da cor - Parte A01: Princípios gerais do ensaio.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR ISO 105-A02:2006**. Têxteis: Ensaio de solidez da cor - Parte A02: Escala cinza para avaliação da alteração da cor.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR ISO 105-A03:2006**. Têxteis: Ensaio de solidez da cor - Parte A03: Escala cinza para avaliação da transferência da cor.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR ISO 105-C06:2010**. Têxteis: Ensaios de solidez da cor - Parte C06: Solidez da cor à lavagem doméstica e comercial.

ARAÚJO. M, MARIA E. **Corantes Naturais para Têxteis – Da Antiguidade aos Tempos Modernos**. n 3-4, pp 39-51, 2006).

CHRISTIE, R. M. **Colour Chemistry**. Cambridge: Royal Society of Chemistry, 2001.

GIACOMINI, F. **Tingimento de seda com corante natural erva-mate (*Ilex paraguariensis*)**. 2014. 1–105 f. - Universidade Estadual de Maringá, [s. l.], 2014.

GIACOMINI, F. et al. Estudo da alteração de tonalidade em tecidos de seda e lã tintos com corantes naturais submetidos ao teste de solidez da cor à lavagem. **Química Têxtil**, n. 122, p. 30-44, 2016.

HAR BHAJAN, S.; BHARATI, K. A. 2 – History of natural dyes. In: HAR BHAJAN, S. e BHARATI, K. A. (Ed.). **Handbook of Natural Dyes and Pigments**. Woodhead Publishing India, 2014. p.4-8.

JOTHI, D. Extraction of natural dyes from African marigold flower (*Tagetes ereectal*) for textile coloration. **Autex Res Journal**, v. 8, n. June, p. 49–53, 2008.

KANT, R. Textile dyeing industry na environmental hazard. **Natural Science**, v. 04, n. 01, p. 22–26, 2012.

KHOUNI, I.; MARROT, B.; MOULIN, P.; AMAR, R. B.Decolourization of the reconstituted textile efluente by diferente process treatments. **Desalination**, 268 p. 27-37, 2010.

MALUF, E.; KOLBE, W.; ANGELINI, C.; ABRAHÃO, J. Controle de qualidade. In: **Introdução à tecnologia têxtil**. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT), 1997.

MANSOUR, H. Textile Dyeing: Environmental Friendly Osage Orange Extracton Protein Fabrics. In: GÜNAY, M. (Ed.). **Eco-Friendly Textile Dyeing and Finishing**. Rijeka: InTech, 2013. p. 207–231.

CAPÍTULO X

OCORRÊNCIA, AMEAÇAS E IMPORTÂNCIA ECOLÓGICA DE *CHELONOIDIS* NO BRASIL: UMA REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

OCCURRENCE, THREATS AND ECOLOGICAL IMPORTANCE OF *CHELONOIDIS* IN BRAZIL: A LITERATURE REVIEW

DOI: 10.51859/amplla.mac6322-10

Jose Juliano Silva Cavalcanti [1]
Fábio Luís dos Santos [2]
Vanessa Silva Cavalcante [3]
Bernardo Pereira dos Santos [4]
Pedro Francisco Silva de Oliveira [5]
Gabriel Theodor Galvão Correa [6]

[1] Graduado em licenciatura e bacharelado em Ciências biológicas – UNEMAT. ORCID: https://orcid.org/0009-0002-2210-775X
[2] Professor do curso de licenciatura e bacharelado em Ciências biológicas – UNEMAT. ORCID: https://orcid.org/0000-0001-6906-5361
[3] Graduada em licenciatura e bacharelado em Ciências biológicas – UNEMAT. ORCID: https://orcid.org/0009-0007-8683-2869
[4] Graduado em licenciatura e bacharelado em Ciências biológicas – UNEMAT. ORCID: https://orcid.org/0009-0007-8025-8376
[5] Graduando em licenciatura e bacharelado em Ciências biológicas – UNEMAT. ORCID: https://orcid.org/0009-0006-8963-1125
[6] Graduando em licenciatura e bacharelado em Ciências biológicas – UNEMAT. ORCID: https://orcid.org/0009-0003-3695-8691

RESUMO

O gênero *Chelonoidis* compreende espécies de quelônios terrestres conhecidas popularmente como jabutis, sendo representado no Brasil por *Chelonoidis carbonaria* e *Chelonoidis denticulata*. Atualmente, não se sabe quantos indivíduos habitam a região, se suas populações estão se desenvolvendo e reproduzindo nesses locais, nem em que grau estão sendo afetadas pelas ações antrópicas. Diante disso, este trabalho teve como objetivo reunir e discutir informações disponíveis na literatura sobre a ocorrência, a importância ecológica e as ameaças às espécies do gênero *Chelonoidis* no Brasil, com ênfase em áreas de fragmentos florestais urbanos. Foi realizada uma busca na literatura disponível nas bases de dados do Google Acadêmico, ResearchGate e SciELO, em trabalhos relacionados à distribuição, características ecológicas, conservação, efeitos antrópicos e dispersão de sementes por essas espécies. Os estudos analisados evidenciam sua ocorrência em diferentes regiões do Brasil e diversos autores destacam seu potencial como importantes dispersores de sementes, contribuindo para a regeneração e manutenção da vegetação. Além disso, há uma grande preocupação em relação a fragmentação dos habitats e as ações humanas, que representam grande ameaça para a conservação dessas espécies. Diante disso, a proteção de áreas de vegetação urbanos e a ampliação de estudos sobre ocorrência, ecologia e conservação são fundamentais para estratégias de conservação dos jabutis no Brasil.

Palavras-chave: Jabutis. Conservação. Fauna. Dispersão de sementes. Quelônios.

ABSTRACT

The genus *Chelonoidis* comprises species of terrestrial chelonians commonly known as tortoises, and is represented in Brazil by *Chelonoidis carbonaria* and *Chelonoidis denticulata*. Currently, it is not known how many individuals inhabit the region, whether their populations are developing and reproducing in these areas, or to what extent they are being affected by anthropogenic activities. Therefore, this study aimed to gather and discuss information available in the literature on the occurrence, ecological importance, and threats to species of the genus *Chelonoidis* in Brazil, with an

emphasis on urban forest fragments. A search of the available literature was conducted in the Google Scholar, ResearchGate, and SciELO databases, focusing on studies related to distribution, ecological characteristics, conservation, anthropogenic impacts, and seed dispersal by these species. The studies analyzed demonstrate their occurrence in different regions of Brazil, and several authors highlight their potential as important seed dispersers, contributing to the regeneration and maintenance of vegetation. In addition, there is considerable concern regarding habitat fragmentation and human activities, which represent major threats to the conservation of these species. Therefore, the protection of urban vegetated areas and the expansion of studies on occurrence, ecology, and conservation are essential for developing conservation strategies for tortoises in Brazil.

Keywords: Tortoises. Conservation. Fauna. Seed dispersal. Chelonians.

1. INTRODUÇÃO

O gênero *Chelonoidis*, pertencentes a família Testudinidae, compreende um grupo de quelônios terrestres conhecidos como jabutis. No Brasil ocorre apenas duas espécies, sendo o *Chelonoidis carbonaria* Spix 1824 (jabuti-piranga) e o *Chelonoidis denticulata* (Linnaeus 1766 (jabuti-tinga), ocorrendo em quase todo o país (OLIVEIRA *et al*., 2023).

As espécies do gênero *Chelonoidis* foram historicamente incluídas em *Geochelone*, no qual *Chelonoidis* era reconhecido como subgênero. Posteriormente, sua elevação à categoria de gênero foi sustentada por evidências morfológicas e moleculares, especialmente após a demonstração da natureza polifilética de *Geochelone* por Le *et al.* (2006).

São animais onívoros, alimentando-se tanto de vegetais quanto de pequenos animais, com a dieta variando de acordo com a disponibilidade de recursos no ambiente. Desempenham um papel importante na dispersão de sementes, uma vez que sua alimentação inclui frutos. São ovíparas e apresentam reprodução sexuada; a fêmea deposita cerca de 5 a 15 ovos no solo, dependendo da espécie, com um período de incubação que varia de 4 a 5 meses. Após a eclosão, não há cuidado parental com a prole (FERRARA *et al.,* 2017).

Os dados disponíveis na literatura sobre esse gênero apresentam informações dispersas e ausência de um banco de dados sistematizado, atualizado e acessível. Atualmente, não se sabe quantos indivíduos habitam a região, se suas populações estão se desenvolvendo e reproduzindo nesses locais, nem em que grau estão sendo afetadas pelas ações antrópicas. Essa situação é especialmente preocupante quando se considera o status do grupo dos quelônios como um dos vertebrados mais ameaçados de extinção, segundo a organização internacional World Conservation Union (SILVA; OLIVEIRA; DOMINGOS, 2011).

Diante disso, objetivou-se realizar uma revisão bibliográfica para reunir e discutir informações disponíveis na literatura sobre a ocorrência, importância ecológica e ameaças ás

espécies do gênero no Brasil em áreas de fragmentos florestais urbanos, a fim de contribuir para o conhecimento e a preservação desse táxon.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. DISTRIBUIÇÃO DE CHELONOIDIS

Os jabutis do gênero *Chelonoidis* habitam diversos ecossistemas na América do Sul, sendo encontrados nos seguintes países: Argentina, Bolívia, Paraguai, Colômbia, Brasil, Equador, Venezuela, Guiana Francesa, Guiana, Peru, Suriname, Trindade, Tobago e Panamá (OLIVEIRA; MOLINA, 2021).

A espécie C. *carbonaria* possui registros nos estados de Alagoas, Amapá, Amazonas, Bahia, Ceará, Maranhão, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Goiás, Pará, Paraíba, Pernambuco, Piauí, Rio de Janeiro, São Paulo, Rondônia, Roraima, Sergipe e Tocantins. Já *C. denticulata* é registrada nos estados do Acre, Amapá, Amazonas, Pará, Roraima, Rondônia, Tocantins, Maranhão e Mato Grosso (FERRARA *et al*., 2017).

Embora sejam animais tipicamente terrestres, estudos identificaram a presença de alguns indivíduos em áreas alagadas, onde conseguem se adaptar durante períodos de cinco a seis meses por ano. Nesses ambientes, utilizam troncos de árvores como abrigo e se deslocam nadando de um lugar para outro. Mostrando a permanência nesses locais, o que os obriga a lidar com as variações ambientais que ocorrem em seu habitat natural (MORCATTY; VALSECCHI, 2015).

2.2. CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS DE CHELONOIDIS

A principal característica dos jabutis é a presença de carapaça que reveste seu corpo, formada pela fusão das costelas, vertebras torácicas e alguns ossos da cintura pélvica e torácica (SILVA; OLIVEIRA; DOMINGOS, 2011). A carapaça corresponde à região dorsal do animal, enquanto o plastrão representa a região ventral. O formato e a coloração da carapaça variam conforme a espécie e a alimentação do animal. Já o plastrão é frequentemente utilizado como um indicador do sexo, sendo geralmente reto nas fêmeas e côncavo nos machos. Além de oferecer proteção ao corpo, o plastrão desempenha um papel importante na reprodução, especialmente no processo de cópula (ECHEVERRY-ALCENDRA, 2019).

A carapaça também é considerada um indicativo do estado de saúde do animal, sendo sua aparência fundamental para o sucesso reprodutivo. Quanto mais limpa e lisa estiver, sem

a presença de ectoparasitas ou deformações, mais atrativo o animal se torna para as fêmeas (CAVALHEIRO; SILVA, 2013).

O jabuti tinga possui a cabeça e os pés amarelados, e sua escama nasal preta, os machos são maiores que as fêmeas com média de 40 cm de comprimento, podendo passar dos 80 cm em sua fase adulta, é considerado o maior quelônio terrestre da América do sul (SILVA; OLIVEIRA; DOMINGOS, 2011). Já o jabuti piranga possui coloração avermelhada ou alaranjada nas escamas, nas regiões dos pés e da cabeça. Os machos podem ultrapassar 50 cm de comprimento, enquanto as fêmeas podem atingir 45 cm comprimento de carapaça, apresentam coloração escura ou preta, com desenhos simétricos vermelhos ou amarelados (FERRARA et al. 2017).

2.3. CONSERVAÇÃO DE QUELÔNIOS

As populações de quelônios têm sofrido uma redução significativa ao longo do tempo. Entre as mais afetadas estão as duas espécies de jabutis *C. denticulata* e *C. carbonaria*, o tracajá (*Podocnemis unifilis*) e a tartaruga-da-Amazônia (*Podocnemis expansa*). A região amazônica, por concentrar a maior diversidade e abundância dessas espécies, necessita de maiores estratégias de conservação, especialmente por abrigar representantes de dois gêneros distintos – *Chelonoidis* e *Podocnemis* – ambos diretamente impactados pelas pressões ambientais (OLIVEIRA *et al*., 2020).

Os principais fatores que afetam a conservação desses quelônios são as mudanças climáticas, as alterações ambientais e, principalmente, as ações antrópicas. Entre esses, as atividades humanas têm provocado os impactos mais significativos sobre as populações, especialmente por meio da caça ilegal para consumo direto, criação em cativeiro (como animal de estimação ou para engorda), comércio ilegal e até mesmo uso na medicina tradicional (OLIVEIRA *et al*., 2020).

Segundo a meta-análise de Teixido *et al*. (2021), que revisou 55 estudos com o objetivo de avaliar os padrões de pesquisa sobre a fragmentação de habitats e seus impactos em anfíbios e répteis brasileiros, foram identificados vieses tanto geográficos quanto taxonômicos. A Amazônia e a Mata Atlântica estão sobre representadas nos estudos analisados, enquanto, do ponto de vista taxonômico, os grupos mais estudados foram os Anura (anfíbios) e os Testudines (quelônios).

Ainda com base nesse trabalho, destaca-se que espécies especializadas e/ou com baixa mobilidade, como muitos répteis, são particularmente vulneráveis à fragmentação de habitats, especialmente em contextos urbanos. Conforme demonstrado pelos autores, a redução do tamanho dos fragmentos e a degradação de microhabitats críticos resultam em declínios populacionais acentuados. Um exemplo citado é o de lagartos do gênero *Tropidurus*, cujas exigências ambientais específicas dificultam a dispersão entre fragmentos isolados, aumentando significativamente o risco de extinção local.

2.4. EFEITOS ANTRÓPICOS EM FRAGMENTOS URBANOS

A fragmentação das florestas em áreas urbanas é um processo severo, que transforma extensas áreas contínuas de vegetação em pequenos fragmentos isolados. Essa alteração impacta negativamente as espécies que dependem desses habitats, comprometendo diretamente sua sobrevivência. Com base na relação espécie-área, verifica-se uma redução significativa na riqueza de espécies em ambientes urbanos, o que ressalta a importância dos corredores ecológicos e do tamanho dos fragmentos na preservação da diversidade biológica (BENINDE, VEITH e HOCHKIRCH, 2015).

De acordo com Aronson et al. (2014), a urbanização tem provocado efeitos profundos na biodiversidade em escala global. As cidades, em geral, apresentam menor número de espécies em comparação com áreas não urbanas, o que reforça a necessidade de mais estudos voltados à biodiversidade urbana — especialmente em regiões de alta diversidade biológica. Tais estudos são fundamentais para subsidiar ações que mitiguem os impactos do crescimento urbano desordenado, como o planejamento urbano sustentável, a conservação da biodiversidade e a promoção da educação ambiental.

A degradação das áreas verdes nas cidades ocorre, muitas vezes, de forma “silenciosa”, caracterizando-se pela remoção parcial ou total da vegetação para dar lugar a obras e infraestruturas urbanas. Frequentemente, essas áreas são “restauradas” superficialmente apenas após a conclusão das construções, sem considerar a complexidade ecológica perdida. Segundo Colding e Barthel (2013), esses espaços são denominados áreas comuns verdes, e desempenham papel fundamental na conservação urbana. Além disso, apresentam grande potencial como espaços de aprendizagem — verdadeiros “laboratórios urbanos” — que devem ser desenvolvidos em parceria com as comunidades locais, promovendo a gestão participativa e o fortalecimento da diversidade biocultural nas paisagens urbanas.

A falta de dados locais sobre a biodiversidade urbana representa um obstáculo significativo para a compreensão do impacto real das ações antrópicas. Ainda são escassas as informações que quantifiquem o quanto os fragmentos urbanos foram degradados ao longo do tempo, dificultando a realização de comparações e a elaboração de diagnósticos precisos. Embora existam projeções sobre possíveis perdas futuras de biodiversidade em escala global, a ausência de dados locais compromete a eficácia de políticas públicas direcionadas. Como ressaltado por Newbold et al. (2015), ao analisarmos as mudanças específicas em determinadas regiões, verifica-se uma redução acentuada na riqueza de espécies, o que reforça a necessidade urgente de monitoramento e planejamento baseado em evidências.

2.5. DISPERSÃO DE SEMENTES POR CHELONOIDIS

Os hábitos alimentares por ambas as espécies são semelhantes, caracterizado pelo onivorismo, segundo Wang *et al*. (2011) em um estudo realizado em C*. carbonaria* relata que esses indivíduos são oportunistas, capazes de se alimentar de diferentes tipos de alimentos, como fezes, vegetais, frutos, fungos, carniça de vertebrados e invertebrados, com destaque para alimentação frugívora. Por sua dieta incluir frutos, os jabutis são considerados importantes dispersores nos ecossistemas, conforme relata Sobral-Souza *et al.* (2017) ambas as espécies podem consumir alimentos com até 25 milímetros de largura, abrangendo uma grande quantidade de espécies frutíferas dentro dos habitats.

Conforme a revisão de literatura de Sobral-Souza *et al.* (2017) sobre os diferentes tipos de frutas consumidas por *C. denticulata* e *C. carbonaria* em diferentes biomas, registram uma variedade de mais de 95 táxons em três biomas brasileiros, sendo eles Mata Atlântica, Floresta Amazônica e Cerrado. Esse estudo mostra o potencial da dispersão por esses organismos podendo ser aliados no processo de restauração de áreas fragmentadas.

No estudo de Strong e Fragoso (2006), foi relato altas porcentagens de sementes viáveis encontradas nas fezes de *C. denticulata* e *C. carbonária*. Esse resultado se dar devido a essas espécies apresentarem comportamentos diferentes dos mamíferos no processo de mastigação, onde os indivíduos arrancam pequenos pedaços de frutas e engolem, deixando sementes intactas (observação pessoal do autor). Além disso é relatado que as duas espécies podem dispersar sementes com distância mínima de 91,2 metros de distância da planta mãe, considerando a quantidade e diversidade de sementes, e a distância percorrida por esses indivíduos, esses animais podem ser importantes dispersores no ecossistema.

Uma pesquisa realizada por Montaño *et al.* (2013) com *C. carbonária*, mostra uma área de ocupação com cerca de 50 a 600 hectares por indivíduo, variando o uso desse espaço pelas diferentes estações do ano, com os machos ocupando territórios maiores do que as fêmeas e havendo sobreposição de locais entre eles. Segundo Moskovits e Kiester (1987) em um estudo com ambas as espécies, os machos tendem a se distribuir em áreas mais circulares enquanto as fêmeas preferem locais retangulares, considerando esses diferentes padrões de escolhas e sua área ocupada, percebemos um grande espaço coberto por esses animais, o que reforça o seu potencial de dispersão de sementes em diferentes locais.

3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante disso, essa revisão bibliográfica evidenciou que a principal ameaça à conservação dos jabutis no Brasil está associada às ações antrópicas. Levando em consideração sua importante função ecológica desse táxon, é evidente a importância da conservação dos fragmentos florestais urbanos e da adoção de medidas que favoreçam a proteção dessas espécies, bem como a necessidade de ampliar os estudos sobre sua ocorrência, ecologia e conservação.

REFERÊNCIAS

ARONSON, M.F.J. et al. A global analysis of the impacts of urbanization on bird and plant diversity reveals key anthropogenic drivers. **PROCEEDINGS OF THE ROYAL SOCIETY B**, Reino Unido, v.281, n.1780, p.1-8, abr. 2014.

BENINDE, J.; VEITH, M.; HOCHKIRCH, A. Biodiversity in cities needs space: a meta-analysis of factors determining intra-urban biodiversity variation. **Ecology Letters,** França, v.18, n.6, p.581-592, jun. 2015.

CAVALHEIRO, R.C.; SILVA, E.B.P. da. **Preferência sexual da fêmea de *Chelonoidis denticulata* (Testudinata, Testudinidae): Macho saudável ou macho dominante**. 2013. 28p. Monografia (Graduação em Ciências Biológicas). Universidade do Estado de Mato Grosso. Tangará da Serra, 2013.

COLDING, J.; BARTHEL, S. The potential of 'Urban Green Commons' in the resilience building of cities**. Ecological Economics**, Suécia, v.86, n.1, p.156-166, fev. 2013.

ECHEVERRY-ALCENDRA, A. *Chelonoidis carbonarius* (Spix, 1824). In: CORREA, M.R. **Catálogo de anfibios y Reptiles de Colombia**. Colômbia: Jefe's scientific contributions, 2019. v.8. p.13-29.

FERRARA, C.R. et al. **Quelônios Amazônicos: Guia de identificação e distribuição**. Manaus: WCS, 2017. 182p. Disponível em: <WCS Brazil - Publicações> Acesso em: 23 mar. 25.

LE, M.; RAXWORTHY, C. J.; McCORD, W. P.; MERTZ, L. A molecular phylogeny of tortoises (Testudines: Testudinidae) based on mitochondrial and nuclear genes. **Molecular Phylogenetics and Evolution,** v. 40, n. 2, p. 517–531, 2006.

MONTAÑO, R.R. et al. Ranging paterns by the red-footed tortoise - Geochelone carbonaria (Testudines: Testudinidae) - in the Bolivian Chaco. **Ecología en Bolivia**, Bolívia. v.48, n.01, p.17-30, abr. 2013.

MORCATTY, T.Q.; VALSECCHI, J. Confirming the occurrence of the Endangered yellow-footed tortoise in flooded forests of the Amazon. **Oryx**, Reino Unido, v.49, n.04, p.577-578, set. 2015.

MOSKOVITS, D.K.; KIESTER, A.R. Activity Levels and Ranging Behaviour of the Two Amazonian Tortoises, *Geochelone carbonaria* and *Geochelone denticulata*, in North-Western Brazil. **Functional Ecology**, Reino unido, v.01, n.03, p. 203-214, mai. 1987.

NEWBOLD, T. et al. Global effects of land use on local terrestrial biodiversity. **Nature**, Inglaterra, v.520, n.7545, p.45-50, abr. 2015.

OLIVEIRA, J.M. et al. Influência do enriquecimento ambiental no comportamento ambiental de Jabutis-piranga (*Chelonoidis carbonaria*) Bioparque Zoobotânico de Teresina-PI. In: OLIVEIRA, C.T.A; OLIVEIRA F.L.G. **Zoologia**: Divulgando o conhecimento científica. Guarujá - São Paulo: Editora Científica Digital, 2023. p. 94-104.

OLIVEIRA, M.N. et al. Exposições Científicas como Ferramenta de Obtenção de Dados para Desenvolvimento de Estratégias de Conservação de Quelônios Amazônicos. **Ensaios**, Acre, v. 24, n. 03, p. 289-292, 2020.

OLIVEIRA, T.L.; MOLINA F.de.B. **O PAPEL DOS JABUTIS (*Chelonoidis carbonarius* e *C. denticulatus*) NA DISPERSÃO DE SEMENTES NOS ECOSSISTEMAS BRASILEIROS**. São Paulo, 2021. 25p. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Ciências Biológicas). Universidade de Santo Amaro, 2021.

SILVA, T.S.da.; OLIVEIRA, M.T.V.de.A.; DOMINGOS, C.R.B. **Estudo morfológico e citogenético em duas espécies de jabutis do gênero Chelonoidis (FITZINGER, 1835) (Testudines)**. 2011. 117p. Dissertação (Mestrado em Biologia Animal). Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas, da Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" - UNESP. São Paulo, 2011.

SOBRAL-SOUZA, T. et al. Rewilding defaunated Atlantic Forests with tortoises to restore lost seed dispersal functions. **Perspectives In Ecology and Conservation**, Rio de Janeiro, v.15, n.4, p.300-307, out. 2017.

STRONG, J.N.; FRAGOSO, J.M.V. Seed Dispersal by *Geochelone carbonaria* and *Geochelone denticulata* in Northwestern Brazil. **Biotropica**, Estados Unidos, v.38, n.5, p.683-686, set. 2006.

TEIXIDO, A.L. et al. A meta-analysis of the effects of fragmentation on the megadiverse herpetofauna of Brazil. **Mosquitos may transport lethal pathogens among amphibian hosts**, Estados Unidos, v.53, n.3, p.723-737, mai. 2021.

WANG, E. et al. Food Habits and Notes on the Biology of *Chelonoidis carbonaria* (Spix 1824) (Testudinidae, Chelonia) in the Southern Pantanal, Brazil. **South American Journal Of Herpetology**, Belém, v.6, n.1, p.11-19, abr. 2011.

CAPÍTULO XI

FITOQUÍMICA E POLINIZAÇÃO DO *HIBISCUS ROSA-SINENSIS*: UMA ABORDAGEM INTEGRADA

PHYTOCHEMISTRY AND POLLINATION OF *HIBISCUS ROSA-SINENSIS*: AN INTEGRATED APPROACH

DOI: 10.51859/amplla.mac6322-11

Jamile da Silva Lima [1]
Gilmara Fernandes Eça [2]
Carlos Henrique dos Santos de Jesus [3]
Victor Gabriel Souza de Almeida [4]
Fabiana Vila Verde Barros [5]
Robson Santos de Lima [6]

[1] Graduada em Engenharia Florestal. Universidade Federal do Recôncavo da Bahia – UFRB
[2] Professora adjunta ao Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas. Universidade Federal do Recôncavo da Bahia – UFRB
[3] Graduado em Engenharia Florestal. Universidade Federal do Recôncavo da Bahia – UFRB
[4] Mestrando em Ciências Agrárias. Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias. Universidade Federal do Recôncavo da Bahia – UFRB
[5] Mestranda em Gestão de Políticas Públicas e Segurança Social. Programa de Pós-Graduação em Gestão de Políticas Públicas e Segurança Social. Universidade Federal do Recôncavo da Bahia – UFRB
[6] Mestrando em Zootecnia. Programa de Pós-Graduação Integrado em Zootecnia. Universidade Federal do Recôncavo da Bahia – UFRB

RESUMO

O *Hibiscus rosa-sinensis* L., popularmente conhecido como papoula, hibisco, graxa de soldado, entre outros, é uma espécie arbustiva pertencente à família Malvaceae, amplamente cultivada em regiões tropicais e subtropicais, destacando-se não apenas pelo valor ornamental, mas também pela riqueza de seus metabólitos secundários e pela importância ecológica de suas interações com agentes polinizadores. O objetivo da presente pesquisa foi analisar, por meio de uma revisão integrativa da literatura, a composição fitoquímica do *Hibiscus rosa-sinensis* L. e sua relação com os mecanismos de polinização, enfatizando a influência dos compostos bioativos na pigmentação floral e na atração de visitantes florais. A pesquisa apresenta abordagem qualitativa, caráter exploratório e descritivo, fundamentada em dados nacionais e internacionais, com material publicado entre 2016 e 2026. Os resultados evidenciaram que a espécie possui elevada diversidade de metabólitos secundários, com destaque para flavonoides, antocianinas, ácidos fenólicos, taninos e outros compostos bioativos, responsáveis por propriedades antioxidantes e pela formação das diferentes colorações das flores. Esses pigmentos exercem papel fundamental na sinalização visual para polinizadores, favorecendo as interações ecológicas entre planta e fauna. Além disso, aspectos da morfologia floral, da biologia reprodutiva e da oferta de recursos, como néctar e pólen, atuam de forma integrada na eficiência do processo de polinização. Conclui-se que a fitoquímica e a biologia floral do *H. rosa-sinensis* constituem fatores complementares para a manutenção das relações planta-polinizador, reforçando a necessidade de ampliar estudos voltados aos mecanismos ecológicos e bioquímicos que regulam essas interações e seu potencial para conservação da biodiversidade.

Palavras-chave: Flavonoides. Flor. Insetos. Metabólitos secundários.

ABSTRACT

Hibiscus rosa-sinensis L.—popularly known as papoula, hibisco, or graxa de soldado, among other names, is a shrub species belonging to the Malvaceae family. Widely cultivated in tropical and subtropical regions, it is notable not only for its

ornamental value but also for the richness of its secondary metabolites and the ecological importance of its interactions with pollinators. The aim of this research was to analyze, through na integrative literature review, the phytochemical composition of *Hibiscus rosa-sinensis* L. and its relationship with pollination mechanisms, emphasizing the influence of bioactive compounds on floral pigmentation and the attraction of floral visitors. This research presents a qualitative approach, with an exploratory and descriptive character, based on national and international data, with material published between 2016 and 2026. The results showed that the species has a high diversity of secondary metabolites, especially flavonoids, anthocyanins, phenolic acids, tannins, and other bioactive compounds, responsible for antioxidant properties and the formation of different flower colors. These pigments play a fundamental role in visual signaling to pollinators, facilitating ecological interactions between the plant and the fauna. Furthermore, aspects of floral morphology, reproductive biology, and resource availability, such as nectar and pollen, work in an integrated manner to influence the efficiency of the pollination process. It is concluded that the phytochemistry and floral biology of *Hibiscus rosa-sinensis* constitute complementary factors in maintaining plant-pollinator relationships, underscoring the need for further studies on the ecological and biochemical mechanisms regulating these interactions and their potential for biodiversity conservation.

Keywords: Flavonoids. Flower. Insects. Secondary metabolites.

1. INTRODUÇÃO

Ao realizar um levantamento florístico, Velozo *et al.* (2022) afirmam que a família botânica Malvaceae está entre as dez maiores famílias de Angiospermas do país, compreendendo as tradicionais famílias da ordem Malvales. A família Malvaceae possui 250 gêneros e 4.200 espécies espalhadas pelo mundo, variando de plantas herbáceas a árvores de grande porte. No Brasil, essa família apresenta 80 gêneros e 859 espécies, das quais 457 são endêmicas do território brasileiro. Na região do Nordeste, a representação dessa família se faz por 324 espécies registradas (Flora e Funga do Brasil, 2026).

A família Malvaceae, segundo a APG IV é classificada na seguinte ordem taxonômica decrescente: Angiospermas, Eudicotiledôneas core, Rosídeas, Malvídeas e a ordem Malvales. Silva Júnior (2016) cita os hibiscos (*Hibiscus spp.*) como membros proeminentes dessa família botânica, devido à sua importância ornamental. Segundo ele, a espécie *Hibiscus rosa-sinensis* L., originária da Ásia tropical, é um arbusto também conhecido popularmente como papoula, hibisco e graxa-de-soldado. Essa espécie é utilizada na decoração, visto que suas flores são vistosas, belas, de cores e formas diversas dependendo da variedade.

Nascimento *et al*. (2020) afirmam que plantas nativas, ervas e arbustos são fundamentais para sustentar uma variedade de polinizadores, principalmente em áreas urbanas, essas áreas de jardins possuem potencial para a conservação dessa biodiversidade através dos recursos florais urbanos, entretanto, segundo esses pesquisadores, estudos

brasileiros sobre polinização não são facilmente acessíveis, o que se faz necessário maior estudo sobre essa temática.

Diante do que já foi exposto, sabe-se que o Brasil apresenta uma megadiversidade e o hibisco se apresenta como uma planta promissora para o uso em projetos paisagísticos, a crescente população dessa espécie interage com outras plantas e importantes polinizadores, ou seja, sua presença garante a presença de uma diversidade de fauna no local. Para compreender os mecanismos que o hibisco utiliza para atrair polinizadores, o presente trabalho objetivou analisar, por meio de uma revisão bibliográfica da literatura, a composição fitoquímica e a importância ecológica do *Hibiscus rosa-sinensis* L., destacando sua relevância científica.

2. METODOLOGIA

A revisão integrativa da literatura se baseia em uma investigação teórica que objetiva juntar, compreender e discutir o conhecimento já produzido no meio científico sobre determinado tema, de forma aprofundada, permitindo identificar avanços, lacunas e tendências desse tema de pesquisa científica, conforme Marconi e Lakatos (2017). O conteúdo para compor o presente trabalho foi extraído de uma ampla pesquisa na literatura científica existente, e por isso, ela apresenta natureza de abordagem qualitativa, exploratória e caráter descritivo, como relatado no trabalho de Pacheco *et al*. (2021).

Nesse sentido, o presente trabalho foi conduzido por meio de três etapas principais, a saber: *levantamento de informações em plataformas digitais*, como a Elsevier, SciELO, Portal de Periódicos da Capes, PubMed Central, Google Acadêmico, e-books, entre outras fontes de divulgação técnica, como monografias, teses, notas técnicas, evitando a literatura cinzenta, obras indisponíveis e trabalhos que não enriqueceriam a discussão. Foram utilizados termos de busca como as palavras-chaves: *Hibiscus rosa-sinensis* “descrição botânica”, “fitoquímica”, “polinização”, “reprodução”.

Os critérios utilizados para inclusão dos materiais foram: estudos publicados nos últimos 10 anos, em português, inglês e espanhol, que discutem questões ligadas ao tema, como a caracterização da espécie, sua importância ecológica e sua relação com os agentes polinizadores, entre outros.

Posteriormente, os trabalhos científicos passaram pela etapa: *seleção e análise,* foram excluídos trabalhos fora do recorte temporal mencionado e que não auxiliaram para a

discussão proposta. Por fim, a etapa: *organização das informações e redação dos resultados*, consistiu na extração das informações mais importantes para responder ao problema da pesquisa e cumprir os objetivos propostos. Foram selecionados um total de 33 trabalhos de referência sobre o âmbito de estudos na espécie *Hibiscus rosa-sinensis* L.

3. REVISÃO INTEGRATIVA DA LITERATURA

3.1. MORFOLOGIA E DESCRIÇÃO BOTÂNICA DO HIBISCUS ROSA-SINENSIS

O *Hibiscus rosa-sinensis* L. é uma espécie exótica oriunda da Ásia e África, pertencente à família Malvaceae, considerado um arbusto híbrido, com flores grandes, simples ou compostas, suas pétalas de sabor cítrico se perduram até dois dias após sua florada. O hibisco é uma planta adaptada a regiões de clima subtropicais e tropicais, no Brasil. Essa espécie é popularmente conhecida como flor de hibisco, graxa-de-soldado, mimo-de-vênus, pampola, entre outros, sendo consumida normalmente em infusão de flores secas, saladas e geleias (Silva; Wiest e Carvalho, 2016; Silva; Silva e Santos, 2018).

O gênero *Hibiscus* compõe inúmeras espécies que podem atingir 3 metros de altura quando cultivadas em pleno sol e sua propagação se dá por estacas enraizadas, segundo Silva; Wiest e Carvalho (2016). Nesse gênero taxonômico se encontram uma das espécies mais antigas de plantas com flores do mundo, constituído por mais de 300 espécies, entre as suas principais está o *H. rosa-sinensis* L. Esta espécie se difundiu em todos os continentes e se adaptou a ambientes que variam de temperado a tropical, incluindo o Brasil (Ramos *et al*. 2020).

O *H. rosa-sinensis* L. é uma espécie de arbusto lenhoso e fibroso de crescimento rápido, apresenta folhas simples, alternas, densamente pilosas ao longo das nervuras, com flores grandes e solitárias, normalmente com cores branca, rosa ou vermelhas (Ramos *et al*. 2020). O hibisco possui ramos cilíndricos e glabros, tronco liso e flexuoso, estípulas caducas, de pecíolo piloso, lâmina foliar simples ovada, com margem serreada, suas flores possuem brácteas e sépalas esverdeadas e pétalas inteiras (Santana *et al*., 2021).

Segundo a Kew Science (2026), a espécie *H. rosa-sinensis* L. é um híbrido cultivado, originado a partir de cruzamentos artificiais do *Hibiscus cooperi* e *Hibiscus kaute*. Embora não seja nativa do Brasil, conseguiu ser introduzida e naturalizada em diversas regiões do mundo, sendo cultivada nos países como planta ornamental. De acordo com a classificação botânica

do *Plants of the World Online* da própria Kew Science (2026), essa espécie é hierarquizada conforme a tabela 1.

Tabela 1 – Classificação botânica hierárquica de *Hibiscus × rosa-sinensis* L.

Táxons	
Reino	Plantae
Filo	Streptophyta
Classe	Equisetopsida
Subclasse	Magnoliidae
Ordem	Malvales
Família	Malvaceae
Gênero	*Hibiscus*
Espécie	*Hibiscus rosa-sinensis* L.

Fonte: Adaptado do Kew Science (2026) – Plants of the World Online (POWO), acessado em: 10/06/2026.

3.2. FITOQUÍMICA DA ESPÉCIE

A planta de hibisco apresenta em sua constituição fitoquímica das partes aéreas: alcaloides, cumarinas, flavonoides, esteroides, fenóis, saponinas, taninos e terpenoides. Em suas folhas e caules estão presentes os compostos: acetato de taraxeril, β-sitosterol, estigmasterol e três compostos ciclo-propana, de acordo com Ramos *et al.* (2020).

Em concordância, Shafiq *et al.* (2021) em seu experimento sobre o uso de extratos de plantas medicinais e seu uso potencial antioxidante e anticancerígeno contra linhagens celulares de câncer de fígado humano, identificou a presença de ácido cafeico, ácido gálico e ácido p-cumárico em concentrações de 15, 11 e 35 ppm nas plantas de hibisco, ambos ácidos fenólicos.

Ramos *et al.* (2020) afirmam que as folhas do hibisco contêm: substâncias diglicosídeo cianídrico, niacina, vitaminas, flavonoides, tiamina, riboflavina e ácido ascórbico. Entre os constituintes de destaque da composição fitoquímica do hibisco estão: frutose, ácido 9,12 - octadecadienóico, ácido 9,12,15-octadecatrienoico e o glicerol nas folhas. Em relação às raízes, são encontrados os bioativos: flavonoides, taninos, glicosídeos, resinas, açúcares redutores, saponinas, gomas e mucilagens, segundo Amtaghri *et al.* (2024).

O óleo essencial das folhas apresenta limoneno, carvona, tetradecano, (E)-cariofileno, mercaptoacetato de 2-etilhexila, bisaboleno, óxido de cariofileno, 1, 3, 7, 11 - ciclotetradecatetraeno, ftalato de dibutila, heptafluorobutirato de docosila e esqualeno. Esses

compostos químicos conseguem desempenhar inúmeras funções diferenciadas nos sistemas do organismo humano (Sidhu *et al*. 2023).

Nas flores do hibisco são identificados os seguintes constituintes: ácido 9,12,15-octadecatrienóico, além de serina, ácido fumárico, ácido isocítrico, ácido cinâmico, glicerol, prolina, frutose, galactose, ácido n-hexadecanoico, glucitol, inositol, talose, 9,12-octadecadienóico e ácido n-octadecanóico (Ramos *et al*., 2020).

As flores contêm riboflavina, tiamina, apigenidina, ácido oxálico, ácido cítrico, quercetina, niacina, pelargonidina e ácido ascórbico (Amtaghri *et al*., 2024). O óleo essencial extraído das flores de hibisco contém compostos bioativos como o 1-iodoundecano, éster isodecil octil do ácido 1,2-benzenodicarboxílico, neopentano, 2-propenamida, éster de 1–4 butanodiol, 2,2,4-trimetil 3-pentanona, 2-ciclopentiletanol, 1-tetrazol-2-iletanona, nitrito de amila e 4-trifluoroacetoxioctano (Raza *et al*., 2025).

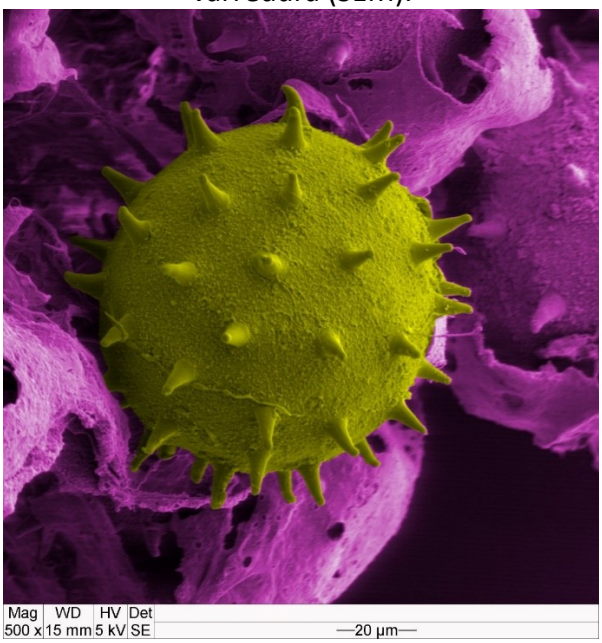
De forma resumida, a classificação química dos metabólitos secundários do hibisco, incluem: antocianinas (pelargonina como pigmento floral), flavonoides (compostos fenólicos das flores) e terpenos aromáticos (presentes no óleo essencial). Mas também são encontradas na planta: triterpenos, fitoesterois, hidrocarbonetos orgânicos, ácidos fenólicos, açúcares, glicosídeo, vitaminas B1, B2, B3 e C, ácidos graxos, aminoácidos, ácidos orgânicos, polióis, além de outras estruturas presentes no óleo essencial.

3.3. MORFOLOGIA DAS FLORES E DOS ELEMENTOS REPRODUTIVOS

Segundo Silva e Kleinert (2020), as flores do hibisco são bissexuais, de tamanho grande, simetria actinomorfa, colorações que variam do alaranjado, amarelo, branco, rosa a vermelho. A antese das flores é diurna, a deiscência das anteras é longitudinal, existe presença de odor nas flores, e seus recursos florais são o pólen e o néctar.

De acordo com Canhoto (2021), nas flores do hibisco, o carpelo termina em 5 estigmas bem nítidos. A observação do fruto em estágios precoces de desenvolvimento evidencia os cinco carpelos fundidos, disposição que também pode ser revelada em secções transversais do ovário e do fruto. O hibisco apresenta pólens do tipo mônade, que variam de muito grandes a gigantes, são radiais, apolares, apresentam âmbito circular, formato esferoidal, pontoporados, poros circulares, exina quinada e espinhos de ápices redondos, conforme Silva e Kleinert (2020), como ilustrado pela Figura 1.

Figura 1 - Grão de pólen de *Hibiscus rosa-sinensis* observado por microscopia eletrônica de varredura (SEM).



Fonte: Alexis Debut e Sara Guerra (2012), Cell Image Library (CIL:40971), sob licença CC BY-NC-SA.

As flores de hibisco são grandes, podem ser simples ou dobradas e duram um ou dois dias. Apesar da curta duração, segundo Silva; Wiest e Carvalho (2016), essa pequena longevidade da flor define a "janela" de oportunidade para os polinizadores agirem. Em seu trabalho sobre o paisagismo amigável para os polinizadores utilizando plantas e seu pólen em ambientes urbanos, Silva e Kleinert (2020) elencaram a característica da polinização do *H. rosa-sinensis* L. em suas diversas variedades de cores. Elas relataram que o sistema de polinização das variedades é executado em sua maioria por abelhas e por aves e borboletas no hibisco-branco, e que os polinizadores são atraídos pelas flores. De modo geral, a polinização do *H. rosa-sinensis* L. é realizada por insetos como abelhas, borboletas ou mosca-das-flores.

Ao estudarem a germinação do grão de pólen e crescimento do tubo polínico, Rathore *et al*. (2021) afirmam que a polinização do hibisco é ideal em temperaturas entre 12 e 24°C, umidade relativa do ar em torno de 60%, além da presença de ácido bórico e cálcio no meio de germinação de Brewbaker e Kwack (B.K.), ideal para a germinação *in vitro*, condição em que esses nutrientes aumentam tanto a germinação quanto o comprimento dos tubos.

3.4. BIOLOGIA REPRODUTIVA DO HIBISCUS ROSA-SINENSIS

A floração do hibisco dura o ano inteiro, conforme o calendário floral de Guedes e Cabral (2025) em seu trabalho sobre a flora meliponícola da UFCG e a distribuição temporal dos recursos florais dessas espécies.

A hibridização é o meio de criar o *H. rosa-sinensis* L. com cultivares de diferentes cores de flores e formatos, sendo esse processo dificultado pela autoincompatibilidade dessa espécie, como relatado no experimento de Pramesti (2021), em que não ocorreu desenvolvimento de fruto, semente ou embrião após realizar a polinização cruzada e autopolinização dessa espécie, caracterizando dessa forma, a incompatibilidade pós-zigótica (falha do crescimento do embrião).

No experimento dessa pesquisadora, o pólen do hibisco apresenta viabilidade em torno de 90% e qualidade, mas, a falta de crescimento do fruto interrompe a translocação de nutrientes para as flores (relação fonte-dreno) e somado ao aumento do hormônio etileno, faz as flores caírem em torno de 5 dias, sendo que para a maturação dos frutos seriam necessários 61 dias.

Os grãos de pólen dessa espécie apresentam espinhos que ajudam na fixação ao polinizador, auxiliando no transporte polínico, conforme mencionam Liskoski; Radaeski e Bauermann (2018), os quais encorajam a criação de estudos sobre a biologia da polinização dessa espécie para compreender os processos ecológicos.

Para atrair polinizadores, as plantas oferecem recursos alimentares como pólen e néctar como recompensa (Moreno; Camargo e Christianini, 2017). Em seu experimento, esses pesquisadores concluíram que o *H. rosa-sinensis* L. não necessita de muitas visitas para ser polinizada, mesmo quando abelhas e aves pilhadoras visitam as flores. Ou seja, esses agentes roubam o néctar, mas a planta apresenta mecanismos de defesa.

No entanto, esse é um estudo complexo e que necessita de maior aprofundamento. A composição do néctar das flores pode incluir os seguintes açúcares: sacarose, frutose e a glicose, em menores quantidades a maltose, galactose, rafinose e melibiose, sendo estes encontrados em concentrações e quantidades que variam de acordo com a espécie da planta (Freitas, 2017).

Ao experimentar o *H. rosa-sinensis* L. como flora apícola para a conservação urbana, Anitha *et al*., (2017) afirmam que entre as 17 plantas estudadas durante 3 anos, o hibisco

apresenta visitação constante de polinizadores, auxiliando dessa forma na mitigação do declínio de agentes polinizadores devido ao processo de urbanização. Segundo os mesmos, o hibisco é mais visitado pelo turno da manhã às 10 horas, com uma média de 2,13 visitas por m² a cada 2 minutos, diminuindo as visitas pelo turno da tarde. Eles sugerem que o hibisco é eficiente na atração de polinizadores, e as visitas são impulsionadas pela busca do néctar e do pólen, além da cor, odor e forma das flores.

3.5. FLORES COLORIDAS COMO ATRATIVO A POLINIZADORES

De acordo com Oliveira (2018), as antocianinas são pigmentos vegetais que dão a coloração para flores e frutos, que podem variar do vermelho intenso ao violeta/azul. Esses pigmentos são compostos fenólicos pertencentes ao grupo dos flavonoides, os quais contém a cianidina-3-*O*-glicosídeo e a delfinidina (Raza *et al.*, 2025). Os flavonoides servem tanto para defesa da planta (proteção contra patógenos e raios ultravioleta), quanto para a atração de agentes polinizadores. Além de conferir coloração às flores e frutos, os flavonoides possuem propriedades medicinais como ação antioxidante, anti-inflamatória, anticancerígena, entre outros (Mejía *et al*., 2023).

Até o momento é insignificante a quantidade de estudos que relata o mecanismo de pigmentação das cultivares de flores de hibisco, e a biossíntese dos pigmentos responsáveis pelas cores das pétalas dessa espécie não é conhecido em detalhes (Mejía *et al*., 2023). Além disso, as cores amarela e vermelha estão ligadas às vias biossintéticas das betalaínas e dos carotenóides, enquanto a via biossintética das antocianinas produz uma gama de variedade de cores, desde o amarelo (λ = 480 nm) até o laranja, azul e vermelho (λ = 730 nm). Inúmeros derivados dos flavonoides atuam ainda na via biossintética, como os flavonoides (incolores), até os pigmentos coloridos, como as antocianinas, taninos, etc.

Ao realizar um experimento relacionando a composição química do *H. rosa-sinensis* L. com as cores das suas flores, Méjia *et al*. (2023) identificaram 20 tipos de flavonoides nas pétalas das flores, exercendo uma relação direta entre a cor das pétalas e o tipo de flavonoide presente. Flores vermelhas e rosas possuem maior concentração de antocianinas, flores brancas e amarelas não possuem antocianinas detectáveis (especificamente a cianidina-soforosídeo). O experimento revelou uma relação inversamente proporcional entre as concentrações de flavonoides e antocianinas. Como as flores vermelhas apresentam maiores

teores de antocianinas, esses pigmentos contribuem para uma maior capacidade antioxidante quando comparadas às flores brancas.

Méjia *et al*. (2023) afirmaram que conhecer a composição de flavonoides presentes nas flores com base em sua cor pode servir como parâmetro para uma compreensão mais detalhada dos mecanismos que regulam a cor e sua origem nas flores, especialmente nas variedades de *Hibiscus spp*. No experimento realizado por estes pesquisadores foi detectado que a concentração de flavonoides variou de acordo com a cultivar, na seguinte ordem de cores de pétalas: vermelho < rosa < laranja < amarela ≈ branca.

Resultados similares foram obtidos no experimento de Wan *et al.* (2019), que estudaram a relação entre a cor e a composição química de várias cultivares de rosas (*Rosa spp.*) e relataram que a cultivar vermelha tinha uma concentração maior de antocianinas em comparação com as cultivares amarela, laranja e rosa. Entretanto, nestas últimas, as concentrações de carotenóides e flavonoides foram maiores.

4. DISCUSSÕES

4.1. CARACTERIZAÇÃO DA POLINIZAÇÃO DO HIBISCUS ROSA-SINENSIS

Conforme estudado anteriormente, a polinização do *H. rosa-sinensis* L. apresenta alguns gargalos reprodutivos. Mesmo ocorrendo a polinização natural ou artificial, raramente as flores formam sementes, como relatou Febrionny; Puspitawati e Bashri (2023) ao estudarem a viabilidade do grão de pólen de variedades diferentes do *H. rosa-sinensis* L. Eles concluíram que o grão de pólen dessa espécie apresenta baixa viabilidade (<50%), e esse índice varia de acordo com a cor das flores, em que a cultivar vermelha teve a maior taxa (44%), enquanto a rosa apenas 7%.

Esse fato implica que, o grão de pólen pode morrer antes de chegar ao estigma ou antes da fecundação, mesmo quando um polinizador faz o transporte necessário. Além desse empecilho, eles concluíram que o tubo polínico leva 2 a 3 dias para germinar em meio de cultura preparado com a fórmula PGM (Pollen Growth Media), método apropriado para germinar grãos de pólen *in vitro*, revelando que a fertilização do hibisco é lenta.

Ao estudarem o efeito da morfologia do grão de pólen na hibridização e formação de sementes em *H. rosa-sinensis* L., Naik *et al*. (2024) relembra que as flores dessa espécie não duram muitos dias, por isso, a falta de sementes se deve pela degeneração do endosperma

ou pela própria queda prematura do estilete e estigma. Entretanto, esses dados não podem reduzir a importância do cultivo dessa planta, visto que, ela possui atrativos para agentes polinizadores (flores vistosas, néctar abundante) que fornecem esses recursos para a preservação dessa fauna, além de ajudar outras espécies de plantas nas proximidades que serão visitados pelos polinizadores graças ao poder atrativo do hibisco.

Além disso, estudos como o de Chakraborty; Swamy e Singh (2023), focam na hibridização prática e na criação de uma nova variedade de *H. rosa-sinensis* L., chamada de *'Janaki Ammal'* da Índia, onde essa planta é muito valorizada em rituais religiosos. Esses pesquisadores oferecem em sua pesquisa, um passo a passo para realizar a polinização e manejo posterior das sementes após uma metodologia rigorosa, aproveitando os melhores momentos de viabilidade dos gametas e escolhendo os melhores genitores. Segundo esses pesquisadores, o gênero *Hibiscus* possui cerca de 432 espécies e mais de 23.306 cultivares registrados no mundo, ou seja, esse número pode aumentar devido à importância ornamental dessa espécie.

4.2. IMPORTÂNCIA DAS CORES DAS PÉTALAS

Ao estudar a coloração das flores na visão dos polinizadores, Erickson (2019) revela que as plantas estão competindo entre si pelos agentes polinizadores e que muitos deles apresentam preferência inata por cores e as associam a recompensas durante suas visitas às flores. A autora utiliza o conceito de síndromes de polinização, ou seja, cada cor de flor estaria associada a um tipo de polinizador (Teoria das Síndromes), conforme a tabela 2.

Tabela 2 – Coloração das pétalas e seus respectivos polinizadores

Cores	Polinizador
Vermelho	Tradicionalmente associadas às aves (beija-flores) e borboletas
Azul	Frequentemente associado a abelhas
Amarelo	Visitado por abelhas, moscas e borboletas
Branco	Associados às moscas e abelhas
Verde	Ligado principalmente às moscas
Rosa	Frequentemente visitado por borboletas

Fonte: Adaptado de Erickson (2019).

Erickson (2019) enfatiza que a atração dos polinizadores não depende apenas das cores percebidas pelos seres humanos, mas sim de como cada animal enxerga. Polinizadores tetracromatas (moscas, borboletas fêmeas e beija-flores) conseguem ver o espectro visível

completo, incluindo a região do ultravioleta (UV) e, em muitos casos, o vermelho. Já os polinizadores tricromatas (abelhas e borboletas machos) têm receptores para UV, azul e verde, mas, geralmente não enxergam bem o vermelho puro.

Ao desvendar os processos bioquímicos e moleculares envolvidos com as diferentes síndromes de polinização, Cazé (2016) afirma que as flores exibem formas, texturas, simetrias, tamanhos, sendo a cor a principal característica para atrair polinizadores e contribuir para o isolamento reprodutivo. O que determina a coloração das pétalas são os pigmentos florais, os quais funcionam como um sinal de atração visual para os polinizadores. Para essa pesquisadora, a cor das flores é determinada por uma mistura de fatores: como a estrutura das antocianinas; coexistência com flavonoides (co-pigmentos); pH do vacúolo onde as antocianinas estão presentes e a quantidade e qualidade de metais iônicos nas células das pétalas.

De acordo com os estudos de Papiorek *et al.* (2016), as cores das flores estão fortemente relacionadas com a capacidade de captação da cor (visível e invisível) pelos polinizadores. As abelhas, por exemplo, de visão tricromática, são associadas como potenciais polinizadores de flores de cores azul, magenta e amarela, que são tipicamente UV-reflectantes nas bordas da corola e UV-absorventes no centro. Esse aspecto funciona como um importante guia visual de atração à longa distância para estes insetos.

Ainda segundo o mesmo estudo, as mariposas, por exemplo, aparentam ser atraídas pelas flores de cor branca e tipicamente UV-absorventes. Para esses insetos, as flores brancas aparecem na coloração verde-azulada e fazem contraste com a cor das folhas. Já os beija-flores são conhecidos pela preferência em flores de coloração vermelha que são, na maioria das vezes, UV-absorventes. Entretanto, algumas espécies de pássaros são atraídas por flores amarelas, também tipicamente UV-absorventes.

Desta maneira, nota-se com esse estudo bibliográfico, que as espécies de plantas que produzem pouca quantidade de flavonoides apresentam-se com flores de cor UV-reflectante e são, frequentemente, associadas à polinização por abelhas. Já as plantas que produzem maiores quantidades de flavonoides tendem a ser UV-absorventes e possuem síndrome de polinização ligada às mariposas, conforme menciona Cazé (2016).

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A revisão integrativa da literatura evidenciou que *Hibiscus rosa-sinensis* constitui uma espécie de interesse científico devido à estreita relação entre sua composição fitoquímica e sua biologia floral. A presença de metabólitos secundários, como flavonoides, antocianinas, compostos fenólicos e taninos, além de conferir propriedades biológicas amplamente reconhecidas, desempenha papel fundamental na pigmentação das flores e na atração de diferentes grupos de polinizadores, contribuindo para o sucesso reprodutivo da espécie.

Observou-se que as características morfológicas das flores, associadas à oferta de néctar e pólen, favorecem interações com abelhas, beija-flores, borboletas e outros visitantes florais, reforçando a importância ecológica do *H. rosa-sinensis* na manutenção das relações planta-polinizador.

Apesar dos avanços observados na literatura, verificou-se a necessidade de ampliar pesquisas que relacionem, de forma integrada, a variabilidade fitoquímica entre cultivares, a composição dos pigmentos florais e sua influência sobre o comportamento dos polinizadores. Estudos que conciliem abordagens químicas, fisiológicas e ecológicas poderão fornecer subsídios para o melhor entendimento dos mecanismos que regulam essas interações, bem como para o desenvolvimento de estratégias de conservação e manejo sustentável.

Dessa forma, conclui-se que a integração entre fitoquímica e polinização amplia a compreensão sobre a ecologia de *Hibiscus rosa-sinensis*, evidenciando que seus compostos bioativos transcendem a importância farmacológica frequentemente atribuída à espécie, exercendo também funções essenciais na comunicação planta-polinizador e na manutenção dos processos ecológicos associados à reprodução vegetal.

REFERÊNCIAS

AMTAGHRI, S. *et al.* A comprehensive overview of *Hibiscus rosa-sinensis* L.: Its ethnobotanical uses, phytochemistry, therapeutic uses, pharmacological activities, and toxicology. **Endocrine, Metabolic & Immune Disorders-Drug Targets (Formerly Current Drug Targets-Immune, Endocrine & Metabolic Disorders)**, v. 24, n. 1, p. 86-115, 2024. https://doi.org/10.2174/1871530323666230522113405

ANITHA, A. A. *et al.* Pentas lanceolata and *Hibiscus rosa-sinensis* as bee flora for urban conservation of *Apis dorsata* (Fab.) (Hymenoptera: Apidae). **Pest Management in Horticultural Ecosystems**, v. 23, n. 2, p. 138-141, 2017.

CANHOTO, J. Fruto. **Revista de Ciência Elementar**, v. 9, n. 1, p. 010, 2021. https://doi.org/10.24927/rce2021.010.

CAZÉ, A. L. R. **Desvendando os processos bioquímicos e moleculares envolvidos com as diferentes síndromes de polinização nas espécies *Calibrachoa parviflora* e *Calibrachoa pygmaea*.** 2016. Tese (Doutorado em Genética e Biologia Molecular) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2016.

CHAKRABORTY, D.; SWAMY, J.; SINGH, D. Development and characterisation of new *Hibiscus rosa-sinensis* cultivar ("Janaki Ammal") from India. **International Journal of Horticulture and Food Science**, v. 5, n. 1, p. 77–80, 2023. https://doi.org/10.33545/26631067.2023.v5.i1b.161.

ERICKSON, M. F. **Coloração de flores na visão de polinizadores**. 2019. 92 f. Dissertação (Mestrado). Centro de Biociências. Programa de Pós-graduação em Psicobiologia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2019.

FEBRIONNY, P. N.; PUSPITAWATI, R. P.; BASHRI, A. Variasi ciri morfologi dan viabilitas serbuk sari kultivar tanaman kembang sepatu (*Hibiscus rosa-sinensis*). **LenteraBio**, Surabaya, v. 12, n. 2, p. 123–131, 2023.

FLORA E FUNGA DO BRASIL. **Lista de Espécies da Flora e Funga do Brasil.** Jardim Botânico do Rio de Janeiro, 2026. Disponível em: http://floradobrasil.jbrj.gov.br. Acesso em: 03 mar. 2026.

FREITAS, A. S. H. J. **Morfologia, morfoanatomia e histoquímica de nectários florais de Parkia (Leguminosae: Mimosoideae): relações com os sistemas de polinização no gênero**. 2017. 64 f. Dissertação (Mestrado em Botânica) – Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus, 2017.

GUEDES, R. S.; CABRAL, B. P. Flora meliponícola presente em arborização da UFCG, campus Patos, PB, e sua distribuição temporal de recursos florais. **Cuadernos de Educación y Desarrollo**, v. 17, n. 1, p. e7281-e7281, 2025. https://doi.org/10.55905/cuadv17n1-108

KEW SCIENCE. ***Hibiscus × rosa-sinensis* L.** In: Plants of the World Online. Royal Botanic Gardens, Kew. Disponível em: https://powo.science.kew.org/. Acessado em: 06 jan. 2026.

LISKOSKI, P. E.; RADAESKI, J. N.; BAUERMANN, S. G. Variação mensal na produção polínica de *Hibiscus sp*. l.(malvaceae) ao longo de um semestre e sua relação com precipitações e temperaturas regionais. **Revista de Iniciação Científica da ULBRA**, v. 1, n. 16, 2018.

MARCONI, M. A.; LAKATOS, E. M. **Fundamentos de metodologia científica.** 8. ed. São Paulo: Atlas, 2017.

MEJÍA, J. *et al*. Color, Antioxidant Capacity and Flavonoid Composition in *Hibiscus rosa-sinensis* Cultivars. **Molecules**, v. 28, n. 4, p. 1779, 2023. https://doi.org/10.3390/molecules28041779

MORENO, D. J.; CAMARGO, P. H. S. A.; CHRISTIANINI, A. V. Pilhagem de néctar não afeta o sucesso reprodutivo em *Hibiscus rosa-sinensis* (Malvaceae). In: XIII Congresso de Ecologia do Brasil; III International Symposium of Ecology and Evolution, 2017, Viçosa, MG. **Anais** [...] Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2017.

NAIK, P. N. K. T. *et al*. Effect of pollen morphology on hybridization and seed setting in *Hibiscus* (*Hibiscus rosa-sinensis*). **Indian Journal of Horticulture**, v. 81, n. 2, p. 135–141, jun. 2024. https://doi.org/10.58993/ijh/2024.81.2.3.

NASCIMENTO, V. T. *et al*. Tropical urban areas support highly diverse plant-pollinator interactions: An assessment from Brazil. **Landscape and Urban Planning**, v. 198, p. 103801, 2020. https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2020.103801

OLIVEIRA, J. F. R. Estudo de flavonódes e fenóis totais em espécies de *Allamanda blanchetii*, *Hibiscus rosa-sinesis* e *Mussaenda alicia* coletadas na cidade de Feira de Santana. **Anais dos Seminários de Iniciação Científica**, n. 22, 2018.

PACHECO, L. S. *et al*. Panorama da reciclagem no Brasil: perspectivas socioeconômicas e ambientais. **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, v. 10, n. 4, p. 33-53, 2021. https://doi.org/10.19177/rgsa.v10e4202133-53

PAPIOREK, S. *et al.* Bees, birds and yellow flowers: pollinator-dependent convergent evolution of UV patterns. **Plant Biology**, v. 18, n. 1, p. 46-55, 2016. https://doi.org/10.1111/plb.12322

PRAMESTI, D. I. Identifikasi Fenomena Self-Incompatibility pada *Hibiscus rosa-sinensis* L. **Jurnal Biosilampari: Jurnal Biologi, Lubuklinggau**, v. 3, n. 2, p. 41-49, jun. 2021. https://doi.org/10.31540/biosilampari.v3i2.1270

RAMOS, F. A. P. *et al*. Aspectos botânicos, farmacológicos e potencial medicinal das plantas medicinais: práticas integrativas e complementares no âmbito do Sistema Único de Saúde. **Tecnologia de Alimentos: Tópicos Físicos, Químicos e Biológicos**, v. 1, p. 196-217, 2020. https://doi.org/10.37885/200700654

RATHORE, H. *et al.* Pollen germination and tube growth in four selected genera of family Malvaceae and Papaveraceae***. Journal of Science Innovations and Nature of Earth (JSIANE)***, v. 1, n. 1, p. 1–3, 2021.

RAZA, H. *et al*. *Hibiscus rosa-sinensis*: A Multifunctional Flower Bridging Nutrition, Medicine, and Molecular Therapeutics. **Food Science & Nutrition**, v. 13, n. 12, p. e71254, 2025. https://doi.org/10.1002/fsn3.71254

SANTANA, R. O. *et al*. Aspectos botânicos, fitoquímicos e citotóxicos de espécies vegetais pertencentes às famílias Moraceae, Asteraceae, Theaceae, Malvaceae, Junglandaceae, Celastraceae e Illiciaceae: uma revisão da literatura. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 17, p. e155101724331-e155101724331, 2021. https://doi.org/10.33448/rsd-v10i17.24331

SHAFIQ, N. *et al*. Phytochemical profiling of medicinal plants extracts and their antioxidant and anticancer potentialities against human liver cancer (hep g2) cell lines. **Revista de Chimie**, v. 72, n. 1, p. 100-12, 2021. https://doi.org/10.37358/Rev.Chim.1949

SIDHU, R. *et al*. Chemical composition, synergistic antimicrobial and antioxidant potential of *Hibiscus rosa-sinensis* L. leaves essential oil and its major compound. **Journal of Essential Oil Bearing Plants**, v. 26, n. 2, p. 469-485, 2023. https://doi.org/10.1080/0972060X.2023.2189529

SILVA, A. B.; WIEST, J. M.; CARVALHO, H. H. C. Compostos químicos e atividade antioxidante analisados em *Hibiscus rosa-sinensis* L. (mimo-de-vênus) e *Hibiscus syriacus* L.(hibisco-da-síria). **Revista Brazilian Journal of Food Technology**, v. 1, n. 19, p. 1-8, dez. 2016. http://dx.doi.org/10.1590/1981-6723.7415

SILVA, C. I.; KLEINERT, A. M. P. **Plantas e pólen em áreas urbanas: uso no paisagismo amigável aos polinizadores**. Rio Claro: CISE, 2020. 1 recurso eletrônico (PDF). ISBN 978-65-81738-01-3.

SILVA, E. C. A. *et al*. Caracterização físico-química da flor de hibisco (*Rosa-sinensis* L.) e folhas de louro (*Laurus nobilis* L.) utilizados como fitoterápicos e no consumo alimentar. **In:** CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIAS DA SAÚDE (CONBRACIS), 3., 2018, Campina Grande. **Anais [...]** Campina Grande: Realize Editora, 2018.

SILVA JUNIOR, V. S. **Morfologia vegetal de famílias botânicas para uso acadêmico.** 2016. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Agronomia) – Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém, 2016.

VELOZO, C. O. *et al*. Malvaceae em fragmentos de Cerrado na cidade de Caxias, Maranhão, Brasil. **Heringeriana**, [S. l.], v. 16, n. 1, p. e918001, 2022. http://doi.org/17648/heringeriana.v16i1.918001

WAN, H. *et al*. Determination of flavonoids and carotenoids and their contributions to various colors of rose cultivars (*Rosa spp*.). **Frontiers in plant science**, v. 10, p. 123, 2019. https://doi.org/10.3389/fpls.2019.00123

CAPÍTULO XII

INFLUÊNCIA DOS FENÔMENOS *LA NIÑA* E *EL NIÑO* NO ESTOQUE DE CARBONO DA SERAPILHEIRA EM ECOSSISTEMA SUCESSIONAL NA AMAZÔNIA ORIENTAL EM UMA REVISÃO DE LITERATURA

INFLUENCE OF LA NIÑA LA AND EL NIÑO PHENOMENA ON LITTER CARBON STOCK IN A SUCESSIONAL ECOSYSTEM IN EASTERN AMAZÔNIA: A LITERATURE REVIEW

DOI: 10.51859/amplla.mac6322-12

Angela Batista Guimarães [1]
Thayna Ixóra Rodrigues dos Santos [2]
Vitória Luiza dos Passos [3]
Ricardo Christin Lobato Machado[4]
João Manoel Pinheiro dos Santos [5]
Francisco de Assis Oliveira [6]

[1] Mestranda em Ciências Florestais. Programa de Pós-graduação em Ciências Florestais. Universidade Federal Rural da Amazônia - UFRA, Belém, Pará, Brasil
[2] Engenheira Florestal. Universidade Federal Rural da Amazônia - UFRA, Belém, Pará, Brasil
[3] Mestranda em Ciências Florestais. Programa de Pós-graduação em Ciências Florestais. Universidade Federal Rural da Amazônia - UFRA, Belém, Pará, Brasil
[4]Doutorando em Ciências Florestais. Programa de Pós-graduação em Ciências Florestais. Universidade Federal Rural da Amazônia - UFRA, Belém, Pará, Brasil
[5] Discente de Engenharia Florestal. Universidade Federal Rural da Amazônia - UFRA, Belém, Pará, Brasil
[6]Doutor em Geologia e Geoquímica, Docente na Universidade Federal Rural da Amazônia -UFRA, Belém, Pará, Brasil

RESUMO

As florestas secundárias na Amazônia exercem um papel indispensável na mitigação das mudanças climáticas e na conservação do solo, sobretudo em locais de baixa fertilidade natural, onde a deposição da serapilheira e a ciclagem de nutrientes são essenciais no ecossistema. Tendo isso em vista, o presente estudo teve como objetivo avaliar através de uma revisão de literatura os efeitos dos elementos climáticos para o estoque de carbono em uma floresta secundária na Amazônia Oriental. Os resultados evidenciaram que esse reservatório é bastante influenciado pela ocorrência de um evento conhecido como La Niña (2020 a 2023), marcado pelo avanço no nível de umidade do ar e do solo, que estimulou a atividade do processo de decomposição dos macros e microrganismos. Nessa perspectiva, a aceleração no processo de decomposição limita o acúmulo de matéria orgânica sobre o piso florestal e reduz o estoque temporário de carbono, indicando valores médios de deposição menores no período menos chuvoso sob influência da La Niña, uma vez que as mudanças extremas no clima modificam os estoques de carbono superficial, evidenciando a necessidade de monitoramentos contínuos para entender melhor a resiliência da floresta.

Palavras-Chave: Ciclagem de nutrientes. Mudanças climáticas.

ABSTRACT

Secondary forests in the Amazon play a crucial role in mitigating climate change and conserving soil, particularly in areas with low natural fertility, where litter deposition and nutrient cycling are essential processes for ecosystem functioning. In this context, the present study aimed to evaluate the influence of temperature, precipitation, and air humidity on litter carbon stocks in a successional

ecosystem in the Eastern Amazon. The results showed that this carbon pool was strongly influenced by the occurrence of the La Niña phenomenon (2020–2023), which was characterized by increased air and soil moisture and stimulated the decomposition activity of macro- and microorganisms. Consequently, the accelerated decomposition process limited the accumulation of organic matter on the forest floor and reduced the temporary carbon stock. This resulted in lower mean litter deposition during the less rainy period under the influence of La Niña. These findings indicate that extreme climatic variations can alter surface carbon stocks, highlighting the importance of continuous monitoring to improve our understanding of forest resilience.

Keywords: Nutrient cycling. Climate change.

1. INTRODUÇÃO

A floresta Amazônica é a maior floresta tropical do planeta, destacando-se pela biodiversidade, variedade de espécies arbóreas, extensa bacia hidrográfica e provisão de serviços ecossistêmicos (BREDIN; PERES; HAUGAASEN, 2020). Todavia, nas últimas décadas, o bioma amazônico tem sido alterado em virtude dos constantes distúrbios e antropização para a utilização da terra, ocasionando modificações nos serviços ecossistêmicos em esfera mundial (LIU; BU; ZANG, 2023). O número de florestas secundárias vem obtendo um crescimento nos últimos vinte anos, tornando-se essencial para a conservação da biodiversidade e a manutenção de ciclos biogeoquímicos (MIRANDA; RAYOL, 2019). Em regiões de solos com baixa fertilidade natural, a cobertura do solo por meio do estoque da serapilheira é indispensável para a sua manutenção. Em virtude da elevada quantidade de macro e micronutrientes armazenados na serapilheira, o processo de decomposição é responsável por disponibilizá-los para o sistema solo-planta (BELLO et al., 2020). Dessa forma, favorece a regeneração natural de florestas sucessionais e, consequentemente, o acúmulo de carbono (C) ao longo da sucessão. Essa interação é realizada pelos macros e micro-organismos presentes no solo, que atuam no processo biogeoquímico através da ciclagem de nutrientes e da estabilidade de processos florestais, uma vez que influenciam o balanço hídrico e são importantes indicadores na restauração ecológica dos ecossistemas florestais (REBÊLO et al., 2022). No contexto atual, isso é relevante no sucesso da restauração, já que resulta no maior acúmulo de C nas árvores por meio do processo fotossintético e no acúmulo de biomassa acima do solo, auxiliando na mitigação das mudanças do clima (BRUNES et al., 2023). É fundamental ressaltar a importância dos ecossistemas florestais, os quais atuam como reservatório de carbono através da assimilação e armazenamento, realizados pelo processo fotossintético, fixando o C na biomassa arbórea (LIMA et al., 2021). Dessa forma, as florestas têm sido vitais no combate às alterações climáticas do planeta, pois contribuem para o

armazenamento de 80% do total de carbono acima do solo nos ecossistemas terrestres e 20% de carbono abaixo do solo (MAESTRI et al., 2023). Em média, estima-se que cerca de 8,6 Pg de CO_2 são emitidos na atmosfera anualmente; No entanto, devido à eficiência do sequestro de carbono terrestre, apenas 3,5 Pg de CO_2 permanecem retidos no ar (LOPES et al., 2023). Por outro lado, as mudanças climáticas globais têm provocado alterações nos padrões dos elementos do clima, afetando especialmente a temperatura, a precipitação e a pressão atmosférica (DINIZ et al., 2015), alterando diretamente as funções ecológicas e a biodiversidade (MENDONÇA, 2021).

Dentre os fenômenos climáticos de maior relevância na região Amazônica, destaca-se a Oscilação Sul-El Niño (ENSO), responsável pelos eventos *El Niño* e *La Niña*. O *El Niño* caracteriza-se pelo aquecimento anômalo das águas superficiais do Oceano Pacífico tropical, promovendo alterações na circulação atmosférica que frequentemente resultam em redução da precipitação e aumento da temperatura em grande parte da Amazônia (SAMSET *et al*., 2024). Em contraste, a *La Niña* decorre do resfriamento dessas águas, promovendo condições mais úmidas em diversas áreas da região (MELO et al., 2024; INMET, 2025). As alterações provocadas por esses fenômenos repercutem diretamente na dinâmica da serapilheira, influenciando tanto a deposição quanto a decomposição da matéria orgânica e, consequentemente, o retorno de nutrientes ao solo (MAENA et al., 2025).

Ademais, os períodos de seca severa associados ao *El Niño* aumentam a suscetibilidade das florestas à ocorrência de incêndios, acarretando perdas expressivas de biomassa, alterações na microbiota do solo e interrupções nos processos de ciclagem de nutrientes (MAENA et al., 2025). A recorrência crescente de eventos climáticos extremos nas últimas décadas indica que os ecossistemas amazônicos estão sujeitos a alterações drásticas em sua estrutura e funcionalidade. No entanto, compreender as respostas da serapilheira às variações climáticas é essencial para prever os impactos das mudanças ambientais sobre a manutenção dos serviços ecossistêmicos e sobre a resiliência das florestas tropicais (SAMSET et al., 2024).

Nesse contexto, estudos que quantifiquem o estoque de carbono da serapilheira e o relacione com as variáveis climáticas (precipitação, temperatura do ar, umidade relativa e velocidade do vento) são indispensáveis para compreender os impactos das mudanças climáticas nos ecossistemas florestais (MOURA et al., 2021). Diante disso, o objetivo deste

estudo foi avaliar através de uma revisão bibliográfica os efeitos dos elementos climáticos sobre o estoque de carbono da serapilheira em uma floresta secundária na Amazônia Oriental.

2. FLORESTAS SECUNDÁRIAS TROPICAIS

A floresta Amazônica, que cobre uma área de 4,2 milhões de km², consolida-se como a maior floresta tropical úmida do mundo. Caracteriza-se por sua exuberância e diversidade ecológica, o bioma abriga a maior cobertura vegetal do mundo, englobando cerca de 16.000 espécies de plantas arbóreas e palmeiras distribuídas ao longo da bacia (ESTEEGE et al., 2020), as quais desempenham papel estrutural na manutenção e conservação do ecossistema (MAZON; SILVA; WATZLAWICK, 2019).

As atividades agrícolas desempenham um papel fundamental na distribuição e manutenção da alimentação, tanto no âmbito nacional quanto no mundial, contribuindo para o crescimento do Produto Interno Bruto (PIB) através das exportações dos produtos comercializados entre os países. (ALBUQUERQUE; CORRÊA; CAMPOS, 2023).

No entanto, a floresta amazônica tem sofrido transformações nos últimos anos em decorrência à expansão da fronteira agropecuária, mineração e exploração madeireira, atividades que frequentemente negligenciam práticas adequadas de manejo, provocando degradação da biodiversidade local (MAESTRI; AQUINO; CARNEIRO, 2019).

Entretanto, a prática constante de técnicas como o corte e a queima da vegetação para limpeza e preparação das áreas de cultivo agropecuário gera sérios prejuízos ambientais. Esse processo, resulta na emissão de gases de efeito estufa (GEE), principalmente dióxido de carbono (CO_2), metano (CH_4) e óxido nitroso (N_2O) (MAZON; SILVA; WATZLAWICK, 2019), diminuindo tanto a biodiversidade ecológica quanto a funcionalidade da floresta. Como consequência, observa-se que nas últimas décadas houve um declínio sistemático das florestas primárias e um aumento das áreas cobertas por florestas secundárias, onde esses ecossistemas sucessionais desenvolvem-se a partir do abandono de áreas agrícolas e da formação de clareiras, seja natural ou antrópica, regenerando-se pela ativação do banco de sementes do solo e pela dispersão de propágulos por animais (LIMA et al., 2021).

Nesse contexto, as florestas secundárias desempenham um papel fundamental na conservação da biodiversidade e na manutenção dos solos, uma vez que a formação desses ecossistemas contribui para o sequestro de carbono por meio do acúmulo de biomassa, devido às altas taxas de fotossíntese (LIU; BU; ZANG, 2023). A renovação da produção de

serapilheira, que faz parte do ciclo biológico de interação de nutrientes entre a vegetação e o solo, é outro fator de grande importância (RODRIGUES et al., 2023).

3. IMPORTÂNCIA DA SERAPILHEIRA PARA ECOSSISTEMAS TROPICAIS

Devido à baixa fertilidade dos solos tropicais e à sua suscetibilidade ao processo de lixiviação, a serapilheira torna-se o centro de sustentação ecológica dessas florestas. Constituída por deposição de material arbóreo no solo, como: galhos, folhas, frutos, , flores e restos de animais, essa camada orgânica é rica em macro e micronutrientes os quais são indispensáveis ao metabolismo, crescimento e desenvolvimento das plantas, desempenhando função crucial na estabilização operacional e nutricional dos ecossistemas amazônicos (RODRIGUES et al., 2023).

Ademais, a serapilheira atua como uma camada protetora para o solo, diminuindo os efeitos da chuva e a perda de nutrientes por lixiviação. Esse processo ocorre por meio da interação solo-planta, realizada pelos decompositores da matéria orgânica presente no solo, que são responsáveis pela ciclagem de nutrientes (SANTOS et al., 2021). O processo de mineralização e a interação simbiótica entre bactérias e fungos aumentam a retenção hídrica e a umidade do solo, fatores essenciais para a manutenção do ecossistema. Essas interações preservam a microbiota e regulam o fluxo de energia, garantindo a manutenção biológica e o equilíbrio da floresta (FREIRE et al., 2020).

Nesse cenário, as condições climáticas e a sazonalidade podem ter um impacto direto no acúmulo de serapilheira, especialmente a temperatura e a precipitação, em função da quantidade de água que a serapilheira absorve por meio do processo biogeoquímico, que varia conforme os períodos de maior e menor precipitação (MACHADO et al., 2021). No entanto, há outros fatores que influenciam: o nível de estresse hídrico da floresta (BRAGA; JARDIM, 2019), qualidade e quantidade da serapilheira, além do déficit hídrico no ambiente e das variações climáticas ao longo do ano. Em conjunto, essas variáveis regulam direta ou indiretamente o tempo de permanência e o estoque de serapilheira acumulada na floresta (RODRIGUES et al., 2022).

4. IMPORTÂNCIA DO CARBONO NO CONTEXTO DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS

Devido às mudanças e variações climáticas constantes, a busca por alternativas que reduzam as emissões de gases do efeito estufa tornaram-se pauta central em debates em níveis internacionais (MENDONÇA, 2021). Esse fenômeno, provocado pelo aumento da concentração de CO_2, altera o equilíbrio climático e prejudica os ecossistemas fundamentais para a vida humana (RIVELINO, 2013). Nas últimas décadas, o acúmulo de CO_2 atingiu níveis alarmantes (IPCC, 2023), consolidando-se como principal contribuinte para a crise climática no mundo (SALMI; FLEURY, 2022). De fato, ao comparar as temperaturas globais no período de 2011 a 2020, há registros de um incremento de 1,1°C em comparação ao pré-industrial (1850-1900), impulsionado especialmente pelas ações antrópicas e pelas modificações da cobertura vegetal nativa (ARAÚJO; MOREIRA; NEVES, 2020).

O aquecimento global é causado pelo aumento dos gases do efeito estufa na atmosfera, especialmente o dióxido de carbono (CO2), gerado por indústrias altamente poluentes e atividades econômicas. Isso provoca mudanças no clima e na temperatura, prejudicando o equilíbrio de ecossistemas essenciais para a sobrevivência dos seres vivos (LIMA et al., 2021). Nas últimas décadas, houve um aumento significativo na concentração de dióxido de carbono na atmosfera (IPCC, 2023), gás que tem a maior contribuição para o aquecimento global (SALMI; FLEURY, 2022).

Os ecossistemas florestais desempenham um papel crucial concernente às mudanças climáticas no planeta, visto que, as florestas têm a capacidade de sequestrar e acumular carbono em seus componentes arbóreos através do processo fotossintético, reduzindo os gases de efeito estufa lançados na atmosfera pelo CO^2. Nesse contexto, os autores A = Brunes et al. (2023); B = Jesus et al. (2018); C = Moura et al. (2022); D = Pimentel; Tavares; Viana (2024), registraram em seus estudos em ecossistemas florestais com diferentes estágios sucessionais na Amazônia valores distintos e superiores de estoque de carbono acima do solo, corroborando o potencial e a importância das florestas secundárias para o estoque de carbono (Tabela 1). As florestas sucessionais na Amazônia atuam como reservatório de carbono, sendo aliadas fundamentais no combate e na mitigação das alterações climáticas (MOURA et al., 2022).

Tabela 1 - Valores médios do estoque de carbono da biomassa acima do solo (CA) em ecossistemas florestais na Amazônia em diferentes estágios de sucessão ecológica (ESE).

CA (Mg ha^{-1})	ESE	Local	Referência
114,71	32 anos	Amazonas	A
198,56	25 anos	Mazagão (AP)	B
135,23	23 anos	Autazes (AM)	C
148,69	20 anos	Santa Bárbara (PA)	D

Nota: A = Brunes et al. (2023); B = Jesus et al. (2018); C = Moura et al. (2022); D = Pimentel; Tavares; Viana (2024).

Compreender a dinâmica do estoque de carbono acima do solo através da serapilheira é fundamental, além de ser um importante indicador para o monitoramento da qualidade dos solos amazônicos com baixa fertilidade natural (FREIRE et al., 2020). Essa camada orgânica tem a capacidade de armazenar nutrientes, e manter o ecossistema florestal sucessional através da ciclagem de nutrientes e a interação solo-planta (REBÊLO et al., 2022).

Além disso, os eventos climáticos *La Niña*, têm sido mais frequentes nos últimos anos com períodos longos, o mais recente iniciou em 2020 e finalizou em abril de 2023 (INMET, 2023). Essa frequência extrema pode influenciar a dinâmica do estoque da serapilheira e do carbono. O *La Niña* caracteriza-se com intensas chuvas e baixa temperatura do ar, além da capacidade de apresentar efeitos residuais até dois anos após o seu término (LIMA et al; 2021). Diante de tais condições de elevada umidade, a decomposição microbiana da matéria orgânica é intensificada, limitando o estoque de serapilheira e, consequentemente, reduz o estoque temporário de carbono (ARAUJO et al., 2020). Comparando aos estudos realizados em florestas secundárias na Amazônia (Tabela 2) os autores encontraram valores médios menores no período menos chuvoso sob influência da *La Niña*, reforçando os efeitos negativos sobre esse fenômeno climático na estabilidade física do material estocado na serapilheira (LIMA et al., 2021).

Tabela 2 - Valores médios do estoque de serapilheira em florestas secundárias da Amazônia.

Estoque de serapilheira (Mg ha^{-1})		Estado	Referência
Chuvoso	Menos Chuvoso		
16,46	13,91	Pará (PA)	A
13,03	8,4	Pará (PA)	B
2,45	2,27	Rondônia (RO)	C

Nota: A = Lima et al., (2021); B = Araújo et al. (2021); C = Freire et al. (2020).

Por outro lado, os períodos de seca intensa relacionados ao *El Niño,* elevam a probabilidade de incêndios florestais, resultando em perdas significativas de biomassa, com alterações na microbiota do solo e interrupções nos processos de ciclagem de nutrientes (MEENA et al., 2025). Nesse sentido, o aumento na frequência de eventos climáticos extremos nas últimas décadas sugere que os ecossistemas da Amazônia estão expostos a mudanças significativas em sua estrutura, funcionalidades e a biodiversidade. Entretanto, entender como a serapilheira responde às variações climáticas é fundamental para antecipar os impactos das alterações ambientais sobre a manutenção dos serviços ecossistêmicos e na resiliência das florestas tropicais (SAMSET et al., 2024).

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os ecossistemas florestais sucessionais na Amazônia desempenham um papel crucial na mitigação do aquecimento global, além de sequestrarem o carbono por meio dos seus componentes arbóreos através do processo fotossintético, essas florestas acumulam o carbono em sua biomassa viva e na serapilheira, diminuindo os impactos do Co^2 nos serviços ecossistêmicos e na biodiversidade. No entanto, fatores meteorológicos como a temperatura e a precipitação têm um papel importante no acúmulo desses estoques. Nesse viés, eventos extremos de *La Niña*, que estão associados a chuvas intensas e temperaturas amenas, favorecem a atividade decompositora de macro e micro organismos presentes no solo. Isso pode reduzir o estoque de serapilheira e limitar o estoque de carbono no ecossistema. Por outro lado, episódios de *El Niño*, caracterizados por um período de temperaturas elevadas e baixos níveis de precipitação, também podem reduzir o estoque de biomassa e consequentemente aumentar os focos de incêndios florestais, alterando as funcionalidades do ecossistema. Diante do exposto, ressalta-se a necessidade dos estudos de monitoramento temporal contínuo, que quantifiquem com precisão o estoque de carbono acima do solo e as influências dos elementos climáticos em ecossistemas florestais sucessionais na Amazônia Oriental.

REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE, K. C. DE; CORRÊA, G. R.; CAMPOS, P. V. Etnoconhecimento na Amazônia: Agricultura tradicional no Médio Amazonas. **Revista Verde Grande: Geografia e Interdisciplinaridade**, v. 5, n. 02, p. 487–508, 5 set. 2023.

ALVARES, C. A. et al. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711–728, dez. 2013.

ARAÚJO, Y. R. V.; MOREIRA, Z. C. G.; NEVES, A. I. DAS. Estoque de carbono e de biomassa em vegetação com diferentes estágios de regeneração e alterações antrópicas em área urbana. **Revista Brasileira de Meio Ambiente**, v. 8, n. 2, p. 46–61, 2020.

BELLO, O. D. C. et al. Deposição E Aporte DE Nutrientes Via Serapilheira Em Ecossistema De Floresta Amazônica. **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, v. 9, n. 3, p. 282, 30 set. 2020.

BRAGA, E. O.; JARDIM, M. A. G. Floristic, structure and life forms of lower stratum in a alluvial dense rain forest, Pará state, Brazil. **Ciencia Florestal**, v. 29, n. 3, p. 1048–1059, 2019.

BREDIN, Y. K.; PERES, C. A.; HAUGAASEN, T. Forest type affects the capacity of Amazonian tree species to store carbon as woody biomass. **Forest Ecology and Management**, v. 473, 1 out. 2020.

DINIZ, A. R. et al. Biomassa, estoques de carbono e de nutrientes em estádios sucessionais da Floresta Atlântica, RJ. **Revista Brasileira de Ciências agrárias**, v. 10, n. 3, p. 443–451, 2015.

FREIRE, G. A. P. et al. Dinâmica d e serapilheira em uma á rea de floresta de terra firme, Amazônia Ocidental. **Nativa**, v. 8, n. 3, p. 323–328, 2020.

INMET, I. N. DE M. Dados Metereológicos. Disponível em: <https://bdmep.inmet.gov.br/>. Acesso em: 30 nov. 2023.

LIMA, J. C. et al. Seasonality of climate elements and their influence on litter in a successional forest in eastern Amazon. **Revista Forestal Mesoamericana Kurú**, v. 18, n. 43, p. 62–70, 2021.

LIU, B.; BU, W.; ZANG, R. Improved allometric models to estimate the aboveground biomass of younger secondary tropical forests. **Global Ecology and Conservation**, v. 41, 1 jan. 2023.

LOPES, M. J. DOS S. et al. Impacto do desmatamento e queimas na biodiversidade invisível da Amazônia. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, v. 16, n. 1, p. 1–14, 2023.

MACHADO et al. Seasonality of climate elements and their influence on litter in a successional forest in eastern Amazon. **Revista Forestal Mesoamericana Kurú**, v. 18, n. 43, p. 62–70, 2021. https://revistas.tec.ac.cr/index.php/kuru/article/view/5810.

MEENA, M.; DHEEBAKARAN, J.; RANGASAMY, A.; KALIAPPAN, S. B.; KOVILPILLAI, B.; ALAGARSWAMY, S.; RAMANATHAN, R. Microbial carbon dynamics in tropical forests: linking soil processes to atmospheric impacts under climate stress. **Science of the Total Environment**, vol. 991, no. June, p. 179918, 2025. DOI 10.1016/j.scitotenv.2025.179918. Available https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2025.179918.

MAESTRI, M. P.; AQUINO, M. G. C.; CARNEIRO, F. DA S. Efeito da manipulação de nutrientes sobre as concentrações de carbono e nitrogênio da serapilheira em vegetação secundária, Amazônia O riental. **Brazilian Journal of Development**, v. 5, n. 12, p. 29603– 29615, 2019.

MAZON, J. A.; SILVA, R. A. R.; WATZLAWICK, L. F. Estrutura e composição da regeneração natural em um fragmento de Floresta Ombrófila Mista secundária. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 39, n. 1, 2019.

MENDONÇA, F. Mudanças Climáticas Globais: Controvérsias, Participação Brasileira E Desafios À Ciência. **Revista Humbold**, v. 1, n. 2, p. 1–28, 2021.

MOURA, M. SANQUETTA, M. SANQUETTA, C. BASTOS, A. Dynamics of Biomass Stocks in Areas of Secondary Forest Located in Western Amazon Between 2016 and 2020**. Agriculture and Forestry**, v. 68, n. 1, p. 7–23, 2022. DOI:10.17707/AgricultForest.68.1.01.

PIMENTEL, E.; DE PAULA, M. T., VIANA, J. H. Florística, fitossociologia, estimativa de biomassa e sequestro de carbono em uma floresta de terra firme no Parque Ecológico de Gunma, Santa Bárbara, Pará, Brasil. **Scientia Plena**, v. 20, n. 2, 20 mar. 2024.

REBÊLO, A. G. DE M. et al. Estoque de nutrientes e decomposição da serapilheira em sistemas agroflorestais no município de Belterra – Pará. **Ciência Florestal**, v. 32, n. 4, p. 1876–1893, 23 nov. 2022.

RODRIGUES, J. I. M. et al. Ecossistemas Sucessionais Alterados Pela Agricultura Itinerante Na Amazônia: Contexto histórico e importante da serapilheira. **Conservação e Biodiversidade Amazônica: potencialidade e incertezas**, p. 48–63, 2022.

RODRIGUES, S. R. et al. Composição florística de fragmento de floresta secundária em áreas de proteção permanente do Igarapé Dispensa, no Projeto de Assentamento Assurini em Altamira – Pará. **Biotemas**, v. 33, n. 1, p. 1–11, 2020.

SALMI, F.; FLEURY, L. C. Mudanças climáticas e Ciências Sociais: análise bibliométrica do campo. **Revista Brasileira de Informação Bibliográfica em Ciências Sociais**, v. 1, n. 97, p. 1–19, 2022.

SAMSET, B. H.; LUND, M. T.; FUGLESTVEDT, J. S.; WILCOX, L. J. 2023 temperatures reflect steady global warming and internal sea surface temperature variability. **Communications Earth & Environment**, vol. 5, no. 1, p. 460, 27 Aug. 2024. DOI 10.1038/s43247-024-01637-8. Available at: https://www.nature.com/articles/s43247-024-01637-8.

SANTOS, H. B. DOS et al. Fitossociologia e propriedades físicas da liteira em um ecossistema sucessional alterado pela agricultura itinerante na Amazônia oriental. **Scientia Plena**, v. 17, n. 6, p. 1–16, 2021.

SANTOS J, B. et al. Fitossociologia e propriedades físicas da liteira em um ecossistema sucessional alterado pela agricultura itinerante na Amazônia oriental. **Scientia Plena**, v. 17, n. 6, 22 jul. 2021.

TENÓRIO, A. R. M. et al. Mapeamento dos solos da Estação de Piscicultura de Castanhal. Belém: FCAP. Serviço de Documentação e Informação, 1999.

TER STEEGE, H. et al. Mapping density, diversity and species-richness of the Amazon tree flora. **Communications Biology**, v. 6, n. 1, p. 1130, nov. 2023. DOI: https://doi.org/10.1038/s42003-023-05514-6.

VERES, Q. J. I.; WATZLAWICK, L. F.; SILVA, R. A. R. Estimativas de Biomassa e Carbono em Fragmento de Floresta Estacional Semidecidual no Oeste do Paraná. **BIOFIX Scientific Journal**, v. 5, n. 1, p. 23, 21 ago. 2019.

CAPÍTULO XIII

ETNOBOTÂNICA E PRESERVAÇÃO DO SABER ANCESTRAL: UMA REVISÃO DA LITERATURA SOBRE PLANTAS MEDICINAIS EM COMUNIDADES TRADICIONAIS DO BRASIL

ETHNOBOTANY AND PRESERVATION OF ANCESTRAL KNOWLEDGE: A LITERATURE REVIEW ON MEDICINAL PLANTS IN TRADITIONAL COMMUNITIES OF BRAZIL

DOI: 10.51859/amplla.mac6322-13

Lorena da Silva Rodrigues [1]
Paula Daniele Martins Moraes [2]
Kaiky Cardoso Rodrigues [3]
Eduardo Maia Moraes [4]
Evelyn Luane Pinheiro de Figueiredo [5]
Gracialda Costa Ferreira [6]

[1] Engenheira Florestal. Universidade Federal Rural da Amazônia – UFRA
[2] Doutoranda em Ciências Florestais. Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais– UFRA
[3] Graduando em Ciências Biológicas. Universidade Federal do Pará – UFPA
[4] Engenheiro Florestal. Universidade Federal Rural da Amazônia – UFRA
[5] Mestranda em Ciências Ambientais. Instituto Tecnológico Vale, Desenvolvimento Sustentável – ITV-DS
[6] Professora da Universidade Federal Rural da Amazônia – UFRA

RESUMO

A etnobotânica constitui uma ciência interdisciplinar que investiga as relações entre as sociedades humanas e os recursos vegetais, destacando-se como ferramenta essencial para a compreensão, valorização e preservação dos conhecimentos tradicionais associados ao uso de plantas medicinais. Este capítulo teve como objetivo realizar uma revisão bibliográfica acerca da importância da etnobotânica na valorização e preservação do conhecimento tradicional sobre plantas medicinais utilizadas por comunidades tradicionais brasileiras. A metodologia consistiu na revisão narrativa da literatura, abrangendo publicações científicas, legislações e documentos oficiais relacionados à temática. A revisão evidenciou que as comunidades tradicionais (indígenas, quilombolas, ribeirinhos e outros grupos) detêm um vasto conhecimento sobre a flora local, transmitido por gerações e intimamente ligado à sua identidade cultural e práticas sustentáveis. Verificou-se, contudo, que esse saber ancestral enfrenta sérias ameaças de perda diante das pressões do modelo produtivo capitalista, da expansão urbana e do desmatamento. A integração entre o conhecimento tradicional e a pesquisa científica revelou-se promissora, oferecendo atalhos para a descoberta de novos fármacos e para a validação de práticas terapêuticas. Conclui-se que a etnobotânica desempenha papel estratégico na construção de pontes entre ciência, cultura e sustentabilidade, sendo imprescindível o fortalecimento de políticas públicas que garantam a proteção e valorização desses saberes para as gerações presentes e futuras.

Palavras-chave: Saber popular. Biodiversidade. Medicina tradicional. Sustentabilidade. Patrimônio imaterial.

ABSTRACT

Ethnobotany constitutes an interdisciplinary science that investigates the relationships between human societies and plant resources, standing out as an essential tool for understanding, valuing, and preserving traditional knowledge associated with

the use of medicinal plants. This chapter aimed to conduct a literature review on the importance of ethnobotany in the valorization and preservation of traditional knowledge about medicinal plants used by traditional communities in Brazil. The methodology consisted of a narrative literature review, covering scientific publications, legislation, and official documents related to the theme. The review evidenced that traditional communities (indigenous peoples, quilombolas, riverine populations, and other groups) hold vast knowledge about local flora, transmitted through generations and closely linked to their cultural identity and sustainable practices. However, it was found that this ancestral knowledge faces serious threats of loss due to pressures from the capitalist productive model, urban expansion, and deforestation. The integration between traditional knowledge and scientific research proved promising, offering shortcuts for the discovery of new drugs and for the validation of therapeutic practices. It is concluded that ethnobotany plays a strategic role in building bridges between science, culture, and sustainability, and that it is essential to strengthen public policies that guarantee the protection and valorization of this knowledge for present and future generations.

Keywords: Popular knowledge. Biodiversity. Traditional medicine. Sustainability. Intangible heritage.

1. INTRODUÇÃO

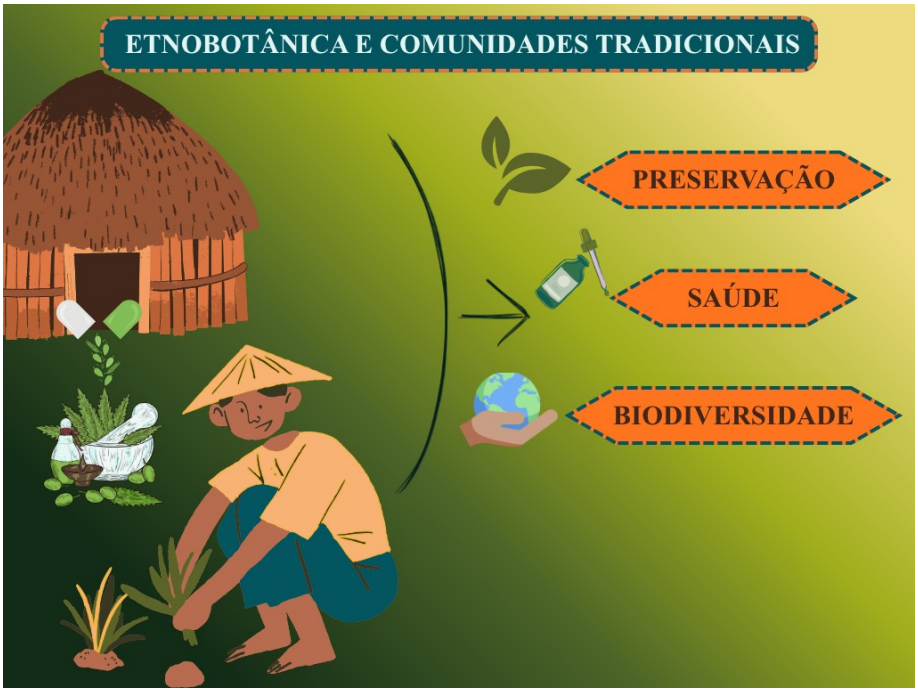
De acordo com o Decreto nº 6.040/2007, comunidades tradicionais não são homogêneas, dividindo-se em subcategorias como quilombolas, caiçaras, ribeirinhos e povos indígenas, cada qual com suas especificidades étnicas e culturais (Vieira *et al*., 2021). Além da diversidade social, esses grupos estão inseridos em ecossistemas igualmente heterogêneos, sendo o Brasil reconhecido como o país de maior biodiversidade do mundo, com notável riqueza étnico-cultural. Compreender a etnobotânica é essencial para analisar as interações entre conhecimento científico e popular (Oliveira & Miranda, 2024), uma vez que essa abordagem estuda crenças, comportamentos e impactos da relação humana com os ecossistemas.

Nomeado por Harshberger em 1895, o termo "etnobotânica" atua como mediador entre saberes acadêmicos e tradicionais. O uso de plantas medicinais, prática ancestral fundamentada na transmissão geracional de informações, reflete essa relação. Comunidades tradicionais, que se reconhecem por suas formas próprias de organização social e uso sustentável dos recursos naturais (Sousa *et al*., 2020), são bases para o desenvolvimento sustentável e a manutenção da diversidade biológica e cultural (Ming & Carvalho, 2020). Estudos etnobotânicos são relevantes por registrar e divulgar etnoespécies, além de possibilitar a descoberta de novas espécies (Sousa *et al*., 2022), focando na interação humano-planta em diferentes culturas (Cavalcante & Scudeller, 2022).

No entanto, o conhecimento tradicional, construído ao longo de gerações, enfrenta ameaças de perda devido ao modelo produtivo capitalista (Cerqueira *et al*., 2023). Assim,

resgatar e revitalizar esse saber é fundamental, pois representa patrimônio cultural imaterial e ferramenta para conservação da biodiversidade e desenvolvimento sustentável. Diante disso, este capítulo objetiva revisar a literatura sobre a importância da etnobotânica na valorização e preservação do conhecimento tradicional sobre plantas medicinais em comunidades brasileiras, destacando sua relevância científica, cultural e socioambiental.

Figura 1 - Representação esquemática das principais interfaces da etnobotânica com as comunidades tradicionais, com destaque para a preservação do saber ancestral, a conservação da biodiversidade e a promoção da saúde por meio do uso de plantas medicinais.



Fonte: Autoria própria.

2. A IMPORTÂNCIA DA ETNOBOTÂNICA

A etnobotânica é uma ciência interdisciplinar que investiga a relação entre as plantas e a sociedade, destacando seu papel essencial ao longo da história (Luijk *et al*., 2023). É a ciência responsável por estudar o uso de recursos vegetais no tratamento e alívio de doenças, na qual possibilita o aproveitamento dos benefícios naturais para a prevenção e cura de enfermidades. Com isso, consiste na identificação do potencial de uso das plantas, que é essencial para ampliar estudos sobre sua diversidade, papel ecológico, evolução e adaptação (Queiroga *et al*., 2021). A etnobotânica desempenha um papel crucial na compreensão dos ecossistemas, contribuindo significativamente para o avanço dos estudos biológicos e

ecológicos, haja vista que, em diversas culturas, algumas plantas possuem múltiplas aplicações terapêuticas servindo para o tratamento de diferentes doenças.

Estudos etnobotânicos permitem a aproximação da ciência com a realidade de comunidades tradicionais, resgatando o amplo conhecimento de vida adquirido pela transmissão de cultura e pelas experiências empíricas com a natureza (Ferreira *et al*., 2020). Sob esse viés, este conhecimento se revela nas formas de compreender, identificar, adquirir, utilizar, processar, preservar estes recursos naturais e outros a ele associados. Plantas medicinais fazem parte da etnobotânica, a qual tem recebido destaque em função da sua eficiência perante as práticas e usos procurando conservar elementos primordiais, como os sociais, os culturais, os abióticos e os bióticos (Rodrigues, 2021). Pesquisas etnobotânicas utilizam métodos qualitativos e quantitativos para catalogar espécies, seus usos e sua importância cultural (Amorim, 2022). Nesta premissa, o crescimento dos estudos etnobotânicos tem revelado novas descobertas de plantas medicinais, destacando o valor nutritivo de espécies alimentícias consumidas em períodos de estiagem (Costa, 2022).

Na literatura científica reúnem-se registros antigos em relação às plantas da biodiversidade brasileira, em que os dados revelaram uma grande importância, já que foram encontrados em períodos remotos quando a vegetação nativa ainda era preservada e a população fazia o uso, quase que exclusivamente, dessas plantas medicinais (Pereira, 2023). O conhecimento sobre as espécies vegetais, seus usos e sua importância estão profundamente ligados à história das populações humanas que mantêm contato com ambientes ricos em biodiversidade (Moreno *et al*., 2024). Nesse contexto, a integração da etnobotânica com o foco na sustentabilidade é uma estratégia eficaz a fim de preservar o patrimônio biológico e cultural que elas representam, ademais, essa abordagem também contribui para o desenvolvimento das comunidades que possuem conhecimentos valiosos para a sustentabilidade (Bispo *et al*., 2020).

3. A ETNOBOTÂNICA E A PRESERVAÇÃO DO CONHECIMENTO TRADICIONAL

A produção de conhecimento tradicional, guiada por diferentes formas de organização social, sempre foi essencial para a interação com o meio ambiente. Valorizar e preservar esses saberes é fundamental para superar a ideia de sua inferioridade e reconhecer sua contribuição para a ciência (Santos, 2025). Esse reconhecimento favorece o uso racional e a conservação

de plantas, beneficiando tanto o ambiente quanto a sociedade (Cavalcante & Scudeller, 2022). Os conhecimentos ancestrais, especialmente sobre plantas medicinais, são importantes para o registro etnocultural e para a terapêutica humana (Reis *et al*., 2023; Araújo *et al*., 2021).

No Brasil, o IPHAN inclui os saberes tradicionais na noção de patrimônio imaterial, compondo, junto ao patrimônio material, a identidade cultural brasileira (Martins & Vasconcellos, 2020). A legislação sobre acesso ao patrimônio genético e aos conhecimentos associados baseia-se na Convenção sobre Diversidade Biológica (CDB), assinada em 1992 e formalizada pelo Decreto n.º 2.519/1998 (Sartori, 2023). Além disso, políticas públicas como a Política Nacional de Plantas Medicinais e Fitoterápicas (2006) e a Política Nacional de Desenvolvimento Sustentável dos Povos e Comunidades Tradicionais (PNPCT, Decreto nº 6.040/2007) buscam proteger esses saberes, promover a biodiversidade e garantir os direitos territoriais, sociais e culturais desses grupos.

Os estudos etnobotânicos ampliam o conhecimento sobre espécies vegetais (Ranieri, 2018) e, associados à rica biodiversidade brasileira, consolidam o uso de plantas medicinais como opção terapêutica acessível e econômica (Basso & Locatelli, 2020). As comunidades tradicionais, com suas práticas sustentáveis e modos de vida específicos, atuam como guardiãs de conhecimentos empíricos que contribuíram significativamente para o aperfeiçoamento da medicina (Cabral *et al*., 2021). Esse saber popular representa um marco para a saúde pública e para o desenvolvimento técnico da sociedade. Considerando a diversidade sociocultural existente, mesmo entre grupos de origem semelhante (Souza, 2021), pesquisas voltadas à preservação e ao reconhecimento desses conhecimentos são fundamentais para os esforços globais de sustentabilidade (Ferrari, 2023).

4. CONHECIMENTOS TRADICIONAIS NO BRASIL

No Brasil, três grupos populacionais foram centrais na transmissão do conhecimento tradicional sobre plantas medicinais: indígenas, africanos e europeus (Alves, 2013). Os povos originários, como os tupiniquim, já dominavam práticas de cultivo, pesca e uso de plantas do entorno. Durante o período colonial, a população luso-brasileira cultivava hortas medicinais para tratar afecções como asma, febres e cólicas (Ferreira, 2023). Os bandeirantes, por sua vez, recorriam a plantas e saberes indígenas na ausência de assistência médica (Maia *et al*., 2022), enquanto boticários eram responsáveis pela manipulação dessas formulações (Públio, 2021). O primeiro herbário brasileiro, o do Museu Nacional no Rio de Janeiro, foi criado em

1831 (Machado *et al*., 2017), e suas coleções tornaram-se fundamentais para o conhecimento da flora nacional (Lopes, 2023). Esse acúmulo histórico de saberes empíricos, transmitido ao longo das gerações, reflete a identidade sociocultural dos povos e orienta pesquisas em áreas como etnobotânica, agroflorestas, educação ambiental e antropologia (David *et al*., 2020).

As comunidades tradicionais desenvolveram métodos próprios de ensino-aprendizagem (Souza & Silva, 2021), constituindo o conhecimento tradicional como a forma mais ancestral de produção científica. Elas utilizam diferentes partes vegetais como raízes, cascas, folhas, flores, frutos e sementes, conforme a necessidade (Leite & Souza, 2021; Monteiro *et al*., 2024; Araújo *et al*., 2025). O Brasil, detentor de cerca de 15 a 20% da biodiversidade mundial (Veeck *et al*., 2021), aliado à sua diversidade cultural, possui valioso acervo de saberes sobre plantas medicinais, com grande potencial para avanços terapêuticos e tecnológicos (Gonçalves *et al*., 2020).

O resgate etnobotânico e a valorização do saber empírico permitem compreender a interação humana com a flora e resgatar usos tradicionais e suas potencialidades (Monteiro, 2024). O uso milenar de plantas medicinais, além de atender necessidades de saúde, reforça a identidade cultural e a relação com a natureza. Estudos que validam esse potencial terapêutico são essenciais para garantir eficácia e segurança (Rocha *et al*., 2021), contribuindo para o fortalecimento cultural e para o conhecimento da flora regional, uma vez que essas práticas se integram à cultura e a rituais religiosos há milênios (Gondim, 2021).

5. PRÁTICAS E USO DE PLANTAS MEDICINAIS

As plantas sempre tiveram papel fundamental na prevenção e tratamento de enfermidades ao longo da história humana, sendo utilizadas sob formas como infusões, xaropes, pomadas e in natura (Cruz *et al*., 2022). Na cicatrização de feridas, esse conhecimento remonta à pré-história, com o uso de cataplasmas para conter hemorragias e acelerar a regeneração tecidual, além de ingestão para efeitos sistêmicos (Alves *et al*., 2021).

Segundo a Organização Mundial da Saúde (OMS), a medicina tradicional engloba conhecimentos, crenças e experiências de diferentes culturas aplicados à manutenção da saúde, prevenção, diagnóstico e tratamento de doenças (Gonçalves *et al*., 2020). No Brasil, cerca de 82% da população utiliza preparações à base de plantas medicinais (Soares *et al*., 2020), prática herdada de gerações anteriores e aplicada em chás, infusões, curativos, óleos e rituais (Araújo *et al*., 2025).

Resgatar o conhecimento ancestral e suas técnicas terapêuticas é essencial para registrar o aprendizado informal, valorizar a medicina popular e gerar informações sobre a saúde local (Silva & Barros, 2021). Essa prática evidencia a conexão entre saúde física, ambiente natural e identidade cultural, na qual a terra é vista como espaço sagrado que abriga tradições, espiritualidade e modos de vida (Padilha *et al*., 2024). Assim, o uso de plantas medicinais revela-se primordial para fortalecer as relações entre as comunidades e seu patrimônio cultural.

6. RELAÇÕES ENTRE COMUNIDADES TRADICIONAIS E O USO DE PLANTAS

As comunidades tradicionais são definidas pelo forte vínculo entre ser humano e terra, pautado em práticas sustentáveis e respeito ao meio ambiente (Doebeli & Siqueira, 2023). Essa relação, presente desde a pré-história (Xavier *et al*., 2021), é evidenciada nos diversos usos dos recursos vegetais (medicinais, alimentícios e rituais) estudados pela etnobotânica, ciência que integra saberes humanos e naturais (Bacci *et al*., 2022). A interação se manifesta intensamente nas culturas locais, como na recomendação popular de "tomar um chá" para enfermidades leves, especialmente entre gerações mais velhas (Soares, 2023).

O uso de plantas medicinais é difundido mundialmente, e cada comunidade carrega receitas próprias de espécies de seus biomas, gerando um rico acervo de conhecimentos compartilháveis (Castro *et al*., 2024). As comunidades tradicionais preservam modos de vida específicos, com saberes transmitidos por interações entre pessoas e ambiente, representando a história e a identidade local (Durães & Ramos, 2021). Grande parte dos tratamentos fitoterápicos origina-se da sabedoria ancestral, que orientava a exploração direta e indireta dos recursos, como alimentos e medicamentos, preparados em chás, emplastros, in natura e óleos essenciais (Lopes *et al*., 2021). As plantas medicinais possuem propriedades anti-inflamatórias, antifúngicas, antimicrobianas, digestivas e outras (Azevedo *et al*., 2023). Seu cultivo surge como alternativa sustentável para pequenas propriedades, fortalecendo tradições culturais, apoiando a medicina tradicional e promovendo o desenvolvimento sustentável (Gomes *et al*., 2024). A sabedoria ancestral permite compreender como as pessoas identificam, manejam e utilizam essas plantas (Neris *et al*., 2024), e a população brasileira detém amplo conhecimento sobre o tema.

O etnoconhecimento integrado às práticas cotidianas assegura que o uso sustentável dos recursos naturais é essencial para a sobrevivência das comunidades, evitando o esgotamento e fortalecendo interações sociais (Mattos & Oliveira, 2021). As populações tradicionais são responsáveis pela proteção do ambiente natural, pois possuem saber aprofundado sobre o território onde vivem (Almeida & Francisco, 2021). O comércio e o uso de plantas medicinais são amplamente difundidos no Brasil, sendo muitas vezes o único recurso terapêutico disponível, comercializados em feiras livres e mercados populares ou cultivados em quintais agroflorestais (Santos *et al*., 2021). Atualmente, seu uso não se restringe a comunidades rurais, observando-se também em grandes centros urbanos, indicando crescente difusão dessa prática entre os brasileiros (Leal *et al*., 2024).

7. INTEGRAÇÕES DO CONHECIMENTO TRADICIONAL COM A PESQUISA CIENTÍFICA

O uso de plantas medicinais tem impulsionado pesquisas científicas, especialmente nos setores industrial e farmacêutico, que buscam recursos com potencial farmacológico para o tratamento de doenças (Burtet *et al*., 2022). Nesse contexto, a etnofarmacologia e a etnobotânica são fundamentais para estudos que abrangem desde o manejo até o preparo, dose e indicação terapêutica, fornecendo informações essenciais para a validação científica (Silva *et al*., 2023). Quanto mais difundido o conhecimento tradicional sobre determinadas espécies, maior o interesse em pesquisas que comprovem sua eficácia. Algumas plantas conhecidas no passado permanecem em uso até hoje, e essa continuidade reflete a atividade terapêutica comprovada, sendo essencial para a preservação cultural, a conservação da biodiversidade e o entendimento do potencial de uso de cada povo, comunidade e etnia (Castro & Léda, 2023).

A pesquisa científica sobre plantas medicinais tem se concentrado na identificação e compreensão dos metabólitos secundários, servindo como ponto de partida para o desenvolvimento de novos produtos comerciais e tratamentos para diversas condições de saúde (Jamba, 2024). As comunidades tradicionais construíram um verdadeiro repositório de saberes, uma "enciclopédia" de plantas que abrange desde raízes consideradas milagrosas até ervas para enfermidades graves e questões emocionais (Basso *et al*., 2021). Esses conhecimentos sobre a flora promovem atalhos para que pesquisadores alcancem resultados de modo mais rápido (Bruno & Mattos, 2021).

A fauna e flora brasileiras apresentam grandes probabilidades para a revelação de biomoléculas ativas aplicáveis no tratamento de doenças infectocontagiosas (Chaves, 2024). Ampliar os estudos voltados à identificação de espécies com potencial medicinal é fundamental para gerar informações relevantes, enriquecer o conhecimento científico e agregar valor econômico ao ecossistema florestal, reconhecido como fonte estratégica para a descoberta de novos compostos terapêuticos (Silva, 2024). O saber tradicional, especialmente o amazônico, é uma riqueza valiosa essencial na descoberta de novos recursos naturais, com grande importância científica, cultural e econômica (Rodrigues *et al*., 2025). As plantas fornecem a base para fitoterápicos e outros medicamentos, conectando o saber ancestral à pesquisa e contribuindo para seu maior reconhecimento e valorização (Cock, 2021).

8. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Essa revisão evidenciou a importância da etnobotânica como ciência integradora entre o saber tradicional e o conhecimento científico, destacando o papel das comunidades tradicionais brasileiras como guardiãs de um vasto conhecimento sobre plantas medicinais. Verificou-se que esse saber ancestral, transmitido por gerações, é fundamental não apenas para a preservação cultural e identidade desses povos, mas também para a conservação da biodiversidade e para o desenvolvimento de novas alternativas terapêuticas.

Diante das ameaças impostas pelo avanço do modelo produtivo vigente e pela perda de territórios, torna-se urgente o fortalecimento de políticas públicas que garantam a proteção e valorização desses conhecimentos. Além disso, a integração entre o saber popular e a pesquisa científica revela-se essencial para a validação e ampliação do uso de plantas medicinais, contribuindo para a saúde pública e para o desenvolvimento sustentável. Conclui-se, portanto, que a etnobotânica desempenha um papel estratégico na construção de pontes entre ciência, cultura e sustentabilidade, sendo imprescindível o contínuo resgate e registro do conhecimento tradicional para que este não se perca e continue a beneficiar as gerações presentes e futuras.

REFERÊNCIAS

ALVES, L. F. Produção de fitoterápicos no Brasil: história, problemas e perspectivas. **Revista Virtual de Química**, v. 5, n. 3, p. 450–513, 2013.

ALMEIDA AZEVEDO, M. de; DA COSTA, P. A.; RODRIGUES, L. K. Estufa escola: o estudo de plantas medicinais e sua aplicação clínica. **Revista da JOPIC**, v. 2, n. 12, p. 92–105, 2023.

AMORIM, I. F. F.; LUCENA, R. F. P. de; ALMEIDA JR, E. B. de. Importância local de plantas medicinais em uma comunidade quilombola na Área de Proteção Ambiental Baixada Maranhense, Nordeste Brasil: uma comparação de métodos. **Revista Brasileira de Gestão Ambiental e Sustentabilidade**, v. 9, n. 23, p. 1427–1446, 2022.

ARAÚJO, A. M. de; DE MORAIS RODRIGUES, E.; MOURA, D. C. Etnobotânica das plantas medicinais no município de Parari, Paraíba, Brasil. **Geosul**, v. 36, n. 78, p. 659–679, 2021.

BACCI, M. B.; VALDATI, J.; PIMENTA, L. H. F. Pessoas, plantas e territórios: relações entre etnobotânica e fitogeografia da Mata Atlântica no entorno do Parque Estadual da Serra do Tabuleiro, SC. **Geosul**, v. 37, n. 83, p. 141–165, 2022.

BASSO, E.; LOCATELLI, A. Plantas medicinais no ensino de Ciências à luz de um "Estado da Arte". **REPPE – Revista de Produtos Educacionais e Pesquisas em Ensino**, v. 4, n. 2, p. 183–209, 2020.

BISPO, G. L. et al. Etnobotânica de plantas medicinais na comunidade quilombola Sítio Arruda, Araripe-CE: saúde e sustentabilidade. **Revista Brasileira de Plantas Medicinais/Brazilian Journal of Medicinal Plants**, v. 22, n. 4, p. 188–192, 2020.

BRUNO, S. F.; MATTOS, U. A. O. Benefícios da biodiversidade para as comunidades tradicionais: a nova legislação os sustenta? **Ciência Florestal**, v. 31, n. 2, p. 998–1019, 2021.

CABRAL, L. C. et al. Plantas medicinais, condimentos e o saber popular. **Revista Saúde e Meio Ambiente**, v. 13, n. 1, p. 17–24, 2021.

CASTRO, M. R.; LÉDA, P. H. Plantas Medicinais e Fitoterápicos: Conhecimento tradicional e científico das espécies nativas do Brasil. **REVISE: Revista Integrativa em Inovações Tecnológicas nas Ciências da Saúde**, v. 11, n. fluxo contínuo, p. 191–209, 2023.

CASTRO, M. R.; FERREIRA, A. G. C.; LIMA, C. R. M. de. Um repositório digital dos usos terapêuticos das plantas medicinais no Brasil. **BIBLOS: Revista do Instituto de Ciências Humanas e da Informação**, v. 38, n. 1, p. 3–18, 2024.

CAVALCANTE, F. S.; SCUDELLER, V. V. A etnobotânica e sua relação com a sustentabilidade ambiental. **Revista Valore**, v. 7, 2022.

CERQUEIRA, E. B. et al. O Cerrado e suas comunidades tradicionais: impactos e a percepção estudantil relacionada a esses aspectos. 2023.

CRUZ, A. F. G. Quantificação de componentes fenólicos em extrato etanólico de *Fridericia chica* com potencial efeito anti-arbovírus. 2023.

DAVID, M. de et al. Conhecimento tradicional em comunidades do cerrado mato-grossense: um estudo bibliométrico. **Biodiversidade**, v. 19, n. 2, 2020.

DOEBELI, L. S.; SIQUEIRA, M. T. A sobreposição de povos e comunidades tradicionais em unidades de conservação: o caso de Florianópolis/SC. **Revista Científica Foz**, v. 5, n. 1, p. 31–31, 2023.

DURÃES, N. A.; RAMOS, J. S. Saberes em narrativas de uma comunidade tradicional: oralidade e decolonialidade. **Educação, Escola & Sociedade**, v. 14, n. 16, p. 1–17, 2021.

FERRARI, P. A. et al. Etnobotânica e sustentabilidade: uma análise sobre os conhecimentos tradicionais e o alcance dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) no Brasil. 2023.

FERREIRA, A. L. de S.; PASA, M. C.; NUNEZ, C. V. A etnobotânica e o uso de plantas medicinais na Comunidade Barreirinho, Santo Antônio de Leverger, Mato Grosso, Brasil. **Interações (Campo Grande)**, v. 21, p. 817–830, 2020.

FERREIRA, B. A. de P. Medicina popular e acadêmica: da colônia ao Império brasileiro. **Convergências: estudos em Humanidades Digitais**, v. 1, n. 2, p. 359–380, 2023.

GONÇALVES, R. N. et al. Os marcos legais das políticas públicas de plantas medicinais e fitoterápicos no Brasil. **Revista de APS**, v. 23, n. 3, 2020.

GONDIM, J. M. da S. Política Nacional de Plantas Medicinais e Fitoterápicos no SUS e sua implementação por meio das Farmácias Vivas. 2021.

LEAL, H. B. L. et al. O uso de plantas medicinais no tratamento de leishmaniose tegumentar no município de São Domingos do Capim, Pará. 2024.

LEITE, M. E. T. B.; DE SOUZA, E. M. L. Patrimônio histórico: a produção do habitus na utilização de plantas medicinais na cultura dos remanescentes quilombolas de Minaçu (GO). **Revista Temporis**, v. 21, n. 1, p. 19–19, 2021.

LOPES, B. M. O herbário IPA Dárdano de Andrade Lima e sua contribuição para o conhecimento botânico: um estudo de caso. 2023.

MACHADO, C. C. C. et al. Herbários: resgate histórico e científico. **Revista Brasileira de Plantas Medicinais**, v. 19, n. 3, p. 466–476, 2017.

MARTINS, I. S. S.; VASCONCELLOS, A. G. A relação entre o Regulamento de Uso das Indicações Geográficas e o Conhecimento Tradicional: o caso do guaraná envolvendo os territórios de Maués e da Terra Indígena Andirá-Marau. **Cadernos de Prospecção**, v. 13, n. 1, p. 293–293, 2020.

MATTOS, S. M. N. de; DE OLIVEIRA, K. F. Ecologia dos saberes: o etnoconhecimento sobre o uso das plantas medicinais do povo Paiter Suruí. **ReDiPE: Revista Diálogos e Perspectivas em Educação**, v. 3, n. especial, p. 15–28, 2021.

MING, L. C.; CARVALHO, I. A etnobotânica na Faculdade de Ciências Agronômicas, UNESP–Botucatu–SP. **Ethnoscientia – Brazilian Journal of Ethnobiology and Ethnoecology**, v. 5, n. 1, 2020.

MONTEIRO, A. da S. et al. Uso de plantas medicinais por povos milenares da Amazônia–Brasil (Munduruku, Karapãna, Pupykary, Tikuna e Kokama), Guiné-Bissau (Fulas, Gabu) e Moçambique–Tete (Dema e Nyungwe): uma perspectiva comparada. **Educamazônia: Educação, Sociedade e Meio Ambiente**, v. 17, n. 2, p. 533–572, 2024.

MORENO, N. T.; DOS SANTOS, L.; UDULUTSCH, R. G. Etnobotânica aliada à saúde da mulher no SUS: um estudo com a Comunidade Tradicional Caiçara do Sertão do Ubatumirim/Ubatuba/SP. **Revista Fitos**, v. 18, p. e1533–e1533, 2024.

NERIS, J. P. F. et al. Etnoconhecimento sobre plantas de uso medicinal na comunidade Suassui, São Miguel do Guamá, nordeste paraense. **Observatório de la Economía Latinoamericana**, v. 22, n. 10, p. e7381–e7381, 2024.

OLIVEIRA, D. M. da S.; MIRANDA, A. C. G. Etnobotânica e o Ensino de Ciências: valorização das comunidades tradicionais em tempos de crise. **Práticas Educativas, Memórias e Oralidades – Rev. Pemo**, v. 6, p. e13428–e13428, 2024.

PADILHA, A. et al. O uso das plantas medicinais nas comunidades indígenas brasileiras: uma revisão de literatura. 2024.

PEREIRA, G. M. Etnobotânica no Brasil: uma reflexão histórica. **Scientia Naturalis**, v. 5, n. 2, 2023.

QUEIROGA, I. C. G. et al. Etnobotânica de plantas com potencial para extração de óleo e resina na reserva Pataxó da Jaqueira, Porto Seguro, Bahia, Brasil. 2021.

RANIERI, G. R. Levantamento etnobotânico das plantas alimentícias nos municípios de Areias e São José do Barreiro-SP: um patrimônio nos quintais urbanos. 2018. Tese de Doutorado – Universidade de São Paulo.

REIS, H. S. dos et al. O conhecimento e uso tradicional de plantas medicinais nas perspectivas da etnobotânica e agroecologia: uma revisão teórica. **Observatório de la Economía Latinoamericana**, v. 21, n. 9, p. 12098–12122, 2023.

ROCHA, L. P. B. da et al. Uso de plantas medicinais: histórico e relevância. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 10, p. e44101018282–e44101018282, 2021.

RODRIGUES, E. F. et al. Integração de saberes tradicionais e científicos: preservação e uso de plantas medicinais na escola da comunidade indígena Ũ'tchigüne na Amazônia brasileira. 2025.

SANTOS, L. S. A importância do ensino de etnobotânica na educação básica: uma revisão sistemática. 2025.

SARTORI, S. G. Proteção dos conhecimentos dos povos e comunidades tradicionais: inventários culturais como instrumentos de salvaguarda à luz da inovação e da gestão pública. 2023.

SILVA, A. C. da. A etnofarmacologia na Amazônia: um estudo de caso nas comunidades São Francisco e São José sobre o uso de plantas medicinais no município de Careiro da Várzea, Amazonas. 2024.

SILVA, A. F. L. da; BARROS, L. A. A. Avaliação das práticas de uso de plantas medicinais no Município de Caxias-MA. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 4, p. e10010413832–e10010413832, 2021.

SOARES, A. S. C. Avaliação in silico do potencial broncodilatador de flavonoides e monoterpenos de *Dysphania ambrosioides* L.; (Amaranthaceae). 2024.

SOARES, J. A. S. et al. Potencialidades da prática da atenção farmacêutica no uso de fitoterápicos e plantas medicinais. **Journal of Applied Pharmaceutical Sciences**, p. 10–21, 2020.

SOARES, S. M. Etnobotânica e plantas medicinais: foco no trabalho das mulheres. 2023.

SOUSA, J. V. de O. et al. A caça de animais na comunidade quilombola Custaneira, em Paquetá do Piauí: entre mitos e crenças. **Marupiara Revista Científica do CESP/UEA**, n. 6, p. 17–38, 2020.

SOUSA, R. L. de et al. Plantas medicinais aromáticas: levantamento etnobotânico em duas comunidades rurais, Pará, Amazônia, Brasil. **Biodiversidade**, v. 21, n. 2, 2022.

SOUZA, D. S. de. A educação ambiental na (re)significação do conhecimento tradicional das comunidades quilombolas em seus processos de resistência. 2021. Tese de Doutorado – Instituto de Educação.

VAN LUIJK, N.; RAMOS, M. M. N.; DA FONSECA-KRUEL, V. S. Etnobotânica apoiando ações em educação na formação de professores do ensino básico: um estudo de caso com licenciandos em Cabo Frio, Rio de Janeiro (Brasil). **Ethnoscientia Brazilian Journal of Ethnobiology and Ethnoecology**, v. 8, n. 3, p. 1–18.

VEECK, N. I. de A. et al. Conhecimento tradicional em plantas medicinais em áreas de reforma agrária em Nova União/Rondônia, relato de caso. 2021.

VIEIRA, S.; DE JESUS BENEVIDES, C. M.; DE SÁ, N. S. C. Turismo em comunidades tradicionais da Bahia: desafios e perspectivas. **Turismo e Sociedade**, v. 14, n. 3, 2021.

XAVIER, R. A. T.; DA SILVA, V. V.; LIMA, R. A. Etnobotânica e a comunidade: saberes locais de plantas medicinais no Brasil. **South American Journal of Basic Education, Technical and Technological**, v. 8, n. 2, p. 165–180, 2021.

CAPÍTULO XIV

CONHECIMENTO TRADICIONAL E USO DE ESPÉCIES POPULARMENTE CONHECIDAS COMO "CARÁ" EM ALTA FLORESTA-MT

TRADITIONAL KNOWLEDGE AND USE OF SPECIES COMMONLY KNOWN AS "CARÁ" IN ALTA FLORESTA-MT

DOI: 10.51859/amplla.mac6322-14

Adriano da Silva Pereira [1]
Claudenice Cardoso de Souza Freitas da Silva [1]
Débora Cristine Lima Matos [1]
Felipe Matias Piller dos Santos [1]
Valcira Cardoso da Silva [1]
Isane Vera Karsburg [2]

[1] Graduando do curso de Ciências Biológicas. Universidade do Estado de Mato Grosso – UNEMAT – Campus de Alta Floresta - MT
2 Professora Adjunta da Faculdade de Ciências Biológicas e Agrárias – Universidade do Estado de Mato Grosso – Campus de Alta Floresta – MT

RESUMO

As plantas popularmente conhecidas como cará apresentam importância alimentar, medicinal e cultural em regiões tropicais, estando associadas ao conhecimento tradicional e ao cultivo em sistemas familiares. No município de Alta Floresta-MT, essas espécies permanecem presentes em quintais domésticos e práticas de uso popular. O presente trabalho teve como objetivo realizar um levantamento sobre o conhecimento, cultivo e utilização de espécies popularmente denominadas como cará na região, relacionando os saberes locais às informações científicas disponíveis na literatura. O estudo foi desenvolvido por meio de conversas exploratórias realizadas na feira municipal de Alta Floresta-MT e na Universidade do Estado de Mato Grosso (UNEMAT), associadas à pesquisa bibliográfica em bases científicas. Foram identificadas três espécies associadas ao nome popular cará: cará-moela (*Dioscorea bulbifera* L.), cará-comum (*Dioscorea trifida* L.f.) e cará-insulina (*Cissus sicyoides* L.). As informações obtidas indicaram que o cultivo ocorre principalmente em quintais domésticos, utilizando manejo simples e propagação vegetativa. O cará-insulina foi relacionado principalmente ao uso medicinal popular, especialmente como auxiliar no controle da diabetes, enquanto as espécies do gênero *Dioscorea* foram associadas principalmente ao uso alimentar. Estudos científicos demonstram que espécies de *Dioscorea* apresentam compostos bioativos com potencial antioxidante e anti-inflamatório, enquanto pesquisas com *C. sicyoides* investigam sua atividade hipoglicemiante. Os resultados evidenciam a permanência do conhecimento tradicional sobre essas plantas em Alta Floresta-MT, destacando sua importância cultural, alimentar e medicinal, além da necessidade de valorização do conhecimento etnobotânico regional e diversidade de recursos genéticos para a alimentação local.

Palavras-chave: Etnobotânica. Recursos Genéticos. Plantas medicinais. Agricultura familiar. Amazônia.

ABSTRACT

Plants commonly known as cará are of dietary, medicinal, and cultural importance in tropical regions, and are associated with traditional knowledge and cultivation in family-based systems. In the municipality of Alta Floresta, Mato Grosso, these species remain present in home gardens and are used in traditional practices. The objective of this study was to conduct a survey on the knowledge, cultivation, and use of species commonly referred to as cará in the region, linking

local knowledge to scientific information available in the literature. The study was conducted through exploratory conversations held at the municipal market in Alta Floresta, Mato Grosso, and at the State University of Mato Grosso (UNEMAT), combined with a literature review of scientific databases. Three species associated with the common name “cará” were identified: cará-moela (*Dioscorea bulbifera* L.), cará-comum (*Dioscorea trifida* L.f.), and cará-insulina (*Cissus sicyoides* L.). The information obtained that cultivation occurs mainly in home gardens, using simple management and vegetative propagation. Cará-insulina was mainly related to popular medicinal use, especially as an aid in diabetes control, while species of the genus *Dioscorea* were mainly associated with food use. Scientific studies demonstrate that Dioscorea species contain bioactive compounds with antioxidant and anti-inflammatory potential, while research on *C. sicyoides* investigates its hypoglycemic activity. The results demonstrate the persistence of traditional knowledge about these plants in Alta Floresta-MT, highlighting their cultural, nutritional, and medicinal importance, as well as the need to value regional ethnobotanical knowledge and the diversity of genetic resources for local food production.

Keywords: Ethnobotany. Genetic resources. Medicinal plants. Family farming. Amazon.

1. INTRODUÇÃO

As plantas popularmente conhecidas como cará representam um grupo de espécies de importância alimentar, medicinal e cultural em diferentes regiões tropicais. Entre essas espécies destacam-se representantes do gênero *Dioscorea*, pertencentes à família Dioscoreaceae e incluem diversas espécies cultivadas tradicionalmente em sistemas agrícolas familiares, especialmente na África, Ásia e América Latina (COURSEY, 1967). Além dessas, algumas plantas de outros grupos botânicos também receberam denominações populares semelhantes devido aos seus usos tradicionais.

O cará destaca-se como alimento importante na alimentação humana, principalmente por suas túberas serem ricas em carboidratos e fibras, além de constituírem fonte relevante de vitaminas e minerais (SILVA et al., 2020). Além da utilização alimentar, diversas espécies apresentam propriedades medicinais associadas ao uso tradicional, sendo utilizadas no tratamento popular de doenças inflamatórias, diabetes, distúrbios cardiovasculares e problemas digestivos (ALHARAZI et al., 2022).

A origem do gênero apresenta ampla distribuição geográfica, com centros de diversidade localizados principalmente na África, Ásia e América do Sul. Entre as espécies mais difundidas mundialmente encontram-se *Dioscorea alata*, *Dioscorea bulbifera* e *Dioscorea trifida*. Esta última possui especial importância para a América do Sul, sendo considerada uma espécie genuinamente amazônica, com provável centro de domesticação na bacia amazônica (DEGRAS, 1993).

No Brasil, espécies do gênero *Dioscorea* são encontradas em todos os biomas, com ocorrência expressiva na Amazônia e em regiões de agricultura familiar do Centro-Oeste

(SIQUEIRA, 2011). No estado do Mato Grosso, especialmente em áreas amazônicas e comunidades rurais, essas plantas permanecem associadas ao conhecimento tradicional transmitido entre gerações (FERREIRA, 2011).

Do ponto de vista botânico, as espécies do gênero *Dioscorea* caracterizam-se pelo hábito trepador, presença de caules volúveis e desenvolvimento de túberas subterrâneas ou bulbilhos aéreos utilizados na propagação vegetativa (CASTRO et al., 2012). Muitas dessas espécies apresentam grande rusticidade e adaptação às condições climáticas tropicais, favorecendo o cultivo em quintais produtivos e pequenas propriedades rurais.

Entre as espécies conhecidas popularmente como cará destacam-se o cará-moela (*D. bulbifera.*L.), caracterizado pela formação de bulbilhos aéreos, e o cará-comum (*D. trifida* L.f.), reconhecido pela produção de túberas subterrâneas utilizadas principalmente na alimentação (CASTRO et al., 2012). Além dessas espécies, o cará-insulina (*Cissus sicyoides* L.), embora não pertença ao gênero *Dioscorea*, também é amplamente utilizado na medicina popular devido ao seu histórico de uso tradicional, como auxiliar no controle da diabetes mellitus tipo 2 (FERREIRA, 2011).

O gênero *Dioscorea* apresenta relevante importância nutricional e medicinal, contendo minerais como cálcio, fósforo e ferro, além de vitaminas do complexo B, vitaminas A,C,D e aminoácidos essenciais. Suas propriedades medicinais garantem o uso na farmacologia, especialmente na síntese de cortisona e hormônios esteróides (REIS et al., 2012).

Apesar da importância dessas espécies, ainda existem poucas informações relacionadas ao conhecimento popular e ao uso regional dessas plantas no município de Alta Floresta-MT. Considerando a forte influência amazônica presente no município e a permanência de sistemas tradicionais de cultivo, torna-se importante compreender como essas espécies são utilizadas e mantidas pela população local.

Dessa forma, o presente trabalho teve como objetivo realizar um levantamento sobre o conhecimento, cultivo e utilização de espécies popularmente conhecidas como cará em Alta Floresta-MT, relacionando os conhecimentos tradicionais às informações científicas disponíveis na literatura.

2. METODOLOGIA

O estudo foi realizado no município de Alta Floresta, localizado no norte do estado de Mato Grosso, inserido no bioma Amazônia. A pesquisa foi conduzida por meio de levantamento exploratório associado à revisão bibliográfica. As conversas ocorreram na feira municipal de Alta Floresta-MT e na Universidade do Estado de Mato Grosso (UNEMAT), buscando informações gerais relacionadas às espécies conhecidas popularmente como cará, seus usos e formas de cultivo.

As informações foram obtidas por meio de conversas exploratórias realizadas em contextos de cultivo, utilização e comercialização das espécies. As informações obtidas envolveram aspectos relacionados ao cultivo, formas de propagação, utilização alimentar e medicinal, ocorrência de doenças, formas de preparo e comercialização das espécies. As observações foram registradas de maneira descritiva e organizadas em planilhas eletrônicas para posterior comparação com dados científicos disponíveis na literatura.

A pesquisa bibliográfica foi realizada nas plataformas PubMed, SciELO, Google Acadêmico, ResearchGate e Web of Science, utilizando os descritores "*Dioscorea*", "cará" "cultivo", "uso medicinal", "alimentação", "doenças", "antioxidante" e "etnobotânica". Foram priorizados artigos científicos, revisões bibliográficas e trabalhos relacionados ao cultivo tradicional, propriedades medicinais e importância nutricional das espécies.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Durante o levantamento realizado na feira municipal de Alta Floresta-MT foram identificadas três espécies popularmente associadas ao nome cará relacionado ao cultivo e comercialização local: cará-moela (*D. bulbifera.*), cará-insulina (*C. sicyoides*) e cará-comum (*D. trifida*).

Os materiais observados apresentaram características morfológicas compatíveis com as descrições botânicas disponíveis na literatura. O cará-moela destacou-se pela presença de bulbilhos aéreos à trepadeira (Figura 1), enquanto o cará-comum apresentou túberas subterrâneas mais desenvolvidas e utilizadas principalmente para alimentação. A ocorrência dessas espécies demonstra a permanência do cultivo tradicional na região amazônica mato-grossense, principalmente em quintais produtivos e pequenas propriedades familiares.

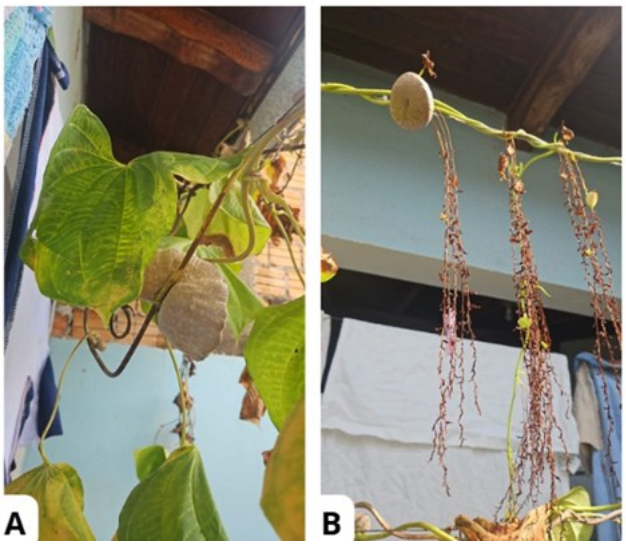


Figura 1. Características morfológicas do cará-moela (*Dioscorea bulbifera* L.) observado em cultivo doméstico. (A) Presença de bulbilhos aéreos desenvolvidos ao longo da trepadeira. (B) Bulbilhos aéreos em diferentes estágios de desenvolvimento. Fotos: Autores (2026).

3.1. CONHECIMENTO POPULAR E MANEJO

Durante as conversas exploratórias, foram obtidas informações gerais sobre o conhecimento popular e utilização das espécies observadas. O cultivo foi descrito como simples, utilizando propagação vegetativa por meio de túberas ou bulbilhos.

Segundo as observações realizadas durante o levantamento, o plantio ocorre diretamente no solo, geralmente próximo a cercas, árvores ou estruturas de apoio devido ao hábito trepador das espécies. O principal local de cultivo mencionado foi o quintal doméstico, demonstrando forte associação dessas plantas com a agricultura familiar. Em alguns casos, o cultivo do cará-insulina também possui finalidade comercial, sendo vendido como planta medicinal em feira local.

3.2. USO MEDICINAL

Embora popularmente chamada de "cará-insulina" (*C. sicyoides*), uma planta utilizada na medicina tradicional, os verdadeiros carás pertencentes ao gênero *Dioscorea* também apresentam histórico de uso medicinal e alimentar, sendo reconhecidos pela presença de estruturas subterrâneas de reserva (Figura 2). Conforme os registros realizados, há utilização principalmente no auxílio ao tratamento da diabetes tipo 2 e processos inflamatórios. As formas de consumo mais citadas foram o cozimento do tubérculo, fritura em fatias finas e preparo ralado misturado em água. Esses resultados corroboram estudos etnobotânicos realizados em diferentes regiões brasileiras, que também associam o cará ao tratamento popular da diabetes (FERREIRA, 2011). Estudos científicos demonstram que espécies do

gênero *Dioscorea* apresentam compostos bioativos com atividades antioxidantes e anti-inflamatórias, reforçando parte das aplicações populares relatadas (WANG et al., 2023).

Figura 2. Estruturas de reserva de espécies popularmente associadas aos carás. (A) *Cissus sicyoides* L. (cará-insulina), apresentando estruturas globosas utilizadas tradicionalmente na medicina popular. (B) *Dioscorea trifida* L.f., caracterizada por tubérculos subterrâneos alongados com superfície rugosa. (C) *Dioscorea bulbifera*. L. (cará-moela), apresentando bulbilhos aéreos de formato irregular e coloração clara. Fotos: O autor: Autores(2026).

3.3. USO ALIMENTAR

O cará-moela e o cará-comum foram relacionados principalmente à alimentação cotidiana. Foram destacados o sabor agradável, facilidade de preparo e valor nutricional das espécies. As formas de preparo mais citadas incluíram cozimento, fritura e utilização em purês e sopas. As espécies do gênero *Dioscorea* constituem uma importante fonte alimentar de elevado valor nutritivo e energético, ocupando uma nova dimensão na cadeia alimentar e sendo presentes no desenvolvimento da agricultura familiar (GONZÁLEZ VEGA, 2012).

3.4. POTENCIAL FARMACOLÓGICO

Durante as conversas exploratórias realizadas, ficou evidente que aproximadamente 90% das informações obtidas, associavam o cará-insulina (*C. sicyoides.*) às principais aplicações medicinais, em especial para o tratamento da diabetes tipo 2. Estudos demonstram que o extrato aquoso de folhas frescas de *C. sicyoides* reduziu significativamente os níveis de glicose sanguínea em 25% e 22% em modelos experimentais de diabetes, justificando o uso popular da planta como auxiliar no tratamento da diabetes mellitus tipo 2 (VIANA et al., 2004). Pesquisas com decocções das folhas de *C. sicyoides* (conhecida popularmente como "insulina vegetal" no Brasil) demonstraram redução significativa da ingestão de alimento e fluído, dos níveis de glicose sanguínea e da glicosúria, sugerindo um mecanismo de ação similar à biguanida, através da inibição da gliconeogênese (PEPATO et. al, 2003).

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados obtidos demonstram que o conhecimento tradicional relacionado às espécies popularmente conhecidas como cará permanece presente em Alta Floresta-MT, principalmente no contexto da agricultura familiar e do uso medicinal popular. As espécies observadas apresentam importância alimentar, cultural e econômica para a população local, sendo cultivadas principalmente em quintais domésticos e comercializadas em pequena escala. O cará-insulina destacou-se pelo uso medicinal associado ao controle popular da diabetes, enquanto o cará-moela e o cará-comum foram mais relacionados à alimentação cotidiana.

As informações obtidas apresentaram forte relação com os dados científicos encontrados na literatura, especialmente no que se refere às propriedades antioxidantes, antimicrobianas e anti-inflamatórias das espécies. Dessa forma, o estudo contribui para a valorização do conhecimento etnobotânico regional e para o reconhecimento da importância dessas espécies para a conservação da agrobiodiversidade amazônica.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos à Universidade do Estado de Mato Grosso (UNEMAT) pelo suporte acadêmico e científico durante o desenvolvimento deste estudo. Agradecemos também aos espaços e contextos que contribuíram para a construção deste levantamento

REFERÊNCIAS

ALHARAZI W. Z. et al., Could consumption of yam (*Dioscorea*) or its extract be beneficial in controlling glycaemia: a systematic review. **British Journal of Nutrition** 2022 Aug 28;128(4):613-624. doi: 10.1017/S0007114521003706. Epub 2021 Sep 15. PMID: 34521490; PMCID: PMC9346617. Disponível em: https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC9346617/pdf/S0007114521003706a.pdf Acesso em: 08 jun. 2026.

CASTRO, A. P. de. et al., Etnobotânica das variedades locais do cará (*Dioscorea* spp.) cultivados em comunidades no município de Caapiranga, estado do Amazonas. **Acta Botanica Brasilica**, v. 26, n. 3, p. 658-667, 2012. Disponível em: https://www.scielo.br/j/abb/a/j8cN4jgsS9FvdckLR9MnVTt/abstract/?lang=pt . Acesso em: 12 maio 2026.

COURSEY, D. G. Yams: an account of the nature, origins, cultivation and utilisation of the useful members of the Dioscoreaceae*. London: Longmans*, 1967.

DEGRAS, L. The Yam: A Tropical Root Crop. London: Macmillan, 1993.

FERREIRA, A. B. **Sistemas de cultivo do cará** *Dioscorea* spp. **por pequenos agricultores da Baixada Cuiabana – MT**. 2011. 94 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Horticultura) – Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista (UNESP), Botucatu, 2011. Disponível em: https://repositorio.unesp.br/entities/publication/06d004e6-aee2-45ed-999d-7793e13a7085 . Acesso em: 12 mai 2026.

GONZÁLEZ VEGA, M. E. El ñame (*Dioscorea spp.*). Características, usos y valor medicinal. Aspectos de importancia en el desarrollo de su cultivo. **Cultivos Tropicales**, v. 33, n. 4, p. 5-15, 2012. Disponível em: https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=193224709001 Acesso em: 08 jun. 2026.

PEPATO MT. et al., *Cissus sicyoides* (princess vine) in the long-term treatment of streptozotocin-diabetic rats. **Biotechnology and Applied Biochemistry**. 2003. Disponível em: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/12578546/ Acesso em: 08 jun. 2026.

REIS, R. C. dos. et al., Propriedades físicas do tubérculo e propriedades químicas e funcionais do amido de inhame (*Dioscorea sp.*) cultivar São Bento. **Revista Agrotecnologia**, v. 1, n. 1, p. 71-88, 2012. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/270497097_Propriedades_Fisicas_do_Tuberculo_e_Propriedades_Quimicas_e_Funcionais_do_Amido_de_Inhame_Dioscorea_sp_Cultivar_Sao_Bento/citations Acesso em: 08 jun. 2026.

SILVA, E. N. L. et al. Caracterização nutricional das espécies cará-moela (*Dioscorea bulbífera* L.) e cará (*Dioscorea* spp.). **Revista Desafios**, v. 7, n. 3, 2020. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/346505989_CARACTERIZACAO_NUTRICIONAL_DAS_ESPECIES_CARA-MOELA_Dioscorea_bulbifera_E_CARA_Dioscorea_ssp Acesso em: 08 jun. 2026.

SIQUEIRA, M. V. B. M. **Caracterização da diversidade genética de inhame** (*Dioscorea alata*) **utilizando marcadores microssatélites**. 2011. Tese (Doutorado em Ecologia Aplicada) – Programa Interunidades em Ecologia Aplicada, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2011. Disponível em: https://doi.org/10.11606/T.91.2011.tde-19092011-102240. Acesso em: 08 jun. 2026.

VIANA GS. et al., Hypoglycemic and anti-lipemic effects of the aqueous extract from *Cissus sicyoides*. **BMC Pharmacol**. 2004. Disponível em: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/15182373/ Acesso em: 08 jun. 2026.

WANG, Z. et al., *Dioscorea* spp.: Bioactive compounds and potential for the treatment of inflammatory and metabolic diseases. **Molecules**, v. 28, n. 6, art. 2878, 2023. Disponível em: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC10051580/ Acesso em: 08 jun. 2026.

CAPÍTULO XV

DIVERSIDADE DE ABÓBORA CABOTIÁ E SUA IMPORTÂNCIA NUTRICIONAL EM ALTA FLORESTA-MT

DIVERSITY OF KABOCHA SQUASH AND ITS NUTRITIONAL IMPORTANCE IN ALTA FLORESTA – MT

DOI: 10.51859/amplla.mac6322-15

Nayanna Antonella Dominique do N. Silva [1]
Isane Vera Karsburg [2]

[1] Graduanda Licenciatura e Bacharelado em Biologia- Universidade do Estado de Mato Grosso – Campus de Alta Floresta- MT
[2] Professora Adjunta da Universidade do Estado de Mato Grosso – Campus Alta Floresta – MT.

RESUMO

A abóbora kabocha (Cucurbita ssp.) pertence à família botânica Cucurbitaceae, a mesma do pepino, chuchu, melancia e diversas outras espécies de grande importância agroalimentar. Essa família apresenta uma ampla diversidade de frutos com alta relevância econômica no Brasil e em diferentes regiões do mundo, destacando-se pelo cultivo de espécies destinadas tanto ao consumo humano quanto à alimentação animal. Entre as hortaliças cultivadas, as abóboras ocupam posição de destaque devido à sua adaptabilidade, produtividade e valor nutricional, sendo amplamente utilizadas na culinária e na indústria alimentícia. Originária do continente americano, a abóbora já fazia parte da dieta dos povos pré-colombianos, desempenhando um importante papel histórico e cultural. Atualmente, a abóbora kabocha se destaca entre as variedades consumidas no Brasil, sendo reconhecida por seu sabor adocicado, textura firme e alto potencial nutricional. Sua polpa possui alto teor de fibras, vitaminas e minerais essenciais ao organismo, contribuindo para uma alimentação saudável e equilibrada. Além disso, suas sementes possuem significativo valor nutricional, sendo fontes de proteína, magnésio, zinco e ácidos graxos insaturados, como o ômega-3, nutrientes associados à prevenção de doenças e à manutenção da saúde. Popularmente conhecida como abóbora japonesa ou "tetsukabuto", expressão japonesa que significa "capacete de ferro", a abóbora kabocha é resultado de um híbrido interespecífico obtido pelo cruzamento de linhagens selecionadas de abóbora (Cucurbita máxima) e abóbora-moranga (Cucurbita moschata). Esse híbrido apresenta características agronômicas favoráveis, como maior resistência, boa produtividade e alta aceitação comercial, fatores que contribuem para sua ampla difusão na horticultura brasileira e sua importância econômica no setor. No município de Alta Floresta, no estado de Mato Grosso, o cultivo da abóbora kabocha também é relevante para a agricultura local, contribuindo para a geração de renda e o abastecimento regional de hortaliças.

PALAVRAS-CHAVE: Cucurbitaceae. Híbrido Interespecífico. Tetsukabuto. Valor Nutricional. Alta Flores-MT.

ABSTRACT

The kabocha squash (Cucurbita ssp.) belongs to the Cucurbitaceae botanical family, the same as cucumber, chayote, watermelon, and several other species of great agricultural and nutritional importance. This family presents a wide diversity of fruits with high economic relevance in Brazil and in different regions of the world, standing out for the cultivation of species intended for both human consumption and animal feed. Among cultivated vegetables, squashes and pumpkins occupy a prominent position due to their adaptability, productivity, and nutritional value, being widely used in cooking and the food industry. Originating from the American continent, the squash was already part of the diet of pre-Columbian peoples, playing an important historical and cultural role. Currently, the kabocha squash stands out among the varieties consumed in Brazil, being recognized for its sweet taste, firm texture, and high nutritional

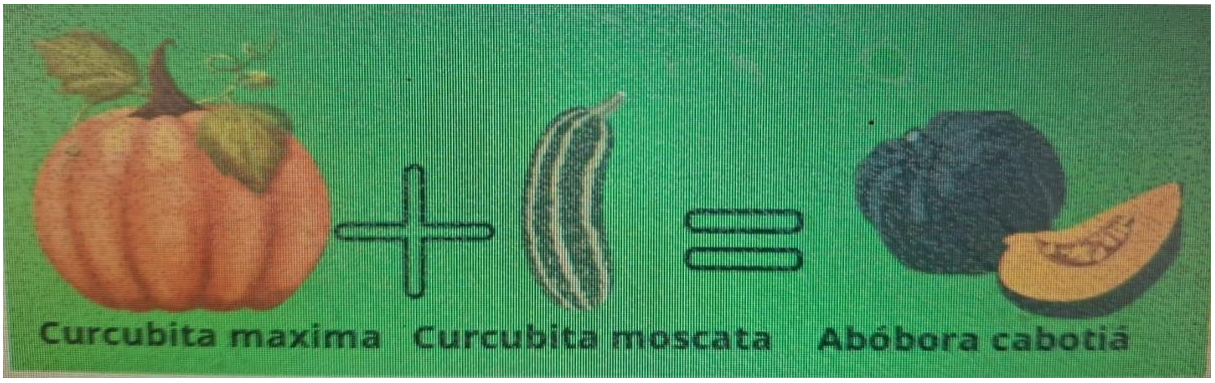
potential. Its pulp has a high content of fiber, vitamins, and minerals essential to the body, contributing to a healthy and balanced diet. Furthermore, its seeds have significant nutritional value, being sources of protein, magnesium, zinc, and unsaturated fatty acids, such as omega-3, nutrients associated with disease prevention and health maintenance. Popularly known as Japanese pumpkin or "Tetsukabuto," a Japanese expression meaning "iron helmet," the kabocha squash is the result of an interspecific hybrid obtained by crossing selected lines of pumpkin (Cucurbita maxima) and squash (Cucurbita moschata). This hybrid presents favorable agronomic characteristics, such as greater resistance, good productivity, and high commercial acceptance, factors that contribute to its widespread diffusion in Brazilian vegetable farming and its economic importance in the horticultural sector. In the municipality of Alta Floresta, in the state of Mato Grosso, the cultivation of kabocha squash is also relevant to local agriculture, contributing to income generation and the regional supply of vegetables.

Keywords: Cucurbitaceae. Interspecific hybrid. Tetsukabuto. Nutritional value. Alta Floresta-MT.

1. INTRODUÇÃO

No cenário agrícola nacional, a abóbora cabotiá, ou abóbora japonesa, destaca-se por sua expressiva relevância socioeconômica e pelo seu papel fundamental na segurança alimentar da população brasileira (CUSTÓDIO et al., 2018).

A abóbora cabotiá (Figura 1) é um híbrido interespecífico originado do cruzamento entre duas linhagens selecionadas por cucurbita máxima (moranga) e cucurbita moscata



Fonte: Canva.

Desenvolvida no Japão entre as décadas de 1940 e 1960, essa variedade é popularmente conhecida como *kabocha* e destaca-se por suas características agronômicas e elevado valor nutricional.

No Brasil, o cultivo da abóbora cabotiá vem crescendo significativamente devido à sua rusticidade, precocidade, uniformidade dos frutos, elevado potencial produtivo e ampla utilização culinária. Além disso, apresenta boa textura, sabor adocicado e prolongada conservação pós-colheita, fatores que favorecem sua comercialização e consumo.

No município de Alta Floresta, a cultura da abóbora cabotiá possui grande importância econômica e alimentar, sendo comercializada em feiras livres e utilizada na alimentação da

população local. O cultivo na região contribui para a geração de renda de pequenos produtores e feirantes, fortalecendo a agricultura familiar e o comércio regional.

Dependendo das tecnologias utilizadas no plantio e das características de cada cultivar, a abóbora cabotiá pode apresentar elevada produtividade e boa qualidade dos frutos. Dessa forma, a cultura possui grande relevância agrícola, nutricional e econômica, contribuindo para o desenvolvimento regional, para a diversificação da produção agrícola e para a geração de renda dos agricultores familiares de Alta Floresta.

Dessa forma, o presente trabalho teve como objetivo analisar a diversidade da abóbora cabotiá e sua importância nutricional no município de Alta Floresta.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. ORIGEM E CARACTERÍSTICAS DA ABÓBORA CABOTIÁ

A abóbora cabotiá, também conhecida no Brasil como abóbora japonesa ou‘Tetsukabuto’ (que significa "capacete de ferro"), teve sua origem no Japão (RODRIGUES et al., 2024). Desenvolvida entre as décadas de 1940 e 1960, ela é popularmente chamada de *kabocha* em sua região de origem (RODRIGUES et al., 20).

A abóbora cabotiá apresenta hábito de crescimento prostrado, rasteiro, indeterminado e bastante vigoroso (RODRIGUES et al., 2024). Possui ramas médias, folhas grandes de coloração verde intensa e presença de gavinhas, características importantes para o desenvolvimento da planta e fixação no solo.

Embora a planta produza flores masculinas e femininas, sendo considerada monoica, o pólen das flores masculinas da cabotiá é inviável, tornando-a macho-estéril (RODRIGUES et al., 2024). Dessa forma, torna-se indispensável o plantio intercalado de outras variedades de abóbora, como a moranga e a variedade “Menina Brasileira”, que atuam como polinizadoras em aproximadamente 12% a 20% da área cultivada (RODRIGUES et al., 2024).

O fruto da abóbora cabotiá é do tipo pepônio, caracterizado como uma baga de casca dura, apresentando uniformidade e peso comercial variando entre 2,5 kg e 3,0 kg (ALEXANDRE, 2025; RODRIGUES et al., 2024).

A polpa apresenta coloração amarelo-alaranjada intensa, textura densa e elevado valor nutricional, sendo rica em fibras e compostos antioxidantes, como os carotenoides (MAROLI et al., 2022; SANTOS et al., 2024).

Uma das principais vantagens da abóbora cabotiá é sua prolongada conservação pós-colheita, podendo ser armazenada por até três meses em condições adequadas (RODRIGUES et al., 2024).

A abóbora cabotiá apresenta excelente adaptação às diferentes condições climáticas do Brasil, desenvolvendo-se melhor em regiões de clima tropical e subtropical (MAROLI et al., 2022; RODRIGUES et al., 2024).

Apesar da boa adaptação, a cultura é sensível a temperaturas muito baixas e não resiste a geadas (MAROLI et al., 2022; RODRIGUES et al., 2024).

No Brasil, os principais estados produtores de abóbora cabotiá são Minas Gerais, Goiás, São Paulo, Bahia, Paraná e Santa Catarina, que juntos correspondem a grande parte da produção comercializada no país (MAROLI et al., 2022; RODRIGUES et al., 2024).

2.2. IMPORTÂNCIA NUTRICIONAL DA ABÓBORA CABOTIÁ

A abóbora cabotiá é reconhecida como um alimento de elevado valor nutricional, sendo uma fonte importante de vitaminas A,C e do complexo B, além de sais minerais (ALVES, 2017; BISSACOTTI, 2016; MAZZOLANI, 2014). Suas sementes, frequentemente descartadas, são subprodutos ricos em proteínas, lipídios e minerais como magnésio e zinco (Maroli A., et al. e-TECH, Florianópolis, v. 15 n. 3 2022).

A polpa, a casca e as sementes são ricas em fibras alimentares, que auxiliam no controle da glicemia e na normalização dos níveis lipídicos. Sendo que o fruto é rico em carotenoides, como o betacaroteno (pró-vitamina A), que atuam como poderosos antioxidantes no combate aos radicais livres. (MAROLI et al., 2022; RODRIGUES et al., 2024).

O consumo regular está associado à proteção contra danos oxidativos e à prevenção de distúrbios gastrointestinais e doenças cardiovasculares. Sua versatilidade permite o aproveitamento integral em purês, sopas, snacks e sobremesas saudáveis (Maroli A., et al. e-TECH, Florianópolis, v. 15 n. 3 2022).

2.3. CULTIVO DA ABÓBORA CABOTIÁ

O manejo agronômico adequado é fundamental para garantir o potencial produtivo da abóbora cabotiá. O preparo do solo deve priorizar áreas bem drenadas e arejadas, realizando-se a calagem para elevar a saturação por bases (V%) a 80% e manter o pH entre 5,5 e 6,0. (Maroli A., et al. e-TECH, Florianópolis, v. 15 n. 3 2022).

A adubação deve ser realizada conforme a análise do solo, com aplicação de NPK, boro e zinco, além do uso de matéria orgânica, como esterco bovino ou de aves, visando melhorar a estrutura e fertilidade do terreno. Recomenda-se também o transplantio de mudas produzidas em bandejas, garantindo maior uniformidade e sanidade das plantas, utilizando espaçamentos de 2 a 3 metros entre linhas de cultivo. A produtividade da cultura pode variar de acordo com a tecnologia empregada e a cultivar utilizada, apresentando elevado potencial produtivo. (Maroli A., et al. e-TECH, Florianópolis, v. 15 n. 3 2022).

A irrigação é um fator essencial para o desenvolvimento da cultura, pois a abóbora cabotiá é sensível tanto à seca quanto ao excesso de umidade. O sistema de gotejamento é considerado o mais indicado, por proporcionar melhor aproveitamento da água, economia de energia e evitar o molhamento da parte aérea das plantas. Outros métodos, como aspersão e pivô central, também podem ser utilizados, porém exigem maior cuidado para evitar o favorecimento de doenças foliares e interferências na atividade dos insetos polinizadores. (Maroli A., et al. e-TECH, Florianópolis, v. 15 n. 3 2022).

O monitoramento fitossanitário constante é indispensável para o controle de pragas e doenças na cultura da abóbora cabotiá. Entre as principais pragas destacam-se a mosca-branca, responsável pelo prateamento das folhas; o pulgão, considerado importante vetor de viroses como PRSV-W e ZYMV, que provocam deformações em frutos e folhas; e a broca-das-cucurbitáceas, que ataca brotos e a polpa dos frutos. (Maroli A., et al. e-TECH, Florianópolis, v. 15 n. 3 2022).

Entre as doenças mais comuns estão o oídio, caracterizado pela presença de massa branca nas folhas, e o míldio, que provoca manchas amareladas, principalmente em condições de alta umidade. Além disso, o nematoide das galhas (*Meloidogyne javanica*) pode causar sérios prejuízos à cultura, formando tumores nas raízes, comprometendo a absorção de nutrientes e reduzindo significativamente a produtividade.

2.4. COMERCIALIZAÇÃO DA ABÓBORA CABOTIÁ EM ALTA FLORESTA – MT

Embora os estudos analisados não citem especificamente o município de Alta Floresta, as entrevistas realizadas com feirantes da Feira Livre Odílio Oliveira de Paula demonstraram que a comercialização da abóbora cabotiá, possui grande importância econômica para os produtores rurais da região. Segundo os entrevistados, o cultivo da cultura contribui

diretamente para a geração de renda da agricultura familiar, sendo a feira livre um dos principais meios de comercialização dos frutos produzidos localmente.

Além da venda tradicional da abóbora in natura, observou-se também uma crescente procura por produtos minimamente processados, como abóbora descascada e cortada, devido à praticidade oferecida aos consumidores. Essa forma de comercialização agrega maior valor ao produto, aumentando a rentabilidade dos produtores e fortalecendo o comércio local. Dessa forma, a Feira Livre Odílio Oliveira de Paula destaca-se como um importante espaço de comercialização e incentivo à agricultura familiar no município de Alta Floresta.

3. MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho foi desenvolvido por meio de uma revisão bibliográfica sobre a cultura da abóbora cabotiá, utilizando artigos científicos, livros, materiais técnicos e publicações voltadas às áreas agrícola e nutricional. Além disso, foram realizadas entrevistas e conversas exploratórias com feirantes da Feira Livre Odílio Oliveira de Paula, localizada no município de Alta Floresta, com o objetivo de obter informações sobre o cultivo e a comercialização da abóbora cabotiá na região. Durante as entrevistas, utilizaram-se caneta, formulário e aparelho celular para registro fotográfico.

As seguintes perguntas foram feitas: qual é a motivação para o cultivo da abóbora cabotiá; quais tipos de patógenos foram encontrados no cultivo; quais métodos de irrigação são utilizados; quais métodos de plantio são empregados; quais variedades de abóbora são comercializadas na feira; por que os produtores cultivam apenas a variedade cabotiá; e se o cultivo comercializado é proveniente da região de Alta Floresta – MT.

A pesquisa apresentou caráter descritivo e qualitativo, reunindo informações sobre o cultivo da abóbora cabotiá, sua relevância econômica, alimentar e nutricional. Os dados obtidos permitiram compreender os principais fatores que influenciam o desenvolvimento da cultura, a produtividade, a qualidade dos frutos e os desafios enfrentados pelos produtores locais. Além disso, foram analisados aspectos relacionados ao manejo agrícola, incluindo preparo do solo, irrigação, controle de pragas e doenças, visando compreender a importância da cultura para a agricultura regional e para a alimentação da população.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados obtidos por meio da revisão bibliográfica e das entrevistas realizadas com feirantes da Feira Livre Odílio Oliveira de Paula, no município de Alta Floresta, demonstraram que a abóbora cabotiá possui grande importância econômica, nutricional e agrícola para a região. Durante as entrevistas, observou-se que os produtores cultivam predominantemente a variedade cabotiá devido à sua alta aceitação comercial, boa produtividade, resistência pós-colheita e facilidade de comercialização.

Os entrevistados relataram que o cultivo da abóbora cabotiá representa uma importante fonte de renda para a agricultura familiar local, sendo comercializada principalmente em feiras livres e mercados da região. Além disso, foi observado que existe uma crescente procura por produtos minimamente processados, como abóbora descascada e cortada, agregando maior valor econômico ao produto e proporcionando maior praticidade aos consumidores.

Em relação ao manejo agrícola, verificou-se que os produtores utilizam principalmente irrigação por aspersão e manejo tradicional do solo, com utilização de adubação orgânica e química para melhorar a produtividade da cultura. Também foram relatados problemas fitossanitários durante o cultivo, destacando-se a presença de pulgões, mosca-branca, oídio e nematoides, fatores que podem comprometer o desenvolvimento das plantas e reduzir a qualidade dos frutos.

Os resultados obtidos corroboram as informações descritas na literatura, que apontam a abóbora cabotiá como uma cultura de elevada adaptabilidade às condições climáticas brasileiras, especialmente em regiões de clima tropical. Além disso, os estudos analisados evidenciam o elevado valor nutricional da cultura, devido à presença de fibras, vitaminas, carotenoides e minerais importantes para a saúde humana.

Outro aspecto relevante observado foi o aproveitamento integral da abóbora cabotiá, incluindo casca e sementes, utilizadas na produção de alimentos como farinhas, snacks, bolos e barras de cereais. Esse aproveitamento contribui para a redução do desperdício de alimentos e para o aumento do valor nutricional das preparações alimentícias.

5. CONCLUSÃO

A abóbora cabotiá apresenta grande importância nutricional, econômica e agrícola, destacando-se como uma cultura de elevada relevância para a agricultura familiar e para a alimentação da população. O estudo demonstrou que a cultura possui boa adaptação às condições climáticas brasileiras, elevado potencial produtivo e ampla aceitação comercial, fatores que favorecem seu cultivo no município de Alta Floresta.

As entrevistas realizadas com feirantes da Feira Livre Odílio Oliveira de Paula permitiram compreender que a comercialização da abóbora cabotiá contribui significativamente para a geração de renda dos produtores locais, fortalecendo o comércio regional e incentivando a agricultura familiar. Além disso, observou-se crescente interesse por produtos minimamente processados, agregando valor econômico à cultura.

Do ponto de vista nutricional, a abóbora cabotiá destaca-se pela presença de fibras, vitaminas, minerais e compostos antioxidantes, que contribuem para uma alimentação saudável e para a prevenção de doenças. Dessa forma, conclui-se que a cultura da abóbora cabotiá possui relevante importância social, econômica e alimentar, sendo necessária a ampliação de estudos e incentivos voltados ao seu cultivo, manejo e aproveitamento integral.

REFERÊNCIAS

ALEXANDRE, Heitor Soares. **Seleção de genótipos de cucurbitáceas resistentes, como alternativa para o manejo de Meloidogyne javanica.** 2025. 45 f. Dissertação (Mestrado em Olericultura) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, Morrinhos, 2025.

CARVALHO, B. R. S. **Avaliação físico-química e sensorial de biscoitos tipo cookies elaborados a partir da farinha da abóbora hibrida Tetsukabuto**. Monografia. Ciências Agrárias do IF BAIANO. 2020, 59p.

CORREA GIL, Y. D. L. A.; PICCOLI, C.; STEFFENS, C. Aproveitamento integral de alimentos: avaliação físico-química de bolos à base de abóbora de pescoço (Cucurbita moschata). **Revista da Associação Brasileira de Nutrição - RASBRAN**, [S. l.], v. 10, n. 1, p. 109–116, 2019.

EMBRAPA. **Perdas e Desperdício de Alimentos.** 2018. Disponível em: https://www.embrapa.br/tema-perdas-e-desperdicio-de-alimentos. Acesso em: 19 mai. 2026.

FORTES, R. R.; BRIGAGÃO, T. C. S.; LOURENÇO, C. O.; CARVALHO, E. E. N.; TAVANO, O. L. GARCIA, J. A. D. Caracterização física e química de farinha de arroz, farinhas de cascas de abacaxi e banana e farinha de sementes de abóbora**. Research, Society and Development**, v. 9, n. 9, p. 1-17, 2020.

FROSI, A. R.; GIROTTO, S. I.; TOMBINI, C.; LAJÚS, C. R.; MACHADO JUNIOR, F. R. S. DALCANTON, F. Elaboração de barra de cereal incorporada com casca, polpa e semente de abóbora cabotiá. **Ciência e Tecnologia de Alimentos: o avanço da ciência no Brasil** - ISBN 978-65-5360-291-5,v. 3, p.

MAROLI, Andreia Cristina et al. Utilização da semente da abóbora cabotiá na elaboração de snack salgado. **e-TECH: Tecnologias para Competitividade Industrial**, Florianópolis, v. 15, n. 3, 2022. Disponível em: https://doi.org/10.18624/etech.v15i3.1210. Acesso em: 19 maio 2026.

RODRIGUES, Amanda Miranda et al. **Abóbora Cabotiá**: aplicação de tecnologias e práticas para incrementar a eficiência da produção agrícola. Piracicaba: ESALQ-USP/Casa do Produtor Rural,2024 2024. (Ebooks Casa do Produtor Rural). Disponível: https://doi.org/10.11606/9786587391656. Acesso em: 19 maio 2026.

SANTOS, Heide Gabriel dos et al. Sobremesas geladas com aproveitamento integral da abóbora cabotiá. *Revista Foco*, v. 17, n. 6, e5202, p. 1-14, 2024. Disponível em: https://doi.org/10.54751/revistafoco.v17n6-053. Acesso em: 19 maio 2026.

CAPÍTULO XVI

EXISTE EFEITO DO EXTRATO AQUOSO DE COMMIPHORA LEPTOPHLOEOS SOBRE A EMERGÊNCIA E O DESENVOLVIMENTO INICIAL DE PLÂNTULAS DE FEIJÃO-FAVA E ALFACE?

DOES THE AQUEOS EXTRACT OF COMMIPHORA LEPTOPHLOEOS HAVE AN EFFECT ON THE EMERGENCE AND EARLY DEVELOPMENT OF LIMA BEAN AND LETTUCE SEEDLINGS?

DOI: 10.51859/amplla.mac6322-16

Monalisa Alves Diniz da Silva [1]
Tamires Keila Araújo dos Santos Nascimento [2]
Joyce Naiara da Silva [3]
Kevin Kilmer Siqueira de Lima Silva [4]
Larissa Marcos de Almeida [5]
Edilma Pereira Gonçalves [6]
Jeandson Silva Viana [7]

[1] Professora Titular do curso de Agronomia. Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE, Unidade Acadêmica de Serra Talhada – UAST.
[2] Eng. Agr. Autônoma.
[3] Doutora em Agronomia pelo Programa de Pós-Graduação em Agronomia da Universidade Federal da Paraíba – UFPB.
[4,5] Graduandos do curso de Agronomia. Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE, Unidade Acadêmica de Serra Talhada – UAST.
[6,7] Professores Titulares do curso de Agronomia. Universidade Federal do Agreste de Pernambuco – UFAPE.

RESUMO

A alelopatia constitui um importante mecanismo de interação entre plantas, no qual compostos químicos produzidos e liberados por uma espécie podem interferir a emergência e o desenvolvimento inicial de outras espécies. Nesse contexto, espécies nativas da Caatinga apresentam potencial para estudos sobre interações alelopáticas. Este estudo avaliou o efeito alelopático do extrato aquoso de folhas de imburana-vermelha (*Commiphora leptophloeos*) sobre a emergência e o desenvolvimento inicial de plântulas de feijão-fava (*Phaseolus lunatus*) e alface (*Lactuca sativa*). Os experimentos foram conduzidos em delineamento inteiramente casualizado, com cinco concentrações do extrato (0, 25, 50, 75 e 100%). Foram avaliadas características relacionadas à emergência e o desenvolvimento inicial das plântulas. O aumento da concentração do extrato reduziu a porcentagem de emergência e o índice de velocidade de emergência de ambas as espécies, com efeito mais pronunciado nas sementes de alface. Quanto ao desenvolvimento inicial, as diferentes concentrações do extrato não provocaram alterações significativas no comprimento ou no acúmulo de massa seca das plântulas de alface. Em contrapartida, o aumento da concentração causou efeito prejudicial ao feijão-fava, reduzindo substancialmente o comprimento do seu sistema radicular e o acúmulo de massa seca aérea e radicular. Conclui-se que o extrato aquoso de *C. leptophloeos* apresenta efeito negativo sobre a emergência de ambas as espécies, e afeta negativamente o desenvolvimento inicial do feijão-fava, embora não comprometa o crescimento das plântulas de alface.

Palavras-chave: Alelopatia. Feijão-fava. Alface. Emergência.

ABSTRACT

Allelopathy is a key mechanism of plant interaction in which chemical compounds produced and released by one species can interfere with the emergence and early development of other species. In this context, native species of the Caatinga biome offer potential for studying allelopathic interactions. This study evaluated the allelopathic effect of an aqueous leaf extract from *Commiphora leptophloeos* (imburana-vermelha) on the emergence and early development of lima bean (*Phaseolus lunatus*) and lettuce (*Lactuca sativa*) seedlings. The experiments followed a completely randomized design using five extract concentrations (0, 25, 50, 75, and 100%). Parameters related to seedling emergence and early development were assessed. Increasing extract concentration reduced the emergence percentage and the emergence speed index for both species, with a more pronounced effect observed in lettuce seeds. Regarding early development, the different extract concentrations did not cause significant changes in the length or dry mass accumulation of lettuce seedlings. In contrast, increasing the concentration had a detrimental effect on lima beans, substantially reducing root system length as well as shoot and root dry mass accumulation. It is concluded that the aqueous extract of *C. leptophloeos* negatively affects the emergence of both species and impairs the early development of lima beans, although it does not compromise the growth of lettuce seedlings.

Keywords: Allelopathy. Lima bean. Lettuce. Emergence.

1. INTRODUÇÃO

A adoção de práticas ecológicas na condução de sistemas agrícolas produtivos pode contribuir para o estabelecimento e desenvolvimento dos sistemas agroflorestais. Dentre tais práticas, destaca-se a diversificação da produção, ou seja, o cultivo de diferentes espécies vegetais de forma consorciada. Entretanto, verifica-se em tais cultivos, diferentes tipos de interação entre as espécies, com destaque para a alelopatia, interação biológica na qual diferentes partes da planta podem liberar no ambiente metabólitos secundários que podem exercer efeitos benéficos ou prejudiciais, comumente sobre o processo de germinação das sementes e o desenvolvimento das plantas adjacentes.

Entre os fatores que podem influenciar a resposta alelopática, destacam-se as características do material vegetal utilizado na preparação dos extratos e sua concentração (*Silva et al.*, 2021). Nesse sentindo, Silva *et al*. (2018) observaram que o extrato de folhas frescas de *Tabebuia aurea* (Silva Manso) Benth & Hook F. Ex S. Moore aplicado em sementes de alface (*Lactuca sativa* L.) não reduziu a porcentagem de germinação, embora tenha alterado o seu vigor, já o extrato de suas folhas secas causou redução tanto na germinação quanto no vigor das sementes.

A concentração do extrato também constitui um importante fator na manifestação dos efeitos alelopáticos. Oliveira *et al*. (2015) verificaram que as maiores concentrações do extrato aquoso de folhas frescas de *Ziziphus joazeiro* Mart. reduziram a porcentagem de germinação das sementes de alface e o comprimento da parte aérea das suas plântulas. Comportamento

semelhante foi observado para o extrato de *Caesalpinia pyramidalis* Tul, que em maiores concentrações, apesar de não afetar a germinação, reduziu o comprimento das plântulas de alface. Dessa forma, a resposta das espécies alvo pode variar tanto em função da concentração do extrato quanto das características do material vegetal empregado, reforçando a necessidade de investigar essas relações para diferentes espécies.

Na região Nordeste do Brasil, predomina o domínio vegetal da Caatinga, caracterizado como uma floresta seca. Esse bioma ocupa cerca de 10% do território nacional (IBGE, 2026) e apresenta expressiva biodiversidade, apesar das condições climáticas semiáridas. Entre as várias espécies florestais presentes nesse bioma, encontra-se a *Commiphora leptophloeos* (Mart.) J.B. Gillett, conhecida popularmente como umburana-de-cambão ou imburana vermelha. A espécie é uma árvore de três a oito metros de altura, presente não apenas na Caatinga, mas também em áreas do Cerrado (Siqueira *et al.*, 2009). Além de sua importância ecológica, *C. leptophloeos* destaca-se pelo seu potencial melífero, artesanal, medicinal e forrageiro (Martins *et al.*, 2004). Estudos com o extrato etanólico das suas folhas têm demonstrado atividades biológicas, com efeitos antidiarreico e antiespasmódico (Pessoa *et al.*, 2021), evidenciando a presença de compostos biologicamente ativos na espécie.

Embora a presença de compostos bioativos em *C. leptophloeos* indique potencial na medicina popular, ainda são escassas as informações sobre o potencial alelopático de seus extratos e de sua influência sobre espécies cultivadas. Essa lacuna apresenta particular relevância em sistemas agrícolas e agroflorestais, nos quais diferentes espécies podem compartilhar o mesmo ambiente e estabelecer interações químicas.

Entre as espécies agrícolas cultivadas na região semiárida do Nordeste brasileiro, a alface (*Lactuca sativa* L.), bem como o feijão-fava (*Phaseolus lunatus* L.), são dois produtos agrícolas amplamente consumidos e comercializados, principalmente nas feiras livres do interior das cidades nordestinas. Nesse contexto, surge a indagação a respeito do possível efeito do extrato aquoso da *C. leptophloeos* sobre a emergência e o desenvolvimento inicial das plântulas de feijão-fava e alface.

Diante do exposto, este estudo teve como objetivo avaliar o efeito alelopático do extrato aquoso de folhas frescas de *C. leptophloeos* sobre a emergência e o desenvolvimento inicial de plântulas de feijão-fava e alface.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Os experimentos foram realizados na Universidade Federal Rural de Pernambuco, na Unidade Acadêmica de Serra Talhada, situada no município de Serra Talhada – PE. Para avaliar o potencial alelopático das folhas de *C. leptophloeos*, foram conduzidos dois experimentos com diferentes espécies alvo, o feijão-fava e a alface. As sementes de ambas as espécies foram adquiridas no comércio local.

As folhas de *C. leptophloeos* foram coletadas pela manhã nas proximidades da Unidade Acadêmica de Serra Talhada. Para preparar o extrato aquoso, foram utilizadas 250 g de folhas frescas para cada 1000 mL de água destilada, conforme o método descrito por Cruz *et al.* (2000). As folhas foram trituradas em um liquidificador industrial com água destilada por três minutos, seguidos por um período de repouso de 30 minutos.

Após o período de repouso, o extrato foi filtrado em uma peneira com malha de 2,0 mm e depois em um pano de algodão, resultando em um extrato concentrado (100%). Para a obtenção das diferentes concentrações, o extrato concentrado foi diluído com água destilada, alcançando as seguintes concentrações: 25%, 50% e 75%. Como controle (0% de concentração), foi utilizada apenas água destilada.

Os testes de emergência foram realizados em bandejas de isopor com 128 células para feijão-fava e 200 células para alface, utilizando areia esterilizada como substrato, no qual as sementes foram semeadas. A irrigação das bandejas foi feita diariamente com as diferentes concentrações do extrato aquoso. Diariamente, após a semeadura, foram realizadas avaliações durante um período de nove dias para o feijão-fava e sete dias para a alface (Brasil, 2009). Ao final do teste foi contabilizada a porcentagem de emergência, considerando-se as plântulas normais.

Conjuntamente com o teste de emergência, foi avaliado o índice de velocidade de emergência conforme Maguire (1962), enquanto o tempo médio de emergência foi determinado de acordo com Labouriau (1983).

Ao final do teste de emergência, as plântulas normais de cada repetição foram medidas quanto ao comprimento da parte aérea e do sistema radicular, utilizando-se uma régua milimétrica, com os resultados expressos em centímetros.

Posteriormente, as plântulas foram seccionadas na região do coleto, separando-se a parte aérea e o sistema radicular, que foram colocados em sacos de papel e mantidos em

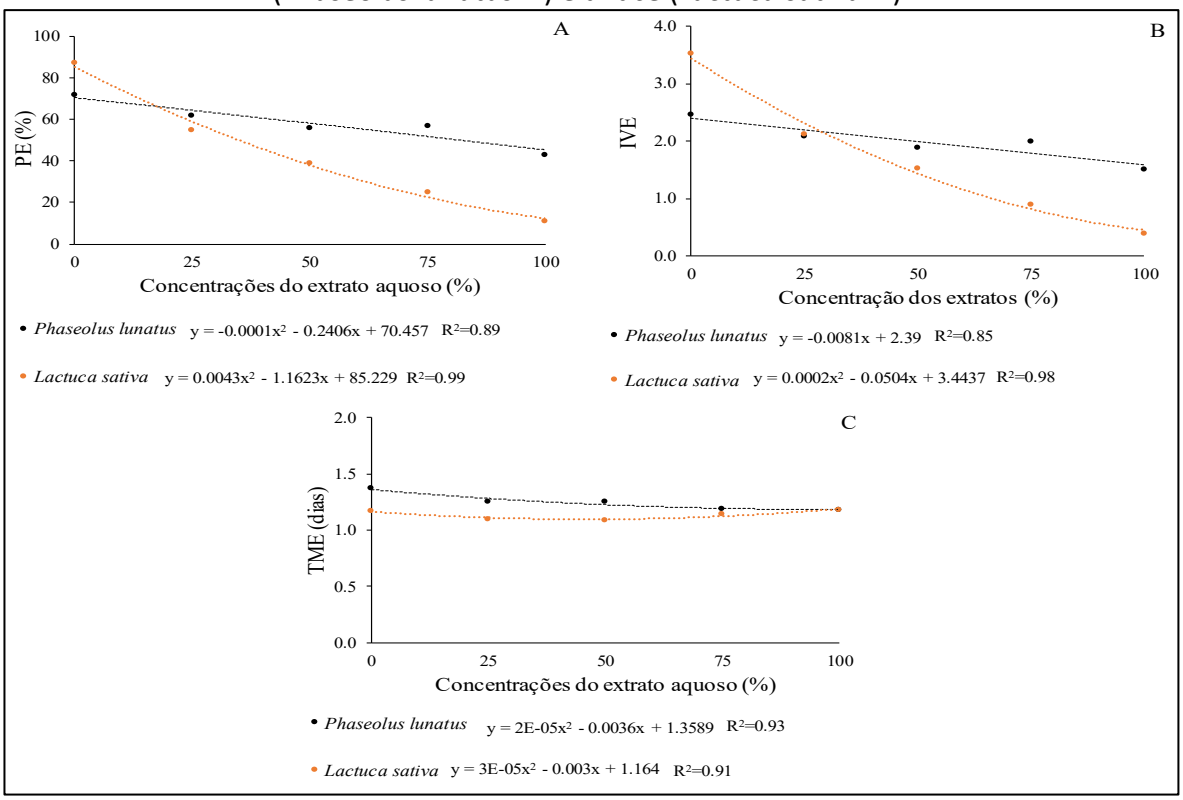
estufa a 80 °C por 24 horas, conforme recomendações de Nakagawa (1999). Após a secagem, a massa seca foi obtida pela pesagem da parte aérea e do sistema radicular em balança analítica com precisão de 0,001 g.

Para cada experimento realizado o delineamento adotado foi inteiramente casualizado (DIC), com cinco concentrações (0; 25; 50; 75 e 100%) e cinco repetições de 20 sementes para cada tratamento. Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância (ANOVA), quando observado efeito significativo, os dados foram submetidos à análise de regressão. As análises estatísticas foram realizadas utilizando o software Sisvar Versão 5.6 (Ferreira, 2014).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Ao analisar a porcentagem de emergência (PE) das plântulas de feijão-fava e alface (Figura 1A), verificou-se uma redução considerável para ambas as espécies à medida que houve o aumento da concentração do extrato. Para a alface, observou-se redução de aproximadamente 76% entre o controle (apenas água destilada) e a concentração de 100%, evidenciando elevada sensibilidade da espécie ao extrato de *C. leptophloeos*. Para o feijão-fava o efeito foi menor, reduzindo apenas 43% da emergência entre as concentrações 0 e 100%.

Figura 1 - Efeito de diferentes concentrações do extrato aquoso de folhas de *Commiphora leptophloeos* sobre a Porcentagem de Emergência (PE) (A), Índice de Velocidade de Emergência (IVE) (B) e Tempo Médio de Emergência (TME) de plântulas de feijão-fava (*Phaseolus lunatus* L.) e alface (*Lactuca sativa* L.).



Fonte: Autoria própria.

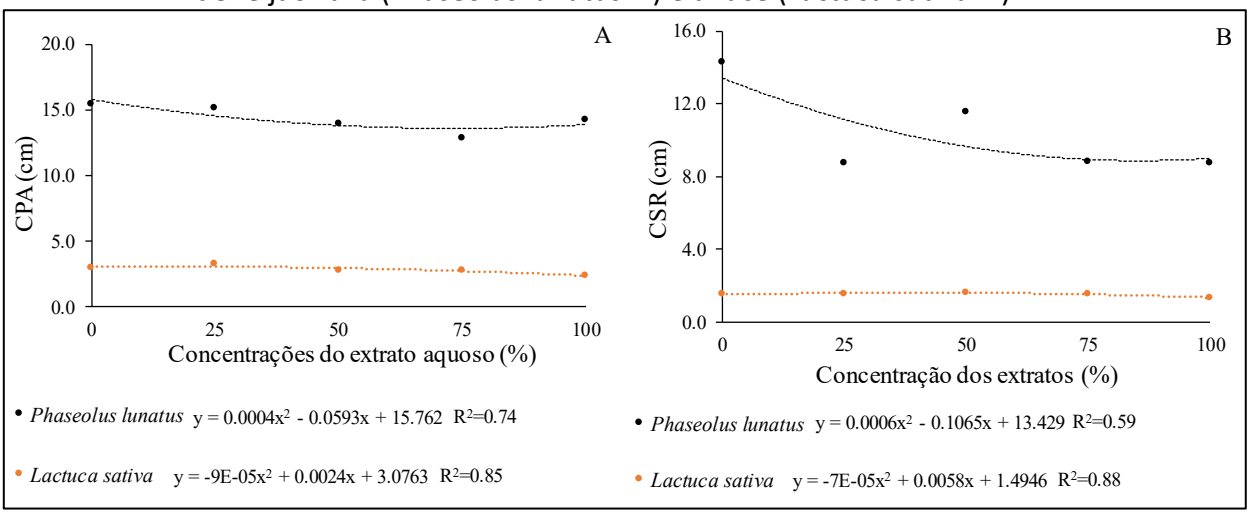
Com relação ao índice de velocidade de emergência (IVE) das plântulas (Figura 1B), verificou-se que as sementes de alface apresentaram uma redução bem mais acentuada do que o feijão-fava, mesmo possuindo um IVE superior na concentração controle. Na menor concentração, o índice foi de 2,5 para o feijão-fava e 3,53 para a alface, já na maior concentração, o IVE foi de 1,5 e 0,39, respectivamente, indicando uma redução acentuada no vigor conforme o aumento das doses do extrato *C. leptophloeos.* Tais reduções na emergência e no IVE podem indicar o efeito alelopático da espécie. Resultados semelhantes foram observado por Silveira *et al.* (2011), à medida que houve o aumento da concentração do extrato aquoso de sementes de *Mimosa tenuiflora* houve redução no índice de velocidade de germinação das sementes de alface.

Quando ao tempo médio de emergência (TME) das plântulas (Figura 1C), os valores permaneceram próximos a um dia para ambas as espécies, independente da concentração utilizada. Destaca-se também que, apesar das plântulas de alface apresentam valores de TME

um pouco mais abaixo do que os valores das plântulas de feijão-fava, ambos se tornam iguais na concentração máxima do extrato.

Ao avaliar o desenvolvimento inicial das plântulas, verificou-se que o comprimento da parte aérea (CPA) não foi significativamente influenciado pelas concentrações do extrato (Figura 2A). No feijão-fava, apesar da ocorrência de menor valor na concentração de 75%, os valores permaneceram próximos a 15 cm ao longo das concentrações avaliadas. Para a alface, os valores variaram próximo a 3,5 cm. Araújo *et al.* (2021) ao utilizar o extrato aquoso de folhas de tamboril (*Enterolobium contortisiliquum*) observaram que independente da concentração utilizada, o crescimento da parte aérea das plântulas de feijão-fava não foi afetado.

Figura 2 - Efeito de diferentes concentrações do extrato aquoso de folhas de *Commiphora leptophloeos* sobre o comprimento da parte aérea (A) e do sistema radicular (B) de plântulas de feijão-fava (*Phaseolus lunatus* L.) e alface (*Lactuca sativa* L.).



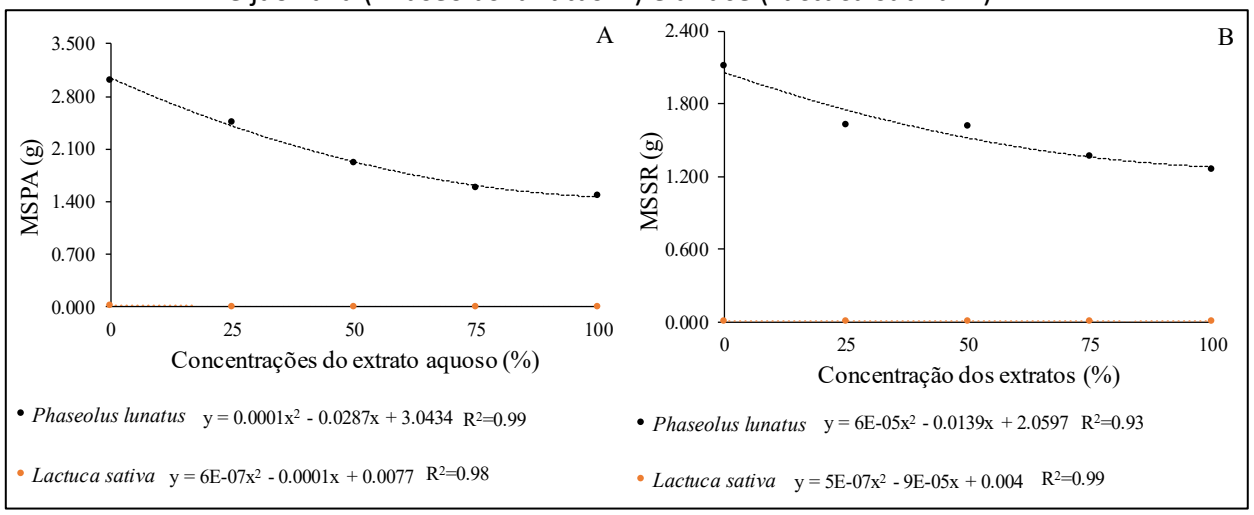
Fonte: Autoria própria.

Quanto ao comprimento do sistema radicular (CSR) (Figura 2B), observou-se que as plântulas de feijão-fava foram afetadas pelas concentrações do extrato, com redução acentuada do comprimento já na concentração de 25%. Em contraste, o CSR das plântulas de alface não foi afetado pelas diferentes concentrações do extrato, esse resultado difere do observado por Oliveira *et al.* (2022), que verificaram alongamento da raiz de *L. sativa* em função de compostos fenólicos como taninos e flavonoides presentes no extrato foliar de *Croton heliotropiifolius* Kunth. Vale observar que nesse mesmo trabalho, o extrato de *C. heliotropiifolius* não provocou redução da germinação das sementes de alface, logo, caracteriza-se como um efeito alelopático benéfico. Em trabalhos anteriores foi evidenciado

que o extrato de folhas secas de *Prosopis juliflora* (Sw.) DC diminuiu a germinação das sementes de alface nas maiores concentrações, além de comprometer o sistema radicular de suas plântulas (Silveira *et al.*, 2018). Esses resultados evidenciam que as respostas da alface aos extratos vegetais podem variar em função da espécie avaliada, da concentração utilizada e da composição química do extrato.

Quanto ao acúmulo de massa seca da parte aérea (MSPA) (Figura 3A) e o acúmulo de massa seca do sistema radicular (MSSR) (Figura 3B), observou-se que para as plântulas de feijão-fava houve redução no acúmulo de massa tanto da parte aérea como do sistema radicular à medida que houve o aumento da concentração do extrato. Já para as plântulas de alface, ambas massas secas se mostraram indiferente às concentrações do extrato.

Figura 3 - Efeito de diferentes concentrações do extrato aquoso de folhas de *Commiphora leptophloeos* sobre a massa seca da parte aérea (A) e do sistema radicular (B) de plântulas de feijão-fava (*Phaseolus lunatus* L.) e alface (*Lactuca sativa* L.).



Fonte: Autoria própria.

A presença de aleloquímicos nos extratos vegetais pode influenciar diretamente o crescimento e o acúmulo de matéria seca em plântulas suscetíveis por meio de múltiplos mecanismos fisiológicos e bioquímicos, incluindo alterações na permeabilidade das membranas celulares, redução da eficiência fotossintética e intensificação do estresse oxidativo (Oracz *et al.*, 2007; Radhakrishnan *et al.*, 2018; Ghimire *et al.*, 2020), o que corrobora com o presente trabalho, no qual as diferentes concentrações dos extratos de *C. leptophloeos* ocasionou efeito negativo tanto sobre o crescimento quanto sobre o acúmulo de matéria seca das plântulas de feijão-fava.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O extrato aquoso de folhas de *C. leptophloes* apresenta efeito inibitório sobre a emergência de feijão-fava e alface. Quanto ao desenvolvimento inicial, as concentrações avaliadas não alteram significativamente o crescimento das plântulas de alface, enquanto o feijão-fava apresenta redução no comprimento do sistema radicular e no acúmulo de massa seca das plântulas. Dessa forma, o efeito do extrato de *C. leptophloeos* mostrou-se dependente da espécie alvo e da fase de estabelecimento avaliada.

REFERÊNCIAS

ARAÚJO, A. V.; BRITO, A. C. V.; SILVA, M. A. D.; FERRAZ, A. P. F. **Emergência e crescimento inicial de feijão-fava e de cebolinha sob ação do extrato aquoso de folhas de Enterolobium contortisiliquum.** Diversitas Journal, v.6, n.2, p.1980-1988, 2021. https://doi.org/10.17648/diversitas-journal-v6i2-1110

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para Análise de Sementes.** Secretaria de Defesa Agropecuária: Brasília: MAPA/ACS, 2009. 399 p.

CRUZ, M. E. Z.; NOZAKI, M. H.; BATISTA, M. A. **Plantas medicinais e alelopatia. Biotecnologia Ciência e Desenvolvimento**, v. 3, n.15, p. 28-34, 2000.

FERREIRA, D. F. **Sisvar: a Guide for its Bootstrap procedures in multiplecomparisons.** Ciência e agrotecnologia, v. 38, p. 109-112, 2014.

GHIMIRE, B. K.; WANG, M. H.; SACKS, E. J.; YU, C. Y.; KIM, S. H.; CHUNG, I. M. **Screening of allelochemicals in Miscanthus sacchariflorus extracts and assessment of their effects on germination and seedling growth of common weeds.** Plants, v.9, n.10, p.1-23, 2020. https://doi.org/10.3390/plants9101313

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Biomas brasileiros.** Rio de Janeiro: IBGE, [s.d.]. Disponível em:https://educa.ibge.gov.br/jovens/conheca-o-brasil/territorio/18307-biomas-brasileiros.html. Acesso em: 3 ago. 2026.

LABOURIAU, L. G. **A germinação de sementes.** Washington: Departamento de Assuntos Científicos e Tecnológicos da Secretaria Geral da Organização dos Estados Americanos, 1983. 173 p.

MAGUIRE, J. D. **Speed of germination: aid in seletion and evaluation for seedling emergence and vigor.** Crop Science, v.2, n.2, p.176-177, 1962.

NAKAGAWA, J. **Testes de vigor baseados no desempenho de plântulas.** In: KRZYZANOWSKI, F. C.; VIEIRA, R. D.; FRANÇA NETO, J.B. (Eds). Vigor de sementes: conceitos e testes. Londrina: ABRATES, p. 1-21. 1999.

OLIVEIRA, A. S.; PINTO, M.; ARAÚJO, A.; NUNES, A.; BRITO, A. C. (2015). **Extratos de juazeiro e catingueira são alelopáticos às plântulas de alface?** Enciclopedia Biosfera, v.11, n.21. p.230 – 242.

OLIVEIRA, E. B. de; SILVA, I. A. da; SILVA, W. F. da; SILVA, J. A. da; SILVA, C. B. da; SILVA, R. R. da. **Phytochemical investigation and allelopathic activity of the foliar extract of Crotonhelio tropiifolius Kunth on the initial development of Lactuca sativa L.** Research, Society and Development, [S. l.], v. 11, n. 14, p. e151111435613, 2022. DOI: 10.33448/rsd-v11i14.35613.

ORACZ, K.; BAILLY, C.; GNIAZDOWSKA, A.; CÔME, D.; CORBINEAU, F.; BOGATEK, R. **Induction of oxidative stress by sunflower phytotoxins in germinating mustard seeds.** Journal of Chemical Ecology, v.33, p.251-264, 2007. https://doi.org/10.1007/s10886-006-9222-9

PESSOA, R.F.; FIGUEIREDO, I.A.D.; FERREIRA, S.R.D.; SILVA, A.R.L.F.C.; PAIVA, R.L.M.; CORDEIRO, L.V.; LIMA, E.O.; CABRERA, S.P.; SILVA, T.M.S.; CAVALCANTE, F.A. **Investigation of ethnomedicinal use of Commiphora leptophloeos (Mart.) J. B. Gillett (Burseraceae) in treatment of diarrhea**, Journal of Ethnopharmacology, v.268, 2021, 113564, https://doi.org/10.1016/j.jep.2020.113564.

RADHAKRISHNAN, R.; ALQARAWI, A. A.; ABDALLAH, E. F. BIOHERBICIDES: **Current knowledge on weed control mechanism.** Ecotoxicology and Environmental Safety, v.158, p.131-138, 2018. https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2018.04.018

SILVA, E. S.; MACHADO, M. A. B. L.; ALBUQUERQUE, K. A. D. **Efeito alelopático de extrato aquoso de folhas de Tabebuia aurea (Silva Manso) Benth. & Hook F. Ex S. Moore sobre a germinação de sementes de Lactuca sativa L.** Revista Ouricuri, v. 8, n. 2, p. 10-25, 2018. Disponível em: http://www.revistas.uneb.br/index.php/ouricuri. Acesso em: 15 jan. 2020.

SILVA, M. A. D., SILVA, J. N., ALVES, R. M., GONÇALVES, E. P., VIANA, J. S. **Alelopatia de espécies da Caatinga.** Research, Society and Development, v.10, n.4, p.e57610414328-e57610414328. 2021. https://doi.org/10.33448/rsd-v10i4.14328

SILVEIRA, P. F. DA.; COELHO, M. DE F. B.; MAIA, S. S. S.; CAMILI, E. C.; SPILLER, C.; VARGAS, S. H. **Atividade alelopática de extratos de folhas e sementes de Prosopis juliflora na germinação de alface.** Revista Em Agronegócio e Meio Ambiente, v.14, n.2, p.523–535. 2021.https://doi.org/10.17765/2176-9168.2021v14n2e8249.

SILVEIRA, P. F.; MAIA, S. S. S.; COELHO, M. F. B. **Potencial alelopático do extrato aquoso de folhas de Mimosa tenuiflora (Willd.) Poir. na germinação de Lactuca sativa L.** Bioscience Journal, v. 28, n. 3, p. 472-477, 2012. Disponível em: http://www.seer.ufu.br/index.php/biosciencejournal/article/view/12409/9592. Acesso em: 12 jan. 2020.

SILVEIRA, P. F.; MAIA, S. S. S.; COELHO, M. F. B. **Potencial alelopático do extrato aquoso de cascas de jurema preta no desenvolvimento inicial de alface.** Revista Caatinga, v. 25, n. 1, p. 20-27, 2012. Disponível em: https://periodi-

cos.ufersa.edu.br/index.php/caatinga/article/view/2027/pdf. Acesso em: 08 jan. 2020.

SILVEIRA, P. F.; MAIA, S. S. S.; COELHO, M. F. B**. Atividade alelopática do extrato aquoso de sementes de jurema preta na germinação de alface.** Revista Ciências Agrárias, v.54, n.2, p.101-106, 2011.

SIQUEIRA, J. A.; SANTOS, A. P. B.; NASCIMENTO, M. F. S.; SANTO, F. S. E. 2009**. Guia de campo de árvores da Caatinga.** Petrolina, Editora e Gráfica Franciscana.

CAPÍTULO XVII

SELEÇÃO DE MICRORGANISMOS RIZOSFÉRICOS COM POTENCIAL PARA PROMOÇÃO DE CRESCIMENTO EM MUDAS DE TECA (*TECTONA GRANDIS* L.F.)

SELECTION OF RHIZOSPHERIC MICROORGANISMS WITH POTENTIAL TO PROMOTE GROWTH IN TEAK SEEDLINGS (*TECTONA GRANDIS* L.F.)

DOI: 10.51859/amplla.mac6322-17

Ricardo Christin Lobato Machado [1]
Ângela Batista Guimarães [2]
Vitória Luiza dos Passos [2]
João Victor Costa Rezende [3]
Adriane vitória de Freitas Gomes [3]
Gisele Barata da Silva [4]

[1] Doutorando em Ciências Florestais. Universidade Federal Rural da Amazônia – UFRA
[2] Mestranda em Ciências Florestais. Universidade Federal Rural da Amazônia – UFRA
[3] Graduando em Agronomia. Universidade Federal Rural da Amazônia – UFRA
[4] Professora Titular. Universidade Federal Rural da Amazônia – UFRA

RESUMO

A utilização de microrganismos promotores de crescimento constitui uma estratégia potencial para melhorar a produção de mudas florestais, contribuindo para o desenvolvimento inicial e a qualidade das plantas. Neste estudo, avaliou-se o efeito de diferentes microrganismos sobre o crescimento de mudas de *Tectona grandis* L.f. O experimento foi conduzido em condições de viveiro, sendo avaliadas características de crescimento e produção de biomassa, incluindo altura da parte aérea, diâmetro do coleto, massa seca da parte aérea e massa seca das raízes. Os resultados demonstraram diferenças significativas entre os tratamentos para todas as características avaliadas, evidenciando respostas diferenciadas das mudas à inoculação. Alguns tratamentos promoveram maior crescimento em altura e diâmetro do coleto, enquanto outros favoreceram o acúmulo de massa seca da parte aérea e das raízes. De modo geral, os resultados demonstram que a utilização de microrganismos pode favorecer diferentes componentes do crescimento de mudas de teca, embora a magnitude das respostas varie conforme o atributo avaliado. Conclui-se que a inoculação microbiana apresenta potencial como estratégia para auxiliar na produção de mudas de *T. grandis*, sendo necessários estudos adicionais para validar sua eficiência em diferentes condições de cultivo.

Palavras-chave: Crescimento vegetal. Microrganismos promotores de crescimento. Produção de mudas.

ABSTRACT

The use of plant growth-promoting microorganisms is a potential strategy for improving the production of forest seedlings by enhancing early plant development and quality. This study evaluated the effects of different microorganisms on the growth of *Tectona grandis* L.f. seedlings. The experiment was conducted under nursery conditions, and growth and biomass traits were evaluated, including shoot height, collar diameter, shoot dry mass, and root dry mass. The results showed significant differences among treatments for all evaluated traits, demonstrating differential responses of seedlings to microbial inoculation. Some treatments promoted greater shoot height and collar diameter, whereas others favored shoot and root dry mass accumulation. Overall, the results demonstrate that the use of microorganisms can

enhance different components of teak seedling growth, although the magnitude of the responses varies according to the evaluated trait. Therefore, microbial inoculation has potential as a strategy to support the production of *T. grandis* seedlings. Further studies are needed to validate the efficiency of these microorganisms under different growing conditions and to better understand the mechanisms underlying the observed responses.

Keywords: Plant growth. Plant growth-promoting microorganisms. Seedling production.

1. INTRODUÇÃO

A importância econômica de *Tectona grandis* L.f. (teca) fundamenta-se nas qualidades superiores de sua madeira, caracterizada pela elevada estabilidade dimensional, densidade moderada e excelente resistência à umidade e a organismos xilófagos. Devido a essas propriedades e à baixa tendência à deformação, a espécie apresenta ampla aplicabilidade, abrangendo desde o setor naval e a construção civil até a fabricação de mobiliário, lâminas decorativas e objetos de acabamento. Além disso, a facilidade de processamento, colagem e obtenção de excelente acabamento contribui para sua elevada valorização comercial, justificando o interesse pela espécie tanto para plantios florestais quanto para estratégias de bioeconomia e reaproveitamento sustentável (IPT, 1997; Rocha, 2025).

Nesse contexto, *T. grandis* destaca-se como uma espécie florestal de elevado valor econômico, cuja expansão em plantios comerciais exige atenção às etapas de propagação e formação de mudas. A obtenção de mudas de elevada qualidade está relacionada à manutenção de atributos físicos, fisiológicos e sanitários adequados, os quais podem influenciar o estabelecimento e o desenvolvimento inicial das plantas após o transplantio (BRASIL, 2003; Guse et al., 2021). Para que essas características sejam adequadamente expressas, é necessário proporcionar condições favoráveis ao desenvolvimento vegetal, especialmente quanto à disponibilidade de nutrientes e ao crescimento do sistema radicular (Guse et al., 2021).

Nesse contexto, a busca por tecnologias capazes de tornar a produção de mudas mais eficiente e sustentável tem ganhado relevância no setor florestal. O uso de substratos adequados contribui para a disponibilidade de nutrientes essenciais e pode favorecer a eficiência da fertilização durante a formação das mudas de teca (Brito et al., 2021). Além disso, o manejo adequado do período de permanência no viveiro e a combinação de diferentes insumos podem influenciar o desenvolvimento radicular, a tolerância aos estresses durante a fase inicial e a formação de mudas vigorosas em menor período de tempo (Brito et al., 2021; Moreira et al., 2022). Desse modo, a utilização de microrganismos benéficos surge como uma

alternativa com potencial para complementar as estratégias convencionais de produção de mudas.

Entre os microrganismos de interesse, espécies do gênero *Trichoderma* apresentam potencial para atuar em diferentes processos relacionados ao desenvolvimento vegetal. Estudos envolvendo *T. lentiforme* e *T. harzianum* demonstram efeitos associados ao estímulo da germinação, à produção de fitormônios, ao incremento da biomassa vegetal, à solubilização de nutrientes na rizosfera e ao controle biológico de determinados fitopatógenos (Intriago & Guerrero, 2025). De forma complementar, a associação simbiótica com fungos micorrízicos arbusculares pode favorecer o desenvolvimento do sistema radicular e ampliar a capacidade de exploração do substrato, contribuindo para a absorção de água e nutrientes (García Mundo, 2024). Além disso, as interações estabelecidas entre microrganismos benéficos, plantas e a microbiota do substrato podem contribuir para o equilíbrio biológico da rizosfera e para a supressão ou redução da ocorrência de determinados organismos prejudiciais às plantas, incluindo fitonematoides (Aragão, 2023).

Apesar da importância da produção de mudas de espécies florestais e do potencial de utilização de microrganismos como ferramenta biotecnológica, ainda são necessários estudos que ampliem a compreensão dos efeitos da inoculação microbiana na formação de mudas de teca, especialmente em relação ao crescimento, ao desenvolvimento radicular, à aquisição de nutrientes e à qualidade das plantas. Nessa perspectiva, o presente trabalho teve como objetivo selecionar microrganismos rizosféricos com potencial para promover o crescimento de mudas de teca, considerando seus efeitos sobre o desenvolvimento das plantas e a qualidade das mudas.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. COLETA DE SOLO

Para a obtenção dos microrganismos com potencial de crescimento em mudas de tecas foram coletadas sete amostras de solos rizosféricos em um plantio comercial de teca clonal pertencente à fazenda São Luiz (Empresa Tietê Agrícola), localizada no município de Capitão-Poço, Pará.

As árvores selecionadas para coleta de solo mediam entre 16 e 30 cm de diâmetro e apresentavam sete anos de idade. As amostras de solos foram processadas no Laboratório

de Proteção de Plantas da Universidade Federal Rural da Amazônia (LPP/UFRA), *campus* Belém, Pará.

2.2. OBTENÇÃO DOS ISOLADOS

As amostras de solo coletadas foram submetidas ao método de diluição seriada para o isolamento de bactérias. Inicialmente, 10 g de cada amostra foram transferidos para frascos Erlenmeyer contendo 90 mL de solução salina estéril (NaCl 0,85%). As suspensões foram homogeneizadas em agitador orbital a 200 rpm por 20 minutos.

A partir da suspensão inicial, foram realizadas diluições seriadas decimais até 10^{-4}. De cada diluição, foram retiradas alíquotas de 100 µL, as quais foram distribuídas sobre a superfície de placas de Petri contendo meio de cultura 523 (Kado e Heskett, 1970) para o isolamento de bactérias.

As placas foram incubadas em câmara de crescimento a 26 ± 2 °C e fotoperíodo de 12 horas. As contagens das unidades formadoras de colônia (UFC) foram realizadas após 48 horas. As colônias obtidas foram repicadas sucessivamente para obtenção de culturas puras.

Os isolados foram caracterizados quanto aos aspectos morfológicos das colônias, incluindo formato, borda, elevação, consistência, cor e tamanho. Após a purificação, os microrganismos foram preservados em microtubos contendo solução de glicerol a 10% (v/v) e armazenados sob refrigeração a 5 °C para posterior utilização.

As rizobactérias utilizadas nos ensaios de promoção de crescimento foram selecionadas com base em suas características morfológicas, considerando diferenças no formato, consistência, coloração e tamanho das colônias.

2.3. PREPARO DAS SUSPENSÕES DE MICRORGANISMOS

Os isolados de rizobactérias previamente preservados foram retirados dos microtubos de conservação e cultivados em placas de Petri contendo meio de cultura 523, conforme Kado e Heskett (1970). As placas foram incubadas a 26 ± 2 °C por 48 horas. Após esse período, as colônias bacterianas foram removidas da superfície do meio de cultura com auxílio de alça de Drigalski e suspensas em água destilada estéril. A suspensão bacteriana foi ajustada para a concentração de $1,0 \times 10^8$ UFC mL^{-1} por meio de espectrofotômetro, utilizando comprimento de onda de 550 nm e absorbância de 0,1 ($A_{550} = 0,1$).

2.4. ENSAIO EXPERIMENTAL

Foram utilizadas mudas clonais de teca. As mudas foram transplantadas para vasos plásticos de tamanho padrão para produção de mudas, contendo solo previamente submetido à calagem.

Foram avaliados dez tratamentos, constituídos por seis rizobactérias isoladas de teca, três rizobactérias previamente identificadas e pertencentes à coleção do Laboratório de Proteção de Plantas (LPP), sendo Burkholderia pyrrocinia (R46), Bacillus sp. (R58) e Pseudomonas fluorescens (R92), além do tratamento-controle, no qual foi aplicada água destilada.

O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado, com cinco repetições por tratamento, totalizando 50 unidades experimentais. As suspensões bacterianas foram preparadas conforme descrito anteriormente e aplicadas individualmente às mudas, de acordo com os respectivos tratamentos. Foram realizadas três aplicações, com intervalos de 30 dias entre elas, utilizando-se 20 mL da suspensão bacteriana por planta em cada aplicação. No tratamento-controle, foi aplicado o mesmo volume de água destilada.

2.5. AVALIAÇÕES E ANÁLISE ESTATÍSTICA

Ao final do período experimental, foram avaliadas as variáveis altura da parte aérea (cm), medida da superfície do substrato até a gema apical com auxílio de régua graduada, e diâmetro do coleto (mm), determinado com paquímetro digital. Também foi avaliada a produção de biomassa das mudas por meio da determinação da massa seca da parte aérea e da massa seca do sistema radicular.

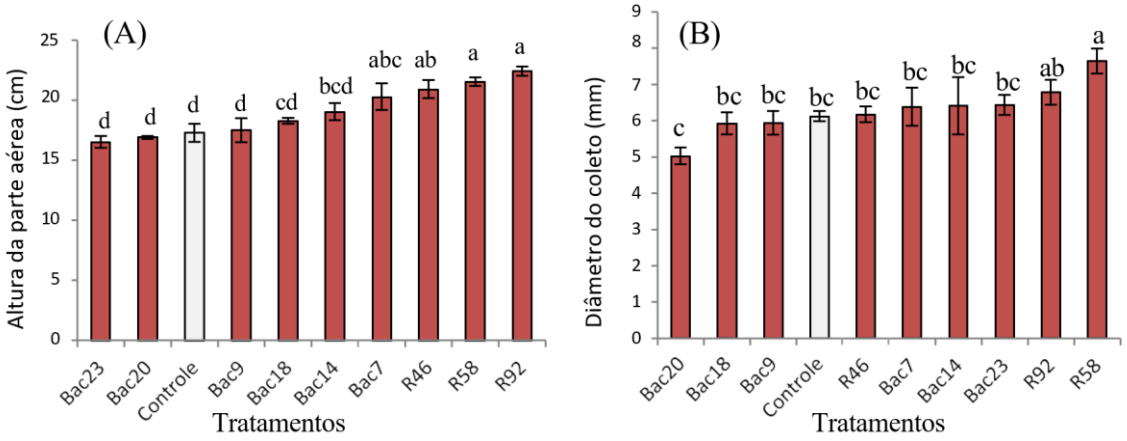
Para a obtenção da massa seca, as mudas foram removidas dos recipientes, sendo a parte aérea separada do sistema radicular. Em seguida, o material vegetal foi acondicionado em sacos de papel devidamente identificados e submetido à secagem em estufa de circulação forçada de ar, à temperatura de 70 ± 5 °C, até atingir massa constante. Após a secagem, as amostras foram pesadas em balança analítica para determinação da massa seca da parte aérea (MSPA) e da massa seca das raízes (MSR).

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e, quando verificado efeito significativo dos tratamentos, as médias foram comparadas pelo teste de Student–Newman–Keuls (SNK), adotando-se o nível de 5% de probabilidade. Todas as análises estatísticas foram realizadas utilizando o software R (R Core Team), versão 4.4.2.

3. RESULTADOS

Para a altura da parte aérea (cm), a aplicação dos microrganismos promoveu diferenças estatísticas significativas entre os tratamentos avaliados. Os isolados R 92 e R 58 destacaram-se com os maiores crescimentos em altura, apresentando desempenho superior e estatisticamente equivalente entre si e ao tratamento R 46. Por outro lado, os menores incrementos em altura foram registrados nos tratamentos Bac 23, Bac 20, Controle e Bac 9, os quais não diferiram estatisticamente entre si. Os tratamentos Bac 18, Bac 14 e Bac 7 apresentaram respostas intermediárias de crescimento em altura da parte aérea. Em relação ao diâmetro do coleto (mm), o tratamento com o isolado R 58 alcançou a maior média, sobressaindo-se estatisticamente e superando a maioria dos tratamentos avaliados, com exceção do isolado R 92, com o qual manteve igualdade estatística. O menor diâmetro do coleto foi observado no tratamento Bac 20, diferindo significativamente dos tratamentos R 58 e R 92. O grupo Controle, acompanhado por Bac 18, Bac 9, R 46, Bac 7, Bac 14 e Bac 23, apresentou médias intermediárias, não se diferenciando estatisticamente do tratamento de menor valor (Bac 20).

Figura 1 - (A) Altura média (cm) e (B) diâmetro médio (mm) das mudas de teca sob a aplicação de diferentes microrganismos rizosféricos. Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste SNK. (Altura - CV% = 6,98); (Coleto - CV% = 12,46)

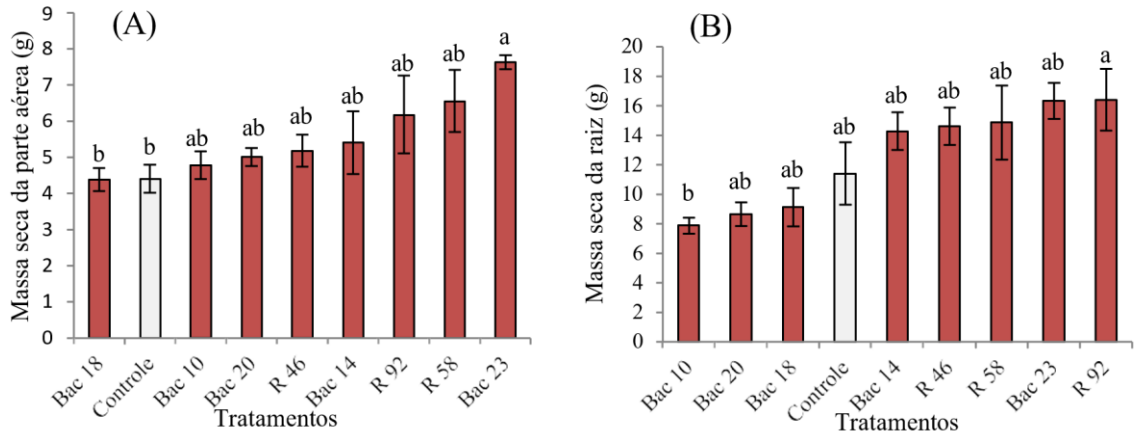


Fonte: Autoria própria.

Para a massa seca da parte aérea (MSPA), observou-se variação estatística entre os tratamentos aplicados em mudas de teca. O isolado Bac 23 destacou-se com a maior média acumulada, diferindo significativamente dos tratamentos Bac 18 e do Controle. Os demais tratamentos apresentaram médias intermediárias. Em relação à massa seca da raiz (MSR), o

tratamento R 92 proporcionou os maiores acúmulos de biomassa radicular, sobressaindo-se estatisticamente em relação ao isolado Bac 10.

Figura 2 - (A) Massa seca média da parte aérea (g) e (B) Massa seca da raiz (g) das mudas de teca sob a aplicação de diferentes microrganismos rizosféricos. Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste SNK. (Massa aérea - CV% = 22,06); (Massa raiz - CV% = 25,6).



Fonte: Autoria própria.

4. DISCUSSÃO

Os resultados demonstraram que a aplicação dos microrganismos promoveu respostas distintas no crescimento das mudas de *T. grandis*, evidenciando que a eficiência da inoculação depende das características específicas de cada isolado e da interação estabelecida entre microrganismo e planta. Essa especificidade é esperada em sistemas de promoção de crescimento vegetal, uma vez que bactérias benéficas podem atuar por diferentes mecanismos, como produção de fitormônios, disponibilização de nutrientes, solubilização de fósforo, fixação de nitrogênio, produção de sideróforos e modulação das respostas de defesa da planta (Olanrewaju et al., 2017).

Para a altura da parte aérea, os isolados R 92 e R 58 apresentaram os maiores valores, sendo estatisticamente equivalentes ao R 46. Esse resultado indica maior capacidade desses isolados em favorecer o crescimento das mudas. Entre os mecanismos que podem contribuir para esse comportamento está a produção microbiana de substâncias reguladoras do crescimento, especialmente auxinas. O ácido indol-3-acético (AIA), por exemplo, está relacionado à divisão e ao alongamento celular e pode estimular a formação de raízes laterais,

modificando a arquitetura do sistema radicular e, consequentemente, a capacidade de aquisição de água e nutrientes (Olanrewaju et al., 2017).

Essa possibilidade é particularmente relevante para a teca. Em estudo realizado especificamente com microrganismos associados à rizosfera de *T. grandis*, *Agrobacterium* sp. e *Kitasatospora* sp. apresentaram capacidade de produzir compostos semelhantes a auxinas, além de outras características associadas à promoção do crescimento. Os autores observaram que a aplicação dos microrganismos influenciou positivamente o desenvolvimento das mudas, destacando a importância das interações entre microrganismos benéficos e raízes de teca durante a fase de viveiro (Chaiya et al., 2021).

A resposta diferencial entre os isolados observada neste estudo também pode estar associada à especificidade da interação planta–microrganismo. Embora diferentes bactérias sejam classificadas como promotoras de crescimento, isso não significa que todos os isolados apresentem a mesma eficiência em determinada espécie vegetal. A capacidade de colonizar a rizosfera, competir com a microbiota residente, produzir metabólitos e utilizar os exsudatos radiculares pode variar entre isolados. Assim, o desempenho inferior de Bac 23, Bac 20 e Bac 9 para altura não deve necessariamente ser interpretado como ausência de potencial biológico desses microrganismos, mas como uma resposta específica às condições experimentais e à interação estabelecida com as mudas de teca.

Esse comportamento é coerente com estudos realizados com microrganismos associados à própria teca. Chaiya et al (2021) verificaram que diferentes microrganismos isolados da rizosfera e das raízes de *T. grandis* apresentaram características promotoras de crescimento distintas e que os efeitos sobre as mudas variaram de acordo com o microrganismo utilizado. Os autores também observaram maior efeito quando determinados microrganismos foram utilizados em conjunto, indicando que a interação entre microrganismos pode ser determinante para a magnitude da resposta vegetal.

Resultados semelhantes quanto à influência de microrganismos sobre características morfológicas de mudas de teca foram observados por Alexandre et al. (2021), que avaliaram a inoculação de *Bacillus subtilis* e do fungo micorrízico arbuscular *Rhizophagus clarus* em mudas clonais de *T. grandis*. Os autores verificaram alterações em características como diâmetro do caule, biomassa radicular e arquitetura das raízes, demonstrando que microrganismos benéficos podem influenciar diferentes componentes do desenvolvimento de mudas de teca (Alexandre et al., 2021).

Entretanto, os resultados de massa seca da parte aérea (MSPA) demonstraram que o isolado com melhor desempenho para altura e diâmetro não foi necessariamente aquele que proporcionou maior acúmulo de biomassa. O tratamento Bac 23 apresentou a maior MSPA, enquanto Bac 18 e Controle apresentaram os menores valores. Essa diferença evidencia que as respostas morfológicas das plantas não ocorrem necessariamente de maneira proporcional entre os diferentes componentes do crescimento.

O maior acúmulo de biomassa em Bac 23 pode estar relacionado a alterações na aquisição e utilização de nutrientes ou à modificação da arquitetura vegetal decorrente da interação com o microrganismo. Bactérias promotoras de crescimento podem aumentar a disponibilidade de nutrientes por processos como fixação biológica de nitrogênio, solubilização de fósforo e mobilização de outros elementos, além de produzir reguladores de crescimento que modificam a arquitetura radicular.

Nesse sentido, o resultado obtido para massa seca da raiz (MSR) é particularmente importante. Os tratamentos R 92 e Bac 23 apresentaram os maiores acúmulos de biomassa radicular, enquanto Bac 10 apresentou a menor média. O desempenho de R 92 merece destaque porque esse isolado também apresentou elevada altura e diâmetro do coleto, indicando que sua resposta não se restringiu a um único componente do crescimento. A maior produção de biomassa radicular pode representar maior capacidade de exploração do substrato e potencialmente maior absorção de água e nutrientes.

A ausência de diferenças estatísticas entre o controle e vários dos tratamentos para algumas variáveis também deve ser considerada. A inoculação microbiana não necessariamente resulta em respostas positivas em todas as condições de cultivo. A eficiência dos microrganismos pode depender da composição do substrato, disponibilidade de nutrientes, condições ambientais, concentração do inóculo, capacidade de colonização e compatibilidade entre o isolado e o hospedeiro. Revisões recentes sobre microrganismos promotores de crescimento em espécies florestais destacam justamente que os benefícios da inoculação podem variar entre espécies, condições de cultivo e grupos funcionais de microrganismos (Kondo et al., 2026).

De modo geral, os resultados demonstram o potencial da utilização de bactérias associadas à rizosfera como estratégia para favorecer o desenvolvimento de mudas de *T. grandis*. A resposta diferenciada entre os isolados evidencia, contudo, que a utilização de microrganismos como inoculantes deve ser precedida por processos de seleção e validação,

considerando simultaneamente características de crescimento, produção de biomassa e qualidade das mudas. Essa abordagem pode contribuir para o desenvolvimento de sistemas de produção de mudas de teca mais eficientes e para a redução da dependência exclusiva de insumos químicos durante a fase de viveiro.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados demonstraram que a aplicação dos microrganismos promoveu respostas diferenciadas no crescimento e no acúmulo de biomassa de mudas de *T. grandis*, evidenciando a especificidade da interação entre microrganismos e planta. A inoculação influenciou características como altura, diâmetro do coleto e produção de biomassa, embora os efeitos tenham variado de acordo com a característica avaliada. Dessa forma, os resultados evidenciam o potencial dos microrganismos como ferramenta para a produção de mudas de teca, destacando a importância da seleção de agentes eficientes e da realização de estudos complementares para validar seus efeitos em diferentes condições de cultivo e em campo.

REFERÊNCIAS

ALEXANDRE, F. S. et al. Arbuscular mycorrhizal fungi (*Rhizophagus clarus*) and rhizobacteria (*Bacillus subtilis*) can improve the clonal propagation and development of teak for commercial plantings. **Frontiers in Plant Science**, v. 12, 2021. DOI: https://doi.org/10.3389/fpls.2021.628769.

ARAGÃO, J. M. S. Levantamento dos nematoides no cultivo da teca (*Tectona grandis* L.f.). 2023. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Agronomia) – Instituto Federal Goiano, Campus Ceres, Ceres, 2023.

BRASIL. Lei nº 10.711, de 5 de agosto de 2003. Dispõe sobre o Sistema Nacional de Sementes e Mudas e dá outras providências. Brasília, DF: Presidência da República, 2003. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/2003/l10.711.htm. Acesso em: 26 set. 2026.

BRITO, O. da S. et al. Efeito do substrato sobre o desenvolvimento de mudas de teca (*Tectona grandis* Linn. F.). **Revista Brasileira de Ciências da Amazônia**, v. 10, n. 2, p. 12-18, 2021. DOI: https://doi.org/10.47209/2317-5729.v.10.n.2.p.12-18.

CHAIYA, L. et al. Enhancing teak (*Tectona grandis*) seedling growth by rhizosphere microbes: a sustainable way to optimize agroforestry. **Microorganisms**, v. 9, n. 9, 1990, 2021. DOI: https://doi.org/10.3390/microorganisms9091990.

GARCÍA MUNDO, J. Optimización de la propagación de *Tectona grandis* L.f. mediante la inoculación de hongos micorrízicos arbusculares nativos y comerciales. 2024. Tese

(Graduação em Agronomia) – Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Universidad Veracruzana, Xalapa, 2024.

GUSE, L. G. et al. Produção de mudas de teca sob diferentes substratos orgânicos. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 5, e0910514611, 2021.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS (IPT). Teca. Informações sobre madeiras. São Paulo: IPT, 1997. Disponível em: https://madeiras.ipt.br/teca/. Acesso em: 26 set. 2026.

INTRIAGO, B. C.; GUERRERO, R. V. Efecto de *Trichoderma* spp. sobre la germinación y desarrollo de plántulas de *Tectona grandis*. 2025. 90 p. Trabalho acadêmico – Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Quevedo, Equador, 2025.

KONDO, Y. R. et al. Matchmaking: a meta-analysis of plant growth-promoting microbial partnerships driving tree seedling performance in the Atlantic Forest biome. **Restoration Ecology**, v. 34, n. 4, 2026. DOI: https://doi.org/10.1111/rec.70328.

MOREIRA, M. F. et al. Manejo de mudas de teca e prospecção fitoquímica para avaliação do potencial indicador de pH. **Scientia Forestalis**, v. 50, e3908, 2022. DOI: https://doi.org/10.18671/scifor.v50.25.

OLANREWAJU, O. S. et al. Mechanisms of action of plant growth promoting bacteria. **World Journal of Microbiology and Biotechnology**, v. 33, n. 11, 197, 2017. DOI: https://doi.org/10.1007/s11274-017-2364-9.

ROCHA, C. V. da S. Resíduos florestais e seu potencial na produção de pequenos objetos de madeira (POMs) – pela adesão à economia circular. 2025. 107 f. Tese (Doutorado em Ciências Ambientais e Florestais) – Instituto de Florestas, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2025.

9 786553 813922