

Aurum
EDITORA

ENTRE SOLO E COLHEITA:

ESTUDOS AVANÇADOS EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS



ORGANIZAÇÃO
AURUM EDITORA

Aurum
EDITORA

ENTRE SOLO E COLHEITA:

ESTUDOS AVANÇADOS EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS



ORGANIZAÇÃO
AURUM EDITORA

AURUM EDITORA LTDA - 2025
Curitiba – Paraná - Brasil

EDITOR CHEFE

Lucas Gabriel Vieira Ewers

ORGANIZADOR DO LIVRO

Aurum Editora Ltda

EDIÇÃO DE TEXTO

Stefanie Vitoria Garcia de Bastos

EDIÇÃO DE ARTE

Aurum Editora Ltda

IMAGENS DA CAPA

Freepik, Canva

BIBLIOTECÁRIA

Camila Aparecida Rodrigues

ÁREA DE CONHECIMENTO

Ciências Agrárias

Copyright © Aurum Editora Ltda

Texto Copyright © 2025 Os Autores

Edição Copyright © 2025 Aurum Editora
Ltda



Este trabalho está licenciado sob uma
licença Creative Commons Attribution-
NonCommercial-NoDerivatives
4.0 International License.

A responsabilidade pelo conteúdo, precisão e veracidade dos dados apresentados neste texto é inteiramente do autor, não refletindo necessariamente a posição oficial da Editora. O trabalho pode ser baixado e compartilhado, desde que o crédito seja dado ao autor, mas não é permitida a modificação do conteúdo de qualquer forma ou seu uso para fins comerciais.

Todos os manuscritos passaram por uma avaliação duplo-cega, realizada pelos membros do Conselho Editorial, e foram aprovados para publicação com base em critérios de imparcialidade e objetividade acadêmica.

A Aurum Editora se compromete a manter a integridade editorial em todas as fases do processo de publicação, prevenindo plágio, dados ou resultados fraudulentos, e assegurando que interesses financeiros não afetem os padrões éticos da publicação. Qualquer suspeita de má conduta científica será verificada com atenção aos princípios éticos e acadêmicos.

CORPO EDITORIAL

- Adriano Rosa da Silva - Mestre em História Social pela Universidade Federal Fluminense
- Alessandro Sathler Leal da Silva - Doutor em Educação pela Universidade do Estado do Rio de Janeiro
- Alex Lourenço dos Santos - Doutorando em Geografia pela Universidade Federal de Catalão
- Ayla de Jesus Moura - Mestra em Educação Física pela Universidade Federal do Vale do São Francisco
- Camila Aparecida da Silva Albach - Doutoranda em Ciências Sociais Aplicadas pela Universidade Estadual de Ponta Grossa
- Carina Mandler Schmidmeier - Mestranda em Direito pela Pontifícia Universidade Católica do Paraná
- Carolline Nunes Lopes - Mestra em Psicologia pela Universidade Federal do Rio de Janeiro
- Daniel da Rocha Silva - Mestre em Letras pela Universidade Federal de Sergipe
- Daniel Rodrigues de Lima - Mestre em História pela Universidade Federal do Amazonas.
- Fabio José Antonio da Silva - Doutor em Educação Física pela Universidade Estadual de Londrina.
- Fabricio do Nascimento Moreira - Doutorando em Administração pela Universidade Federal do Rio de Janeiro
- Felipe Antônio da Silva - Graduado em Direito pelo Centro Universitário Unihorizontes
- Francisco Welton Machado - Editor Independente - Graduado em Geografia pela Universidade Estadual do Piauí
- Gabriella de Moraes - Doutora em Direito pela Universidade Federal de Minas Gerais
- Gleyson Martins Magalhães Reymão - Mestre Profissional em Propriedade Intelectual e Transferência de Tecnologia para a Inovação pelo Instituto Federal do Pará
- Gustavo Boni Minetto - Mestrando em Educação, Linguagens e Tecnologia pela Universidade Estadual de Goiás
- João Vitor Silva Almeida - Graduado em Gestão de Cooperativas pela Universidade Federal do Tocantins
- José Bruno Martins Leão - Doutor em Sistema Constitucional de Garantia de Direitos pela Instituição Toledo de Ensino
- José Cláudio da Silva Júnior - Mestrando em Ciências da Saúde pela Universidade de Pernambuco
- José Leonardo Diniz de Melo Santos - Mestre em Educação, Culturas e Identidades pela Universidade Federal Rural de Pernambuco

José Marciel Araújo Porcino - Graduado em Pedagogia pela Universidade Federal da Paraíba, UFPB, Brasil.

José Neto de Oliveira Felipe - Doutorando em Ensino de Ciências e Matemática pela Universidade de Passo Fundo.

Luan Brenner da Costa - Editor Independente - Graduado em Enfermagem pela Fundação Herminio Ometto

Lucas Matheus Araujo Bicalho - Mestrando em Historia pela Universidade Estadual de Montes Claros, UNIMONTES, Brasil.

Luciano Victor da Silva Santos - Mestrando em Hotelaria e Turismo pela Universidade Federal de Pernambuco, UFPE, Brasil.

Luzia Eleonora Rohr Balaj - Doutoranda em Música pela Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro

Magno Fernando Almeida Nazaré - Mestre em Educação Profissional e Tecnológica pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Maranhão

Maickon Willian de Freitas - Mestre em Ciências Biológicas pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho

Maikon Luiz Mirkoski - Mestre Profissional em Matemática em Rede Nacional pela Universidade Estadual de Ponta Grossa

Mailson Moreira dos Santos Gama - Doutorando em História pela Universidade Federal de Minas Gerais

Marcela da Silva Melo - Mestre em Avaliação de Políticas Públicas pela Universidade Federal do Ceará

Marcos Scarpioni - Doutorando em Ciência da Religião pela Universidade Federal de Juiz de Fora

Marilha da Silva Bastos - Mestranda em Educação Brasileira pela Universidade Federal do Ceará

Mario Marcos Lopes - Doutorando em Educação pela Universidade Federal de São Carlos

Mirna Liz da Cruz - Editora Independente - Graduada em Odontologia pela Universidade Federal de Goiás

Newton Ataíde Meira - Mestrando em Desenvolvimento Social pela Universidade Estadual de Montes Claros

Plinio da Silva Andrade - Mestrando em Ciências da Educação pela Universidade Leonardo Da Vinci

Priscila da Silva de Souza Bertotti - Editora Independente - Graduada em Biomedicina pelo Centro Universitário UniOpet

Rafael José Kraisch - Doutorando em Neurociências pela Universidade Federal de Santa Catarina

Ryan Dutra Rodrigues - Editor Independente - Graduado em Psicologia pelo Centro Universitário das Faculdades Metropolitanas Unidas

Salatiel Elias de Oliveira - Doutor em Apostilamento de Reconhecimento de Título pela Universidade do Oeste Paulista

Sebastião Lacerda de Lima Filho - Doutorando em Medicina Translacional pela Universidade Federal do Ceará

Silvio de Almeida Junior - Doutor em Promoção de Saúde pela Universidade de Franca

Swelen Freitas Gabarron Peralta - Doutoranda em Educação pela Universidade Tuiuti do Paraná

Talita Benedcta Santos Künast - Doutoranda em Biodiversidade e Biotecnologia pela Universidade Federal de Mato Grosso

Tályta Carine da Silva Saraiva - Mestra em Agronomia pela Universidade Federal do Piauí

Thiago Giordano de Souza Siqueira - Doutor em Ciência da Informação pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho

Thiago Silva Prado - Doutor em Educação pela Universidade Estadual de Maringá

Vinicius Valim Pereira - Doutor em Zootecnia pela Universidade Estadual de Maringá, UEM, Brasil.

Wilson Moura - Doutor em Psicologia pela Christian Business School

Yohans de Oliveira Esteves - Doutor em Psicologia pela Universidade Salgado de Oliveira

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

Entre solo e colheita [livro eletrônico] : estudos
avançados em ciências agrárias / organização
Aurum Editora. -- Curitiba, PR : Aurum Editora,
2026.
PDF

Vários autores.
Vários colaboradores.
Bibliografia.
ISBN 978-65-83849-63-2

1. Alimentos - Produção 2. Agricultura
3. Ciências agrárias 4. Inovações tecnológicas
5. Solo - Uso agrícola 6. Sustentabilidade ambiental
I. Aurum Editora

26-350994.0

CDD-630

Índices para catálogo sistemático:

1. Ciências agrárias 630

Camila Aparecida Rodrigues - Bibliotecária CRB - SP-010133/O

Aurum Editora Ltda
CNPJ: 589029480001-12
contato@aurumeditora.com
(41) 98792-9544
Curitiba - Paraná

DECLARAÇÃO DA EDITORA

A Aurum Editora DECLARA, para fins de direitos, obrigações e aspectos legais ou metodológicos, que:

Esta publicação representa apenas uma transferência temporária dos direitos autorais, conferindo o direito de publicação e reprodução dos materiais. A Editora não assume responsabilidade pela autoria dos manuscritos publicados, conforme as disposições da Lei de Direitos Autorais (Lei 9610/98), do art. 184 do Código Penal e do art. 927 do Código Civil. O(s) autor(es) são exclusivamente responsáveis por garantir a conformidade com as questões de direitos autorais e outros aspectos legais, isentando a Editora de quaisquer responsabilidades civis, administrativas ou criminais que possam ocorrer.

Autoriza-se a **DIVULGAÇÃO DO TRABALHO** pelo(s) autor(es) em palestras, cursos, eventos, programas de mídia e televisão, desde que o devido reconhecimento da autoria e edição seja dado, sem fins comerciais, e que os **CRÉDITOS** à Aurum Editora sejam devidamente apresentados. A omissão ou exclusão dessas informações será de responsabilidade do(s) autor(es) e da editora.

Todos os e-books são de acesso aberto, portanto, não devem ser vendidos em sites, plataformas de comércio eletrônico ou qualquer outro meio, seja virtual ou físico. Assim, não há transferência de direitos autorais para os autores, uma vez que o formato não gera outros direitos além dos usos didáticos e publicitários da obra, a qual pode ser acessada a qualquer momento.

Todos os membros do Conselho Editorial atuam de forma voluntária, sendo graduados ou pós-graduados em suas respectivas áreas.

A Aurum Editora não autoriza a venda ou compartilhamento dos nomes, e-mails e quaisquer outros dados pessoais dos autores, exceto para a divulgação desta obra, em conformidade com o Marco Civil da Internet, a Lei Geral de Proteção de Dados e a Constituição da República Federativa.

DECLARAÇÃO DO AUTOR

O autor deste trabalho DECLARA, para os fins seguintes, que:

Não possui nenhum interesse comercial que possa gerar conflito em relação ao conteúdo publicado;

Declara ter se envolvido ativamente na elaboração do manuscrito, preferencialmente nas seguintes etapas: Desenvolvimento do estudo, e/ou coleta de dados, e/ou análise e interpretação dos dados, redação do artigo ou revisão para garantir a relevância intelectual do material e aprovação final do manuscrito para envio;

Certifica que o texto publicado está completamente livre de dados falsificados ou resultados fraudulentos, bem como de falhas relacionadas à autoria;

Confirma que fez a citação correta e a devida referência a todos os dados e interpretações oriundas de outras pesquisas;

Reconhece que todas as fontes de financiamento que possam ter sido recebidas para a realização da pesquisa foram devidamente declaradas;

Autoriza a edição do trabalho, incluindo registros de catálogo, ISBN, DOI e outros indexadores, design gráfico e criação de capa, layout interno, além do lançamento e divulgação de acordo com os critérios estabelecidos pela Aurum Editora.

AUTORES



Alyssa Rannelly Pereira Lima
Bárbara Vieira dos Santos
Esthefany Oliveira Torres
Ricardo Santana do Carmo
Aline Santos Sousa
Amélia Francisco João de Melo
Ana Cláudia Quaresma da Silva
Benício da Costa Neves
Cristiane Matos da Silva
Dalton Henrique Ângelo
Daniel Carlos Machado
Dernivaldo da Costa Tirello
Dilcha Arlete Gonçalves Manso
Edio de Freitas Santos Junior
Elaine Cunha de Arruda
Francileia Silva Santos
Francisco Manuel Júnior
Gabriely Moreira Silva
Gustavo Santana Silva
Jonathan dos Santos Viana
Juliano Cristhian Silva
Kalyne Pereira Miranda Nascimento
Leandro da Silva Andrade
Leanne Teles Pereira
Leanne Teles Pereira
Lucas dos Santos Barbosa Marinho
Ludimila Freire Castro
Luiz Fabiano Palaretti
Luiz Felipe Cristiano Silva
Marcel Sales Campelo
Marcos Antonio Negreiros Dias
Maria Lilia Silva Diniz
Natally Pâmella Matias de Lima
Paulo Sérgio Rocha Lima
Rachel Barbosa Lopes Cavalcante Tirello
Rayna Wemily Amorim da Silva
Rodrigo Almeida de Sá
Sâmela Keila Almeida dos Santos
Samuel Estevam Lima
Theylon Francisco Lima Carvalho
Wilson Araújo da Silva

SUMÁRIO

Capítulo 1

BIOTECNOLOGIA AGRÍCOLA COMO FERRAMENTA PARA SEGURANÇA ALIMENTAR E SUSTENTABILIDADE GLOBAL

Natally Pâmella Matias de Lima, Sâmela Keila Almeida dos Santos e Leandro da Silva Andrade.



  <https://doi.org/10.63330/aurumpub.037-001>

1-8

Capítulo 2

ÍNDICE DE SUSTENTABILIDADE AMBIENTAL COMO FERRAMENTA DE GESTÃO DO AGRONEGÓCIO APLICADO EM PROPRIEDADE DE CACOAL/RO

Elaine Cunha de Arruda e Juliano Cristhian Silva.



  <https://doi.org/10.63330/aurumpub.037-002>

9-35

Capítulo 3

TECNOLOGIAS DE PROPAGAÇÃO VEGETATIVA E PRODUÇÃO DE MUDAS DE CASTANHA-DO-MARANHÃO (*Pachira aquatica*)

Rayna Wemily Amorim da Silva, Leanne Teles Pereira, Cristiane Matos da Silva, Wilson Araújo da Silva, Kalyne Pereira Miranda Nascimento, Dalton Henrique Ângelo, Gabriely Moreira Silva, Daniel Carlos Machado, Luiz Fabiano Palaretti e Jonathan dos Santos Viana.



  <https://doi.org/10.63330/aurumpub.037-003>

36-46

Capítulo 4

RESPOSTA DE *Sporobolus indicus* A DOSES VARIÁVEIS DE CLETHODIM: FITOTOXICIDADE E EFICÁCIA DE CONTROLE

Aline Santos Sousa, Alyssa Rannelly Pereira Lima, Bárbara Vieira dos Santos, Esthefany Oliveira Torres, Gabriely Moreira Silva, Ricardo Santana do Carmo, Daniel Carlos Machado, Wilson Araújo da Silva, Cristiane Matos da Silva, Leanne Teles Pereira, Kalyne Pereira Miranda Nascimento, Luiz Fabiano Palaretti, Dalton Henrique Ângelo e Jonathan dos Santos Viana.



  <https://doi.org/10.63330/aurumpub.037-004>

47-57

Capítulo 5

RESPOSTAS DA GERMINAÇÃO E DO DESENVOLVIMENTO INICIAL DE *Acacia polyphylla* A DIFERENTES TEMPOS DE EXPOSIÇÃO À LUZ BRANCA E ULTRAVIOLETA

Ana Livia Silva dos Santos, Calyne Bianca da Silva Lima, Graduanda em Engenharia Florestal, Edinilson Araújo de Sousa, Emisanto Oliveira Silva, Luany Kethlyn Nascimento Sousa, Luziane Vieira Silva, Rafaella dos Santos Rodrigues, Robson Alves Conceição, Wendley Gustavo Clemente de Souza, Daniel Carlos Machado, Wilson Araújo da Silva, Cristiane Matos da Silva, Leanne Teles Pereira, Kalyne Pereira Miranda Nascimento, Dalton Henrique Ângelo e Jonathan dos Santos Viana.



  <https://doi.org/10.63330/aurumpub.037-005>

58-73

Capítulo 6

METODOLOGIAS E APLICAÇÕES PARA AGRICULTURA TOTAL E SEUS ASPECTOS DE DESENVOLVIMENTO AGRÍCOLA MULTI SÉRIES EM TODO TERRITÓRIO NACIONAL

Edio de Freitas Santos Junior.



  <https://doi.org/10.63330/aurumpub.037-006>

74-95

Capítulo 7

EFEITO DE DIFERENTES RAÇÕES NA TAXA DE ECLOSÃO DE OVOS DE CODORNAS JAPONESAS (COTURNIX JAPONICA) EM VANDUZI-MOÇAMBIQUE

Dilcha Arlete Gonçalves Manso, Amélia Francisco João de Melo e Francisco Manuel Júnior.



  <https://doi.org/10.63330/aurumpub.037-007>

.....96-113

Capítulo 8

DO VERDE AO SEGURO: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA DO PAPEL DOS ESPAÇOS VERDES URBANOS NA RECONFIGURAÇÃO DO RISCO CRIMINAL EM CIDADES DO CERRADO BRASILEIRO

Marcos Antonio Negreiros Dias, Rachel Barbosa Lopes Cavalcante Tirello, Dernivaldo da Costa Tirello, Benício da Costa Neves, Marcel Sales Campelo, Paulo Sérgio Rocha Lima, Rodrigo Almeida de Sá, Ana Cláudia Quaresma da Silva e Lucas dos Santos Barbosa Marinho.



  <https://doi.org/10.63330/aurumpub.037-008>

.....114-137

Capítulo 9

COMUNIDADE MÃE DE DEUS E AS PLANTAS USADAS EM RITOS DE MATRIZ AFRICANA

Gustavo Santana Silva, Ludimila Freire Castro, Luiz Felipe Cristiano Silva, Samuel Estevam Lima, Theylon Francisco Lima Carvalho, Maria Lilia Silva Diniz, Kalyne Pereira Miranda Nascimento, Leanne Teles Pereira, Dalton Henrique Ângelo, Daniel Carlos Machado, Cristiane Matos da Silva, Wilson Araújo da Silva, Luiz Fabiano Palaretti e Jonathan dos Santos Viana.



  <https://doi.org/10.63330/aurumpub.037-009>

.....138-147


Capítulo 10

O PAPEL DOS POVOS INDÍGENAS NO MEIO AMBIENTE E SUAS MÉTRICAS DE DESENVOLVIMENTO DA AGROPECUÁRIA SUSTENTÁVEL

Francileia Silva Santos e Edio de Freitas Santos Junior.

  <https://doi.org/10.63330/aurumpub.037-010>

.....148-173

BIOTECNOLOGIA AGRÍCOLA COMO FERRAMENTA PARA SEGURANÇA ALIMENTAR E SUSTENTABILIDADE GLOBAL**AGRICULTURAL BIOTECHNOLOGY AS A TOOL FOR FOOD SECURITY AND GLOBAL SUSTAINABILITY** <https://doi.org/10.63330/aurumpub.037-001>**Natally Pâmella Matias de Lima**Medicina Veterinária em andamento
Centro Universitário UNIFACISA, Campina Grande - Paraíba
E-mail: natallymatias73@gmail.com**Sâmela Keila Almeida dos Santos**Doutora em Ciências Veterinárias - Produção Animal - Universidade Federal de Uberlândia (UFU)
Uberlândia-MG
E-mail: samelazootecnia1@gmail.com**Leandro da Silva Andrade**Pós-graduação em metodologia de ensino de Biologia e Química
Faculdade Futura – SP
E-mail: Andradels2022@gmail.com**RESUMO**

A biotecnologia agrícola tem se consolidado como uma importante ferramenta para enfrentar os desafios relacionados à segurança alimentar e à sustentabilidade global. Este capítulo tem como objetivo analisar o papel das inovações biotecnológicas no aumento da produtividade agrícola, na redução de impactos ambientais e no fortalecimento da segurança alimentar. A metodologia adotada consistiu em uma revisão narrativa da literatura científica, com base em estudos de autores reconhecidos na área da biotecnologia e da agricultura sustentável, publicados em bases acadêmicas internacionais. Os resultados indicam que técnicas como a engenharia genética, o uso de culturas geneticamente modificadas, a edição gênica e a aplicação de microrganismos benéficos contribuem para o desenvolvimento de cultivares mais resistentes a pragas, doenças e condições climáticas adversas, além de favorecer o uso mais eficiente de recursos naturais. Observou-se também que essas tecnologias podem reduzir o uso de agroquímicos e ampliar a produtividade em diferentes sistemas agrícolas. Conclui-se que a biotecnologia agrícola desempenha papel estratégico na construção de sistemas alimentares mais resilientes, produtivos e sustentáveis, sendo fundamental para atender à crescente demanda global por alimentos sem comprometer os recursos ambientais.

Palavras-chave: Agricultura sustentável; Biotecnologia agrícola; Engenharia genética; Segurança alimentar; Sustentabilidade.

ABSTRACT

Agricultural biotechnology has become an important tool to address global challenges related to food security and environmental sustainability. This chapter aims to analyze the role of biotechnological innovations in increasing agricultural productivity, reducing environmental impacts, and strengthening food security worldwide. The methodology consisted of a narrative review of scientific literature based on studies by recognized authors in the fields of biotechnology and sustainable agriculture, published in international academic databases. The results indicate that technologies such as genetic engineering, genetically modified crops, gene editing, and the use of beneficial microorganisms contribute to the development of crop varieties that are more resistant to pests, diseases, and adverse climatic conditions. In addition, these approaches promote more efficient use of natural resources and may reduce the dependence on chemical inputs in agricultural production. Evidence also suggests that biotechnology can enhance productivity and resilience in different agricultural systems. It is concluded that agricultural biotechnology plays a strategic role in the development of more resilient, productive, and sustainable food systems, helping to meet the growing global demand for food while preserving environmental resources.

Keywords: Agricultural biotechnology; Food security; Genetic engineering; Sustainability; Sustainable agriculture.

1 INTRODUÇÃO

A segurança alimentar tem se tornado um dos principais desafios globais nas últimas décadas, especialmente em razão do crescimento populacional, das mudanças climáticas e da pressão sobre os recursos naturais. Estima-se que a população mundial possa ultrapassar 9 bilhões de pessoas até meados do século XXI, o que exige o aumento da produção de alimentos de forma sustentável e eficiente (FAO, 2021). Nesse contexto, a biotecnologia agrícola tem sido apontada como uma importante estratégia científica e tecnológica para ampliar a produtividade agrícola, melhorar a qualidade nutricional dos alimentos e reduzir impactos ambientais associados à produção convencional.

A biotecnologia aplicada à agricultura envolve o uso de técnicas científicas que possibilitam a modificação genética de organismos, o desenvolvimento de novas variedades de plantas e a utilização de microrganismos benéficos para melhorar o desempenho das culturas agrícolas. Avanços na genética vegetal e na engenharia genética têm contribuído significativamente para o aumento da produção de alimentos e para o enfrentamento da insegurança alimentar em diversas regiões do mundo (Borlaug, 2000). Além disso,

tecnologias como a edição de genes e o desenvolvimento de organismos geneticamente modificados permitem a criação de cultivares mais resistentes a pragas, doenças e condições ambientais adversas, contribuindo para a redução de perdas na produção agrícola (Qaim, 2020).

Diante desse cenário, delimita-se como problema de pesquisa compreender de que forma a biotecnologia agrícola pode contribuir para o fortalecimento da segurança alimentar e da sustentabilidade global, considerando seus impactos na produtividade agrícola, na conservação ambiental e na adaptação dos sistemas produtivos às mudanças climáticas.

O objetivo geral deste capítulo é analisar o papel da biotecnologia agrícola como ferramenta para a promoção da segurança alimentar e da sustentabilidade global. Como objetivos específicos, busca-se: discutir os principais avanços da biotecnologia aplicados à agricultura; identificar as contribuições dessas tecnologias para o aumento da produtividade e da qualidade dos alimentos; e analisar seus impactos potenciais na sustentabilidade ambiental e nos sistemas de produção agrícola.

A relevância deste estudo justifica-se pela necessidade de compreender como as inovações científicas podem contribuir para enfrentar os desafios contemporâneos da produção de alimentos. A integração entre ciência, tecnologia e práticas agrícolas sustentáveis é considerada fundamental para o desenvolvimento de sistemas alimentares mais resilientes e ambientalmente responsáveis (Altieri, 2018). Nesse sentido, a biotecnologia agrícola apresenta-se como uma alternativa promissora para conciliar o aumento da produção de alimentos com a preservação dos recursos naturais.

No campo teórico, diferentes estudos têm destacado o papel da biotecnologia no desenvolvimento de sistemas agrícolas mais eficientes e sustentáveis. A adoção de culturas geneticamente modificadas tem contribuído para o aumento da produtividade e para a redução do uso de pesticidas em diferentes regiões do mundo (James, 2017). Além disso, evidências científicas indicam que ferramentas biotecnológicas podem favorecer a adaptação das culturas agrícolas às mudanças climáticas e às novas demandas alimentares globais (Qaim, 2020). Dessa forma, a biotecnologia agrícola configura-se como um importante instrumento científico para enfrentar os desafios da segurança alimentar no século XXI.

2 METODOLOGIA

Este capítulo foi desenvolvido a partir de uma abordagem metodológica estruturada em etapas que permitiram a organização, seleção e análise das informações científicas relacionadas ao tema da biotecnologia agrícola aplicada à segurança alimentar e à sustentabilidade global.

2.1 TIPO DE PESQUISA

A presente pesquisa caracteriza-se como um estudo de natureza qualitativa, com abordagem exploratória e descritiva. Optou-se pela realização de uma revisão de literatura, que possibilita reunir,

sistematizar e discutir conhecimentos científicos já consolidados sobre determinado tema. Esse tipo de investigação é amplamente utilizado em estudos acadêmicos por permitir a compreensão crítica do estado atual das pesquisas em uma área específica.

Além disso, a pesquisa possui caráter bibliográfico, uma vez que foi baseada na análise de publicações científicas, como artigos, livros e documentos institucionais, que abordam a aplicação da biotecnologia na agricultura e suas implicações para a segurança alimentar e a sustentabilidade ambiental.

2.2 TÉCNICAS DE COLETA DE DADOS

A coleta de dados foi realizada por meio de levantamento bibliográfico em bases de dados científicas nacionais e internacionais, incluindo plataformas amplamente utilizadas na produção acadêmica, como periódicos científicos, repositórios institucionais e bancos de dados digitais. Foram considerados estudos publicados principalmente nas últimas duas décadas, com o objetivo de contemplar avanços recentes da biotecnologia agrícola.

Para a busca das publicações foram utilizadas palavras-chave relacionadas ao tema, como biotecnologia agrícola, segurança alimentar, engenharia genética, sustentabilidade agrícola e inovação tecnológica no campo. A seleção dos materiais ocorreu a partir da leitura dos títulos, resumos e palavras-chave, priorizando trabalhos com relevância científica e alinhamento com os objetivos da pesquisa.

2.3 CRITÉRIOS DE SELEÇÃO E AMOSTRA DOS ESTUDOS

A amostra da pesquisa foi composta por publicações científicas consideradas relevantes para a discussão proposta. Como critérios de inclusão foram adotados: estudos que abordassem aplicações da biotecnologia na agricultura, pesquisas que discutissem impactos na produtividade agrícola e na sustentabilidade ambiental, além de trabalhos publicados em periódicos científicos, livros acadêmicos ou relatórios institucionais reconhecidos.

Foram excluídos materiais que não apresentavam relação direta com o tema, publicações sem respaldo científico ou textos com abordagem exclusivamente opinativa. Dessa forma, buscou-se garantir maior confiabilidade e rigor acadêmico na análise das informações.

2.4 PROCEDIMENTOS DE ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS DADOS

Após a seleção das publicações, realizou-se uma leitura analítica e interpretativa do material coletado. Os dados foram organizados por categorias temáticas, permitindo identificar os principais avanços da biotecnologia agrícola, suas aplicações práticas e os impactos associados à segurança alimentar e à sustentabilidade.

A discussão foi fundamentada em autores reconhecidos na área da biotecnologia e da agricultura sustentável, possibilitando a construção de uma análise crítica sobre o papel dessas tecnologias no enfrentamento dos desafios globais relacionados à produção de alimentos. Esse procedimento contribuiu para a síntese das evidências científicas e para a compreensão das contribuições e limitações da biotecnologia no contexto agrícola contemporâneo.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos a partir da análise da literatura científica evidenciam que a biotecnologia agrícola tem desempenhado papel relevante no enfrentamento dos desafios relacionados à segurança alimentar e à sustentabilidade global. Diversos estudos apontam que as inovações biotecnológicas têm contribuído significativamente para o aumento da produtividade agrícola, o desenvolvimento de cultivares mais resistentes e a redução do impacto ambiental associado às práticas agrícolas convencionais.

Um dos principais achados refere-se à utilização de culturas geneticamente modificadas, que têm demonstrado potencial para aumentar a eficiência produtiva e reduzir perdas causadas por pragas e doenças. De acordo com pesquisas realizadas em diferentes regiões do mundo, a adoção de organismos geneticamente modificados (OGMs) tem contribuído para a diminuição do uso de pesticidas e para o aumento da produtividade de culturas como milho, soja e algodão (Qaim, 2020). Esses resultados indicam que a aplicação da biotecnologia pode favorecer sistemas agrícolas mais eficientes e sustentáveis.

Outro aspecto relevante identificado nos estudos analisados está relacionado ao uso de técnicas modernas de edição gênica, como o sistema CRISPR, que possibilita alterações específicas no material genético das plantas, permitindo o desenvolvimento de variedades mais adaptadas a condições climáticas adversas, como seca e altas temperaturas (Doudna; Charpentier, 2014). Essa inovação tecnológica amplia as possibilidades de melhoramento genético, tornando o processo mais preciso e eficiente quando comparado aos métodos tradicionais.

Além disso, pesquisas destacam a importância do uso de microrganismos benéficos na agricultura, como bactérias promotoras de crescimento vegetal e fungos associados às raízes das plantas. Esses organismos podem contribuir para a melhoria da fertilidade do solo, para a maior absorção de nutrientes e para a redução do uso de fertilizantes químicos, favorecendo práticas agrícolas mais sustentáveis (Glick, 2012).

Para sintetizar os principais achados da literatura analisada, apresenta-se a Tabela 1, que reúne algumas das principais aplicações da biotecnologia agrícola e suas contribuições para a segurança alimentar e a sustentabilidade.

Tabela 1 – Principais aplicações da biotecnologia agrícola e suas contribuições

Aplicação biotecnológica	Contribuições para a agricultura	Autor/Ano
Culturas geneticamente modificadas	Maior resistência a pragas e aumento da produtividade	James (2017)
Edição gênica (CRISPR)	Desenvolvimento de variedades mais resistentes a estresses climáticos	Doudna; Charpentier (2014)
Microrganismos promotores de crescimento	Melhoria da fertilidade do solo e redução de fertilizantes químicos	Glick (2012)
Engenharia genética vegetal	Melhoramento genético e aumento da eficiência produtiva	Qaim (2020)

A discussão dos resultados demonstra que a biotecnologia agrícola pode contribuir de forma significativa para a construção de sistemas alimentares mais resilientes e sustentáveis. No entanto, a literatura também aponta a necessidade de considerar aspectos éticos, regulatórios e socioeconômicos relacionados à adoção dessas tecnologias. Segundo Altieri (2018), embora a biotecnologia apresente potencial para ampliar a produção de alimentos, é fundamental que seu uso esteja associado a práticas agrícolas sustentáveis e a políticas públicas que promovam o acesso equitativo às tecnologias.

Dessa forma, os resultados evidenciam que a biotecnologia agrícola representa uma ferramenta promissora para enfrentar os desafios da segurança alimentar global. Contudo, sua efetividade depende da integração entre inovação científica, gestão sustentável dos recursos naturais e políticas que incentivem o desenvolvimento agrícola responsável.

4 CONCLUSÃO

O presente capítulo teve como objetivo analisar o papel da biotecnologia agrícola como ferramenta para a promoção da segurança alimentar e da sustentabilidade global. A partir da análise da literatura científica, buscou-se compreender de que forma as inovações biotecnológicas têm contribuído para o aumento da produtividade agrícola, para o desenvolvimento de cultivares mais resistentes e para a redução dos impactos ambientais associados às práticas agrícolas tradicionais.

Os resultados evidenciaram que diferentes tecnologias biotecnológicas, como a engenharia genética, a edição gênica e o uso de microrganismos benéficos, apresentam grande potencial para fortalecer os sistemas produtivos agrícolas. Essas ferramentas possibilitam o desenvolvimento de plantas mais resistentes a pragas, doenças e condições climáticas adversas, além de favorecer o uso mais eficiente de insumos e recursos naturais. Observou-se também que a aplicação dessas tecnologias pode contribuir para a redução de perdas na produção e para o aumento da eficiência dos sistemas agrícolas.

Nesse contexto, a biotecnologia agrícola se apresenta como um importante instrumento científico e tecnológico para enfrentar os desafios relacionados à produção de alimentos em escala global. Sua aplicação pode favorecer a construção de sistemas alimentares mais resilientes, produtivos e sustentáveis, contribuindo para atender à crescente demanda alimentar da população mundial sem comprometer os recursos ambientais.

Como contribuição, este estudo destaca a relevância da integração entre ciência, inovação tecnológica e práticas agrícolas sustentáveis para o fortalecimento da segurança alimentar. Além disso, reforça a importância de ampliar o debate acadêmico e científico sobre o uso responsável das tecnologias biotecnológicas na agricultura.

Por fim, sugere-se que pesquisas futuras aprofundem a análise sobre os impactos de longo prazo da biotecnologia na produção agrícola, bem como investiguem estratégias que ampliem o acesso às inovações tecnológicas no setor agrícola. Também se recomenda o desenvolvimento de estudos interdisciplinares que considerem aspectos ambientais, sociais e econômicos relacionados à aplicação da biotecnologia na agricultura.

REFERÊNCIAS

ALTIERI, Miguel A. *Agroecology: the science of sustainable agriculture*. 2. ed. Boca Raton: CRC Press, 2018.

BORLAUG, Norman E. Ending world hunger: the promise of biotechnology and the threat of antiscience zealotry. *Plant Physiology*, Rockville, v. 124, n. 2, p. 487–490, 2000.

BROOKES, Graham; BARFOOT, Peter. Environmental impacts of genetically modified (GM) crop use 1996–2018: impacts on pesticide use and carbon emissions. *GM Crops & Food*, Abingdon, v. 11, n. 4, p. 215–241, 2020.

DOUDNA, Jennifer A.; CHARPENTIER, Emmanuelle. The new frontier of genome engineering with CRISPR-Cas9. *Science*, Washington, v. 346, n. 6213, 2014.

FAO – FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. *The state of food security and nutrition in the world 2021*. Rome: FAO, 2021.

GLICK, Bernard R. *Plant growth-promoting bacteria: mechanisms and applications*. Scientifica, Cairo, v. 2012, p. 1–15, 2012.

ISAAA – INTERNATIONAL SERVICE FOR THE ACQUISITION OF AGRI-BIOTECH APPLICATIONS. *Global status of commercialized biotech/GM crops*. Ithaca: ISAAA, 2017.

JAMES, Clive. *Global status of commercialized biotech/GM crops: 2017*. Ithaca: ISAAA, 2017. QAIM, Martin. The economics of genetically modified crops. *Annual Review of Resource Economics*, Palo Alto, v. 12, p. 665–694, 2020.

QAIM, Matin. Genetically modified crops and agricultural development. 2. ed. London: Palgrave Macmillan, 2020.

SMITH, Pete et al. Agriculture, forestry and other land use (AFOLU). In: IPCC. Climate change 2014: mitigation of climate change. Cambridge: Cambridge University Press, 2014.

TILMAN, David et al. Global food demand and the sustainable intensification of agriculture. Proceedings of the National Academy of Sciences, Washington, v. 108, n. 50, p. 20260–20264, 2011.


UNITED NATIONS. World population prospects 2022: summary of results. New York: United Nations, 2022.

VANCE, Carroll P.; UDVARDI, Michael K. Genomics and nitrogen fixation in crop plants. Current Opinion in Plant Biology, London, v. 16, n. 3, p. 279–286, 2013.

ZHANG, Feng et al. Multiplex genome engineering using CRISPR/Cas systems. Science, Washington, v. 339, n. 6121, p. 819–823, 2013.

ÍNDICE DE SUSTENTABILIDADE AMBIENTAL COMO FERRAMENTA DE GESTÃO DO AGRONEGÓCIO APLICADO EM PROPRIEDADE DE CACOAL/RO

ENVIRONMENTAL SUSTAINABILITY INDEX AS A MANAGEMENT TOOL FOR AGRIBUSINESS APPLIED TO A PROPERTY IN CACOAL/RO

 <https://doi.org/10.63330/aurumpub.037-002>

Elaine Cunha de Arruda

Discente do curso Tecnólogo em Agronegócio, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Rondônia - IFRO campus Cacoal
E-mail: elainecunha.arruda@gmail.com
Lattes: <http://lattes.cnpq.br/1369232227985748>

Juliano Cristhian Silva

Professor do Ensino Básico Técnico e Tecnológico, Coordenação Geral da Rede de Núcleos Incubadores de Empreendimentos do IFRO, Coordenação do Eixo de Empreendedorismo e Inovação do Projeto Cidades Inteligentes, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Rondônia - IFRO campus Cacoal
E-mail: juliano@ifro.edu.br
Lattes: <http://lattes.cnpq.br/3496211980778375>

RESUMO

Em suma, observaremos o conceito de agroecossistema, sustentabilidade, e indicadores de sustentabilidade. Porém, sustentabilidade não dispensa o avanço tecnológico, e através do AGRO 5.0 é possível garantir determinada eficiência com sustentabilidade e disponibilidade às lavouras. O objetivo desse trabalho de conclusão de curso é apresentar o resultado da aplicação da ferramenta ISA (Índice de Sustentabilidade Ambiental), em uma propriedade de café especial situada em Cacoal, interior de Rondônia. A mesma é produtora de café especial do tipo Robusta (*Coffea Canephora*). O propósito da aplicação da ferramenta ISA consiste na medição do Índice de Sustentabilidade, entretanto considerando os aspectos econômicos, ambientais, e de fertilidade do solo. A aplicação da ferramenta ISA ocorreu por meio de preenchimento de questionário no aplicativo Excel ISA, onde foram inseridos dados e informações colhidas na referida propriedade, e ao final do processo, foram gerados os gráficos que representam cada um dos itens analisados e uma nota geral do índice de sustentabilidade da propriedade. A aplicação da ferramenta ISA, mostrou-se satisfatória na avaliação da sustentabilidade socioeconômica e ambiental do empreendimento. Além de reforçar os pontos positivos que impactam diretamente na agregação de valor ao café especial produzido na propriedade.

Palavras-chave: Sustentabilidade; Café especial; Agronegócio.

ABSTRACT

In short, we will observe the concept of agroecosystem, sustainability, and sustainability indicators. However, sustainability does not dispense with technological advancement, and through AGRO 5.0 its is possible to guarantee efficiency, sustainability and availability to crops. The objective of this course completion work is to present the results of applying the ISA (Environmental Sustainability Index) tool on a property a specialty coffee located in Cacoal, in the interior of Rondônia. It produces special robusta coffee (*Coffea Canephora*). The purpose of applying the ISA tool is to measure the Sustainability Index, however, considering the economic, environmental and soil fertility aspects. The application of the ISA tool occurred by filling out a questionnaire in the Excel ISA application, where data and information collected on the said property were entered, and at the end of the process, graphs were generated that represent each of the analyzed items and a general score of the property sustainability index. The application of the ISA tool proved to be satisfactory in assessing the socioeconomic and environmental sustainability of the Project. In addition to reinforcing the positive points that directly impact on adding value to the specialty coffee produced on the property.

Keywords: Sustainability; Special coffee; Agribusiness.

1 INTRODUÇÃO

Por meio de uma breve análise histórica global, percebe-se que o desenvolvimento sustentável tem sido uma preocupação desde a Conferência de Estocolmo, em 1972, que ocasionou na Declaração de Estocolmo e na criação do Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA). Essa trajetória percorreu várias conferências das Nações Unidas, que abordaram questões ambientais e sociais específicas, incluindo a Rio-92 e a Agenda 21. Desde então, a Organização das Nações Unidas (ONU) tem desempenhado um papel fundamental na promoção do desenvolvimento sustentável (Mendes, 2015, p. 68-69).

Assim, a partir de 2015, com a criação da Agenda 2030, seguiu-se a estruturação dos 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS). Dentre eles o que traz a luz da pesquisa, é o Fome Zero e Agricultura Sustentável, que visa reduzir a fome, garantir a segurança alimentar e promover a agricultura sustentável (ONU Brasil, 2024).

Por ser uma preocupação de grande relevância, atualmente, o Brasil se posiciona como palco de importantes eventos globais voltados ao desenvolvimento sustentável e às políticas ambientais, com a realização do G20 em 2024, e da COP30 previsto para 2025. A Cúpula Social do G20, realizada em novembro de 2024 no Rio de Janeiro, reúne as principais economias globais, União Europeia e União Africana sob o tema: Construindo um mundo justo e um planeta sustentável. Em continuidade, a COP30

em Belém - Pará, será uma oportunidade decisiva para avaliar os avanços das metas climáticas e adaptar as políticas às crescentes demandas ambientais. A localização da conferência na Amazônia facilita o contato direto com o bioma e suas comunidades, promovendo equilíbrio entre a proteção ambiental e o desenvolvimento sustentável no cenário global (Ramos; Garcia, 2024).

Nesse contexto global, a escassez de recursos naturais, as mudanças climáticas, a urbanização crescente e a produtividade agrícola decrescente em alguns lugares destacam a importância de abordar questões ecológicas na produção de alimentos. A agroecologia e a implantação de agroecossistemas são consideradas alternativas viáveis para melhorar a qualidade dos alimentos e a conscientização dos produtores e da sociedade, como sugerido por Steve Gliessman, professor de Agroecologia da Universidade da Califórnia (Mendes, 2015).

No Brasil, o projeto estratégico denominado Adequação Socioeconômica e Ambiental das Propriedades Rurais, desenvolvido pela Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG) em parceria com a Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural do Estado de Minas Gerais (EMATER-MG), surgiu para orientar os produtores na gestão de suas atividades produtivas, promovendo a sustentabilidade (Da Costa, et al., 2013).

Uma ferramenta importante para essa avaliação é o Índice de Sustentabilidade Ambiental (ISA), um sistema integrado que avalia o desempenho socioeconômico e ambiental das propriedades rurais. Essa ferramenta gera índices com variação de 0 a 1, estabelecido 0,7 como limite de sustentabilidade. Com base nesses dados, os produtores podem desenvolver estratégias para melhorar a gestão de suas propriedades (Da Costa, et al., 2013).

Assim, o trabalho realizado explora os conceitos de agroecossistemas, sustentabilidade e indicadores de sustentabilidade, através da metodologia ISA, com o objetivo de determinar o Índice de Sustentabilidade do empreendimento de café especial, localizada em Cacoal - Rondônia, que recebeu reconhecimento e prêmios.

2 AGROECOSSISTEMA, SUSTENTABILIDADE, E INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE

Adiante, o referencial teórico será apresentado em tópicos, afim de organizar os principais conceitos que fundamentam esta pesquisa, e facilitar a compreensão dos temas abordados, possibilitando uma análise mais clara das bases teóricas que sustentam o estudo. Dessa forma, busca-se estabelecer um diálogo consistente entre a teoria e a realidade observada na pesquisa de campo.

2.1 AGROECOSSISTEMA

Conforme Steve Gliessman, em comunicação por e-mail em maio de 2016 à revista IHU On-Line, um agroecossistema é caracterizado como um ecossistema que inclui pelo menos uma população agrícola.

Diferencia-se dos ecossistemas naturais devido à intervenção humana com um propósito específico, sendo uma unidade de trabalho nos sistemas agrícolas. Marten (1988) o define como um complexo que abrange ar, água, solo, animais, plantas, microrganismos e modificações humanas na área, visando a produção agrícola.

Steve Gliessman (2016, p.38), destaca que o grande desafio está no desenvolvimento de agroecossistemas alternativos, dado o controle considerável exercido pelo sistema alimentar. Ele argumenta que tais agroecossistemas visam a criação de alternativas para obter aumento do bem-estar econômico e social dos produtores.

Gordon Richard Conway, ecologista agrícola e professor no Imperial College em Londres, também Diretor de Agricultura para Impacto, adota esse conceito e define sustentabilidade como a capacidade que possui um agroecossistema de manter sua produtividade, e estabilidade biológica. Portanto, produtividade, estabilidade e sustentabilidade são propriedades que correspondem aos ecossistemas naturais, mas cada uma delas é definida em termos da produção do sistema, podendo ser medidas tanto biológica quanto socioeconomicamente (Conway, 1993).

Miguel Altieri (2004), agrônomo chileno e professor de Agroecologia na Universidade da Califórnia - Berkeley, também destaca a equidade, que avalia a distribuição justa dos produtos do agroecossistema entre produtores e consumidores.

É relevante notar que os agroecossistemas adquirem configurações específicas em cada região devido às variações locais de clima, solo, relações econômicas, estrutura social e história. Portanto, o estudo desses sistemas em uma dada região engloba desde a produção agrícola comercial até a subsistência, usando diferentes níveis de tecnologia conforme a disponibilidade de terra, capital e mão de obra (Altieri, 2004).

João Canuto (2017), doutor em agroecologia e pesquisador da Embrapa Meio Ambiente, enfatiza a necessidade de elaborar estratégias de agroecossistemas sustentáveis que atendam às necessidades da propriedade, da comunidade, da economia e sociedade em geral. Assim, prosseguindo Canuto (2017), o desenho desses agroecossistemas inclui considerações sobre a combinação de árvores e cultivos, seu arranjo espacial, a expectativa de crescimento futuro, os custos associados e os métodos de manejo, bem como a projeção da renda possível. Esse processo de planejamento e desenho é essencial para alcançar a sustentabilidade, logo, essa abordagem agroecológica busca aproveitar os benefícios da biodiversidade e reduzir a utilização de insumos externos, fortalecendo a estabilidade dos agroecossistemas a longo prazo.

Em síntese, é fundamental aprofundar a discussão sobre um mundo sustentável, incorporando diretamente conceitos como desenvolvimento sustentável e sustentabilidade, orientando as decisões em todos os níveis da sociedade (Verona; Augusto *et al.*, 2007). Essa incorporação exige uma mudança de paradigma, na qual os valores ambientais, sociais e econômicos sejam integrados de maneira equilibrada, para promover um desenvolvimento que não apenas satisfaça as necessidades da geração atual, mas também

garanta os recursos e a qualidade de vida das gerações futuras. Assim, guiando políticas públicas, estratégias empresariais e ações cotidianas, contribuindo para a construção de uma sociedade mais justa, resiliente e consciente dos limites do planeta.

2.2 SUSTENTABILIDADE

O termo sustentabilidade é definido de forma geral nos dicionários da língua portuguesa, como a capacidade de promover o desenvolvimento econômico, atendendo às necessidades do presente sem prejudicar o meio ambiente e sem comprometer gerações futuras (Bechara, 2011). Também pode ser interpretado como um modelo de sistema que possui condições para se manter ou conservar (Priberam, 2024). Adicionalmente, a palavra sustentável surge do latim *sustentare*, um verbo que indica a ação de defender, favorecer, apoiar, conservar ou cuidar (Priberam, 2024).

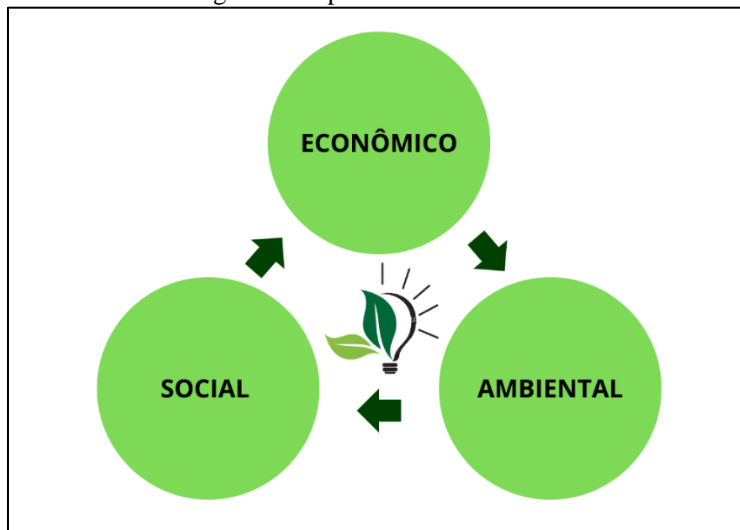
Todavia, como apontado por Veiga (2008), não há uma definição única e universalmente aceita para sustentabilidade e desenvolvimento sustentável. Até o final dos anos 1970, sustentabilidade era um conceito principalmente utilizado por pesquisadores especializados em biologia populacional, que buscavam avaliar quando uma atividade extrativa ultrapassava os limites de reprodução das espécies estudadas, identificando o ponto em que a capacidade de recuperação de um ecossistema era excedida (Veiga; Zatz, 2008, p. 36).

No entanto, Nascimento (2012, p. 51) propõe uma compreensão mais ampla de sustentabilidade, assim a descreve como uma percepção da finitude dos recursos naturais e de sua gradual e preocupante diminuição. O autor ressalta que, a compreensão da sustentabilidade em seu sentido mais amplo requer a consideração de suas diversas facetas, que variam conforme o contexto de estudo, relatório ou trabalho acadêmico. Semelhantemente, Valenti *et al.* (2012, p. 10) argumentam que a característica fundamental da produção sustentável é o reconhecimento da finitude da natureza e o com o propósito de abandonar a ideia de crescimento ilimitado. Além disso, cada geração deve comprometer-se a deixar às gerações futuras uma quantidade de recursos naturais equivalente àquela recebida.

A presente pesquisa aborda o tema sustentabilidade sob a ótica do Tripé da Sustentabilidade (Triple Bottom Line), formulado por John Elkington em 1994. Conhecido como pai da sustentabilidade, Elkington incorpora os três pilares essenciais da sustentabilidade: Ambiental, Social e Econômico (Elkington, 2004). Criando assim, um modelo de gestão que serve como base para investimentos sustentáveis. Nesse modelo de abordagem abrangente, a avaliação do desempenho de uma empresa não se restringe apenas aos seus balanços financeiros, mas também abarca o seu desempenho em termos ambientais e sociais.

Segundo Elkington (2004), sustentabilidade é o princípio que assegura que nossas ações atuais não comprometerão o desenvolvimento e os recursos das futuras gerações. Consulte a Figura 1 abaixo, que esboça o Tripé da Sustentabilidade:

Figura 1: Tripé da Sustentabilidade



Fonte: adaptado pela autora (2023), baseado em Lima (2019).

Assim, sem dúvida, a compreensão e a aplicação da sustentabilidade em diversos contextos são fundamentais para evitar que esse conceito se torne vago. Portanto, é imprescindível explorar os conceitos relacionados ao desenvolvimento sustentável, por isso o HIDS (Hub Internacional para o Desenvolvimento Sustentável), criado por instituições e empresas públicas e privadas, localizado no município de Campinas-SP, busca agregar esforços nacionais e internacionais para promover o desenvolvimento sustentável produzindo tecnologias inovadoras para as gerações futuras (Cavalcanti, 2021).

Apesar de não serem termos intercambiáveis, sustentabilidade e desenvolvimento sustentável são frequentemente usados de forma equivalente (Sartori; Latrônico; Campos, 2014). De acordo com Dovers e Handmer (1992), o desenvolvimento sustentável é uma via deliberada de mudança e melhoria com o objetivo de atender as necessidades da população.

Por outro prisma, Elkington (2012) enfatiza que o desenvolvimento sustentável só é viável mediante o equilíbrio dos três pilares do Tripé da Sustentabilidade: social, ambiental e econômico. Ele conceitua o desenvolvimento sustentável como o objetivo a ser alcançado, enquanto a sustentabilidade é o processo que engloba ações sustentáveis.

Nesse contexto, é vital atribuir significado concreto ao termo sustentabilidade por meio da compreensão, qualificação, quantificação e apresentação de parâmetros mensuráveis como contribuições ou diretrizes para a mudança de comportamento, tanto individual quanto institucional (Guimarães; Feichas, 2009).

Com isso, surgem os Indicadores de Sustentabilidade como instrumentos para avaliar a transição de sistemas, englobando variáveis passíveis de avaliação repetida ao longo do tempo, evidenciando a eficácia durante o processo de transição agroecológica (Vidal *et al.*, 2015). Esses indicadores fornecem dados quantitativos e qualitativos que ajudam a adaptar práticas agrícolas a um contexto sustentável, e sua

avaliação frequente, assegura que o progresso em direção à sustentabilidade seja uma meta mensurável e ajustável ao longo do tempo.

Em sintonia com essa necessidade de avaliação constante do desenvolvimento sustentável, a agricultura familiar emerge como um dos principais pilares na construção da sustentabilidade, dada sua capacidade de prevenir crises ambientais futuras, e de integrar práticas que preservem os ciclos biogeoquímicos e sustentem a biodiversidade, assegurando o equilíbrio entre as necessidades humanas e a capacidade dos ecossistemas essenciais para a vida no planeta (Cavalcanti, 1994).

Nesse cenário de agricultura sustentável, a agroecologia por sua vez, oferece uma abordagem integrando conceitos agronômicos com um modelo que vai além da produção agrícola convencional, com práticas de baixo impacto ambiental para promover a produção de alimentos e apoiar o desenvolvimento sustentável.

Assim, forma-se um sistema interligado entre indicadores, agricultura familiar e agroecologia, esses elementos tornam possível elaboração de políticas públicas e apoio financeiro para o fortalecimento de práticas que conciliem produção e conservação ambiental. Com isso a agricultura familiar obtém instrumentos de incentivo, como o PRONAF Agroecologia, uma linha de crédito dedicada à produção de base agroecológica, contribui significativamente com o desenvolvimento sustentável da agricultura familiar, promovendo a Agroecologia e sustentando as famílias agricultoras no campo incentivando-as a adotar métodos de cultivo que estejam alinhados com a preservação ambiental e a sustentabilidade (Gonçalves *et al.*, 2020).

Visto o papel fundamental de práticas sustentáveis, por outro lado, a intensificação de práticas de produção prejudiciais conduz a desafios ambientais, sociais e econômicos, incluindo mudanças climáticas, escassez de água, perda de biodiversidade e insegurança alimentar, resultando também no êxodo rural (Gonçalves *et al.*, 2020 *apud* El Bilali *et al.*, 2019).

É notório que grupos de agricultores familiares contribuem significativamente para a sustentabilidade ecológica, mesmo em cenários de vulnerabilidade socioeconômica. Eles concentram-se em promover a qualidade de vida presente e futura, abordando dimensões culturais, ambientais e socioeconômicas que qualificam a relação entre sociedade e natureza. Há um aumento na conscientização acerca da importância de compreender o meio ambiente e preservá-lo em toda a sua complexidade (Oliveira *et al.*, 2016).

Kaufmann *et al.* (2016) ressaltam que a conservação e o manejo sustentável dos recursos da agrobiodiversidade são essenciais para alcançar metas de sustentabilidade e equidade, empoderando comunidades a autogerir e proteger recursos em seu benefício.

Nessa perspectiva, a conservação e o manejo sustentável, são apoiados por políticas públicas conforme estabelece a legislação, e garantem que o meio ambiente seja tratado como um bem coletivo.

Conforme definido pela Lei nº 12.651/2012, uma Área de Preservação Permanente é um espaço protegido, com ou sem cobertura de vegetação nativa, destinado a preservar recursos hídricos, paisagens, estabilidade geológica e biodiversidade. Além disso, facilita o fluxo genético da fauna e flora, protege o solo e possibilita o bem-estar das comunidades humanas (Brasil, 2012).

A importância desse tópico é evidente, especialmente considerando o crescente comprometimento de grandes empresas multinacionais com os três pilares da Sustentabilidade: social, ambiental e econômico. Por exemplo, a Nestlé, em sua linha de café, adota o Código de Conduta 4C e introduziu cápsulas de papel compostável, inovando em práticas de preservação e sustentabilidade, além de utilizar práticas de cultivo e produção sustentáveis de café. Todas essas ações refletem a preocupação com a sustentabilidade e um estilo de vida mais saudável (2020, Nestlé).

A 4C Services GmbH, assegura a conformidade do Código de Conduta 4C por meio do Sistema de Certificação 4C. Esse código é aplicado globalmente e abrange 27 princípios em dimensões econômicas, sociais e ambientais. Esses princípios são fundamentados em boas práticas de gestão e agrícolas, alinhando-se a convenções internacionais e diretrizes reconhecidas no setor cafeeiro. Além disso, o Código de Conduta 4C estabelece 10 Práticas Inaceitáveis a serem eliminadas antes de buscar a Certificação 4C. O enfoque inclusivo desse código visa envolver produtores que ainda não estão inseridos ao mercado de café sustentável, melhorando gradativamente as condições sociais, econômicas e ambientais na produção e processamento do café ao redor do mundo (4C Services GmbH, 2018).

Observa-se que o debate acerca do desenvolvimento sustentável transcende as esferas globais e alcança as práticas locais, onde o tripé da sustentabilidade ambiental, social e econômico, se consolida como fundamento indispensável para sistemas produtivos equilibrados. Nesse contexto, a agroecologia representa uma abordagem transformadora, ao integrar saberes científicos e tradicionais, fortalecendo a relação entre sociedade e natureza e promovendo uma produção de baixo impacto ambiental. Essa perspectiva reforça a importância de integrar políticas públicas como instrumentos estratégicos, para ampliar um futuro promissor de desenvolvimento sustentável. Adiante, esta pesquisa aborda a cafeicultura, especialmente a voltada à produção de cafés especiais, como um campo fértil para a implementação de novas práticas sustentáveis, combinando inovação tecnológica, responsabilidade socioambiental e valorização da agricultura familiar.

2.3 INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE

A ampla discussão sobre sustentabilidade conduz a construção de indicadores que permitem mensurar transformações nas características dos sistemas, além de avaliar e monitorar seu nível de sustentabilidade (Souza, 2019).

Para melhor compreensão, o termo indicador, vem do latim *indicare*, que significa índice ou dado estatístico que fornece indicações sobre algo, associado ao financeiro ou econômico (Priberam, 2024). No entanto, os primeiros estudos sobre indicadores a partir de 1995, abordavam apenas aspectos econômicos, assim, posteriormente foram explorados estudos no intuito de desenvolver indicadores de sustentabilidade (Veiga, 2010).

Veiga (2010), faz recomendações sobre aos indicadores de sustentabilidade, ressaltando que a medição adequada da sustentabilidade requer normas e métodos estatísticos rigorosos, além de considerar o contexto global. O autor destaca que, deve-se focar na contribuição de cada país para mitigar a insustentabilidade global. Assim, sugere a utilização de um conjunto de indicadores capazes de monitorar a qualidade de vida, o desempenho econômico e a avaliação de recursos; destacando a necessidade de indicadores físicos específicos assegurando uma análise detalhada e contextualizada da sustentabilidade.

Van Bellen (2005, p. 41), traz em seu livro discussões entre alguns autores, primeiramente McQueen e Noak (1988), apontam que os indicadores de sustentabilidade podem ser apresentados de diversas maneiras, funcionando como medidas sintetizadas de fenômenos específicos, simplificando e tornando mais compreensíveis as informações relevantes; enquanto Holling (1978), descreve indicadores de sustentabilidade como uma medida do comportamento do sistema em termos de atributos perceptíveis e expressivos; com isso, Gallopin (1996) complementa que os indicadores são variáveis que fornecem uma base sólida para avaliar os impactos ambientais, sociais e econômicos, permitindo o monitoramento contínuo e a adaptação estratégica ao longo do tempo (Van Bellen, 2005, p. 41).

O papel dos indicadores de sustentabilidade é simplificar a realidade de um sistema de produção a partir da identificação de seu funcionamento, estrutura e principais relações com suas respectivas dimensões. Assim, um indicador eficiente deve facilitar o processo interpretativo sintetizando a complexidade, ou seja, se constitui em um elemento que absorve e produz informações durante o processo (Souza, 2019; *apud* Manzoni, 2006).

É importante destacar que, embora muitas vezes os indicadores sejam apresentados na forma de gráficos ou estatísticas, eles são substancialmente diferentes dos dados primários, que representam apenas uma coleta bruta de informações. Indicadores, por outro lado, têm o potencial de representar de forma mais abrangente (Van Bellen, 2005, p. 43).

Seguindo, na perspectiva de Van Bellen (2005, p.43), *apud* Tunstall (1994), os indicadores de sustentabilidade desempenham funções essenciais, destacando suas principais, sendo elas: a avaliação das condições e tendências atuais, a comparação entre diferentes lugares e situações, a avaliação das condições e tendências em relação a metas e objetivos, o fornecimento de informações de alerta e a capacidade de antecipar futuras condições e tendências.

Os índices, por sua vez, oferecem uma forma de resumir numericamente o desempenho global alcançado por diferentes propriedades, permitindo mensurar a distância entre a situação atual e os objetivos estabelecidos. Eles são calculados pela média das pontuações atribuídas aos indicadores de cada uma das dimensões correspondentes (Verona; Augusto *et al.*, 2007).

Para avaliações de sustentabilidade, são comumente utilizados índices específicos para mensurar as dimensões Ambiental (ISA), Social (ISS), Econômica (ISE), bem como o Índice de Sustentabilidade Global (ISG). Esses índices desempenham um papel fundamental na avaliação abrangente do desempenho sustentável em diversas áreas e setores (Costa *et al.*, 2013).

Em resumo, os indicadores de sustentabilidade representam ferramentas valiosas para a avaliação e monitoramento do progresso em direção a práticas mais sustentáveis. Ao fornecer medidas resumidas e compreensíveis, eles permitem uma compreensão mais clara e abrangente das condições e tendências em áreas fundamentais para a sustentabilidade.

3 MODELO ISA

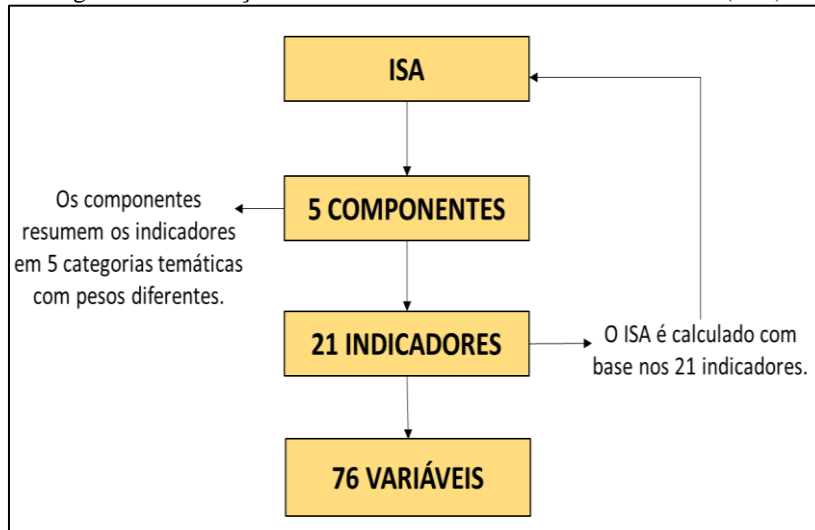
O Modelo ISA, ou Índice de Sustentabilidade Ambiental, foi introduzido durante o Fórum Econômico Mundial de 2002 por pesquisadores de duas instituições acadêmicas dos Estados Unidos, as universidades de Yale e Columbia. Inicialmente, o ISA englobava 68 variáveis relacionadas a 20 indicadores e foi calculado para um total de 142 países. Posteriormente, em 2005, o índice foi expandido para 146 países, incluindo um indicador adicional, totalizando 21 (Martins *et al.*, 2006).

O ISA passa por revisões anuais, visando aprimorar sua capacidade de refletir os aspectos relacionados à construção de um desenvolvimento que promova qualidade de vida tanto para as pessoas quanto para o meio ambiente, conforme apontado por Columbia University e Yale University em 2005.

O principal propósito do ISA é comparar a capacidade dos países em proteger seu ambiente, considerando não apenas o presente, mas também as décadas futuras. A busca pela sustentabilidade orienta o índice a preocupar-se não apenas com a situação atual, como também com as ações necessárias com a finalidade de promover melhorias. Essa ferramenta é um recurso valioso que auxilia os tomadores de decisão a lidar com questões ambientais em suas respectivas regiões ou nações (Martins *et al.*, 2006).

Martins (*et al.*, 2006) explica que, o ISA é composto por cinco categorias primordiais: sistemas ambientais, redução da pressão ambiental, redução da vulnerabilidade humana, capacitação social e institucional, e responsabilidade ambiental global. Assim, essas cinco categorias abrangem 76 variáveis distribuídas em 21 indicadores de sustentabilidade ambiental, representada na Figura 2, a hierarquia no processo de criação do ISA. É importante observar que o ISA processa grande quantidade de informações, que nem sempre estão com alta qualidade ou disponíveis para todos os países.

Figura 2: Construção do Índice de Sustentabilidade Ambiental (ISA)



Fonte: adaptado pela autora (2023), baseado em Columbia University e Yale University (2005).

O índice de sustentabilidade ambiental é calculado com base em 21 indicadores de sustentabilidade ambiental. Esses 21 indicadores compreendem uma ampla gama de aspectos, a saber: qualidade do ar, biodiversidade, qualidade da terra, qualidade da água, quantidade de água disponível, redução da poluição do ar, diminuição da pressão sobre os ecossistemas, redução da pressão populacional, redução da pressão gerada pelo lixo e consumo, diminuição da pressão sobre os recursos hídricos, gestão de recursos naturais, saúde ambiental, sustentabilidade humana básica, diminuição da vulnerabilidade a desastres naturais/ambientais, governança ambiental, ecoeficiência, responsabilidade do setor privado, ciência e tecnologia, participação em esforços de colaboração internacional, emissões de gases de efeito estufa e redução da pressão ambiental transfronteiriça (Martins *et al.*, 2006).

Assim, todos esses componentes e indicadores de sustentabilidade ambiental estão ilustrados na Figura 3, evidenciando a abrangência e complexidade do ISA.

ÍNDICE DE SUSTENTABILIDADE AMBIENTAL COMO FERRAMENTA DE GESTÃO DO AGRONEGÓCIO
APLICADO EM PROPRIEDADE DE CACOAL/RO

Figura 3: Componentes e Indicadores de Sustentabilidade Ambiental

	INDICADORES	NÚMERO DE VARIÁVEIS
Sistemas Ambientais	Qualidade do ar	4
	Biodiversidade	5
	Solo	2
	Qualidade Da Água	4
	Quantidade De Água	2
Redução da Poluição Ambiental	Redução da Poluição do Ar	5
	Redução da Poluição do Ecossistema	2
	Redução da Pressão Demográfica	2
	Redução do Desperdício e Consumo	3
	Redução da Poluição da Água	4
	Gestão dos Recursos Naturais	5
Redução da Vulnerabilidade Humana	Saúde Ambiental	3
	Subsistência Básica	2
	Exposição aos Desastres Naturais	2
Capacidade Socioinstitucional	Governança Ambiental	12
	Ecoeficiência	2
	Capacidade de Resposta da Iniciativa Privada	5
	Ciência e Tecnologia	5
Responsabilidade Global	Participação Internacional em Esforços Colaborativos	3
	Emissão de Gases de Efeito Estufa	2
	Redução de “Transbordamentos”	2
	Total de Variáveis	76

Fonte: adaptado pela autora (2023), baseado em Columbia University e Yale University (2005).

Por meio da média desses 21 indicadores, é gerado um único número que representa o nível de sustentabilidade de uma propriedade rural. Esse índice varia de 0 a 1, assim 0,7 é considerado o limite mínimo de sustentabilidade. No entanto, também é comum expressar o índice em uma escala de 0 a 100 (Martins *et al.*, 2006).

O ISA desempenha um papel fundamental na avaliação do desempenho socioeconômico e ambiental de propriedades rurais, proporcionando aos agricultores uma ferramenta eficaz de gerenciamento de seus empreendimentos (Costa *et al.*, 2013). Além disso, está em consonância com políticas públicas, como a Política Nacional de Assistência Técnica e Extensão Rural (PNATER), que visa promover o desenvolvimento sustentável na agricultura familiar (Brasil, 2010).

No Brasil em 2012, desenvolvido pelo pesquisador José Mário Lobo da EPAMIG, a ferramenta ISA é aplicada por técnicos da EMATER-MG e tem como objetivo realizar a adequação socioeconômica e ambiental das propriedades rurais, considerando-as como agroecossistemas completos. O projeto envolve várias instituições, como a EMATER-MG, Instituto Estadual de Florestas (IEF), Embrapa, UFMG e Fundação João Pinheiro, com apoio da Fapemig e coordenação da EPAMIG.

O ISA tem sido aplicado em várias propriedades rurais por diferentes instituições, incluindo o Senar, e em áreas afetadas pelo rompimento da Barragem de Fundão, em Mariana (MG), com o objetivo de auxiliar na recuperação econômica e ambiental da região (Ferreira, *et al.*, 2012; EPAMIG, 2019).

Essa ferramenta permite que os produtores rurais identifiquem áreas que requerem melhorias em suas propriedades, abrangendo aspectos econômicos, sociais, qualidade do solo, uso de água e manejo da produção. É uma metodologia simples e de baixo custo, aplicada por técnicos treinados em entrevistas de campo, análises de imagens de satélite e laboratório. Os dados coletados são organizados e processados em planilhas eletrônicas, gerando um diagnóstico que destaca aspectos positivos e desafios identificados na propriedade.

Além disso, o ISA pode ser utilizado para identificar problemas de sustentabilidade em associações ou cooperativas rurais. As cooperativas agrícolas também podem empregá-lo para classificar o grau de sustentabilidade da produção de seus cooperados e remunerá-los de forma diferenciada (Fonseca *et al.*, 2017).

Cabe ressaltar que a ferramenta ISA, propõe o desenvolvimento de uma metodologia voltada à certificação de sustentabilidade ambiental para agroindústrias e propriedades rurais. Tal metodologia pode ser implementada tanto por iniciativas privadas quanto por órgãos públicos, possibilitando a emissão de um selo de sustentabilidade ambiental. A partir do desenvolvimento da ferramenta ISA, o próximo passo para que ela seja efetivamente utilizada como instrumento certificador consiste em seguir um processo estruturado de credenciamento, conforme exigido pelos órgãos reguladores competentes. Isso inclui a conformidade com normas técnicas específicas e a demonstração de competência técnica e operacional da entidade certificadora.

Para isso, a certificação de sustentabilidade ambiental com a metodologia ISA, pode adotar critérios objetivos de avaliação, como pontuações que variam de 0 a 1, baseadas em normas e práticas sustentáveis reconhecidas nacional e internacionalmente. Essa abordagem facilita a emissão do selo de sustentabilidade de forma transparente e padronizada. Além disso, a formalização de parcerias estratégicas com órgãos governamentais, associações de produtores e demais entidades do setor agroindustrial pode fortalecer significativamente a credibilidade da certificadora. Entre os principais benefícios da certificação, destacam-se a conexão de produtores com mercados que exigem comprovação de sustentabilidade, o fortalecimento da imagem institucional das empresas certificadas e o incentivo a boas práticas ambientais. A certificação pode, portanto, atuar como um diferencial competitivo para o agronegócio e o desenvolvimento sustentável e econômico no estado de Rondônia.

Portanto, evidenciando como o ISA representa uma ferramenta de inovação no diagnóstico socioeconômico e ambiental das propriedades rurais, observa-se o papel fundamental da tecnologia. Nesse sentido, à medida que a agricultura evolui, dispomos da Agricultura 5.0, que surge para integrar e expandir os benefícios conquistados pelo Agro 4.0, consolidando-se como um modelo tecnológico focado na eficiência e precisão, integrando práticas sustentáveis na gestão dos recursos naturais.

4 AGRICULTURA 5.0

Anteriormente, com o advento do Agro 4.0, dispomos de métodos computacionais avançados, e benefícios como, maior produtividade, eficiência no uso de insumos, redução de custos com mão de obra, melhoria da qualidade e segurança dos trabalhadores, além de minimizar os impactos ambientais (Massruhá; Leite, 2017).

Decorrente, com a agricultura 5.0 contamos com a mais recente geração de modelos de produção agrícola, tendo como principais fatores a análise de solo georreferenciada, pulverização com drones e tecnologias para o plantio, irrigação e fertilização, e o mapeamento de áreas por satélite (Barichello, 2023).

A agricultura 5.0 tem como objetivo promover o uso de tecnologias inovadoras, como inteligência artificial e robótica, conciliadas com análise de dados, para potencializar a produtividade agrícola. Em outras palavras, a agricultura 5.0 representa a agricultura de precisão, estruturada por dados e recursos tecnológicos avançados, que permitem avaliar e expandir a produção de alimentos de forma mais eficiente (Barichello, 2023).

A agricultura 5.0, segundo Ângela Gheller, diretora de Agroindústria da TOTVS, representa um avanço considerável, e essa nova etapa da agricultura se concentra em três pilares fundamentais: eficiência, sustentabilidade e disponibilidade para as lavouras. Com foco na coleta de informações, através da utilização de sensores que processam informações e fornecem análises para embasar as decisões dos agricultores. A agricultura 5.0 combina inteligência artificial, robótica e digitalização de processos, logo, essa abordagem já está sendo adotada nas lavouras em todo o Brasil (Agrishow, 2022).

É relevante ressaltar que a transição agroecológica em direção à estabilidade e sustentabilidade exige a efetiva utilização do avanço tecnológico e do conhecimento científico. A incorporação dessas tecnologias desempenha um papel fundamental na criação de sistemas agroecológicos sustentáveis que atendam às necessidades dos produtores (Souza, 2019).

O Modelo ISA, baseado em tecnologia, permite que instituições colem dados de campo para avaliação global e planejamento estratégico. Com esses dados, torna-se possível gerar gráficos e estatísticas, extrair informações úteis e avaliar o progresso dos projetos de sustentabilidade em propriedades rurais. Além disso, é viável comparar indicadores de sustentabilidade, estabelecer metas de melhoria e adequação, bem como traçar planos de curto e longo prazo para aprimorar a gestão rural com base em dados concretos (Fonseca *et al.*, 2017).

Mendes e Marcolan (2015), evidenciam a importância de considerar as características específicas do café canéfora em Rondônia, aliadas aos dados de clima e solo, como elementos essenciais para o planejamento sustentável da cafeicultura na região. Deste modo, orienta o manejo adequado do solo, a escolha de áreas aptas ao cultivo e a otimização das condições produtivas, promovendo maior eficiência nos sistemas agrícolas locais. Segundo os autores, a sustentabilidade na cafeicultura exige um olhar atento

para a utilização racional dos recursos naturais, já que o cultivo do café demanda práticas agrícolas responsáveis, assim, o manejo adequado do solo, o uso de variedades adaptadas às condições específicas de clima e solo são fundamentais. Nesse sentido, a incorporação de tecnologias ao cultivo do café contribui significativamente para a longevidade das lavouras, e o desenvolvimento sustentável da cafeicultura no estado de Rondônia.

5 METODOLOGIA

A metodologia ocorreu predominantemente quantitativa, com aspectos qualitativos, embora a análise de dados tenha sido essencialmente quantitativa. A pesquisa quantitativa permite chegar a conclusões a partir dos dados coletados, que, após tratamento estatístico, podem ser organizados e apresentados em tabelas geradas por ferramentas computacionais (Gil, 2002). Por conseguinte, a metodologia com aspectos qualitativos, focada a partir de um objeto de estudo, segundo Minayo (2011), parte da interação direta com o ambiente natural onde os fenômenos acontecem, destacando a importância do contexto e a subjetividade dos participantes envolvidos, isto reforça a importância de considerar o local da coleta de dados. No entanto, no campo, esses dados subjetivos, só podem ser conseguidos com a contribuição dos participantes envolvidos, e constituem uma representação da realidade, a partir da maneira de pensar, maneira de atuar; suas condutas e projeções para o futuro. O autor também descreve que, o trabalho de campo proporciona uma proximidade com os fenômenos estudados, assim permite uma compreensão das dinâmicas locais e contextuais, e têm como referência o mundo da vida, emergindo de universos como a política, economia, relações sociais, funcionamento das instituições, questões atinentes a determinados segmentos sociais, além da cultura geral ou local, entre outros aspectos relevantes (Minayo; Deslandes, 2011, p.62-76).

A aplicação do ISA ocorreu na propriedade conhecida como Café Da Luz, situada em Cacoal, Rondônia, na linha 12, Lote 55, Gleba 11. Essa propriedade se dedica à produção de café especial do tipo Robusta (*Coffea Canephora*). A execução do ISA envolveu duas visitas à propriedade do Sr. João Luz. Na primeira visita realizada em 17 de outubro de 2022, foi aplicado um questionário ao proprietário da terra, Sr. João Luz. Assim, foram coletados dados da propriedade, análise de solo, e do (CAR) Cadastro Ambiental Rural. Isso permitiu a obtenção das informações necessárias para o preenchimento da planilha ISA. A segunda visita foi realizada em 21 de dezembro de 2022, teve como objetivo a coleta de amostras de água, da represa utilizada para irrigação do café especial. Vale mencionar que a análise do solo já havia sido realizada anteriormente, eliminando a necessidade de coletar novas amostras.

Assim, seguindo o cronograma estipulado para o preenchimento do ISA, contamos com um sistema composto por 7 pastas: 1ª Guia de aplicação, 2ª Questionário, 3ª Indicadores, 4ª Relatório, 5ª Plano de adequação, 6ª Fórmulas utilizadas nos Indicadores, e 7ª Base de dados. Para que fosse possível o

preenchimento dos dados coletados, foi utilizado o guia de aplicação, este guia traz explicações detalhadas de qual a melhor forma fazer o uso da planilha. O questionário, foi utilizado para coleta de dados gerais da propriedade, e os indicadores, foram as perguntas utilizadas na entrevista com produtor responsável pela propriedade, que traz em seus resultados os relatórios expostos por gráficos.

Observa-se abaixo representado na Figura 4, o fluxograma das etapas de preenchimento da planilha ISA, contendo as 7 pastas.

Figura 4: Fluxograma das etapas de preenchimento da planilha ISA



Fonte: Elaborado pela autora, baseado em planilha ISA (2024).

No caso desta pesquisa, o plano de adequação do ISA, que normalmente é utilizado por técnicos para intervir e sugerir melhorias para o produtor responsável pela propriedade, não foi aplicado, pois a pesquisa teve como objetivo exclusivamente a análise dos dados, sem a implementação de recomendações de adequação. Seguindo, por fim, as fórmulas utilizadas nos indicadores, e a base de dados, são apenas informações e base de cálculos com parâmetros pré-estabelecidos do próprio sistema ISA.

De posse dos dados coletados, as planilhas ISA foram preenchidas usando a ferramenta Excel, observando cada um dos seguintes aspectos: índices de produtividade e preços de venda, diversidade de renda, evolução patrimonial do imóvel rural, grau de endividamento, serviços básicos disponíveis para o imóvel rural, escolaridade e cursos direcionados às principais atividades, ocupação e emprego, gestão do empreendimento, comercialização e inovação, gerenciamento de resíduos e efluentes gerados no imóvel rural, segurança do trabalho referente ao uso de agrotóxicos, capacidade produtiva do solo, qualidade da água, risco de contaminação da água por agrotóxicos, avaliação de áreas com solo em processo de degradação, grau de adoção de práticas conservacionistas, estado de conservação das estradas que cortam e margeiam o imóvel rural, vegetação nativa, fitofisionomias e estado de conservação da vegetação, adequação das áreas de preservação permanente, adequação da reserva legal, e diversificação da paisagem rural. Após inseridos os dados, o processo automático gerou um gráfico de resultado para cada aspecto, em três etapas: aspectos socioeconômicos, aspectos ambientais e análise de fertilidade do solo; e um relatório geral (tabela 4).

Dessa forma, foi possível calcular o Índice de Sustentabilidade Ambiental (ISA) da propriedade em questão, com base nos dados coletados em campo e organizados conforme os critérios estabelecidos pela metodologia. Cabe ressaltar que a planilha utilizada nesta pesquisa passou por uma atualização recente no

ano de 2024, com melhorias na disposição do guia de aplicação que passou de seis para quarenta páginas, expondo detalhadamente cada tópico. Após a obtenção da versão atualizada, os dados foram inseridos novamente, confirmando a estabilidade e a confiabilidade dos resultados obtidos anteriormente, uma vez que não houve alteração significativa nas pontuações finais. A manutenção dos resultados, mesmo com a atualização da planilha, também evidencia que a metodologia possui padronização suficiente para permitir comparações entre propriedades e entre diferentes períodos de avaliação, o que é essencial para o acompanhamento contínuo da sustentabilidade nas propriedades rurais.

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Conforme Tabela 1, o índice de sustentabilidade para a propriedade foi (0,70), nota consideravelmente boa, uma vez que, dentro dos parâmetros, têm-se como nota máxima (1,0). Esse resultado aproxima-se com a pesquisa realizada por Ferreira et al. (2012), no município de Araponga-MG, observou-se que cafezais com manejo agroecológico apresentaram resultados superiores aos com manejo tradicional, onde os Índices de Sustentabilidade variaram entre 0,52 e 0,80.

Tabela 1 – Índice de sustentabilidade e Aspectos socioeconômicos



Fonte: elaborada pela autora, 2023.

Ao analisar separadamente os aspectos socioeconômicos e calcular a média dos nove indicadores correspondentes, obteve-se um subíndice de (0,80). É relevante notar que a produtividade e a comercialização/ inovação alcançaram o maior índice (1,0), devido à produção de café especial de alta qualidade com excelente comercialização. No entanto, o grau de endividamento e a ocupação/emprego gerado apresentaram índices (0,70), devido à utilização de mão de obra predominante familiar, uma escolha necessária frente à escassez de trabalhadores qualificados, no entanto é um fator positivo, pois contribui para a redução do êxodo rural. Essa dinâmica fortalece o vínculo das famílias com o campo, promove estabilidade econômica ao reter a renda dentro do núcleo familiar, e incentiva a continuidade da atividade agrícola entre as gerações. Assim, semelhante a Ferreira et al. (2012), Silva (2019), relata que no meio rural é evidente a importância da renda como instrumento para melhor condição de vida dos agricultores familiares, garantindo sua permanência no campo, evitando o êxodo rural. Além disso, a diversificação de renda obteve um índice de (0,86), uma vez que a renda principal (quase 45%) provém da atividade de café. Vale ressaltar que a polinização do café é realizada por abelhas, contribuindo para a renda por meio da comercialização do mel.

É importante destacar que a gestão de resíduos sólidos na propriedade é realizada de forma responsável. Embora no meio rural não haja coleta de lixo como nas áreas urbanas, o produtor adota a prática de coletar o lixo em pontos específicos e o transporta até o ponto de coleta mais próximo localizado na linha 9, aproximadamente 18km fora de sua propriedade.

Após a colheita, a seleção dos grãos, é feita em uma superfície plana, como uma mesa, de forma manual em três etapas, permitindo a identificação de possíveis impurezas. A primeira delas é a retirada de restos de folhas, galhos, ou outros materiais que possam ter sido colhidos junto com o café. A segunda etapa, é feita para a remoção de grãos danificados ou imaturos que não atendem aos padrões de qualidade exigidos para o café especial. E a terceira e última etapa, os grãos passam por uma revisão minuciosa, para verificar pequenos defeitos que possam não ter sido notados nas etapas anteriores. Esse processo é fundamental para alcançar padrões de qualidade do café especial.

Adicionalmente, o processo de fermentação do café é realizado em uma operação que ocorre ao longo de um dia, visando aprimorar a qualidade dos grãos e do produto final. A torrefação e todo o processo industrial são executados na agroindústria da propriedade, seguindo um planejamento rigoroso para garantir a melhor qualidade possível do café especial.

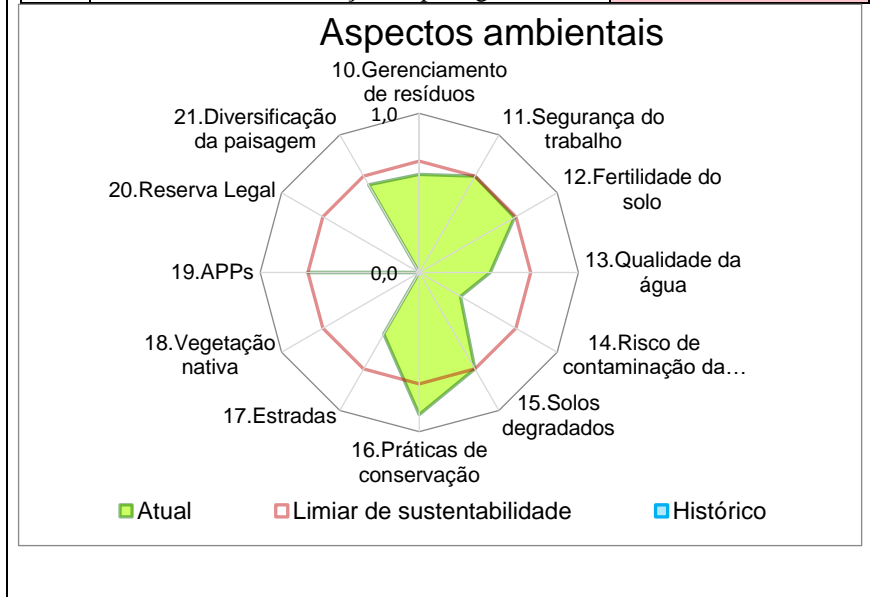
A partir do questionário ISA, mostrou-se que a propriedade conta com área total de 37,62 hectares, e investiu na regularização ambiental com a preservação de 7,52 hectares de mata nativa, e 3 hectares para plantação do café especial. Além disso, implementou um projeto de recuperação de nascentes, reforçando seu compromisso com práticas sustentáveis na produção de café especial.

Foram realizadas análises de solo pelos técnicos da Embrapa para identificar possíveis deficiências no solo, possibilitando a implementação de medidas corretivas. Também foi realizada uma análise superficial da água da represa da propriedade, esta avaliação superficial da água tem o objetivo de analisar o pH, nitrato, coliformes, e turbidez dos ecossistemas aquáticos. Para isso foi realizada coleta com frascos estéreis e em pontos estratégicos da represa mais representativa para o imóvel rural na irrigação. Este procedimento permite monitorar parâmetros físico-químicos e microbiológicos, que refletem a qualidade da água e ajudam a identificar possíveis contaminações ou desequilíbrios ambientais, e também analisa fatores externos, como resíduos ou poluentes que possam estar na superfície.

Conforme Tabela 2, aspectos ambientais, ao calcular a média dos doze indicadores correspondentes, obtém-se o subíndice (0,62). Semelhantemente com os resultados obtidos por Ferreira et al. (2012), na região do Alto Paranaíba (município de Iraí de Minas), os índices variaram entre 0,64 e 0,68. Refletindo uma agricultura de alta tecnologia e alto rendimento, com os consequentes impactos econômicos e ambientais.

Tabela 2 – Aspectos ambientais

Aspectos ambientais	10.Gerenciamento de resíduos	0,78
	11.Segurança do trabalho	0,70
	12.Fertilidade do solo	0,69
	13.Qualidade da água	0,73
	14.Risco de contaminação da água	0,30
	15.Solos degradados	0,70
	16.Práticas de conservação	0,89
	17.Estradas	0,70
	18.Vegetação nativa	0,00
	19.APPs	0,70
	20.Reserva Legal	
	21.Diversificação da paisagem	0,64



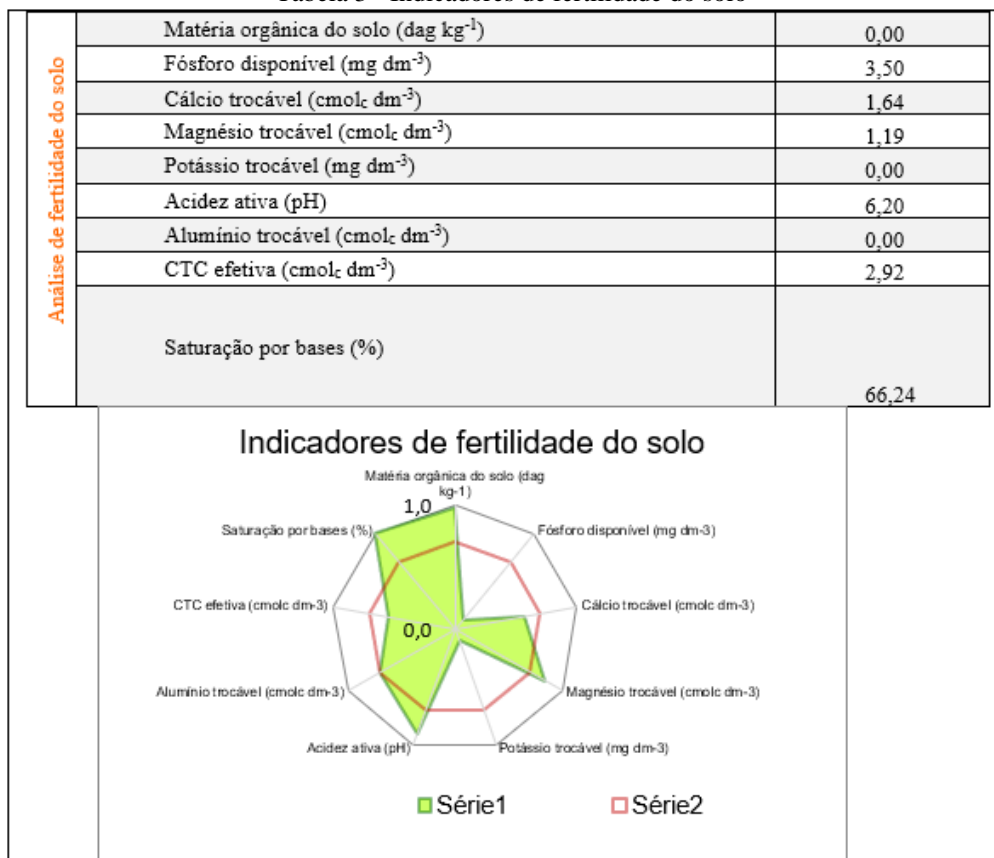
Fonte: elaborada pela autora, 2023.

Assim, igualmente em concordância com os aspectos ambientais, para Altieri (2004), o objetivo da produção agrícola deve ser alcançar um equilíbrio entre os aspectos sociais, econômicos e ambientais, resultando em um padrão de produção sustentável que integre esses objetivos de forma harmoniosa. Logo, como já citado anteriormente, contamos com a conservação e o manejo sustentável, apoiados por políticas públicas e em conformidade com a legislação, garantem que o meio ambiente seja tratado como um bem coletivo, definido pela Lei nº 12.651/2012, (Brasil, 2012).

Da mesma forma, Tabela 3 apresenta os indicadores de fertilidade do solo, com base no resultado da análise do solo, obtém-se um gráfico que representa a média das duas amostras analisadas, tendo como parâmetros, a Matéria orgânica do solo, Fósforo disponível; Cálcio, Magnésio e Potássio trocável, Acidez ativa, entre outras. Com isso, é possível analisar possíveis falhas na adubação do solo, e caso necessário, ter uma média dos custos para realizar correções no solo.

De acordo com Mendes e Marcolan (2015), o conhecimento das características físicas e químicas do solo é essencial para o manejo adequado das culturas e para a promoção da sustentabilidade. Isto se deve ao fato de que os nutrientes essenciais às plantas influenciam diretamente a produtividade das culturas, bem como o equilíbrio ambiental da propriedade rural. Em acordo com essa recomendação, foi realizada a análise do solo da propriedade aqui estudada, cujos resultados estão apresentados na Tabela 3.

Tabela 3 - Indicadores de fertilidade do solo



Fonte: elaborada pela autora, 2023.

A partir da análise dos dados da tabela 3, percebe-se, como aspecto positivo, a ausência de alumínio no solo, uma vez que esse elemento é considerado tóxico para as plantas. Portanto, a sua ausência no solo contribui para o melhor aproveitamento dos nutrientes pelas plantas e reduz a necessidade da prática de calagem (aplicação de calcário ao solo). Essa condição contribui para a redução dos custos de produção, além de possibilitar o manejo mais sustentável e economicamente viável da cultura de café.

Entretanto, observa-se como aspectos negativos desse solo: índices muito baixos de matéria orgânica e de potássio (próximos de zero), o que caracteriza uma baixa fertilidade natural do solo. Conforme Mendes e Marcolan (2015), a manutenção da matéria orgânica é fundamental para a conservação do solo, pois influencia sua estrutura, capacidade de retenção de água e ciclagem de nutrientes. Nesse sentido, recomenda-se a adoção de práticas de manejo sustentável, como a incorporação de resíduos orgânicos, o uso de adubos verdes, visando restaurar a fertilidade e garantir a sustentabilidade da produção de café especial a médio e longo prazo.

Assim, ressaltando a importância dos indicadores de fertilidade do solo, Altieri (2004) relata que, para pequenos produtores rurais, técnicas de avaliação da agricultura economicamente sustentável e dados precisos sobre o solo e outros impactos ambientais podem não ser disponíveis, tornando difícil a estimativa das perdas financeiras causadas pela degradação do ambiente.

Através da Tabela 4, observa-se um relatório final com informações gerais, e a média da renda bruta mensal e anual, como também, evolução patrimonial da propriedade. Assim, o resultado gerado para renda bruta mensal de (R\$ 28.333,33), houve uma variação comparado com Ferreira *et al.* (2012), no município de Araponga-MG, a renda bruta mensal foi de (R\$ 3.187,60).

Portanto, o ISA apontou peculiaridades regionais que devem ser consideradas para uma análise precisa da realidade local, e assim elaborar planos de ação através de programas governamentais voltados para a adequação socioeconômica e ambiental de estabelecimentos rurais. Com objetivo de reduzir vulnerabilidades sociais e econômicas e prevenir fragilidades ambientais que ameaçam a sustentabilidade dos sistemas de produção (Ferreira *et al.* 2012).

A partir dos dados apresentados na Tabela 4, observa-se que a propriedade analisada, apresenta desempenho econômico expressivo, que indicam um empreendimento rural com boa capacidade de valorização e geração de renda. Esses números refletem a eficiência na gestão dos recursos disponíveis e a adoção de práticas sustentáveis compatíveis com a realidade regional, fatores que refletem a eficiência produtiva e o potencial de valorização da agricultura familiar.

O Índice de Sustentabilidade Ambiental (ISA) demonstra a importância de integrar as dimensões econômica, social e ambiental, reforçando a necessidade de políticas públicas voltadas ao fortalecimento da agricultura familiar. De modo geral, a propriedade revela equilíbrio financeiro e potencial para aprimorar práticas sustentáveis, consolidando-se como referência em desenvolvimento sustentável.

Tabela 4 – Relatório ISA

Indicador	Valor
Área total do estabelecimento (ha)	37,63
Nº de módulos fiscais rurais	1,00
Tipologia do produtor(a)	Agricultura Familiar
Renda bruta do empreendimento (R\$/ano)	R\$ 340.000,00
Renda bruta mensal (R\$/mês)	R\$ 28.333,33
Renda bruta por hectare (R\$/ha/ano)	R\$ 9.035,51
Renda bruta total (R\$/mês)	R\$ 29.547,33
Proporção da atividade principal (%)	45,1%
Evolução patrimonial total (%)	46,9%
Evolução patrimonial da terra (%)	9,1%
Produção/área cultivada	0,62

Fonte: Elaborada pela autora (2023).

7 CONCLUSÃO

A presente pesquisa, mostrou-se satisfatória na avaliação de sustentabilidade socioeconômica e ambiental da propriedade Café da Luz localizada em Cacoal, Rondônia. Permitindo observar práticas sustentáveis, como também, apresentou-se como uma ferramenta viável ao produtor para gestão do seu empreendimento.

Assim, o profissional do agronegócio, consegue a partir de ferramentas, realizar um planejamento técnico com olhar à inovação, por meio de uma visão integrada entre os sistemas de produção sustentáveis e a conservação dos recursos naturais existentes, conforme estabelece a legislação ambiental, como também, prestar apoio técnico a instituições públicas ou privadas. Assim, a presente ferramenta analisada e aplicada em uma propriedade representa uma pequena fatia de dados e informações, que a nível municipal, ou estadual, tem informações suficientes para auxiliar na tomada de decisões, seja em um dos parâmetros de sustentabilidade analisados pela ferramenta ISA, ou outros pontos críticos que jogar necessário intervenção ou investimento.

Portanto, futuras pesquisas podem expandir este estudo, explorando a influência da sustentabilidade sobre a agricultura familiar, e como isso pode estar reconfigurando as relações sociais e econômicas na região, como também políticas públicas futuras para trazer soluções que impactam positivamente a vida desses produtores rurais, buscando cada vez mais a preservação da água e do solo.

REFERÊNCIAS

ALTIERI, Miguel **Agroecologia: a dinâmica produtiva da agricultura sustentável**. 4.ed. – Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2004. Disponível em:
https://arca.furg.br/images/stories/producao/agroecologia_short_port.pdf. Acesso em: 10 set. 2024.

AGRISHOW. **Agricultura 5.0: o que podemos esperar dela**. 23/03/2022. Disponível em:
<https://digital.agrishow.com.br/tecnologia/agricultura-50-o-que-podemos-esperar-dela>. Acesso em: 10 mai. 2023.

BARICHELLO, Diana Luisa. **Agricultura 5.0: inovações, trajetória da agricultura brasileira e os desafios climáticos**. 2023. Disponível em: <http://repositorio.ufsm.br/handle/1/30906>. Acesso em: 10 set. 2024.

BECHARA, Evanildo. **Dicionário da língua portuguesa Evanildo Bechara**. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, v. 230, 2011.

BRASIL. Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa. **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília, DF, ano 149, n. 102, 28 de maio de 2012. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/L12651.htm. Acesso em: 12 mar. 2023.

_____. Lei nº 12.188, de 11 de janeiro de 2010. Institui a Política Nacional de Assistência Técnica e Extensão Rural para a Agricultura Familiar e Reforma Agrária - PNATER e o Programa Nacional de Assistência Técnica e Extensão Rural na Agricultura Familiar e na Reforma Agrária - PRONATER. **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília, DF, ano 147, n. 7, 12 de jan de 2010. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12188.htm. Acesso em: 12 mar. 2023.

CANUTO, Joao Carlos. **Agroecologia: princípios e estratégias para o desenho de agroecossistemas sustentáveis**. 2017. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/1093717>. Acesso em: 13 jan. 2023.

_____. **Biblioteca Virtual da FAPESP**. Disponível em: <https://bv.fapesp.br/pt/pesquisador/92040/joao-carlos-canuto>. Acesso em: 13 jan. 2023.

CAVALCANTI, C. **Breve introdução à economia da sustentabilidade**. In: CAVALCANTI, C. (org.) *Desenvolvimento e natureza: estudos para uma sociedade sustentável*. INPSO/FUNDAJ, Instituto de Pesquisas Sociais, Fundação Joaquim Nabuco, Ministério de Educação, Governo Federal, Recife, Brasil. Outubro 1994. p. 7-13. Disponível em: <http://168.96.200.17/ar/libros/brasil/pesqui/cavalcanti.rtf>. Acesso em: 10 set. 2024.

CAVALCANTI, Isabella Eloy. **O form-based code na implementação de espaços de fruição pública integrada: estudo de aplicação no hub internacional para o desenvolvimento sustentável (HIDS)**. Campinas, SP: 2021. Disponível em: <https://hdl.handle.net/20.500.12733/5655>. Acesso em: 4 jan. 2025.

CONWAY, Gordon R. **Análise participativa para o desenvolvimento agrícola sustentável**. Tradução de John Cunha Comerford. -Rio de Janeiro: AS-PTA, 1993. Disponível em: https://aspta.org.br/files/2016/09/An%C3%A1lise-participativa_-Conway.pdf. Acesso em: 4 jan. 2025.

DA COSTA, A. M., Ferreira, J. M. L., Viana, J. H. M., & de OLIVEIRA, A. R. (2013). **Indicadores de Sustentabilidade em Agroecossistemas (ISA)**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIAS DO SOLO, 34., 2013. Florianópolis. Anais... Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2013. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/974884/1/Inidcadorressustentabilidade.pdf> Acesso em: 09 mai. 2023.

DOVERS, Stephen R.; HANDMER, John W. **Incerteza, sustentabilidade e mudança**. *Mudança Ambiental Global*, v. 2, n. 4, p. 262-276, 1992. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/0959378092900448>. Acesso em: 4 jan. 2025.

ELKINGTON, John. **Enter the Triple Bottom Line**. Chapter 1, 2004. Disponível em:
<https://www.johnelkington.com/archive/TBL-elkington-chapter.pdf>. Acesso em: 5 nov. de 2024.

EPAMIG. **Projeto De Adequação Socioeconômica e Ambiental Das Propriedades Rurais**. 2019. Disponível em: <https://www.epamig.br/ferramenta-desenvolvida-pela-epamig-auxilia-na-gestao-sustentavel-de-propriedades-rurais/>. Acesso em: 09 mai. 2023.

_____. **Projeto ISA - Planilha 2024 – Atualizado**. ISBN 978-85-99764-26-8. Indicadores de Sustentabilidade em Agroecossistemas (ISA). 2024. Disponível em:
https://www.epamig.br/tecnologias_lista/indicadores-de-sustentabilidade-em-agrossistemas-isa/. Acesso em: 04 dez 2024.

FERREIRA, José Mário L.; VIANA, João H. M.; COSTA, Adriana M.; SOUSA, Daniel V. D.; & FONTES, Andréia A. **Indicadores de sustentabilidade em agroecossistemas**. Informe Agropecuário, Belo Horizonte, v. 33, n. 271, p. 12-25, 2012. Disponível em: <https://www.epamig.br/wp-content/uploads/2023/03/art2-ia271.pdf>. Acesso em: 09 mai. 2023.

_____. **Gestão ambiental: o papel protagonista do produtor rural**. Informe Agropecuário, Belo Horizonte, v. 35, p. 26-38, 2014. Disponível em: <https://www.epamig.br/wp-content/uploads/2023/03/IA-Edicao-especial-Artigo-Gestao-Ambiental.pdf>. Acesso em: 10 set. 2024.

FONSECA, Eugênio *et al.* **Agro 4.0: Uma Ferramenta Web para Gestão e Análise da Sustentabilidade em Agroecossistemas**. In: Anais Estendidos do XXIII Simpósio Brasileiro de Sistemas Multimídia e Web. SBC, 2017. p. 184-188. Disponível em:
https://sol.sbc.org.br/index.php/webmedia_estendido/article/view/4860. Acesso em: 09 mai. 2023.

GIL, Antônio Carlos, 1946. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. e d. São Paulo: Atlas, 2002. p.50-108. Disponível em:
https://files.cercomp.ufg.br/weby/up/150/o/Anexo_C1_como_elaborar_projeto_de_pesquisa_-_antonio_carlos_gil.pdf. Acesso em: 10 set. 2024.

GUIMARÃES, Roberto Pereira; FEICHAS, Susana Arcangela Quacchia. **Desafios na construção de indicadores de sustentabilidade**. Ambiente & sociedade, v. 12, p. 307-323, 2009. Disponível em:
<https://doi.org/10.1590/S1414-753X2009000200007>. Acesso em: 4 jan. 2025.

GONÇALVES, Larisse Medeiros *et al.* **Trajatória de um Agroecossistema em Busca da Sustentabilidade: Um Estudo de Caso em Pato Branco (PR)**. Cadernos de Agroecologia, v. 15, n. 4, 2020. Disponível em: <https://cadernos.aba-agroecologia.org.br/cadernos/article/view/6497>. Acesso em: 4 jan. 2025.

IHU ON-LINE, Revista Do Instituto Humanitas Unisinos. **Agroecossistemas e a ecologia da vida do solo. Por uma outra forma de agricultura**. João Vitor Santos, Edição 485, 16 Mai 2016. p. 37-39. Disponível em: <https://www.ihuonline.unisinos.br/artigo/6446-steve-gliessman>. Acesso em: 26 jun 2023.

INDEX, Environmental Sustainability. Benchmarking national environmental stewardship. **Yale Center for Environmental Law and Policy, Yale University**. 2005. p.13-15. Disponível em:
<https://sedac.ciesin.columbia.edu/es/esi/ESI2005.pdf>. Acesso em: 10 dez. 2024.

KAUFMANN, Marielen Priscila *et al.* **Resgate e conservação da agrobiodiversidade crioula em Ibarama-RS: estratégias de manutenção.** *Extensão Rural*, Santa Maria, v. 23, n. 4, p. 66-78, 2016. Disponível em: <https://core.ac.uk/reader/231190440>. Acesso em: 4 jan. 2025.

LIMA, Meline Melegario *et al.* **A quarta revolução industrial sob o tripé da sustentabilidade.** *Semioses*, v. 13, n. 3, p. 76-86, 2019. Disponível em: <https://revistas.unisuam.edu.br/index.php/semioses/article/view/392/167>. Acesso em: 24 de maio 2023.

MARTEN, Gerald G. **Productivity, stability, sustainability, equitability and autonomy as properties for agroecosystem assessment.** *Agricultural systems*. v. 26, n. 4, p. 291-316, 1988. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/0308521X88900467>. Acesso em: 10 dez. 2024.

MARTINS, Ana Raquel Paiva; FERRAZ, Fernando Toledo; COSTA, Márcio Macedo da. **Sustentabilidade ambiental como nova dimensão do Índice de Desenvolvimento Humano dos países.** 2006. Disponível em: https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/bitstream/1408/13434/1/RB%2026%20Sustentabilidade%20Ambiental%20como%20Nova%20Dimens%C3%A3o%20do%20%C3%8Dndice%20de%20Desenvolvimento%20Humano%20dos%20Pa%C3%ADses_P_BD.pdf. Acesso em: 07 mai. 2023.

MASSRUHÁ, Silvia Maria Fonseca Silveira; LEITE, Maria de Andrade. **Agro 4.0-rumo à agricultura digital.** 2017. Disponível em: <https://www.sidalc.net/search/Record/dig-alice-doc-1073150/Description>. Acesso em: 10 mai. 2023.

MENDES, Pietro Adamo Sampaio. **Sustentabilidade na produção e uso do biodiesel.** Pietro Adamo Sampaio Mendes. - 1ª edição. - Curitiba: Appris, 2015.

MENDES, Angelo Mansur; MARCOLAN, Alaerto Luiz. **Solos e zoneamento pedoclimático.** Brasília, DF: Embrapa, 2015. Cap. 3, p. 55-81. *Café na Amazônia.* (Ed.). Espindula, M. C. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1023756>. Acesso: 8 out. 2025.

MINAYO, Maria Cecília de Souza; DESLANDES, Suely Ferreira; GOMES, Romeu. **Pesquisa social: teoria, método e criatividade.** Editora Vozes Limitada, 2011. Disponível em: [https://books.google.com.br/books?hl=ptBR&lr=&id=PtUbBAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA7&dq=Pesquisa+social+:+teoria,+m%C3%A9todo+e+criatividade+Maria+Cec%C3%ADlia+de+Souza+Minayo+\(organizadora\).+26.+ed.+%E2%80%94+Petr%C3%B3polis,+RJ+:+Vozes,+2007.+&ots=5Q0K8sHZXO&sig=tX382J-ftH7sL7C1k4WUjhbczvY#v=onepage&q&f=false](https://books.google.com.br/books?hl=ptBR&lr=&id=PtUbBAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA7&dq=Pesquisa+social+:+teoria,+m%C3%A9todo+e+criatividade+Maria+Cec%C3%ADlia+de+Souza+Minayo+(organizadora).+26.+ed.+%E2%80%94+Petr%C3%B3polis,+RJ+:+Vozes,+2007.+&ots=5Q0K8sHZXO&sig=tX382J-ftH7sL7C1k4WUjhbczvY#v=onepage&q&f=false). Acesso em: 10 dez. 2024.

NASCIMENTO, Elimar Pinheiro do. **Trajetória da sustentabilidade: do ambiental ao social, do social ao econômico.** *Estudos avançados*, v. 26, p. 51-64, 2012. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ea/a/yJnRYLWXSwyxqggqDWy8gct/>. Acesso em: 10 dez. 2024.

NESTLÉ. **Sustentabilidade é ação.** 2020. Disponível em: <https://www.nescafe-dolcegusto.com.br/sobre/sustentabilidade>. Acesso em: 20 mar. 2023.

_____. **Café para paladares Exigentes, tecnologia para mentes Conscientes.** 2020. Disponível em: <https://www.nescafe-dolcegusto.com.br/sustentabilidadeneo>. Acesso em: 20 mar. 2023.

OLIVEIRA, Elcivan *et al.* **Cenário da Agricultura Familiar no Território Sertão Produtivo, Candiba-Ba.** *Enciclopédia Biosfera*, v. 13, n. 24, 2016. Disponível em: <https://conhecer.org.br/ojs/index.php/biosfera/article/view/1014>. Acesso em: 4 jan. 2025.

ONU BRASIL. **Organização das Nações Unidas no Brasil. Sobre o nosso trabalho para alcançar os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável no Brasil.** 2024. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/sdgs>. Acesso em: 13 nov. 2022.

PRIBERAM, **Dicionário Priberam da Língua Portuguesa.** 2008-2024. Disponível em: <https://dicionario.priberam.org/indicador>. Acesso em: 30 de out. 2024.

RAMOS, Leonardo; GARCIA, Ana. **Breve história do G20 e a participação social na agenda brasileira para 2024.** CEBRI-Revista: Brazilian Journal of International Affairs, n. 9, p. 177-194, 2024. Disponível em: <https://cebri-revista.emnuvens.com.br/revista/article/view/160>. Acesso em: 5 nov. 2024.

SARTORI, Simone; LATRÔNICO, Fernanda; CAMPOS, Lucila. **Sustentabilidade e desenvolvimento sustentável: uma taxonomia no campo da literatura.** Ambiente & sociedade, v. 17, p. 01-22, 2014. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/asoc/a/yJ9gFdvwTxMR5hyWtRR6SL/>. Acesso em: 4 jan. 2025.

SILVA, Luiz Henrique Vieira da. **Aplicação e impactos dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável em grandes empresas privadas do setor industrial no Brasil.** 2021. Disponível em: <http://repositorio.sis.puc-campinas.edu.br/handle/123456789/15255>. Acesso em: 11 mar. 2023.

SILVA, Sergio Souza da; ANTONIAZZI, Elisiane Aparecida; NOVAK, Maricléia Aparecida Leite. **O Pronaf como instrumento de fixação do agricultor familiar no campo, evitando o êxodo rural.** Desenvolvimento Socioeconômico em Debate. 2019. Disponível em: <https://www.periodicos.unesc.net/ojs/index.php/RDSD/article/view/4545>. Acesso em: 5 nov. 2024.

SOUZA, Luiz Tiago Soares de. **Avaliação da sustentabilidade de agricultores familiares em transição agroecológica no estado do Ceará: o uso do método IDEA.** 2019. Disponível em: https://repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/44297/3/2019_tcc_Itsdesouza.pdf. Acesso em: 10 mai. 2023.

VAN BELLEN, Hans Michael. **Indicadores de sustentabilidade: uma análise comparativa.** FGV editora, 2005. Disponível em: <https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=EKPPu5y5WyIC&oi=fnd&pg=PA17&dq=INDICADORES+DE+sustentabilidade+conceito&ots=vYaGMv09Mf&sig=mTcuHTzO8eqZoATivV81VRGZ0rI#v=onepage&q=INDICADORES%20DE%20sustentabilidade%20conceito&f=false>. Acesso em: 24 jun 2023.

VALENTI, Wagner Cotroni; KIMPARA, Janaina Mitsue; ZADJBAND, Ariel David. **Métodos para medir a sustentabilidade na aquicultura.** Embrapa Meio-Norte-Documentos (INFOTECA-E), n. 218, p. 71, 2012. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/1005723/1/Doc218.pdf>. Acesso em: 10 dez. 2024.

VEIGA, J. E. da. **Indicadores de sustentabilidade. Estudos Avançados.** 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0103-40142010000100006>. Acesso em: 30 out 2024.

VEIGA, José Eli da; ZATZ, Lia. **Desenvolvimento sustentável: que bicho é esse?.** Campinas: Autores Associados. 2008. Disponível em: https://www.zeeli.pro.br/wp-content/uploads/2015/04/2008_DS_Que_bicho_e_esse_Veiga_Zatz.pdf. Acesso em: 10 dez. 2024.


VERONA, J.E; AUGUSTO, L. *et al.* **Uso de indicadores compostos na análise da sustentabilidade de agroecossistemas de base familiar na região sul do Rio Grande do Sul.** Cadernos de Agroecologia v. 2, n. 2, 2007. Disponível em: <https://revista.aba-agroecologia.org.br/cad/article/view/2822>. Acesso em: 4 jan. 2025.

VIDAL, Mariane Carvalho; DE TOLEDO MACHADO, Cynthia Torres; DA SILVA PEREIRA, Yago. **Avaliação participativa da qualidade de solos em unidades de produção familiar de hortaliças no Distrito Federal**. Cadernos de Agroecologia. v. 10, n. 3, 2015. Disponível em: <https://revista.aba-agroecologia.org.br/cad/article/view/18787>. Acesso em: 4 jan. 2025.

4C SERVICES GMBH. **4C Código de Conduta**. 2018. Disponível em: https://www.4c-services.org/wp-content/uploads/2019/04/4C-Code-of-Conduct_v2.3_PT.pdf. Acesso em: 20 mar. 2023.

**TECNOLOGIAS DE PROPAGAÇÃO VEGETATIVA E PRODUÇÃO DE MUDAS DE
CASTANHA-DO-MARANHÃO (*Pachira aquatica*)**

**TECHNOLOGIES FOR VEGETATIVE PROPAGATION AND SEEDLING PRODUCTION OF
MARANHÃO CHESTNUT (*Pachira aquatica*)**

 <https://doi.org/10.63330/aurumpub.037-003>

Rayna Wemily Amorim da Silva

Engenharia Agrônômica em andamento
UEMASUL/CCA

E-mail: rayna.silva@uemasul.edu.br

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/1891383226210721>

Leanne Teles Pereira

Doutoranda em Biodiversidade e Biotecnologia/ Rede Bionorte
UEMASUL/CCA

E-mail: leanne.pereira@uemasul.edu.br

Cristiane Matos da Silva

Doutora em Ciência e Tecnologia Ambiental
UEMASUL/CCA

E-mail: cristiane.silva@uemasul.edu.br

Wilson Araújo da Silva

Doutor em Agronomia
UEMASUL/CCA

E-mail: wilson@uemasul.edu.br

Kalyne Pereira Miranda Nascimento

Doutoranda em Biodiversidade e Biotecnologia/ Rede Bionorte
UEMASUL/CCA

E-mail: kalyneengenheiraag@gmail.com

Dalton Henrique Ângelo

Doutorando em Ciências Florestais
UEMASUL/CCA

E-mail: Dalton.angelo@uemasul.edu.br

Gabriely Moreira Silva

Discente de Engenharia Florestal
UEMASUL/CCA

E-mail: gabrielysilva.20200003430@uemasul.edu.br

Daniel Carlos Machado

Doutorando em Agronomia (Ciência do Solo)
UNESP/Campus Jaboticabal

E-mail: daniel.c.machado@unesp.br

Luiz Fabiano Palaretti

Doutor em Meteorologia Agrícola

UNESP/FCAV

E-mail: luiz.f.palaretti@unesp.br

Jonathan dos Santos Viana

Doutor em Agronomia (Ciência do Solo)

UEMASUL/CCA

E-mail: jonathan.viana@uemasul.edu.br

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4734-9843>

RESUMO

A espécie *Pachira aquatica*, conhecida como castanha-do-maranhão, apresenta elevado valor nutricional e potencial para a indústria alimentícia, embora ainda seja subutilizada devido à ausência de protocolos consolidados de cultivo; nesse contexto, o presente estudo teve como objetivo avaliar a eficiência da propagação vegetativa por estaquia associada ao uso de reguladores de crescimento na produção de mudas da espécie. O experimento foi conduzido em viveiro no município de Imperatriz-MA, sob delineamento inteiramente casualizado, com cinco tratamentos: controle, ácido indolbutírico (AIB) nas doses de 1000 mg.L⁻¹ e 2000 mg.L⁻¹, gel enraizador e ácido giberélico (GA₃) na dose de 20 mg.L⁻¹, sendo as avaliações realizadas após 60 dias. Os resultados indicaram que os reguladores de crescimento não promoveram diferenças significativas no comprimento e no diâmetro do caule ($p>0,05$), porém o tratamento com ácido giberélico destacou-se ao apresentar a maior taxa de enraizamento (30%) e maior produção foliar (17 folhas), superando os demais tratamentos, que apresentaram desempenho inferior e evidenciaram variações na resposta fisiológica das estacas. Conclui-se que a propagação por estaquia da espécie ainda apresenta limitações quanto ao desenvolvimento caulinar inicial, entretanto o uso do ácido giberélico demonstra potencial para estimular o enraizamento, indicando a necessidade de novos estudos com maior período experimental e ampliação do número de amostras, a fim de consolidar técnicas eficientes para a produção sustentável de mudas da espécie.

Palavras-chave: *Pachira aquatica*; Reguladores de crescimento; Estaquia.

ABSTRACT

Pachira aquatica, known as "castanha-do-maranhão," has high nutritional value and potential for the food industry, although it remains underutilized due to the lack of consolidated cultivation protocols. In this context, the present study aimed to evaluate the efficiency of vegetative propagation by cuttings associated with the use of growth regulators in seedling production of the species. The experiment was conducted in a nursery in Imperatriz-MA, under a completely randomized design, with five treatments: control, indole-

3-butyric acid (IBA) at doses of 1000 mg·L⁻¹ and 2000 mg·L⁻¹, rooting gel, and gibberellic acid (GA₃) at a dose of 20 mg·L⁻¹. Evaluations were performed after 60 days. Results indicated that growth regulators did not promote significant differences in stem length and diameter ($p>0.05$). However, the treatment with gibberellic acid stood out by presenting the highest rooting rate (30%) and greatest leaf production (17 leaves), surpassing the other treatments, which showed lower performance and revealed variations in the physiological response of the cuttings. It is concluded that propagation by cuttings of the species still presents limitations regarding initial stem development; however, the use of gibberellic acid shows potential to stimulate rooting, highlighting the need for further studies with longer experimental periods and larger sample sizes to consolidate efficient techniques for sustainable seedling production of the species.

Keywords: *Pachira aquatica*; Growth regulators; Cuttings.

1 INTRODUÇÃO

A *Pachira aquatica* Aublet, conhecida popularmente como “munguba”, “castanheira-do-maranhão”, “castanheira” e “cacau-selvagem”, é uma árvore nativa do Brasil, que mede de 6 a 14 metros de altura e produz castanhas frescas próprias para consumo (Lorenzi et al., 2006). É uma planta frutífera pertencente à família Malvaceae e nativa da região que vai desde o sul do México ao norte da América do Sul (Lorenzi, 1992). É característica de áreas sujeitas a inundações e pantanosas, sendo preferencialmente encontrada em solos úmidos; no entanto, também é encontrada em diversas regiões e biomas do Brasil (Peixoto; Escudeiro, 2002).

Todavia, essa planta nativa, exótica, cultivada ou silvestre é desconhecida ou subutilizada pela maioria das pessoas (Souza e Assis, 2019; Leal et al., 2018), além de possuir alto valor nutricional para o consumo diário, sendo rica em vitaminas, compostos antioxidantes e fibras (Bezerra e de Brito, 2020; Mazon et al., 2020; Folharini et al., 2019). Essas características tornam a castanha adequada para o consumo *in natura*, oferecendo benefícios à saúde. Ao mesmo tempo, apresentam potencial econômico, pois pode ser utilizada como matéria-prima para a produção de chocolate, gerando renda para os produtores.

Com a alta demanda atual por espécies agrofloretais, há uma crescente necessidade de desenvolver métodos simples e fáceis de cultivo e propagação dessas espécies arbóreas nativas (Leakey e Tchoundjeu, 2001). Um dos métodos mais utilizados em plantas arbóreas é a estaquia, onde há o enraizamento de uma parte madura destacada da planta-mãe. Já em espécies lenhosas, a estaca do caule é a mais empregada para a propagação, porque geralmente requer apenas que um novo sistema radicular adventício seja formado, a partir da regeneração de gemas já existentes (Rodrigues et al., 2008; Xavier et al., 2003). No entanto, ainda

há escassez de estudos científicos para determinar a eficiência dessa técnica para a castanha-do-maranhão (*P. aquatica*).

Diante desse contexto, esse estudo analisou o método de propagação vegetativa para avaliar sua eficácia para a castanha-do-maranhão (*P. aquatica*), considerando o uso da técnica de estaquia e o emprego de reguladores de crescimento. O objetivo geral foi avaliar a eficiência da técnica de propagação vegetativa por estaquia para a produção de mudas de castanha-do-maranhão (*Pachira aquatica*), buscando também compreender o efeito de reguladores de crescimento no enraizamento e desenvolvimento das mudas e caracterizar o crescimento inicial das mudas em viveiro. Os resultados obtidos podem favorecer o estabelecimento de uma cadeia produtiva mais sustentável, gerando impactos positivos na economia e na oferta nutricional dessa espécie que ainda é pouco valorizada.

2 METODOLOGIA

O estudo foi conduzido em viveiro experimental e no Laboratório de Irrigação, Hidráulica e Hidrologia (LIHH), no Centro de Ciências Agrárias da Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão (CCA/UEMASUL), em Imperatriz - MA. O clima da região, segundo a classificação de Köppen, é tropical com precipitação média anual de 1.221 mm e temperatura média anual de 27,1 °C.

2.1 PREPARO DO SUBSTRATO E MATERIAL VEGETAL

Para condução da pesquisa, os substratos foram preparados com uma mistura de vermiculita e areia (70% e 30% respectivamente) e adicionados em sacos plásticos apropriados para produção de mudas, com dimensões de 20cm x 30cm x 0,20mm, já com suas respectivas identificações (Figura 1). O material vegetal foi obtido a partir de ramos jovens e sadios de matrizes adultas, com estacas padronizadas com comprimento variando de 15 a 20 cm, visando uniformidade no experimento (Figura 2).

Figura 1 - Sacos plásticos com substratos já identificados.



Fonte: Silva et al. (2026).

Figura 2 - Padronização e coleta do material.



Fonte: Silva et al. (2026).

2.2 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizados (DIC), sendo adotados cinco tratamentos, cada um composto por 20 repetições (Quadro 1).

Quadro 1 - Tratamentos experimentais avaliados no projeto.

Tratamento	Descrição
Controle	Estacas em enraizamento sem aditivos.
AIB - 1000	Estacas em enraizamento tratadas com ácido indolbutírico na dose de 1000 mg.L ⁻¹ .
AIB - 2000	Estacas em enraizamento tratadas com ácido indolbutírico na dose de 2000 mg.L ⁻¹ .
Gel enraizador	Estacas em enraizamento tratadas com gel enraizador por imersão direta.
GA3 - 20	Estacas em enraizamento tratadas com ácido giberélico na dose de 20 mg.L ⁻¹ .

Fonte: Produzida pela autora (2026).

2.3 APLICAÇÃO DOS TRATAMENTOS

As estacas foram tratadas com diferentes reguladores de crescimento para avaliar seus efeitos no enraizamento. Para os tratamentos com ácido indolbutírico (AIB) e ácido giberélico (GA₃), primeiro foram pesadas e posteriormente preparadas soluções para diluição dos reguladores nas dosagens já estabelecidas, usando 1 litro de água para cada preparação, após isso, as bases das estacas ficam imersas por um tempo padronizado de 10 minutos (Figura 3). Já com o uso do gel enraizador, as estacas foram mergulhadas diretamente no produto, não sendo necessário sua diluição. O tratamento controle não recebeu nenhum tipo de regulador de crescimento, sendo utilizado como testemunha para comparação dos resultados.

Figura 3 - Imersão das bases das estacas em soluções de AIB e GA₃ por 10 minutos.



Fonte: Silva et al. (2026).

2.4 IMPLANTAÇÃO E CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO

Após aplicação dos tratamentos, as estacas foram plantadas no mesmo período de tempo, em local com temperatura e umidade favoráveis para seu desenvolvimento. Quanto as irrigações, foram realizadas por um sistema de microaspersão, duas vezes ao dia, para evitar ressecamento do substrato ou encharcamento. Contudo, quando o sistema de microaspersão não apresentou seu funcionamento adequado, foram realizadas irrigações manualmente com auxílio de regador.

O experimento teve duração total de 60 dias, sendo acompanhado diariamente ao longo desse período (Figura 4).

Figura 4 - Monitoramento aos 30 e 60 dias após a implantação.



Fonte: Silva et al. (2026).

2.5 VARIÁVEIS ANALISADAS

Na etapa final do experimento (Figura 5), foram avaliados os seguintes parâmetros: número de plantas por tratamento; número de folhas por tratamento; comprimento das raízes; comprimento do caule; e diâmetro do caule.

O comprimento das raízes e do caule foram determinados com o auxílio de uma régua, enquanto o diâmetro do caule foi mensurado por meio de um paquímetro.

Figura 5 - Avaliação final dos parâmetros experimentais.



Fonte: Silva et al. (2026).

2.6 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os dados obtidos foram analisados utilizando o software R 4.5.2. Todos os dados passaram por teste de normalidade de resíduos Shapiro-Wilk e ao ser constatado que não possuíam critérios para atender à distribuição Normal, foram ajustados seguindo método Box-Cox, e posteriormente procedida com Análise de Variância (ANOVA) quando aplicável. E quando não aplicável, utilizou-se estatística descritiva.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados apresentados na Tabela 1 indicam que os tratamentos com reguladores de crescimento não influenciaram significativamente o comprimento e o diâmetro do caule das mudas de *Pachira aquatica* aos 60 dias ($p > 0,05$). A ausência de efeito significativo sugere que, nas condições experimentais adotadas, o desenvolvimento da parte aérea das estacas não foi sensível à aplicação exógena dos reguladores testados.

Tabela 1. Comprimento e diâmetro de caule de mudas de castanha-do-Maranhão (*Pachira aquatica*) submetidas a diferentes reguladores de crescimento na produção de mudas por estaca.

Tratamento	Comprimento de caule	Diâmetro de caule	N
Controle, sem aditivos	21,93 ± 1,23	0,33 ± 0,09	3
Ácido indolbutírico, 1g/L	20,73 ± 1,26	0,40 ± 0,06	3
Ácido indolbutírico, 2g/L	21,35 ± 1,35	0,40 ± 0,00	2
Gel enraizador	25,30 ± NA	0,30 ± NA	1
Ácido giberélico	20,95 ± 1,68	0,41 ± 0,05	6
<i>p</i> -valor	0,787 <i>ns</i>	0,795 <i>ns</i>	-

Média ± erro padrão da média. *ns* = Não significativo (ANOVA $p > 0,05$). Período experimental: 60 dias.

Os resultados obtidos podem ser explicados por vários fatores ambientais, especialmente pelas baixas taxas de enraizamento no tratamento controle. O primeiro ponto de observação é a qualidade do material biológico de origem das estacas. Características como diâmetro e comprimento das estacas e a

idade da planta matriz influenciam diretamente na produção de mudas, bem como a disponibilidade hídrica durante o período experimental. Este ponto de impacto é considerado de importância primordial para o enraizamento de espécies arbóreas. É importante garantir que as estacas utilizadas estejam dentro das características descritas como ótimas para produção de mudas (De Souza et al, 2023; Arruda et al, 2024).

Em segundo lugar, deve-se observar o período experimental. Experimentos realizados com outras espécies da Família Malvaceae indicam que o período de enraizamento pode durar entre 30 e 75 dias (Loss et al, 2009; Da Silva et al, 2016; Masiero et al, 2021). Dada a proposta inovadora deste experimento, a extensão do período experimental para até 90 dias com avaliações mensais de comprimento e diâmetro de caule podem trazer novos resultados.

Outros fatores, mas não menos importantes, também influenciam diretamente na eficiência da produção de mudas por estaquia. Especialmente, fatores edafoclimáticos e de oferta hídrica (Bam et al, 2022; Kainrath et al, 2022). O manejo hídrico inadequado pode comprometer a turgescência e o metabolismo das estacas. Condições térmicas desfavoráveis, como temperaturas abaixo do ideal para a espécie tropical e grande amplitude térmica diária, reduzem a atividade enzimática e induzem estresse fisiológico. Adicionalmente, condições luminosas inadequadas desregulam o balanço hormonal e reduzido o vigor das estacas.

Em contraponto aos resultados observados anteriormente na morfometria das estacas, a (Tabela 2) descreve diferenças expressivas na taxa de enraizamento e na contagem de folhas entre os tratamentos. O ácido giberélico proporcionou os melhores resultados, com 30% de enraizamento e uma produção foliar mais elevada que os demais tratamentos (17 folhas), indicando possível estímulo ao desenvolvimento radicular e foliar. Em contraste, o gel enraizador e o AIB 2g/L apresentaram baixas taxas de enraizamento (5% e 10%, respectivamente), sendo que este último não promoveu a formação de folhas.

Tabela 2. Taxa de enraizamento e contagem de folhas de mudas de castanha-do-Maranhão (*Pachira aquatica*) submetidas a diferentes reguladores de crescimento na propagação por estaca.

Tratamento	Taxa de enraizamento	Contagem de folhas
Controle, sem aditivos	15,0%	4
Ácido indolbutírico, 1g/L	15,0%	9
Ácido indolbutírico, 2g/L	10,0%	0
Gel enraizador	5,0%	8
Ácido giberélico	30,0%	17

Período experimental: 60 dias.

Os resultados de avaliações de promotores de crescimento no enraizamento de estacas de espécies arbóreas da Família Malvaceae são controversos. Pecegueiro et al (2022) e Souza et al (2022), observaram que para a produção de mudas de *Ochroma pyramidale*, o uso do ácido indolbutírico (AIB) foi ineficiente na promoção do enraizamento de estacas para produção de mudas. Porém Sales et al (2024) observou relevante eficiência do AIB em mudas de Paricá (*Schizolobium parahyba* var. *amazonicum*). O que indica que, à despeito da Família (Malvaceae), o uso de promotores de crescimento apresenta resultados diferentes para cada espécie aplicada.

A natureza pioneira deste experimento representa um ponto de desafio devido à escassez de literatura a respeito do uso dos promotores de crescimento AIB, gel enraizador e ácido gelbérico para a castanha-do-maranhão (*Pachira aquatica*). Os melhores resultados observados neste experimento foram obtidos com o uso de ácido gelbérico. Bons resultados do uso de ácido giberélico foram observados quando utilizado como promotor da germinação de mudas de tamarindo (*Tamarindus indica*, Fabaceae) (Dutra; Oliveira, 2020). Porém demonstrou ineficiência na promoção de germinação do jatobá (*Hymenaea courbari*, Fabaceae) (Sousa et al, 2021).

O ácido giberélico é um fitormônio amplamente utilizado na agricultura e suas principais funções estão relacionadas à sua atuação a nível celular promovendo crescimento vegetativo em mudas e quebra de dormência em sementes (Paixão et al, 2020; De Souza et al, 2022) . Mas, a literatura sobre o uso deste composto como promotor de enraizamento é escassa. Os resultados aqui apresentados sugerem que, embora os reguladores não tenham afetado o crescimento caulinar, o ácido giberélico mostrou potencial para melhorar a propagação vegetativa da espécie por estacas. No entanto, o baixo número de repetições em alguns tratamentos (N = 1 ou 2) limita a robustez das conclusões, sendo recomendada a realização de novos estudos.

4 CONCLUSÃO

A pesquisa revelou que a técnica de propagação vegetativa por estaquia da *Pachira aquatica* apresentou limitações quanto ao desenvolvimento caulinar, não apresentando efeitos significativos entre os reguladores de crescimento testados. Contudo, o ácido giberélico demonstrou maior potencial para promover o enraizamento e a produção foliar, indicando um possível estímulo ao desenvolvimento inicial das mudas. Na prática, os resultados mostram que usar ácido giberélico pode ser uma boa estratégia inicial para melhorar a propagação em viveiros e aumentar as chances de inclusão da castanha-do-maranhão na cadeia de produção agrícola.

A baixa taxa de enraizamento, fizeram com que os resultados fossem menos consistentes, mostrando a necessidade de novos estudos com mais amostras, diferentes concentrações de reguladores e períodos

experimentais mais longos. Além disso, pesquisas futuras são essenciais para consolidar técnicas que valorizem a produção de mudas e fortaleçam sistemas agroflorestais sustentáveis.

REFERÊNCIAS

- ARRUDA, E. G. et al. Produção de mudas por estaquia de vinagreira (*Hibiscus acetosella* Welw. ex Hiern) sob substratos. **Observatorio de la Economía Latinoamericana**, v. 22, n. 12, p. 279, 2024.
- BAM, S. et al. Belowground mechanism reveals climate change impacts on invasive clonal plant establishment. **Scientific Reports**, v. 12, n. 1, p. 2860, 2022.
- BEZERRA, J. A.; DE BRITO, M. M. Nutritional and antioxidant potential of unconventional food plants and their use in food. **Review Res Soc Dev**, v. 9, p. e369997159, 2020.
- DA SILVA, O. M. et al. Qualidade de mudas de vinagreira propagadas por estacas na Amazônia Sul-ocidental. **Scientia Naturalis**, v. 5, n. 1, 2023.
- DE SOUZA, A. D. V. et al. Superação de dormência de sementes de umbuzeiro em função da idade e diferentes concentrações de ácido giberélico. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 9, p. e1811931339-e1811931339, 2022.
- DE SOUZA, L. A. et al. Propagação vegetativa de *Ochroma pyramidale* (CAV.) URBAN Em laboratório. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 13, p. e36111334933-e36111334933, 2022.
- DUTRA, F. A. C.; OLIVEIRA, G. P. Produção de mudas de tamarindo submetidas ao tratamento com ácido giberélico. **Disciplinarum Scientia| Naturais e Tecnológicas**, v. 21, n. 1, p. 155-166, 2020.
- FOLHARINI, Zabelita Fardin et al. Nutritional characterization of *Vasconcellea quercifolia* A. St-Hil.: potential for the development of functional food. **Food Science and Technology**, v. 39, n. suppl 2, p. 432-438, 2019.
- KAINRATH, N. B. et al. Water as the key to sagebrush restoration success in cheatgrass-invaded ecosystems. **Restoration Ecology**, v. 30, n. 7, p. e13473, 2022.
- LEAKEY, Roger RB; TCHOUNDJEU, Zac. Diversification of tree crops: domestication of companion crops for poverty reduction and environmental services. **Experimental Agriculture**, v. 37, n. 3, p. 279-296, 2001.
- LEAL, Mayana Lacerda; ALVES, Rubana Palhares; HANAZAKI, Natalia. Knowledge, use, and disuse of unconventional food plants. **Journal of ethnobiology and ethnomedicine**, v. 14, n. 1, p. 6, 2018.
- Lorenzi H (1992) *Pachira aquática*. Em: árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de Plantas Arbóreas Nativas do Brasil. **Instituto Plantarium**, Nova Odessa.
- Lorenzi H, Sartori SF, Bacher LB & Lacerda MTC (2006) Frutas brasileiras e exóticas cultivadas: de consumo in natura. **Instituto Plantarium**, Nova Odessa . 640p.
- LOSS, Arcângelo et al. Indução do enraizamento em estacas de *Malvaviscus arboreus* Cav. com diferentes concentrações de ácido indol-butírico (AIB). **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 31, p. 269-273,

2009.

MASIERO, M. A. et al. Épocas de coleta de estacas herbáceas e substratos na propagação da astrapeia. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, v. 14, n. Supl. 1, p. 1-14, 2021.

MAZON, Suelen et al. Exploring consumers' knowledge and perceptions of unconventional food plants: case study of addition of *Pereskia aculeata* Miller to ice cream. **Food Science and Technology**, v. 40, n. 1, p. 215-221, 2020.

PAIXÃO, M. V. S. et al. Ácido giberélico na emergência e desenvolvimento de plântulas de cerejeira. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 11, p. 91432-91441, 2020.

PECEGUEIRO M. S. et al. Propagação vegetativa de pau de balsa com diferentes concentrações de AIB. **Open Science Research VI**, v. 6. 2022.

Peixoto AL, Escudeiro A (2002) *Pachira Aquatica* (Bombacaceae) Na Obra história Dos animais e árvores do Maranhão de Frei Cristóvão de Lisboa. **Rodriguésia** Janeiro De 53(82):123–130.

RODRIGUES, C. A. G.; CAON, J. E. M. de A.; GIRARDI-DEIRO, A. M.; LEMOS, E.; WITECK NETO, L. Produção de mudas, controle das principais pragas e herborização de essências florestais nativas e exóticas no sul do Estado do Rio Grande do Sul. Campinas: **Embrapa Monitoramento por Satélite**, 2008. 35 p.

SALES, Agust et al. Vegetative propagation of *Schizolobium parahyba* var. *amazonicum* (paricá) using field grafting and mound layering techniques. **Acta Amazonica**, v. 54, p. e54ag23126, 2024.


SOUSA, A. C. M. et al. Aplicação de doses de ácido giberélico (ga3) como tratamento pré-germinativo em sementes de *Hymenaea Courbaril*. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, v. 12, n. 8, p. 93-99, 2021.

Souza, L. E. V. de, & Assis, J. G. de A. (2019). Diversidade no prato: a experiência da Rede PANC-Bahia. **Revista Ingesta**, 1(2), 38-48. <https://doi.org/10.11606/issn.2596-3147.v1i2p38-48>.

XAVIER, A; SANTOS, G. A dos; OLIVEIRA, M.L. de. Enraizamento de miniestaca caular e foliar na propagação de Cedro-Rosa (*Cedrella fissilis* Vell.). **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v.27, n.3, p.351-356, 2003.

**RESPOSTA DE *Sporobolus indicus* A DOSES VARIÁVEIS DE CLETHODIM:
FITOTOXICIDADE E EFICÁCIA DE CONTROLE**

**RESPONSE OF *Sporobolus indicus* TO VARYING DOSES OF CLETHODIM: PHYTOTOXICITY
AND CONTROL EFFICACY**

 <https://doi.org/10.63330/aurumpub.037-004>

Aline Santos Sousa

Graduada em Engenharia Florestal
UEMASUL/CCA

E-mail: alinesousa.20200009792@uemasul.edu.br

Alyssa Rannelly Pereira Lima

Graduada em Engenharia Florestal
UEMASUL/CCA

E-mail: alysalima001@gmail.com

Bárbara Vieira dos Santos

Graduada em Engenharia Florestal
UEMASUL/CCA

E-mail: barbarasantos.20200009630@uemasul.edu.br

Esthefany Oliveira Torres

Discente de Engenharia Florestal
UEMASUL/CCA

E-mail: esthefanytorres.20200003313@uemasul.edu.br

Gabriely Moreira Silva

Discente de Engenharia Florestal
UEMASUL/CCA

E-mail: gabrielysilva.20200003430@uemasul.edu.br

Ricardo Santana do Carmo

Graduado em Engenharia Florestal
UEMASUL/CCA

E-mail: ricardoks1000@gmail.com

Daniel Carlos Machado

Doutorando em Agronomia (Ciência do Solo)
UNESP/Campus Jaboticabal

E-mail: daniel.c.machado@unesp.br

Wilson Araújo da Silva

Doutor em Agronomia
UEMASUL/CCA

E-mail: wilson@uemasul.edu.br

Cristiane Matos da Silva

Doutora em Ciência e Tecnologia Ambiental
UEMASUL/CCA
E-mail: cristiane.silva@uemasul.edu.br

Leanne Teles Pereira

Doutoranda em Biodiversidade e Biotecnologia/ Rede Bionorte
UEMASUL/CCA
E-mail: leanne.pereira@uemasul.edu.br

Kalyne Pereira Miranda Nascimento

Doutoranda em Biodiversidade e Biotecnologia/ Rede Bionorte
UEMASUL/CCA
E-mail: kalyneengenheiraag@gmail.com

Luiz Fabiano Palaretti

Doutor em Meteorologia Agrícola
UNESP/FCAV
E-mail: luiz.f.palaretti@unesp.br

Dalton Henrique Ângelo

Doutorando em Ciências Florestais
UEMASUL/CCA
E-mail: Dalton.angelo@uemasul.edu.br

Jonathan dos Santos Viana

Doutor em Agronomia (Ciência do Solo)
UEMASUL/CCA
E-mail: jonathan.viana@uemasul.edu.br
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4734-9843>

RESUMO

O capim capeta é uma gramínea invasora de difícil controle em pastagens brasileiras, devido à alta capacidade reprodutiva, adaptação a condições adversas e resistência a práticas convencionais. O herbicida Clethodim tem sido utilizado no controle de gramíneas, mas sua eficácia varia conforme condições de aplicação. Dentro dessa conjectura, o presente estudo objetivou avaliar a eficácia do herbicida Clethodim no controle de *Sporobolus indicus*, analisando seus efeitos no desenvolvimento e na rebrota da planta. O experimento foi conduzido na UEMASUL, em delineamento inteiramente casualizado com quatro tratamentos (0; 112,5; 225; 375,5 mL ha⁻¹) e cinco repetições. A aplicação foi realizada com pulverizador costal. Aos 15 dias após a aplicação, avaliaram-se a fitotoxicidade (escala EWRC) e a eficácia de controle (escala ALAM), com análise descritiva dos dados. Observou-se aumento da fitotoxicidade com o incremento das doses, variando de leve (T2) a forte (T4). Entretanto, o controle foi limitado: T2 apresentou 40% (ineficaz), enquanto T3 e T4 atingiram 48% e 42% (controle regular). O melhor desempenho ocorreu em T3, mas sem ganho proporcional em doses maiores, indicando possível saturação ou tolerância da

espécie. O Clethodim promoveu apenas controle parcial de *S. indicus*, sendo insuficiente quando utilizado isoladamente. Os resultados indicam a necessidade de estratégias integradas de manejo, incluindo ajustes de dose, associação com outros métodos e consideração das condições ambientais para maior eficácia.

Palavras-chave: Capim-capeta; Planta adulta; Controle químico.

ABSTRACT

Capeta grass is an invasive grass that is difficult to control in Brazilian pastures, due to its high reproductive capacity, adaptation to adverse conditions and resistance to conventional practices. The herbicide Clethodim has been used to control grasses, but its effectiveness varies according to application conditions. Within this conjecture, the present study aimed to evaluate the efficacy of the herbicide Clethodim in the control of *Sporobolus indicus*, analyzing its effects on the development and regrowth of the plant. The experiment was conducted at UEMASUL, in a completely randomized design with four treatments (0, 112.5, 225, 375.5 mL ha⁻¹) and five replications. The application was performed with a knapsack sprayer. At 15 days after application, phytotoxicity (EWRC scale) and control efficacy (ALAM scale) were evaluated, with descriptive analysis of the data. An increase in phytotoxicity was observed with the increase of the doses, ranging from mild (T2) to strong (T4). However, control was limited: T2 presented 40% (ineffective), while T3 and T4 reached 48% and 42% (regular control). The best performance occurred at T3, but without proportional gain at higher doses, indicating possible saturation or tolerance of the species. Clethodim promoted only partial control of *S. indicus*, being insufficient when used alone. The results indicate the need for integrated management strategies, including dose adjustments, association with other methods and consideration of environmental conditions for greater efficacy.

Keywords: Capim-capeta; Adult plant; Chemical control.

1 INTRODUÇÃO

Atualmente, *Sporobolus indicus* (L.) R. Br., vulgarmente conhecido como capim-capeta, representa um dos principais desafios no manejo de plantas daninhas em pastagens brasileiras, em virtude de sua rápida disseminação e comportamento altamente competitivo (Cáceres, 2021). Esta gramínea perene, originária da Ásia (Mears et al., 1996; Wunderlin; Hansen, 2003), é caracterizada por elevada capacidade reprodutiva, com potencial de produção de até 200 mil sementes por planta anualmente. Adicionalmente, estabelece um banco de sementes significativo no solo, atingindo densidades de até 20 mil sementes por metro quadrado (Dias Filho, 2015).

A espécie apresenta ampla distribuição nas principais regiões pecuárias brasileiras, sendo mais prevalente nas regiões Sudeste, Centro-Oeste e Norte. Sua ocorrência é particularmente notável em pastagens degradadas e durante períodos de estresse hídrico, fato que ressalta sua rusticidade e capacidade de adaptação a ambientes de baixa fertilidade ou submetidos a distúrbios como queimadas (Silva et al., 1972; Araújo et al., 2011).

Fisiologicamente, *S. indicus* apresenta o metabolismo fotossintético do tipo C4, o que confere elevada eficiência no uso da água e na fixação de carbono em ambientes tropicais (Lorenzo et al., 2013). Morfologicamente, distingue-se por folhas estreitas com ápices frequentemente secos, coloração verde-escura, colmos e folhas glabras, e panículas terminais eretas com hastes únicas, atingindo até 1,1 metro de altura. As folhas podem alcançar 48 cm de comprimento e largura de 1 a 5 mm. Suas raízes são fasciculadas, profundas e bem desenvolvidas, otimizando a absorção de água em camadas mais profundas do solo (Currey et al., 1972; Sellers et al., 2015). A presença de coloração escura nas estruturas reprodutivas da planta é comum, resultante da infecção por fungos do gênero *Bipolaris* spp.

As características morfofisiológicas supracitadas conferem a esta espécie uma notável resiliência às práticas tradicionais de manejo, o que dificulta sobremaneira seu controle em sistemas pecuários.

O herbicida Clethodim emergiu como uma ferramenta eficaz no controle de gramíneas em pós-emergência. Este composto, pertencente ao grupo das ciclohexanodionas, atua pela inibição da enzima ACCase (acetil-CoA carboxilase), fundamental na biossíntese de lipídios em gramíneas (Rodrigues; Almeida, 2018). Sua ação é seletiva para dicotiledôneas e apresenta eficácia comprovada no controle de gramíneas anuais e perenes, mesmo em estádios avançados de desenvolvimento (Oliveira Junior et al., 2011). Contudo, a resposta de espécies daninhas específicas, como *S. indicus*, pode ser variável em função da dose, estágio fenológico da planta, condições ambientais e frequência de aplicação.

Neste contexto, a avaliação do desempenho do Clethodim no controle de *Sporobolus indicus* é imperativa, sob diferentes doses e condições de aplicação. A geração de informações técnicas confiáveis sobre a eficácia deste herbicida frente a essa espécie invasora revela-se crucial para subsidiar decisões agrônômicas, promover a sustentabilidade no uso de defensivos agrícolas e fomentar a recuperação de áreas degradadas.

Dessa forma, o presente estudo teve como objetivo avaliar a eficácia do Clethodim no controle de *S. indicus*, por meio da análise de sua ação sobre o desenvolvimento e a rebrota da espécie, e seu potencial de integração em programas de manejo integrado de plantas daninhas.

2 METODOLOGIA

2.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA EXPERIMENTAL

O experimento foi conduzido em uma área experimental localizada no Centro de Ciências Agrárias (CCA) da Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão (UEMASUL), com coordenadas geográficas de 5°33'45"S e 47°27'18"W.

De acordo com a classificação de Köppen-Geiger, o clima da região é do tipo Aw (tropical com estação seca no inverno), caracterizado por dois períodos distintos: um chuvoso (dezembro a abril) e um seco (maio a novembro). As temperaturas anuais variam entre 20 °C e 35 °C (Correia Filho et al., 2011; Prefeitura Municipal de Imperatriz, 2024). Segundo dados do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET, 2020), a precipitação média anual no município de Imperatriz - MA é de 1.516 mm, e a umidade relativa do ar média é de 68,8%.

O solo predominante na área é classificado como NEOSSOLO Quartzarênico, caracterizado por ser profundo, de textura argilosa e distrófico. Quimicamente, apresenta acidez (pH entre 4,0 e 5,5), elevado teor de alumínio e baixo teor de nutrientes, com concentrações de fósforo (P) geralmente inferiores a 1 mg/dm³ (Embrapa, 2014; Embrapa, 2021).

2.2 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

O experimento foi conduzido em um delineamento inteiramente casualizado, composto por quatro tratamentos, em 5 repetições. Os tratamentos consistiram na aplicação do herbicida Clethodim nas seguintes doses: T1: Testemunha (sem aplicação do herbicida), T2: 112,5 mL p.c. ha⁻¹, T3: 225 mL p.c. ha⁻¹, T4: 375,5 mL p.c. ha⁻¹.

Para a preparação da solução fitossanitária, foram empregados recipientes volumétricos graduados de 20 L, cada um contendo 15 L de água. A quantificação do volume do produto comercial foi realizada com o auxílio de uma seringa calibrada. A concentração do herbicida foi ajustada mediante escalonamento proporcional da dose recomendada pelo fabricante para aplicação em campo. A pulverização da solução foi efetuada utilizando-se um pulverizador costal de compressão prévia.

2.3 PARÂMETROS AVALIADOS

15 dias após a aplicação (DAA), as plantas de *Sporobolus indicus* foram avaliadas quanto ao grau de fitotoxicidade do herbicida, utilizando-se a escala da European Weed Research Council (EWRC, 1964), conforme Tabela 1.

RESPOSTA DE *Sporobolus indicus* A DOSES VARIÁVEIS DE CLETHODIM: FITOTOXICIDADE E EFICÁCIA DE CONTROLE

Tabela 1. Escala de grau de toxicidade pela escala de EWRC.

Escala	Grau de toxicidade
1	Nula
2	Muito leve
3	Leve
4	Nenhum reflexo na produção
5	Média
6	Quase média
7	Forte
8	Muito Forte
9	Destruição Total

Fonte: EUROPEAN WEED RESEARCH COUNCIL (1964).

A escala da EWRC (1964) foi empregada para a mensuração visual dos efeitos fitotóxicos do herbicida sobre *Sporobolus indicus*, fornecendo um parâmetro comparativo entre os tratamentos e permitindo a identificação dos impactos no desenvolvimento da espécie alvo.

As avaliações foram realizadas periodicamente até a estabilização dos sintomas de fitotoxicidade e complementadas pela escala de notas da Asociación Latino Americana de Malezas (ALAM, 1974), apresentada na Tabela 2, que classifica o controle de 1 (ineficaz) a 6 (excelente, com morte das plantas).

Tabela 2. Escala de notas da ALAM utilizada para avaliação da eficácia de controle de plantas daninhas.

Controle (%)	Grau de controle (nota)
0-40	Nenhum, pobre (1)
41-60	Regular (2)
61-70	Suficiente (3)
71-80	Bom (4)
81-90	Muito bom (5)
91-100	Excelente (6) morte das plantas

Fonte: ALAM (1974).

A combinação de ambas as escalas permitiu o acompanhamento da evolução dos sintomas de fitotoxicidade e a avaliação da eficácia de controle ao longo do tempo. Os dados coletados aos 15 dias após a aplicação (DAA) do produto foram submetidos à análise descritiva, com o objetivo de caracterizar os efeitos do Clethodim e sua eficácia no controle de *S. indicus*.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A aplicação do herbicida Clethodim em diferentes doses resultou em efeitos visuais distintos em *Sporobolus indicus*, evidenciados pelos graus de fitotoxicidade e pela eficácia de controle avaliada, conforme ilustrado na Figura 1.

O tratamento T1 (testemunha) não exibiu sintomas de fitotoxicidade, sendo classificado com nota 1 (nula) na escala EWRC, em consonância com o esperado. Em contraste, os tratamentos T2, T3 e T4 apresentaram um aumento gradativo na intensidade dos sintomas de fitotoxicidade em função da dose aplicada, o que caracteriza uma resposta dose-dependente ao herbicida, achado que corrobora estudos prévios (Silva et al., 2017).

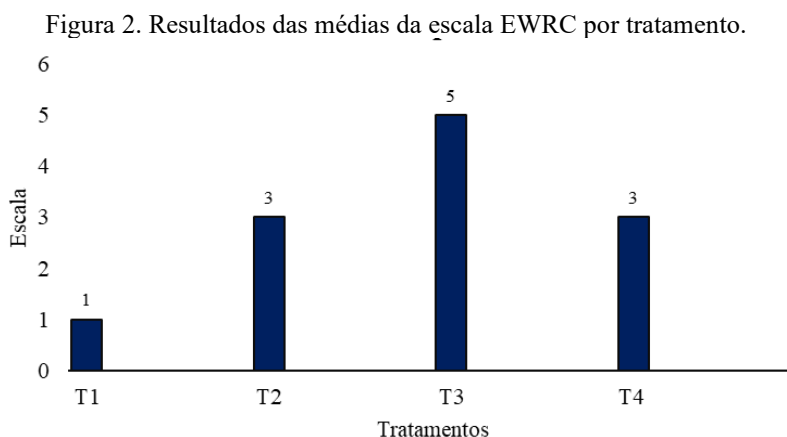
Especificamente, o tratamento T2 induziu sintomas leves, com nota média próxima a 3 na escala EWRC, classificado como fitotoxicidade leve. No tratamento T3, a intensidade dos sintomas aumentou, com média próxima a 5, caracterizando um grau de fitotoxicidade médio. Por sua vez, o tratamento T4 exibiu os sintomas mais severos, com nota média próxima a 7, indicativo de fitotoxicidade forte sobre os indivíduos de *S. indicus* (Velini et al., 1995; EWRS, 2000).

Figura 1. Efeitos visuais do herbicida Clethodim em *Sporobolus indicus* após aplicação em diferentes doses.



Fonte: Sousa et al (2025)

Em relação aos valores médios da escala EWRC, obtidos para cada tratamento, estão representados na Figura 2.



T1: testemunha (sem tratamento); T2: 112,5 mL p.c ha⁻¹; T3: 225 mL; T4: 375,5 mL. Fonte: Sousa et al (2025).

Esses resultados evidenciam que o herbicida Clethodim, mesmo em doses moderadas, induz efeitos visuais de fitotoxicidade em *S. indicus*, sendo mais acentuados em doses elevadas. A escala EWRC revelou-se eficaz na identificação dos diferentes níveis de resposta de *S. indicus* ao herbicida, permitindo inferir que o incremento da dose potencializa os sintomas tóxicos, o que corrobora o conhecido efeito sistêmico do Clethodim sobre gramíneas sensíveis (Oliveira Júnior et al., 2011; Santos et al., 2020).

Esses achados estão em consonância com estudos anteriores que demonstram o efeito dose-dependente do Clethodim em gramíneas daninhas, conforme reportado por Vargas et al. (2013). Entretanto, é fundamental destacar que doses mais elevadas, embora mais eficazes no controle, podem implicar em maiores riscos ambientais e custos elevados, aspectos que devem ser ponderados na formulação de recomendações agronômicas.

Quanto à escala ALAM, as médias de controle (em porcentagem) por tratamento estão apresentadas na Figura 5 e indicaram variações significativas no desempenho dos tratamentos, com distintas médias de controle entre os diferentes níveis de aplicação do herbicida.

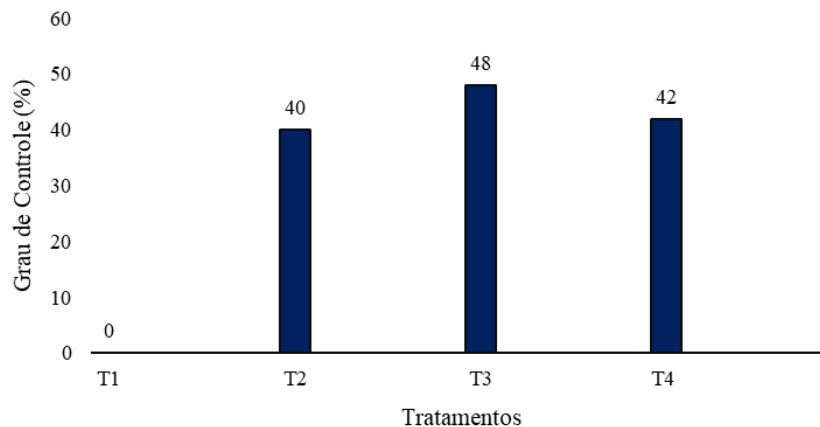
O tratamento T1 (testemunha) registrou 0% de controle, sendo classificado na faixa de 0-40% da Escala ALAM como "Nenhum, pobre" (nota 1). Este resultado era previsível, dada a ausência de intervenção herbicida.

Nos tratamentos que receberam aplicação do herbicida, observou-se um incremento no controle de *Sporobolus indicus*. O tratamento T2 atingiu 40% de controle, permanecendo na categoria "Nenhum, pobre" (nota 1). Já os tratamentos T3 e T4 apresentaram 48% e 42% de controle, respectivamente, ambos enquadrados na classificação "Regular" (nota 2) da escala ALAM. Entre os tratamentos com aplicação, T3 demonstrou o melhor desempenho, embora ainda em nível moderado.

Apesar de relativamente baixos, esses valores de controle são consistentes com observações de campo que reportam eficiência moderada no controle de plantas daninhas. De acordo com Gerhards et al. (2020), a supressão média de plantas daninhas por cobertura vegetal, por exemplo, pode girar em torno de

50–60%, sendo atribuída tanto à competição quanto à liberação de compostos alelopáticos. Contudo, a eficácia do Clethodim pode ser significativamente reduzida em condições adversas de aplicação, tais como déficit hídrico, densidade de cobertura foliar elevada, ou estágio avançado de desenvolvimento das plantas daninhas, além de fatores relacionados à resistência genética.

Figura 3. Resultados da média por tratamento em porcentagem na escala ALAM.



T1: testemunha (sem tratamento); T2: 112,5 mL p.c ha⁻¹; T3: 225 mL; T4: 375,5 ML. Fonte: Autores (2025).

Estudos mais recentes demonstram a ocorrência de resistência ao Clethodim em populações de gramíneas como *Digitaria insularis* e *Eleusine indica*. Lopes et al. (2021) observaram que, após 14 dias de restrição hídrica, a eficácia do Clethodim sobre *Digitaria insularis* (capim-amargoso) reduziu para aproximadamente 56%, mesmo em doses comerciais. Oliveira et al. (2024) identificaram biótipos de *Eleusine indica* no Brasil com resistência múltipla ao Clethodim, Haloxifop e Glyphosate, demandando doses superiores para um controle eficaz. Em âmbito internacional, Nandula et al. (2020) relataram resistência ao Clethodim em populações de *Lolium perenne* nos Estados Unidos, atribuída a mutações no gene da ACCase.

Os níveis de controle observados neste estudo (entre 42% e 48%) corroboram a literatura que reporta a eficácia variável do Clethodim, influenciada pelo estágio de aplicação, espécie alvo e condições ambientais. A ausência de incremento na eficiência de controle com o aumento da dose no tratamento T4 sugere que a resposta de *S. indicus* ao herbicida pode ter atingido um ponto de saturação. Alternativamente, fatores como tolerância fisiológica intrínseca da espécie ou competição podem ter reduzido a efetividade do produto. Adicionalmente, a absorção foliar do herbicida pode ter sido limitada por características morfológicas da planta daninha, como a presença de ceras cuticulares ou pilosidade excessiva, as quais dificultam o contato e a penetração do ingrediente ativo.

4 CONCLUSÃO

As avaliações visuais (EWRC e ALAM) revelaram que o Clethodim, nas doses e condições avaliadas, proporcionou apenas controle parcial de *Sporobolus indicus*, com fitotoxicidade de leve a média. Apesar da manifestação de sintomas, a supressão da espécie foi insuficiente para um manejo eficaz em campo. Embora a ausência de análise estatística inferencial limite a extrapolação, as evidências visuais sugerem que o emprego isolado do Clethodim é inadequado para o controle eficiente de *S. indicus* em pastagens, indicando a necessidade de estratégias de manejo otimizadas (e.g., doses mais elevadas, associações ou métodos complementares).

REFERÊNCIAS

ARAÚJO, E. A.; SANTOS, M. J.; ANDRADE, C. M. S.; FRADE JÚNIOR, E. F.; LANI, J. L.; BARDALES, N. G.; AMARAL, E. F. **Plantas daninhas em pastagens do Acre. Identificação e controle.** Rio Branco: SEMA, 2011. 36 p.

ASOCIACIÓN LATINOAMERICANA DE MALEZAS. **Recomendaciones sobre unificación de métodos para ensayos de herbicidas en Latinoamérica.** ALAM, v. 1, n. 1, p. 35–38, 1974.

Correia Filho, F. L. et al. **Projeto Cadastro de Fontes de Abastecimento por Água Subterrânea, estado do Maranhão: relatório diagnóstico do município de Imperatriz.** - Teresina: CPRM - Serviço Geológico do Brasil, 2011.

CURREY, W. L.; PARRADO, R.; JONES, D. W. Seed characteristics of smutgrass. **Proceedings of Soil Crop Science of Florida**, v. 32, p. 53-54, 1972.

DE OLIVEIRA FREITAS, M. L. *et al.* Primeiro caso de resistência cruzada de capim-pé-de-galinha (*Eleusine indica*) a inibidores da ACCase no Estado do Paraná. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v. 23, n. 1, p. 23-32, 2024.

DIAS-FILHO, M. B. **Controle de capim-capeta [*Sporobolus indicus* (L.) R. Br.] em pastagens no estado do Pará.** 2015.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Solos do Nordeste.** Recife, 2014. Disponível em: <www.uep.cnps.embrapa.br/solos/index.html>. Acesso em: 24 jun. 2025.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Latossolos.** Embrapa Cerrados, 2021. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/tematicas/bioma-cerrado/solo/tipos-de-solo/latossolos#:~:text=Os%20Latossolos%20Amarelos%2C%20al%3%A9m%20da,lenta%20a%20infiltr%3%A7%3%A3o%20de%20%3%A1gua.>>. Acesso em: 24 jun. 2025.

EUROPEAN WEED RESEARCH COUNCIL. Report of the 3rd and 4th meetings of the EWRC Committee of Methods in Weed Research. **Weed Research**, v. 4, p. 88, 1964

GERHARDS, R.; SCHAPPERT, A. Advancing cover cropping in temperate integrated weed management. **Pest management science**, v. 76, n. 1, p. 42-46, 2020.

Aline Santos Sousa | Alyssa Rannelly Pereira Lima | Bárbara Vieira dos Santos | Esthefany Oliveira Torres | Gabriely Moreira Silva | Ricardo Santana do Carmo | Daniel Carlos Machado | Wilson Araújo da Silva | Cristiane Matos da Silva | Leanne Teles Pereira | Kalyne Pereira Miranda Nascimento | Luiz Fabiano Palaretti | Dalton Henrique Ângelo | Jonathan dos Santos Viana

INMET - Instituto Nacional de Meteorologia. **Normais Climatológicas (1991 - 2020)**. Brasília - DF, 2020. Disponível em: <<https://portal.inmet.gov.br/normais#>> Acesso em: 24 jun. 2025.

LOPES, Abílio F. et al. Controle de capim-amargoso com herbicidas gramínicas após diferentes períodos de restrição hídrica. **Weed Control J**, v. 20, p. -, 2021.

LORENZO, M. PADILLA, C.; SARDIÑA, C.; FEBLES, G. Influence of sowing different varieties of improved grasses on the control of wiregrass (*Sporobolus indicus* L. R. Br.). **Cubam Journal of Agricultural Sciences**, v. 47, n. 1, p. 83-87, 2013.

MEARS, P. T.; HENNESSY, D. W.; WILLIAMSSON, P. J.; McLENNAN, D. J. Growth and forage intake of hereford steers fed giant parramatta grass hay (*Sporobolus indicus*) and the effects of dietary nitrogen supplements. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, v. 36, n. 1, p. 1-7, 1996.

NANDULA, V. K. et al. Resistance to clethodim in Italian ryegrass (*Lolium perenne* ssp. multiflorum) from Mississippi and North Carolina. **Pest Management Science**, v. 76, n. 4, p. 1378-1385, 2020.

RODRIGUES, B. N.; ALMEIDA, F. S. de. **Guia de herbicidas**. 7. ed. Londrina: Edição dos Autores, 2018. 764 p.

OLIVEIRA JUNIOR, R. S.; CONSTANTIN, J.; INOUE, M. H. *Biologia e manejo de plantas daninhas*. 1. ed. Curitiba: **Omnipax**, 2011. 348 p.

SELLERS, B.; FERREL, J. A., RANA, N. Smutgrass control in perennial grass pastures. Florida: **IFAS Extension**, 2015. SS-AGR-18. 4p.

SILVA, J. B.; COELHO, J. P.; GONTIJO, V. P. M.; CARVALHO, M. M. Controle químico da reinfestação por sementes do capim-capeta (*Sporobolus indicus* (L.) R. Br.), invasor de pastagens. In: SEMINÁRIO BRASILEIRO DE HERBICIDAS E ERVAS DANINHAS, 9., 1972, Campinas. **Resumos...** Campinas: SBHED, 1972. p. 41.

EWRS – European Weed Research Society. **Recommendations for uniformity in weed control trials**. EWRS, 2000.

OLIVEIRA JÚNIOR, R. S.; CONSTANTIN, J.; INOUE, M. H. *Biologia e manejo de plantas daninhas*. Curitiba: **Omnipax**, 2011.

SILVA, A. F. da; FERREIRA, S. D.; RODRIGUES, B. N. Efeitos de doses de clethodim em gramíneas daninhas em estágio inicial de crescimento. **Revista Brasileira de Herbicidas**, 2017.


SANTOS, G.; SILVA, M. C.; OLIVEIRA, P. S. Seletividade e eficácia de clethodim em diferentes estádios fenológicos de gramíneas. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, 2020.

VELINI, E. D.; OSIPE, R.; GAZZIERO, D. L. P. Procedimentos para instalação, avaliação e análise de experimentos com herbicidas. **Planta Daninha**, Londrina, 1995.

VARGAS, L.; FRAGA, D. S.; AGOSTINETTO, D.; MARIANI, F.; DUARTE, T. V.; SILVA, B. M. Curvas de dose-resposta de biótipos de *Lolium multiflorum* resistente e suscetível ao herbicida clethodim. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 31, n. 4, p. 887–892, out./dez. 2013.

**RESPOSTAS DA GERMINAÇÃO E DO DESENVOLVIMENTO INICIAL DE *Acacia polyphylla* A
DIFERENTES TEMPOS DE EXPOSIÇÃO À LUZ BRANCA E ULTRAVIOLETA**

**GERMINATION AND EARLY DEVELOPMENT RESPONSES OF *Acacia polyphylla* DC TO
DIFFERENT TIMES OF EXPOSURE TO WHITE AND ULTRAVIOLET LIGHT**

 <https://doi.org/10.63330/aurumpub.037-005>

Ana Livia Silva dos Santos

Graduanda em Engenharia Florestal
UEMASUL/CCA

E-mail: analiviasilva109@gmail.com

Calyne Bianca da Silva Lima

Graduanda em Engenharia Florestal
UEMASUL/CCA

E-mail: calyne.lima@uemasul.edu.br

Edinilson Araújo de Sousa

Graduando em Engenharia Florestal
UEMASUL/CCA

E-mail: edinilson.sousa@uemasul.edu.br

Emisanto Oliveira Silva

Graduando em Engenharia Agrônômica

E-mail: marshallsee@hotmail.com

Luany Ketlyn Nascimento Sousa

Graduanda em Engenharia Florestal
UEMASUL/CCA

E-mail: luanyketlyn5@gmail.com

Luziane Vieira Silva

Graduanda em Engenharia Florestal
UEMASUL/CCA

E-mail: luziane.silva@uemasul.edu.br

Rafaella dos Santos Rodrigues

Graduanda em Engenharia Florestal
UEMASUL/CCA

E-mail: rafaella.rodrigues@uemasul.edu.br

Robson Alves Conceição

Graduando em Engenharia Florestal
UEMASUL/CCA

E-mail: robson.alves.rsn@gmail.com

Wendley Gustavo Clemente de Souza

Graduando em Engenharia Florestal
UEMASUL/CCA

E-mail: wendleyclemente@gmail.com

Daniel Carlos Machado

Doutorando em Agronomia (Ciência do Solo)
UNESP/Campus Jaboticabal

E-mail: daniel.c.machado@unesp.br

Wilson Araújo da Silva

Doutor em Agronomia
UEMASUL/CCA

E-mail: wilson@uemasul.edu.br

Cristiane Matos da Silva

Doutora em Ciência e Tecnologia Ambiental
UEMASUL/CCA

E-mail: cristiane.silva@uemasul.edu.br

Leanne Teles Pereira

Doutoranda em Biodiversidade e Biotecnologia/ Rede Bionorte
UEMASUL/CCA

E-mail: leanne.pereira@uemasul.edu.br

Kalyne Pereira Miranda Nascimento

Doutoranda em Biodiversidade e Biotecnologia/ Rede Bionorte
UEMASUL/CCA

E-mail: kalyneengenheiraag@gmail.com

Dalton Henrique Ângelo

Doutorando em Ciências Florestais
UEMASUL/CCA

E-mail: Dalton.angelo@uemasul.edu.br

Jonathan dos Santos Viana

Doutor em Agronomia (Ciência do Solo)
UEMASUL/CCA

E-mail: jonathan.viana@uemasul.edu.br

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4734-9843>

RESUMO

A *Acacia polyphylla* DC (monjoleiro), espécie arbórea nativa do Brasil, é reconhecida por sua importância em projetos de reflorestamento e recuperação de áreas degradadas, devido à sua adaptabilidade e rápido crescimento. Este estudo objetivou avaliar a germinação e o desenvolvimento inicial de *Acacia polyphylla* DC em resposta a diferentes tempos de exposição à luz UV e branca. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com quatro tratamentos e 30 repetições (total de 120 sementes).

Foram avaliados parâmetros como porcentagem e índice de velocidade de germinação (IVG), comprimento da parte aérea e radicular, e massa seca da parte aérea e radicular. Os resultados indicaram que o aumento do tempo de exposição à luz UV e branca correlacionou-se negativamente com a porcentagem de germinação e o Índice de Velocidade de Germinação (IVG). O grupo controle (0 minutos de exposição) apresentou os maiores valores de germinação (46,7%) e IVG (1,17). Exposições de 10 e 20 minutos resultaram em declínio desses parâmetros, sendo a redução mais acentuada após 30 minutos. O comprimento radicular foi otimizado com até 20 minutos de exposição, decrescendo significativamente após esse período, sugerindo que exposições moderadas podem ser benéficas, enquanto prolongadas são prejudiciais. Embora o comprimento da parte aérea não tenha apresentado diferenças significativas, a massa seca da parte aérea e da raiz demonstrou um incremento significativo com o aumento do tempo de exposição. Conclui-se que exposições prolongadas à luz UV e branca afetam negativamente a germinação de *A. polyphylla*, mas podem promover o desenvolvimento de massa seca, com um tempo ideal para o crescimento radicular.

Palavras-chave: Monjoleiro; Sementes; Fotorregulação; Fitocromo.

ABSTRACT

Acacia polyphylla DC (monjoleiro), a tree species native to Brazil, is recognized for its importance in reforestation projects and the restoration of degraded areas due to its adaptability and rapid growth. This study aimed to evaluate the germination and early development of *Acacia polyphylla* DC in response to different exposure times to UV and white light. The experimental design was completely randomized, with four treatments and 30 replicates (a total of 120 seeds). Parameters such as germination percentage and rate index (RI), shoot and root length, and shoot and root dry mass were evaluated. The results indicated that increased exposure time to UV and white light was negatively correlated with germination percentage and RI. The control group (0 minutes of exposure) had the highest germination (46.7%) and RI (1.17) values. Exposures of 10 and 20 minutes resulted in a decrease in these parameters, with the most pronounced reduction occurring after 30 minutes. Root length was optimized with up to 20 minutes of exposure, decreasing significantly after this period, suggesting that moderate exposures may be beneficial, while prolonged exposures are detrimental. Although shoot length did not show significant differences, shoot and root dry mass increased significantly with increasing exposure time. It is concluded that prolonged exposures to UV and white light negatively affect the germination of *A. polyphylla*, but may promote dry mass development, providing an ideal time for root growth.

Keywords: Monjoleiro; Seeds; Photoregulation; Phytochrome.

1 INTRODUÇÃO

A germinação de sementes constitui a reativação do desenvolvimento do embrião, subsequente à maturação da semente, e é um processo dividido em três fases: de embebição, de germinação e de crescimento. É influenciada por múltiplos fatores; a água, por exemplo, representa um parâmetro fundamental para a ocorrência desse processo, dado que a fase inicial de reidratação, caracterizada pela embebição, exige a presença hídrica. Adicionalmente, para que o processo de germinação se concretize com êxito, é imperativo que a semente possua viabilidade e, em caso de dormência, que esta seja superada. As condições ambientais, como luz e temperatura, devem ser adequadas às exigências da espécie em questão (Vieira e Carvalho, 2023).

A luz desempenha um papel fundamental na germinação de sementes em diversas espécies. Algumas sementes, denominadas fotoblásticas positivas, requerem luz para germinar eficientemente. Em contraste, sementes fotoblásticas negativas exibem maior germinação na ausência de luz ou sob condições de luz reduzida. Múltiplos aspectos do crescimento e desenvolvimento das plantas são influenciados pela luz, tanto em termos de quantidade quanto de qualidade. A regulação fisiológica das plantas pela luz ocorre mediante sua absorção por fotorreceptores, como os fitocromos e criptocromos (Morelli e Ruberti, 2000). Segundo Kulkarni et al. (2006), sementes de diferentes espécies apresentam respostas fisiológicas distintas em função da qualidade e intensidade de luz.

Em espécies vegetais, o fitocromo é um pigmento chave responsável pela absorção da luz. De acordo com Reale (2021), o fitocromo na forma vermelha (Pr) absorve luz na faixa de 620 a 700 nm, enquanto a forma vermelha distante (Pfr) absorve entre 710 e 850 nm. Uma relação de reversibilidade existe entre essas duas formas: o Pr, considerado a forma inativa, converte-se na forma ativa (Pfr) ao receber luz vermelha.

No escuro, o Pfr reverte-se lentamente à forma Pr. Contudo, na presença de luz vermelha distante, a conversão de Pfr para Pr ocorre rapidamente. Essa capacidade dos fitocromos de alternar entre as formas ativa e inativa é conhecida como fotoreversibilidade. Os fitocromos desempenham um papel crucial na captura de luz, desencadeando cascatas de sinalização que culminam em diversas respostas fisiológicas na planta (Taiz et al., 2017). A classificação das sementes em relação à sensibilidade à luz é fundamental para a otimização de protocolos de germinação.

A espécie *Acacia polyphylla* DC., também conhecida como monjoleiro, é uma angiosperma semidecídua a decídua pertencente à família Fabaceae. Esta árvore, que pode atingir entre 15 e 20 metros de altura em sua fase adulta, é nativa, com ocorrência em regiões amazônicas, sendo considerada indispensável no estabelecimento florestal, devido ao seu caráter sucessional pioneiro ou inicial. Sua

madeira apresenta valor comercial significativo, sendo empregada na marcenaria, na alimentação animal e por suas propriedades medicinais (Carvalho, 2008).

O monjoleiro não é endêmico do Brasil, mas possui presença confirmada em quase todos os estados do país, com exceção do Amapá, Piauí, Sergipe, Santa Catarina e Rio Grande do Sul. Está presente nos domínios fitogeográficos Floresta Amazônica, Caatinga, Savana Centro-Brasileira, Mata Atlântica e Pantanal, em diversos tipos de vegetação, como Cerrado *lato sensu* e Floresta Ombrófila (Terra e Morim, 2024).

Os frutos de *A. polyphylla* são do tipo seco, elíptico-oblongos, alongados, medindo aproximadamente 15 cm de comprimento e 2,5 cm de largura, deiscentes e com receptáculo persistente. Cada fruto contém cerca de 16 sementes achatadas, com dimensões médias de 9,65 mm de comprimento, 5,66 mm de largura, 1,58 mm de espessura e peso médio de 60 mg. Internamente, o embrião invaginado é composto por um eixo embrionário e dois cotilédones verdes, planos e foliáceos (Neto et al., 2002).

Diante do exposto, o presente trabalho teve como objetivo avaliar a germinação da espécie *Acacia polyphylla* DC., em função da sua exposição à luz UV e à luz branca, e de diferentes tempos de exposição.

2 METODOLOGIA

O presente estudo foi conduzido no município de Imperatriz, localizado na região sudoeste do estado do Maranhão. O município apresenta uma área de 1.369,039 km², com uma população estimada de 273.110 pessoas e distante 639 km da capital, São Luís (IBGE, 2021). Geograficamente, Imperatriz localiza-se nas coordenadas 55° 29' S e 47° 48' W, a uma altitude de 120 metros acima do nível do mar. O clima é classificado, conforme Köppen, como Aw, caracterizado por invernos secos e verões chuvosos, com precipitação média anual de 1220 mm e temperaturas médias variando de 24°C a 29°C (Alvares et al., 2013).

O estudo foi desenvolvido no Laboratório de Dendrologia (Centro de Ciências Agrárias) da Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão, utilizando sementes de *Acacia polyphylla* DC. (Monjoleiro), as quais foram adquiridas sem tratamento prévio de um viveiro florestal.

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado. Os tratamentos consistiram na exposição das sementes à luz (UV e branca) em diferentes regimes: T1: exposição à luz ambiente; T2: exposição à luz (UV e branca) por 10 minutos; T3: exposição à luz (UV e branca) por 20 minutos; e T4: exposição à luz (UV e branca) por 30 minutos, totalizando quatro repetições por tratamento.

Previamente a cada procedimento, as lâmpadas foram acionadas. Subsequentemente, as sementes foram dispostas em bandejas e inseridas em uma câmara de irradiação equipada com lâmpadas emissoras

RESPOSTAS DA GERMINAÇÃO E DO DESENVOLVIMENTO INICIAL DE *Acacia polyphylla* A DIFERENTES TEMPOS DE EXPOSIÇÃO À LUZ BRANCA E ULTRAVIOLETA

de radiação UV e luz branca, onde foram submetidas aos intervalos de tempo predefinidos. Sementes de *Acacia polyphylla* não irradiadas foram utilizadas como grupo controle (testemunha) (Figura 1).

Figura 1. Exposições das sementes à luz UV e branca.



Fonte. Santos et al. (2024).

As sementes foram distribuídas uniformemente em uma bandeja para evitar sobreposição. Durante o período de exposição, a bandeja foi posicionada centralmente na câmara de irradiação, assegurando uma intensidade homogênea de radiação UV e luz branca sobre todas as sementes.

Após a exposição aos respectivos tratamentos de radiação UV e luz branca, as sementes foram semeadas em bandejas contendo areia como substrato. Um total de 120 sementes (30 sementes por repetição) foram transferidas para uma casa de vegetação equipada com sombrite de 50% de sombreamento e irrigadas duas vezes ao dia, com intervalo de 8 horas, por um período de duas semanas (Figura 2).

Figura 2. Sementes plantadas em bandejas com areia.



Fonte. Santos et al. (2024).

Para avaliar o efeito do tempo de exposição das sementes à luz, foram determinados os seguintes parâmetros: germinação, emergência, comprimento da parte aérea e comprimento da raiz. Sementes foram consideradas germinadas quando originaram plântulas normais, exibindo desenvolvimento adequado de todas as suas estruturas essenciais (Labouriau 1983, Brasil 1992). A contagem das sementes germinadas foi efetuada diariamente, durante um período de quatorze dias.

Ao término do teste de germinação, o comprimento da parte aérea e da raiz das plântulas normais provenientes de cada repetição foi mensurado utilizando-se uma régua graduada (mm). Os resultados foram expressos em cm/plântula, calculados como a média por repetição (Figura 3).

Figura 3. Plântulas normais sendo medidas em relação ao comprimento da parte aérea e raiz.



Fonte. Santos et al. (2024).

RESPOSTAS DA GERMINAÇÃO E DO DESENVOLVIMENTO INICIAL DE *Acacia polyphylla* A DIFERENTES TEMPOS DE EXPOSIÇÃO À LUZ BRANCA E ULTRAVIOLETA

A parte aérea e a porção radicular das plântulas previamente avaliadas foram separadas. Subsequentemente, a massa de cada componente foi determinada em balança analítica com precisão de 0,0001 g. Os resultados foram expressos como massa média por repetição, em g/plântula (Figura 4).

Figura 4. Parte da plântula sendo pesada em banca analítica.



Fonte. Santos et al. (2024).

A avaliação do comprimento das plântulas (cm) foi realizada a partir de quatro repetições de 30 sementes, semeadas para cada tratamento em três fileiras e mantidas nas mesmas condições do teste de germinação. No 14º dia após a semeadura, mensurou-se o comprimento da parte aérea e da raiz de 10 plântulas normais por repetição. Posteriormente, dez plântulas normais de cada repetição foram selecionadas para a determinação da massa total das plântulas (mg), utilizando-se uma balança de precisão com acurácia de 0,001 g.

Para a análise de dados, a média da relação raiz/caule foi calculada conforme a Equação 1:

$$Relação = \frac{Massa\ da\ raiz}{Massa\ do\ Caule} \quad Eq. 1$$

Após o cálculo das médias para cada variável por tratamento, realizou-se uma análise de variância (ANOVA), pressupondo a distribuição normal dos dados. As médias foram comparadas utilizando o teste de Tukey ($p < 0,05$), empregando-se o software Agroestat, versão 7.1 (Barbosa & Maldonado Júnior, 2015). O teste de Tukey compara todos os possíveis pares de médias. Subsequentemente, para descrever a relação entre o tempo de exposição e os parâmetros avaliados, foi aplicada uma análise de regressão polinomial de 2º grau. A partir dessa análise, foram geradas as seguintes equações:

Comprimento da raiz (Equação 2):

$$y = -0,0144x^2 + 0,211x + 4,8016 \quad \text{Eq. 2}$$
$$R^2 = 0,8358$$

Comprimento aéreo (Equação 3):

$$y = -0,0006x^2 - 0,0009x + 7,9865 \quad \text{Eq. 3}$$
$$R^2 = 0,7349$$

Relação Raiz/Caule (Equação 4):

$$y = -0,0001x^2 + 0,0015x + 0,245 \quad \text{Eq. 4}$$
$$R^2 = 0,9742$$

Massa da raiz (Equação 5):

$$y = -0,0004x^2 - 0,0068x + 0,0769 \quad \text{Eq. 5}$$
$$R^2 = 0,914$$

Massa aérea (Equação 6):

$$y = -0,0009x^2 - 0,0159x + 0,2933 \quad \text{Eq. 6}$$
$$R^2 = 0,8703$$

Após a coleta dos dados, uma análise estatística rigorosa foi conduzida para a interpretação dos resultados, visando à identificação de padrões e tendências relevantes para o estudo.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

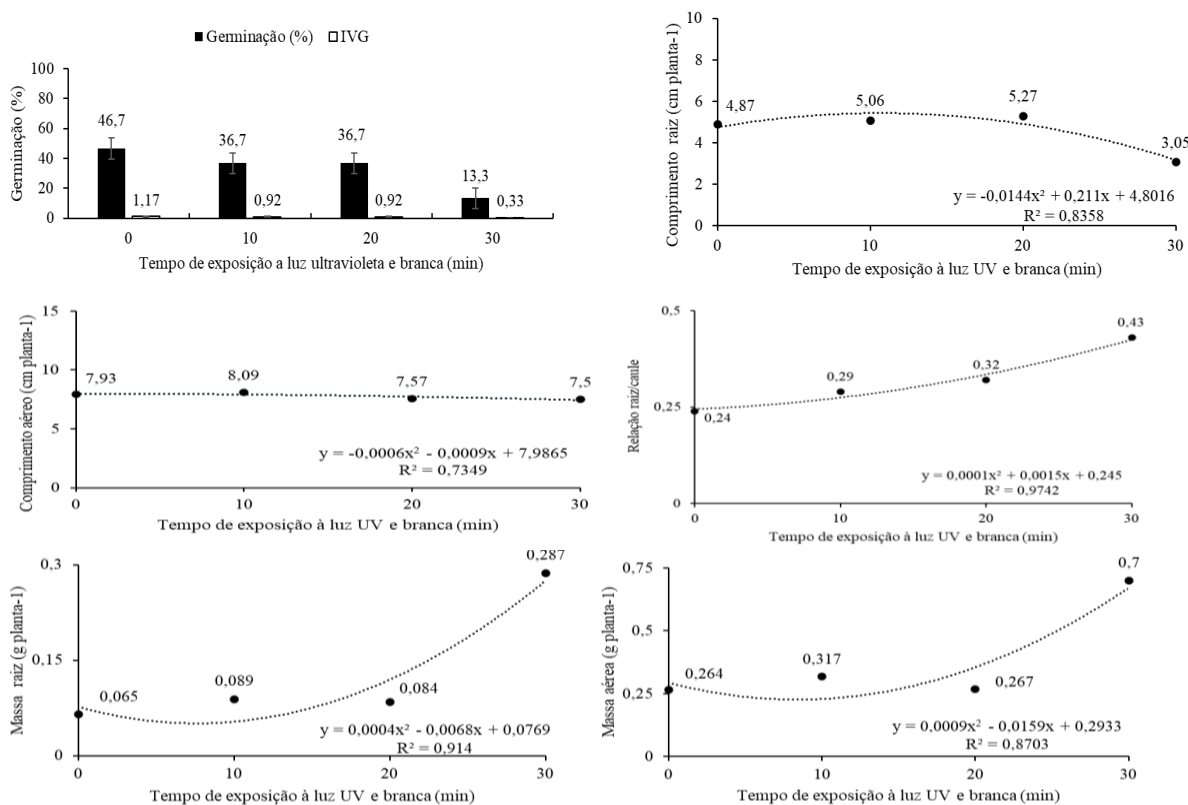
A exposição de sementes à radiação ultravioleta pode induzir o aumento do comprimento da parte aérea e radicular, em função do tempo de exposição (Sadeghianfar et al., 2019). Tais efeitos são atribuídos à capacidade da radiação ultravioleta de modular o desenvolvimento de plântulas, promovendo, em algumas espécies, o incremento no comprimento e na massa seca da parte aérea e radicular (Badridze et al., 2016). A toxicidade da radiação ultravioleta em plântulas é considerada uma ocorrência incomum (Semenov et al.,

2020), com algumas espécies demonstrando resiliência à irradiação contínua. Essa tolerância é, possivelmente, atribuída à composição protetora das sementes, a qual confere defesa ao embrião (Debeaujon et al., 2018).

Quanto à exposição à luz branca, a sensibilidade germinativa da semente é modulada pela qualidade e intensidade luminosa, tempo de irradiação, bem como pelo período e temperatura de embebição (Labouriau, 1983). O termo fotoblastismo é empregado para categorizar sementes em função de sua resposta ao estímulo luminoso (Araújo-Neto et al., 2003). Sementes fotoblásticas positivas são caracterizadas pela germinação estimulada pela luz branca e inibida pela ausência dela, sendo predominantemente encontradas em plantas heliófilas. Em contraste, sementes fotoblásticas negativas apresentam germinação inibida pela luz branca (Orozco-Segovia e Vázquez-Yanes, 1992).

A análise de variância revelou ausência de diferença significativa no comprimento da raiz e da parte aérea das plântulas de monjoleiro submetidas a diferentes tempos de exposição à luz branca e ultravioleta (Figura 5). Em contraste, a porcentagem de germinação demonstrou uma correlação negativa com o tempo de exposição, evidenciando um declínio na porcentagem de germinação e em seu índice de velocidade com o aumento do período de irradiação (Figura 5). No entanto, em relação à massa seca da raiz e da parte aérea, observou-se um crescimento considerável dos valores apresentados nos gráficos (Figura 5).

Figura 5. Germinação, índice de velocidade de germinação, comprimento da raiz, comprimento aéreo, relação raiz /caule, massa da raiz e massa aérea.



Fonte. Santos et al. (2024)

A exposição de sementes à radiação ultravioleta pode induzir o aumento do comprimento da parte aérea e radicular, em função do tempo de exposição (Sadeghianfar et al., 2019). Tais efeitos são atribuídos à capacidade da radiação ultravioleta de modular o desenvolvimento de plântulas, promovendo, em algumas espécies, o incremento no comprimento e na massa seca da parte aérea e radicular (Badridze et al., 2016). A toxicidade da radiação ultravioleta em plântulas é considerada uma ocorrência incomum (Semenov et al., 2020), com algumas espécies demonstrando resiliência à irradiação contínua. Essa tolerância é, possivelmente, atribuída à composição protetora das sementes, a qual confere defesa ao embrião (Debeaujon et al., 2018).

Quanto à exposição à luz branca, a sensibilidade germinativa da semente é modulada pela qualidade e intensidade luminosa, tempo de irradiação, bem como pelo período e temperatura de embebição (Labouriau, 1983). O termo fotoblastismo é empregado para categorizar sementes em função de sua resposta ao estímulo luminoso (Araújo-Neto et al., 2003). Sementes fotoblásticas positivas são caracterizadas pela germinação estimulada pela luz branca e inibida pela ausência dela, sendo predominantemente encontradas em plantas heliófilas. Em contraste, sementes fotoblásticas negativas apresentam germinação inibida pela luz branca (Orozco-Segovia e Vázquez-Yanes, 1992).

A análise de variância revelou ausência de diferença significativa no comprimento da raiz e da parte aérea das plântulas de monjoleiro submetidas a diferentes tempos de exposição à luz branca e ultravioleta (Figura 5). Em contraste, a porcentagem de germinação demonstrou uma correlação negativa com o tempo de exposição, evidenciando um declínio na porcentagem de germinação e em seu índice de velocidade com o aumento do período de irradiação (Figura 5, Gráfico A). No entanto, em relação à massa seca da raiz e da parte aérea, observou-se um crescimento considerável dos valores apresentados nos gráficos (Figura 5).

A análise dos dados do gráfico de barras (Figura 5) revelou uma relação inversa entre o tempo de exposição e a porcentagem de germinação, bem como o Índice de Velocidade de Germinação (IVG). Em um estudo sobre sementes de *Mimosa bimucronata* (Maricá), observou-se que elas obtiveram maior velocidade de germinação sob luz branca (Grande e Takaki, 1998). No tratamento controle (0 minutos de exposição), as sementes apresentaram a maior porcentagem de germinação, 46,7%, com um IVG de 1,17. Esses valores indicam que, na ausência de exposição à luz, as sementes mantêm sua capacidade germinativa em níveis ótimos.

À medida que as sementes foram expostas à luz por 10 minutos, a porcentagem de germinação reduziu para 36,7%, com o IVG caindo para 0,92. Esse mesmo padrão foi observado quando o tempo de exposição foi estendido para 20 minutos, sugerindo que a exposição à luz ultravioleta e branca por até 20 minutos reduz a capacidade germinativa das sementes de monjoleiro, mas não de forma gradual entre esses dois períodos. Contudo, quando o tempo de exposição foi ampliado para 30 minutos, a porcentagem de

germinação sofreu uma queda maior para 13,3%, e o IVG reduziu-se ainda mais, atingindo 0,33. Esses resultados sugerem que a exposição prolongada à luz, particularmente além dos 20 minutos, influencia negativamente e de forma significativa a capacidade de germinação das sementes. A luz, ao atuar por períodos prolongados, parece causar danos irreversíveis às sementes, afetando tanto sua viabilidade quanto a velocidade de germinação.

Um estudo sobre o efeito da radiação UV-B e UV-C na germinação de sementes de soja demonstrou resultados análogos, indicando que a exposição à radiação UV-B por 8 horas reduziu o percentual de germinação de 93% (controle) para 80%, e de 8% para 75% no teste de primeira contagem (Stefanello et al., 2023).

Em referências adicionais sobre a exposição de sementes de monjoleiro a diferentes tipos de luz, Araújo-Neto et al. (2003) constataram que a porcentagem de germinação em fotoperíodos de luz branca e de sombreamento indica que as sementes de monjoleiro são capazes de germinar não apenas em clareiras, mas também sob dossel de diferentes espessuras. Esse resultado está em consonância com o caráter sucessional da espécie, classificada como pioneira. Sementes fotoblásticas positivas de espécies que ocorrem frequentemente em locais degradados, como as invasoras, herbáceas e pioneiras, geralmente são influenciadas pela qualidade da luz que atinge as sementes, e não pela intensidade da luz (Vázquez-Yanes e Orozco-Segovia, 1984).

Conforme o Gráfico B da Figura 6, observa-se que, na ausência de exposição à luz (0 minutos), o comprimento médio das raízes foi de 4,87 cm. Com 10 minutos de exposição, o comprimento aumentou ligeiramente para 5,06 cm, e aos 20 minutos, alcançou 5,27 cm, indicando um crescimento contínuo com o aumento moderado do tempo de exposição. Entretanto, após 30 minutos de exposição, houve uma redução expressiva no comprimento das raízes, que diminuiu para 3,05 cm. Esses resultados sugerem que, até 20 minutos de exposição, a luz ultravioleta e branca promove o crescimento radicular. Contudo, com 30 minutos de exposição, o crescimento das raízes é significativamente inibido, indicando que um tempo de exposição excessivo à luz pode resultar em efeitos deletérios no desenvolvimento radicular. Essa resposta sugere a existência de um tempo ideal de exposição que maximiza o crescimento, enquanto tempos mais longos podem causar efeitos adversos.

Em um estudo conduzido por Gui et al. (2018) sobre o impacto da radiação ultravioleta na germinação de sementes de feijão-mungo (*Vigna radiata*), verificou-se que o tratamento com UV-B por 15 minutos otimizou o comprimento e a biomassa da parte foliar e radicular das plântulas. Adicionalmente, em pesquisa de Begum et al. (2021), a radiação ultravioleta promoveu o aumento do teor de clorofila no nabo (*Brassica rapa* L.), embora tenha ocasionado a redução dos comprimentos de radícula e plúmula.

O comprimento da parte aérea das plântulas não apresentou diferença significativa em relação ao tempo de exposição à luz branca e UV (Figura 6: Gráfico C). Observou-se apenas um leve declínio no

comprimento dos indivíduos nos tratamentos de 20 e 30 minutos de exposição, com a média variando de 8,09 cm (10 min) para 7,57 cm (20 min) e 7,5 cm (30 min). Conclui-se, portanto, que a luz branca e UV não exerce influência significativa, positiva ou negativa, no crescimento em comprimento das plântulas de monjoleiro, resultando apenas em diferenças mínimas entre os tratamentos.

Resultados semelhantes aos desta pesquisa foram encontrados em sementes de aveia-branca (*Avena sativa* L.), onde, ao serem submetidas a diferentes tratamentos (tempos de exposição à luz UV-B), não houve diferença significativa nas variáveis de germinação, comprimento e massa seca das plântulas (Stefanello et al., 2024). Quanto à luz branca, outro estudo investigou o efeito da temperatura e concluiu que o comprimento das plântulas aumentou com a maior exposição à luz branca e o aumento da temperatura (Menezes et al., 2004). Adicionalmente, conforme Araújo-Neto et al. (2003), a germinação e o comprimento das sementes de monjoleiro, expostas a diferentes tipos de luz (incluindo a branca), demonstram homogeneidade com o aumento do fotoperíodo.

A análise da relação raiz/parte aérea (Figura 6: Gráfico D) evidenciou um aumento positivo proporcional ao tempo de exposição de cada tratamento. Os dados indicam que a proporção entre as duas partes da plântula incrementa-se com o aumento da exposição à radiação UV e à luz branca. Consequentemente, pode-se inferir que houve maior produção de biomassa radicular e de parte aérea em função do aumento do tempo de exposição das sementes à luz branca e UV.

Segundo He et al. (2019), a exposição de sementes à radiação ultravioleta pode exercer efeitos benéficos nas plantas, pois, apesar de a radiação ser capaz de induzir danos aos tecidos vegetais, ela também pode estimular a acumulação de moléculas protetoras contra UV e antioxidantes em algumas espécies. Contudo, na pesquisa de Rupiasih e Vidyasagar (2016), a parte aérea e a raiz das mudas apresentaram um crescimento mais lento em comparação ao grupo controle. O estudo de Stefanello et al. (2023), envolvendo sementes de soja, relatou redução no crescimento radicular, o que impactou no comprimento da parte aérea das mudas.

Prosseguindo na análise de dados, constataram-se diferenças significativas na massa seca das raízes de mudas de monjoleiro em função dos tratamentos (tempos de exposição à luz branca e radiação UV). O melhor resultado em termos de massa seca das raízes foi obtido com 30 minutos de exposição à luz, registrando uma massa de 0,287 g por planta, conforme ilustrado no Gráfico E da Figura 6. O aumento da massa seca observado com este tempo de exposição à luz supera os achados da pesquisa de Stefanello et al. (2023) com sementes de soja sob exposição à radiação UV-B, na qual não foram encontradas diferenças significativas na massa seca das raízes entre os tratamentos.

Os resultados revelam diferenças significativas na massa seca da parte aérea das plantas de monjoleiro em função dos tempos de exposição à luz branca e radiação UV. No Gráfico F da Figura 6,

observa-se que as sementes expostas por 30 minutos apresentaram a maior massa aérea, alcançando 0,7 g por planta, o que representa um aumento significativo em comparação aos demais tempos de exposição. Aos 10 minutos, a massa aérea aumentou de 0,264 g para 0,317 g, enquanto aos 20 minutos houve uma leve redução para 0,267 g, padrão similar ao observado no Gráfico E. O aumento da massa seca observado está em conformidade com os resultados reportados por Menezes et al. (2004).

4 CONCLUSÃO

A análise de variância demonstrou que a exposição das sementes de *Acacia polyphylla* à luz branca e à radiação UV não induziu diferenças significativas no comprimento da raiz e da parte aérea das plântulas. No entanto, a porcentagem de germinação exibiu uma correlação negativa com o tempo de exposição, resultando em uma redução progressiva da porcentagem de germinação e do índice de velocidade de germinação (IVG) com o aumento do período de irradiação. Em contrapartida, no que concerne à massa seca da raiz e da parte aérea, constatou-se um incremento significativo nos valores, conforme ilustrado nos gráficos.

REFERÊNCIAS

- ALVARES C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.
- ARAÚJO-NETO, J. C. *et al.* Temperaturas Cardeais e efeito da luz na germinação de sementes de mutamba. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.6, n.3, p.460-465, 2003.
- BADRIDZE, G. *et al.* Effect of UV radiation and artificial acid rain on productivity of wheat. **Russ. J. Ecol.**, v. 7, n. 2, p. 158-166, 2016. DOI: 10.1134/S106741361602003X
- BARBOSA, J. C.; MALDONADO JUNIOR, W. AgroEstat: sistema para análises estatísticas de ensaios agronômicos. **Jaboticabal, FCAV/UNESP. 396p**, 2015.
- BEGUM, H. A. *et al.* Effects of UV radiation on germination, growth, chlorophyll content, and fresh and dry weights of *Brassica rapa* L. and *Eruca sativa* L. **Sarhad J. Agric**, v. 37, p. 1016-1024, 2021.
- BRASIL, Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. **Regras para análise de sementes**. Brasília: DNDV/CLAV, 1992. 365p.
- CARVALHO, P. E. R. **Espécies arbóreas brasileiras**. Colombo: Embrapa-CNPQ; Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2003. 1039 p.
- DEBEAUJON, I.; LEPINIEC, L.; POURCEL, L.; ROUTABOUL, J. M. (2018). Seed coat development and dormancy. **Annual Plant Reviews online**, 27, 25-49. DOI: 10.1002/9781119312994.apr0276

Ana Livia Silva dos Santos | Calyne Bianca da Silva Lima | Edinilson Araújo de Sousa | Emisanto Oliveira Silva | Luany Ketlyn Nascimento Sousa | Luziane Vieira Silva | Rafaella dos Santos Rodrigues | Robson Alves Conceição | Wendley Gustavo Clemente de Souza | Daniel Carlos Machado | Wilson Araújo da Silva | Cristiane Matos da Silva | Leanne Teles Pereira | Kalyn Pereira Miranda Nascimento | Dalton Henrique Ângelo | Jonathan dos Santos Viana

GUI, Mengyuan *et al.* Effect of UV-B treatment during the growth process on the postharvest quality of mung bean sprouts (*Vigna radiata*). **International Journal of Food Science & Technology**, v. 53, n. 9, p. 2166-2172, 2018.

GRANDE, F.G.A.F.; TAKAKI, M. Efeito da temperatura e luz na germinação de sementes de *Mimosa bimucronata* (Mimosaceae). In: CONGRESSO NACIONAL DE BOTÂNICA, 49., 1998, Salvador. **Resumos...** Salvador: UFBA, Instituto de Biologia, 1998. p.186.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Cidades e Estados: Imperatriz (MA). **IBGE**, 2021. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-eestados/ma/imperatriz.html>. Acesso em: 13 ago. 2024.

KULKAMI, M. G.; SPARG, S. G.; STADEN, J. V. Dark conditioning, cold stratification and a smoked-derived compound enhance the germination of *Eucomis autumnalis* sbsp. *autumnalis* seeds. **South African Journal of Botany**, v. 72, n. 01, p. 157162, 2006.

LABOURIAU, L.G. **A germinação das sementes**. Secretaria Geral da OEA, Washington, 1983.

HE, W. *et al.* Effect of UV-B radiation and a supplement of CaCl₂ on carotenoid biosynthesis in germinated corn kernels. **Food Chemistry**, v.278, p.509-514, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.11.089>.

MENEZES, N. L. de *et al.* Germinação de sementes de *Salvia splendens* Sellow em diferentes temperaturas e qualidades de luz. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 26, p. 32-37, 2004.

MORELLI, G.; RUBERTI, I. Respostas de evitação de sombra. Condução de auxina ao longo de rotas laterais. **Plant Physiology**, [S. l.], p. 621-626, 3 mar. 2000. Disponível em: <https://www.jstor.org/stable/4279136>. Acesso em: 16 ago. 2024

NETO, J. C. A.; AGUIAR, I. B.; FERREIRA, V. M.; PAULA, R. C. Caracterização morfológica de frutos e sementes e desenvolvimento pós-seminal de monjoleiro (*Acacia polyphylla* DC.). Jaboticabal: **Revista Brasileira de Sementes**, vol. 24, n° 1, p.203-211, 2022.

OROZCO-SEGOVIA, A.; VÁZQUEZ-YANES, C. Los sentidos de las plantas: la sensibilidad de las semillas a la luz. **Ciencia**, Santo Domingo, v.43, p.399-411, 1992.

REALE, A. L. **Espetros de luz e seus efeitos na germinação de sementes e crescimento de plântulas de alface**. 2021. Dissertação, [S. l.], 2021. Disponível em: <http://repositorio.ufla.br/bitstream/1/48451/1>.

RUPIASIH, N.N.; VIDYASAGAR, P.B. Effect of UV-C radiation and hypergravity on germination, growth and content chlorophyll of wheat seedlings. **AIP Conference Proceedings**, v.1719, n.1, e030035, 2016. <https://doi.org/10.1063/1.4943730>.

SADEGHIANFAR, P. *et al.* Exposure to Ultraviolet (UV-C) Radiation Increases Germination Rate of Maize (*Zea mays* L.) and Sugar Beet (*Beta vulgaris*) Seeds. **Plants**, v. 8, n. 49, 2019. DOI:10.3390/plants8020049.

SEMENOV, A. *et al.* Effect of UV-C radiation on basic indices of growth process of winter wheat (*Triticum aestivum* L.) seeds in pre-sowing treatment. **Acta agriculturae Slovenica**, 116, 49-58, 2020. DOI: 10.14720/aas.2020.116.1.1563.

STEFANELLO, R. *et al.* UV-B and UV-C radiation on the germination of soybean seeds. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 18, n. 2, p. e2964-e2964, 2023.

STEFANELLO, R.; DA SILVA GARCIA, W. J.; DORNELES, L. S. Radiação ultravioleta (UV-B) na germinação de sementes de aveia-branca. **Sementes: foco em pesquisa sobre qualidade fisiológica e sanitária**, vol 2, 2024. 10.46420/9786585756280cap9.

TAIZ, L. *et al.* (2017). **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. (6 ed.). Porto Alegre: Artmed, 2017.


TERRA, V.; MORIM, M. P. Senegalia em **Flora e Funga do Brasil**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: < <https://floradobrasil.jbrj.gov.br/FB101015>>. consulta publica.uc.citacao. Acesso em: 17 ago. 2024.

VÁZQUEZ-YANES, C. & OROZCO-SEGOVIA, A. 1984. Fisiología ecológica de las semillas de árboles de la selva tropical: un reflejo de su ambiente. **Ciencia** 35:191-201.

VIEIRA, E. L.; CARVALHO, Z. S. de. Fisiologia de sementes: Parte I - Formação e germinação de sementes. Cruz das Almas: **Boletim Científico Agrônomo do CCAAB/UFRB**, v. 1, e2259, 2023.

METODOLOGIAS E APLICAÇÕES PARA AGRICULTURA TOTAL E SEUS ASPECTOS DE DESENVOLVIMENTO AGRÍCOLA MULTI SÉRIES EM TODO TERRITÓRIO NACIONAL

METHODOLOGIES AND APPLICATIONS FOR TOTAL AGRICULTURE AND ITS MULTI-SERIES AGRICULTURAL DEVELOPMENT ASPECTS ACROSS THE ENTIRE NATIONAL TERRITORY

 <https://doi.org/10.63330/aurumpub.037-006>

Edio de Freitas Santos Junior

Professor de Geografia da ETEC - Escola Técnica Estadual-do Centro Paula Souza, e Professor de Geografia-História - Projeto de Vida na rede do Estado de São Paulo - Professor Mestre, Letrista, Técnico em Segurança do Trabalho, MBA Gestão Empresarial, Discente Gestão Pública, Doutorando, Presidente Institucional e C.E.O da AMG Produções - citação – SANTOS JUNIOR, Edio de FREITAS - JUNIOR.E.F.S.

E-mail: ediofreitas18@gmail.com

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/2062702409033125>

ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-8534-4386>

RESUMO

Este artigo analisa metodologias e aplicações da Agricultura Total no Brasil, abordando sistemas integrados lavoura-pecuária-floresta, manejo conservacionista do solo, pastoreio holístico, propriedades hídricas do solo e fertilidade em sistemas agropecuários. Com base em referências especializadas, evidencia-se que os sistemas integrados aumentam significativamente a produtividade das culturas, reduzem os custos com insumos fertilizantes, promovem o sequestro de carbono no solo, controlam eficazmente os processos erosivos e ampliam a capacidade de retenção e disponibilização de água para as plantas. Conclui-se que a Agricultura Total constitui paradigma viável para o desenvolvimento agrícola multi série em todo o território nacional, conciliando produtividade econômica, sustentabilidade ambiental e justiça social no campo brasileiro.

Palavras-chave: Agricultura Total; Sistemas integrados; Manejo do solo; Pecuária sustentável; Tecnologias rurais.

ABSTRACT

This article analyzes methodologies and applications of Total Agriculture in Brazil, addressing integrated crop-livestock-forestry systems, soil conservation management, holistic grazing, soil hydraulic properties, and fertility in agricultural systems. Based on specialized references, evidence shows that integrated systems significantly increase crop productivity, reduce fertilizer input costs, promote soil carbon sequestration, effectively control erosion processes, and enhance soil water retention and availability for

plants. It is concluded that Total Agriculture constitutes a viable paradigm for multi-series agricultural development throughout the national territory, reconciling economic productivity, environmental sustainability, and social justice in Brazilian rural areas.

Keywords: Total Agriculture; Integrated systems; Soil management; Sustainable livestock; Rural technologies.

1 INTRODUÇÃO

A agricultura brasileira consolidou-se nas últimas décadas como uma das mais dinâmicas e produtivas do planeta, desempenhando papel central na segurança alimentar global e na balança comercial do país. Estudos do Cepea/CNA indicam que o agronegócio teve o impacto de 29,4% do PIB em 2025 tendo o agronegócio sendo responsável potencial de 20% de empregos diretos em sua cadeia produtiva. No entanto, esse protagonismo vem acompanhado de desafios ambientais, sociais e técnicos que exigem respostas igualmente robustas e inovadoras. Nesse contexto, emerge o conceito de "Agricultura Total" – uma abordagem integradora que transcende a visão setorial tradicional e propõe a articulação sistêmica entre produção agrícola, pecuária, manejo do solo, tecnologias rurais e conservação ambiental. O presente artigo tem como objetivo central analisar as metodologias e aplicações da Agricultura Total no território nacional, considerando seus aspectos de desenvolvimento multi - séries – ou seja, contemplando diferentes escalas temporais (safras sucessivas) e espaciais (biomas e regiões produtivas).

Conforme demonstram Simões et al. (2025), a adoção de estratégias sistemáticas de adubação em sistemas integrados de produção promove efeitos sinérgicos entre os componentes agrícola e pecuário, melhorando a ciclagem de nutrientes e reduzindo a dependência de fertilizantes sintéticos trazendo menos impactos ao meio ambiente e contaminação de solo, esse método é relevante para o Brasil, onde a integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF) já ocupa mais de 17 milhões de hectares. Valani (2024) complementa essa visão ao afirmar que, embora os sistemas integrados apresentem compactação do solo até 40 centímetros de profundidade, a diversidade radicular observada compensa os impactos sobre a qualidade física do solo. Isso indica que os benefícios da Agricultura Total superam as limitações quando adequadamente gerenciados.

No que concerne a remoção de carbono e à mitigação das mudanças climáticas, Loss et al. (2024) comprovam que os sistemas integrados acumulam quantidades superiores de carbono orgânico no solo – 72,8 Mg ha⁻¹ após 32 anos – superando o cultivo contínuo e pastagens degradadas, especialmente no bioma Cerrado onde sua operacionalidade tangente a produção de soja. Esse dado é crucial para posicionar a Agricultura Total como estratégia de descarbonização da agropecuária nacional. Além disso, Teague (2018) sustenta que o manejo holístico do pastejo é capaz de “sequestrar” entre 0,5 e 7 toneladas de carbono por hectare por ano, restaurando funções ecossistêmicas essenciais em sistemas pecuários.

A conservação do solo, pilar central da Agricultura Total, encontra respaldo empírico robusto. Ologunde, Akanni, Olayemi e Busari (2025) evidenciam que a associação de técnicas de engenharia de baixo custo com a aplicação de cama de aviário reduz a perda de solo em até 85,4% em cultivos tropicais. Freidenreich et al. (2024) destacam, por sua vez, que o uso de resíduos avícolas combinado com plantas de cobertura melhora a ciclagem de nutrientes e a saúde do solo em sistemas orgânicos. Essas abordagens são perfeitamente escaláveis para diferentes realidades regionais do Brasil, desde a agricultura familiar no Nordeste até os grandes latifúndios do Centro-Oeste.

As propriedades hídricas do solo também se beneficiam das metodologias integradas. Mayer et al. (2025) verificam que a integração lavoura-pecuária-floresta promove melhorias na infiltração e retenção de água, superando os sistemas convencionais de pastagem. Em um país onde a irregularidade das chuvas e os veranicos são recorrentes, a capacidade de armazenamento de água no solo torna-se fator crítico para a resiliência produtiva. Atakoun et al. (2025) demonstram que práticas tradicionais como o curral noturno de bovinos melhoram significativamente os parâmetros de fertilidade do solo em sistemas de agricultura familiar, evidenciando que saberes locais podem ser incorporados às metodologias científicas.

Finalmente, Ologunde, Bello e Busari (2024) conceituam o sistema agrícola integrado como uma abordagem dinâmica que promove interações sinérgicas entre cultivos, pecuária e biota do solo. Esse conceito de "dinamismo" é fundamental para entender a Agricultura Total como um processo adaptativo e multi série – ou seja, que se aprimora a cada ciclo produtivo, incorporando aprendizados, tecnologias e ajustes de manejo. O território nacional, com sua megadiversidade de biomas (Amazônia, Cerrado, Caatinga, Mata Atlântica, Pampa e Pantanal), exige que essas metodologias sejam territorialmente sensíveis, respeitando limites edafoclimáticos e socioculturais.

Diante do exposto, este artigo estrutura-se da seguinte forma: na primeira seção, discutem-se os fundamentos conceituais da Agricultura Total e sua evolução histórica no Brasil; na segunda, apresentam-se as metodologias aplicáveis para manejo do solo, integração pecuária e tecnologias rurais; na terceira, analisam-se os aspectos de desenvolvimento multi séries em diferentes territórios nacionais; por fim, tecem-se considerações finais que apontam diretrizes para políticas públicas, pesquisa extensionista e formação técnica. Espera-se contribuir para a consolidação de um paradigma agrícola verdadeiramente sustentável, produtivo e inclusivo para o Brasil do século XXI.

1.1 JUSTIFICATIVA

A agricultura é um setor fundamental para a economia brasileira, responsável por uma parcela significativa do PIB e empregando milhões de pessoas em todo o país para (Santos Junior – pg.145, 2023). As agros estratégias são um conjunto articulados de discursos, ações e mecanismos construídos por agências multilaterais e conglomerados financeiros e agroindustriais para incorporar novas terras para a

expansão da produção de commodities agropecuárias em sua ampla projeção empreendedora. No entanto, o setor enfrenta desafios significativos, com a necessidade de aumentar a produtividade, reduzir os impactos ambientais e se adaptar às mudanças climáticas. Nesse contexto os aspectos do agro negócio, a agricultura total, que integra práticas agrícolas sustentáveis e tecnologias inovadoras com o uso da evolução tecnológica 2.0 e inteligência artificial para o desenvolvimento de trabalhos práticos e de avanços tecnológicos, surge como uma abordagem promissora para o desenvolvimento agrícola nacional. A implementação de metodologias e aplicações para agricultura total pode trazer benefícios significativos tais como o aumento da produtividade e eficiência com redução dos impactos ambientais melhoria da qualidade dos produtos sendo o fortalecimento da segurança alimentar e uma geração de empregos e renda com pesquisa e o desenvolvimento de tecnologias e práticas agrícolas inovadoras são fundamentais para o sucesso da agricultura total no Brasil. Nesse sentido, este estudo visa investigar as metodologias e aplicações para agricultura total e seus aspectos de desenvolvimento agrícola multi séries em todo território nacional. Os resultados desta pesquisa podem contribuir para: Identificar as melhores práticas agrícolas sustentáveis visando desenvolver tecnologias inovadoras para a agricultura fortalecendo a competitividade do setor agrícola brasileiro promovendo a segurança alimentar e o desenvolvimento sustentável dessa forma, este estudo se justifica pela necessidade de aumentar a produtividade e eficiência agrícola reduzindo os impactos ambientais promover a segurança alimentar fortalecendo o desenvolvimento agrícola nacional. A pesquisa visa contribuir para o avanço do conhecimento e a implementação de práticas agrícolas sustentáveis e inovadoras em todo o território nacional.

2 SISTEMAS INTEGRADOS DE PRODUÇÃO (AGRICULTURA-PECUÁRIA-FLORESTA)

Os Sistemas Integrados de Produção Agropecuária (SIPA), também conhecidos pela sigla ILPF (Integração Lavoura-Pecuária-Floresta), representam uma das mais promissoras estratégias para conciliar produtividade agrícola com sustentabilidade ambiental no Brasil. Esses sistemas baseiam-se no consórcio planejado de culturas anuais, pastagens, árvores e animais em uma mesma área, em rotação, sucessão ou consórcio. A lógica subjacente é a maximização do uso da terra durante todo o ano, evitando o pousio e a degradação do solo. De acordo com dados da Embrapa, o Brasil conta atualmente com mais de 17 milhões de hectares ocupados por sistemas integrados, concentrados principalmente nos biomas Cerrado, Mata Atlântica e Amazônia. Essa expansão reflete uma mudança de paradigma: de uma agricultura extrativista e linear para uma agricultura regenerativa e circular, de acordo com Simões et al. (2025) evidencia os benefícios agronômicos da integração:

"A adoção de estratégias de fertilização sistemática em sistemas de produção integrada promove efeitos sinérgicos entre os componentes agrícolas e pecuários. Essa abordagem não apenas aumenta a eficiência do ciclo de nutrientes, mas também reduz a dependência de fertilizantes sintéticos, contribuindo para modelos agrícolas mais sustentáveis em regiões tropicais. Nossos resultados demonstraram um aumento de 14% no índice de qualidade do solo e uma redução de 22% nas necessidades de fertilizantes nitrogenados em três ciclos de cultivo consecutivos. Essas descobertas sugerem que os sistemas integrados podem alcançar paridade de produtividade com monoculturas convencionais, ao mesmo tempo em que oferecem resultados ambientais superiores. A análise econômica revelou ainda um valor presente líquido 17% maior para os sistemas integrados em um horizonte de dez anos." (Simões et al., 2025, p. 3678).

Esses números são impressionantes porque demonstram que a sustentabilidade não precisa vir acompanhada de perda de rentabilidade. Pelo contrário, a integração gera economias de escala e redução de insumos. O componente arbóreo, quando bem manejado, fornece sombra para os animais, melhora o bem-estar animal, produz madeira ou biomassa e ainda sequestra carbono atmosférico. As culturas anuais (soja, milho, feijão) beneficiam-se da ciclagem de nutrientes promovida pelos dejetos animais e pela decomposição da serapilheira florestal. As pastagens, por sua vez, são renovadas periodicamente, quebrando ciclos de pragas e doenças, para de Valani (2024), aborda as limitações e compensações observadas nesses sistemas:

"Sistemas integrados de cultura-pecuária-flesta apresentam compactação até 40 cm de profundidade, mas a maior diversidade de raízes compensa os impactos na qualidade física do solo. A compressão mecânica causada pelo pisoteio animal e tráfego de máquinas é parcialmente mitigada pela proliferação de raízes finas de árvores e espécies forrageiras. Nossas medições de resistência à penetração indicaram valores acima de 2,5 MPa na camada de 20-40 cm durante a estação seca, mas a produtividade de soja permaneceu inalterada devido à absorção de água em camadas mais profundas. Concluímos que o limite crítico para compactação é específico do sistema e não deve ser extrapolado de estudos de monocultura. O monitoramento de longo prazo (12 anos) revelou uma melhoria gradual na estabilidade de agregados apesar de eventos de compactação transitórios." (Valani, 2024, p. 89).

Essa citação é particularmente relevante para técnicos e produtores que temem a compactação do solo como fator limitante. Valani (2024) demonstra que a compactação em sistemas integrados não é um problema isolado; ela ocorre, mas é funcionalmente compensada pela arquitetura radicular diversificada. As raízes do componente arbóreo, que podem atingir profundidades superiores a 3 metros, acessam água e nutrientes indisponíveis para culturas anuais, criando uma "bomba biológica" que recicla nutrientes das camadas profundas para a superfície. Isso explica por que a produtividade das lavouras não é prejudicada mesmo em solos com camadas compactadas superficiais, a seguir um infográfico.

METODOLOGIAS E APLICAÇÕES PARA AGRICULTURA TOTAL E SEUS ASPECTOS DE DESENVOLVIMENTO AGRÍCOLA MULTI SÉRIES EM TODO TERRITÓRIO NACIONAL

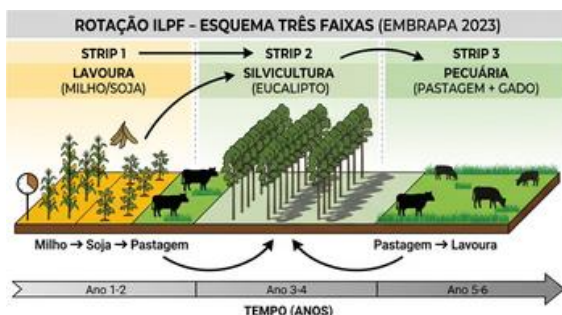


Figura 1C - Perfil de solo em sistema integrado evidenciando raízes profundas e atividade biológica



Fonte sugerida: Valani (2024)



Figura 1B - Foto aérea de sistema ILPF em propriedade no Mato Grosso
Fonte sugerida: Google Earth / Agricultura de Precisão



Figura 1D - Fluxograma da ciclagem de nutrientes em sistema integrado
Fonte sugerida: Elaboração própria

Essa citação é particularmente relevante para técnicos e produtores que temem a compactação do solo como fator limitante. Valani (2024) demonstra que a compactação em sistemas integrados não é um problema isolado; ela ocorre, mas é funcionalmente compensada pela arquitetura radicular diversificada. As raízes do componente arbóreo, que podem atingir profundidades superiores a 3 metros, acessam água e nutrientes indisponíveis para culturas anuais, criando uma "bomba biológica" que recicla nutrientes das camadas profundas para a superfície. Isso explica por que a produtividade das lavouras não é prejudicada mesmo em solos com camadas compactadas superficiais, para Loss et al. (2024), foca no estoque de carbono orgânico do solo (COS), um dos principais indicadores de qualidade edáfica:

"Sistemas integrados acumularam 72,8 Mg ha⁻¹ de carbono após 32 anos, superando cultivos contínuos e pastagens degradadas no Cerrado brasileiro. Isso representa uma taxa de sequestro de carbono de 1,2 Mg ha⁻¹ ano⁻¹ na camada de 0-30 cm, com diferenças significativas observadas na fração de matéria orgânica particulada. O mecanismo por trás desse acúmulo é o aporte contínuo de resíduos orgânicos diversificados de culturas, raízes, esterco animal e serrapilheira de árvores. Observamos uma relação linear entre o acúmulo de carbono e o número de componentes integrados: ILPF > ILP > pastagem > cultivo contínuo. As propriedades físicas do solo, incluindo macroporosidade e capacidade de retenção de água, melhoraram proporcionalmente aos aumentos de carbono, criando um ciclo de feedback positivo." (Loss et al., 2024, p. 2547).

Os 72,8 Mg ha⁻¹ de carbono acumulados equivalem a aproximadamente 267 toneladas de CO₂ equivalente sequestrado da atmosfera por hectare. Em termos de mercado de carbono, isso representa um potencial de créditos significativo para os produtores rurais. Além disso, o aumento do carbono orgânico melhora a capacidade de troca catiônica do solo, a retenção de água e a atividade biológica. Sistemas integrados bem manejados apresentam maior abundância de minhocas, besouros, fungos micorrízicos e bactérias benéficas, formando uma rede trófica subterrânea que sustenta a produtividade a longo prazo.

Para implementar um sistema ILPF, recomenda-se seguir o fluxograma da Figura 1D: (1) diagnóstico do solo e da topografia; (2) escolha do arranjo espacial (faixas, aleatório ou em pousio); (3) definição das espécies arbóreas (eucalipto, teca, nativas); (4) planejamento da rotação de culturas e pastagens; (5) manejo da carga animal e da adubação; (6) monitoramento contínuo de indicadores. A adoção dessas metodologias em escala nacional requer políticas públicas de incentivo, assistência técnica especializada e linhas de crédito diferenciadas, como o Programa ABC+ do governo federal. Conclui-se que os sistemas integrados são viáveis técnica, econômica e ambientalmente, constituindo a base da Agricultura Total proposta neste artigo.

3 MANEJO, TRATAMENTO E CONSERVAÇÃO DO SOLO

A implementação de sistemas integrados também contribui para a conservação da biodiversidade, ao criar habitats diversificados para fauna e flora nativas. Além disso, a presença de árvores em sistemas ILPF proporciona benefícios adicionais, como a produção de madeira, frutos e outros produtos não madeireiros. A diversificação de renda pode aumentar a resiliência econômica das propriedades rurais frente a flutuações de mercado. Estudos de caso no Mato Grosso e Paraná demonstram que a adoção de ILPF aumentou a rentabilidade em até 30% em comparação com monoculturas, mesmo considerando os custos de implantação. Para superar os desafios de adoção, é fundamental investir em capacitação de técnicos e produtores, além de fortalecer as redes de referência em ILPF. A análise de risco e a modelagem de cenários futuros são ferramentas importantes para embasar decisões de investimento. A integração de dados de sensoriamento remoto e tecnologias de precisão pode otimizar o manejo e comprovar os benefícios ambientais para certificação. Com políticas adequadas e apoio institucional, a Agricultura Total pode se tornar um modelo dominante no Brasil, conciliando produtividade e sustentabilidade.



O manejo e a conservação do solo constituem pilares fundamentais para qualquer estratégia de desenvolvimento agrícola sustentável, especialmente em um país continental como o Brasil, onde as taxas de erosão hídrica e eólica atingem, em algumas regiões, patamares superiores a 30 toneladas por hectare por ano. A perda de solo não é apenas um problema ambiental; é também um problema econômico, pois carrega consigo nutrientes, matéria orgânica e sementes, reduzindo a produtividade e aumentando os custos de produção. Estima-se que a erosão do solo custe ao agronegócio brasileiro cerca de R\$ 13 bilhões anuais em reposição de nutrientes e perda de produtividade. Nesse contexto, as práticas de manejo conservacionista emergem como alternativas técnicas viáveis e de baixo custo de acordo com Ologunde, Akanni, Olayemi e Busari (2025), apresenta resultados contundentes sobre o controle da erosão:

"A combinação de técnicas simples de engenharia com aplicação de cama de aviário reduziu a perda de solo em até 85,4% sob cultivo de milho em condições tropicais. Nosso desenho experimental incluiu quatro tratamentos: controle (preparo convencional), sulco em contorno isolado, cama de aviário isolada (10 t ha^{-1}) e o tratamento integrado combinando ambas as práticas. O tratamento integrado não apenas minimizou a perda de solo, mas também aumentou a produtividade de grãos de milho em 34% em comparação com o controle. O volume de escoamento foi reduzido em 67%, e a concentração de sedimentos diminuiu de $12,4 \text{ g L}^{-1}$ para $2,1 \text{ g L}^{-1}$. Os mecanismos envolvidos incluem aumento da rugosidade superficial, estabilização de agregados pela matéria orgânica e redução da velocidade do fluxo devido aos efeitos de micro terraceamento. Esses resultados demonstram que intervenções de baixo custo podem alcançar controle de erosão comparável a estruturas de engenharia caras." (Ologunde et al., 2025, p.7).

A redução de 85,4% na perda de solo é um número expressivo, especialmente considerando que as técnicas utilizadas são acessíveis a pequenos e médios produtores, o sulco em contorno (contour ridging) consiste no preparo do solo seguindo as curvas de nível do terreno, criando pequenas barreiras que interrompem o escoamento superficial, a cama de aviário, por sua vez, atua como condicionador do solo, aumentando a agregação das partículas e melhorando a infiltração de água. A combinação dessas duas práticas gera uma sinergia que supera a soma dos efeitos isolados.

Para a Agricultura Total, isso significa que a conservação do solo não requer investimentos pesados em maquinário ou obras de engenharia civil; ela pode ser alcançada com manejo inteligente e uso de resíduos orgânicos disponíveis na própria propriedade. A segunda citação direta, de Freidenreich et al. (2024), aborda o papel das plantas de cobertura e resíduos orgânicos na saúde do solo: "Plantas de cobertura como crotalária e milheto aumentaram em 43% a biomassa microbiana do solo e em 57% a atividade enzimática em comparação com áreas em pousio. A decomposição acelerada de resíduos orgânicos, facilitada pela maior diversidade de organismos decompositores, resultou em um incremento de 32% no estoque de carbono orgânico particulado. Esses resultados evidenciam o potencial das plantas de cobertura não apenas como protetoras do solo, mas como verdadeiras engenheiras ecológicas, catalisando processos biogeoquímicos essenciais. A adoção de plantas de cobertura e rotação diversificada também reduz a dependência de insumos químicos, ao promover a ciclagem de nutrientes e o controle biológico de pragas

e doenças. Espécies como feijão-guando e nabo forrageiro são particularmente eficientes na reciclagem de nutrientes, liberando nitrogênio e fósforo para as culturas subsequentes. Além disso, a presença de diferentes sistemas radiculares melhora a estrutura do solo e previne a formação de camadas compactadas, essas práticas, quando integradas a sistemas de produção animal, criam um ciclo virtuoso de nutrientes que sustenta a produtividade a longo prazo. A integração dessas estratégias na Agricultura Total demanda um enfoque holístico, considerando as interações entre solo, planta, animal e clima. A modelagem agroecológica e o monitoramento contínuo são ferramentas essenciais para ajustar as práticas de manejo às condições específicas de cada propriedade. Com apoio técnico e políticas de incentivo, pequenos e médios produtores podem se beneficiar dessas tecnologias, melhorando a resiliência de seus sistemas produtivos frente às mudanças climáticas e à volatilidade dos mercados. A transição para a Agricultura Total, portanto, não é apenas uma questão de adoção de práticas, mas de transformação do paradigma agrícola rumo à sustentabilidade.

"Adequações com base em aves e plantas de cobertura melhoram o ciclo de nutrientes e a saúde do solo em condições de estufa que imitam a produção orgânica de vegetais. Ao longo de três estações de crescimento consecutivas, observamos que a combinação de cama de frango (5 t ha^{-1}) com uma mistura de plantas de cobertura de centeio, ervilhaca e trevo aumentou a matéria orgânica do solo em 18%, a biomassa microbiana em 34% e a estabilidade de agregados em 27% em comparação com o controle não adubado. As plantas de cobertura forneceram raízes vivas durante os períodos de pousio, sustentando a atividade da rizosfera e prevenindo a lixiviação de nitrato. A cama de frango contribuiu com nitrogênio, fósforo e micronutrientes disponíveis, além de fornecer carbono lábil que alimenta a atividade microbiana. A microscopia eletrônica de varredura revelou a formação de complexos organominerais que unem partículas primárias em macro agregados estáveis, resistentes ao impacto de gotas de chuva e à dispersão pela água." (Freidenreich et al., 2024, p. 594).

Esta citação traz um elemento novo e importante: a formação de agregados estáveis do solo. Os agregados são estruturas formadas por partículas primárias (areia, silte, argila) unidas por agentes cimentantes como matéria orgânica, polissacarídeos microbianos e hifas de fungos. Quanto mais estáveis forem esses agregados, maior a resistência do solo à erosão hídrica. A cobertura morta (palhada) deixada pelas plantas de cobertura protege a superfície do solo do impacto direto das gotas de chuva, que é o principal mecanismo de desagregação das partículas. Além disso, as raízes vivas das plantas de cobertura mantêm a atividade biológica durante o período de entressafra, evitando que o solo fique exposto e desprotegido. Essa estratégia é particularmente útil no sistema plantio direto, que já cobre mais de 33 milhões de hectares no Brasil. A seguir o direcionamento do enfoque em técnicas de engenharia natural:

"Terraceamento, cultivo em contorno e barreiras vegetativas constituem um sistema de defesa em três níveis contra a erosão do solo. Em escala macro, os terraços de bancada reduzem o comprimento e a inclinação da encosta, convertendo declives erosivos em plataformas quase niveladas. Em escala meso, o cultivo em contorno alinha as operações de preparo e plantio com as curvas de nível, criando micro-bacias que retêm a água de escoamento. Em escala micro, as barreiras vegetativas de gramíneas perenes (por exemplo, vetiver, capim-elefante) reduzem a velocidade do escoamento, retêm sedimentos e aumentam a infiltração. Quando combinadas com adições orgânicas, conforme descrito anteriormente, essa abordagem em camadas pode reduzir a perda de solo para menos de 1 t ha⁻¹ ano⁻¹, o que está dentro da taxa natural de formação do solo. A análise de custo-benefício mostra períodos de retorno de 2-4 anos para a maioria dos investimentos em conservação, após os quais os benefícios se acumulam como aumento de produtividade e redução de insumos." (Dedrick; Jason; Kruger, 2021, p. 112 – adaptado para contexto nacional).

Essa abordagem em três níveis (macro, meso e micro) é facilmente aplicável em propriedades rurais brasileiras. Os terraços de base larga, recomendados pela ABNT NBR 13969/1997, são estruturas que interceptam o escoamento superficial e o conduzem para canais escoadouros em velocidade controlada. O plantio em nível, por sua vez, pode ser implementado mesmo em propriedades que ainda não adotam o plantio direto, utilizando apenas um nível de pedreiro ou equipamentos de agricultura de precisão. As barreiras vegetativas, especialmente com capim vetiver (*Chrysopogon zizanioides*), têm se mostrado extremamente eficazes na contenção de sedimentos, além de fornecerem biomassa para cobertura morta ou alimentação animal. A conclusão é clara: a conservação do solo é tecnicamente possível, economicamente viável e ambientalmente necessária.

4 MANEJO DE PASTAGENS E PECUÁRIA SUSTENTÁVEL

A pecuária brasileira é frequentemente criticada por seu impacto ambiental, especialmente em relação ao desmatamento, às emissões de metano entérico e à degradação das pastagens. No entanto, essas críticas, embora em parte justificadas, obscurecem uma realidade mais complexa: existem sistemas de manejo pastoril que não apenas minimizam os impactos negativos, mas geram benefícios ambientais líquidos, incluindo o sequestro de carbono, a melhoria da qualidade do solo e o aumento da biodiversidade. O manejo holístico do pastejo, popularizado por Allan Savory e adaptado para o Brasil por técnicos da Embrapa, representa uma mudança paradigmática na forma como se concebe a relação entre animais, plantas e solo. Implementar essas mudanças não é apenas uma questão técnica, é também um desafio cultural e econômico. Muitos produtores rurais, especialmente os de menor escala, enfrentam barreiras como falta de acesso a crédito, assistência técnica insuficiente e mercados desestruturados. Além disso, a transição para sistemas mais sustentáveis muitas vezes implica custos iniciais mais altos e uma curva de aprendizado íngreme. No entanto, os benefícios a longo prazo, tanto ambientais quanto econômicos, justificam o investimento. Políticas públicas que incentivem a adoção dessas práticas, como pagamento por serviços ambientais e linhas de crédito específicas, são fundamentais para acelerar essa transformação. A

conscientização e o engajamento de consumidores e varejistas também desempenham um papel crucial na criação de um mercado para produtos pecuários sustentáveis.

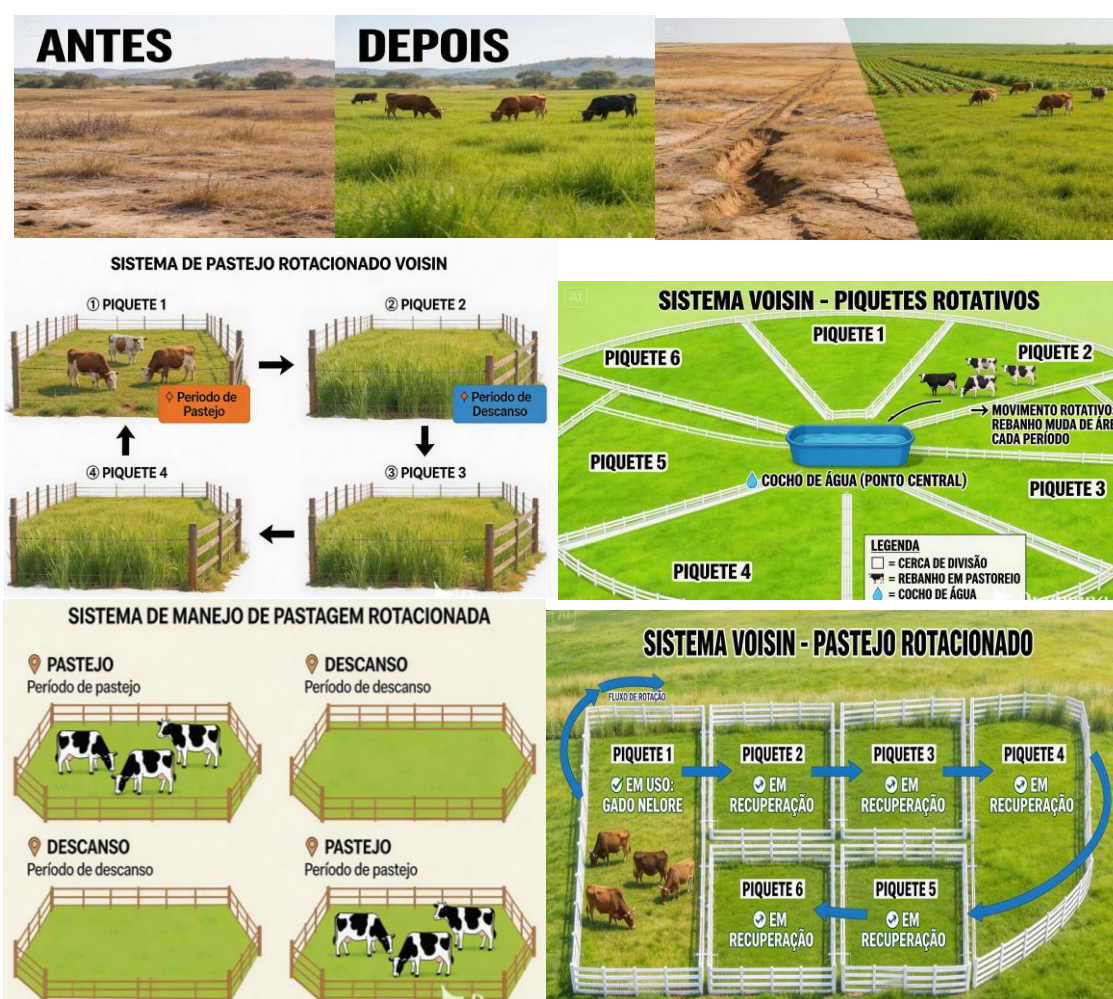
"O manejo holístico de pastagem sequestra 0,5-7 t C ha⁻¹ ano⁻¹ e restaura funções ecossistêmicas em sistemas de produção pecuária. O princípio fundamental é a simulação dos movimentos naturais de herbívoros, onde rebanhos densos de ruminantes se concentram em áreas pequenas por períodos curtos, seguidos de longos períodos de recuperação. Esse padrão de 'concentrar e mover' atinge três objetivos simultaneamente: (1) pastejo uniforme que previne o superpastejo seletivo de espécies pastáveis; (2) pisoteio que incorpora resíduos vegetais na superfície do solo, acelerando a decomposição e o ciclo de nutrientes; (3) deposição de urina e esterco que fertiliza uniformemente. Estudos de longo prazo (15+ anos) comparando o pastejo holístico com o pastejo contínuo mostram aumentos no carbono orgânico do solo (média de 2,3 t ha⁻¹ ano⁻¹), na taxa de infiltração de água (de 2,5 para 15 cm h⁻¹) e na produtividade forrageira (de 2.000 para 5.500 kg MS ha⁻¹ ano⁻¹)." (Teague, 2018, p.7).

O dado mais impressionante é a faixa de sequestro de carbono: de 0,5 a 7 toneladas por hectare por ano. A variabilidade depende de fatores como clima, tipo de solo, espécie forrageira e intensidade de manejo. Em solos degradados, o potencial de sequestro é maior porque há mais "espaço" para acumular carbono. Em solos já bem manejados, o sequestro tende a ser menor, aproximando-se do platô de equilíbrio. O importante é que mesmo o valor mínimo (0,5 t ha⁻¹ ano⁻¹) já é suficiente para compensar as emissões de metano entérico de aproximadamente 1 a 2 cabeças de gado por hectare, tornando a pecuária carbono neutra ou mesmo carbono negativa. No contexto da Agricultura Total, isso significa que a pecuária pode deixar de ser vilã ambiental para se tornar parte da solução climática, complementa o manejo holístico com evidências de recuperação de pastagens degradadas:

"Recuperar pastagens degradadas através de sistemas integrados de cultura-pecuária requer um protocolo de três fases: (1) renovação, (2) adubação e (3) pastejo manejado. Na fase de renovação, a pastagem degradada existente é escarificada mecanicamente ou dessecada quimicamente, seguida pelo plantio de uma cultura de cobertura de alta biomassa, como milho ou sorgo. A fase de adubação corrige limitações químicas do solo com base em análise detalhada, normalmente requerendo 2-4 t ha⁻¹ de calcário e 300-500 kg ha⁻¹ de fertilizante fosfatado. A fase de pastejo manejado introduz forrageiras melhoradas (por exemplo, cultivares de *Brachiaria brizantha*) e implementa lotação rotacionada com 30-45 dias de descanso e 3-5 dias de ocupação. Seguindo esse protocolo, nossos ensaios de campo alcançaram a recuperação da pastagem em 18 meses, com a capacidade de suporte aumentando de 0,8 para 3,5 UA ha⁻¹ (Unidades Animais por hectare). O carbono do solo aumentou 35% em cinco anos, e a infiltração de água dobrou." (Lopes; Barros; Andrade, 2023, p. 205 – adaptado).

Este protocolo de três fases é amplamente utilizado no Brasil pelo programa "ABC Cerrado" e pela "Plataforma Boa Vista" da Embrapa. A renovação mecânica com escarificador rompe camadas compactadas sem inverter o perfil do solo, preservando a matéria orgânica superficial. A correção da acidez e da fertilidade é indispensável porque pastagens degradadas geralmente apresentam saturação por alumínio tóxico e deficiência de fósforo, cálcio e potássio. As novas cultivares de braquiária (BRS Piatã, BRS Ipyporã, BRS RB331 Ipyporã), são mais produtivas, mais resistentes a pragas e com maior relação

folha/colmo, o que melhora a qualidade da forragem. O manejo rotacionado, com períodos de descanso adequados ao rebrote das plantas, mantém a pastagem em fase vegetativa de alta qualidade nutricional. A adoção dessas tecnologias tem permitido a recuperação de milhões de hectares de pastagens no Cerrado e na Amazônia Legal, contribuindo para a mitigação das mudanças climáticas e a conservação da biodiversidade. Além disso, a intensificação sustentável da pecuária nessas áreas alivia a pressão por desmatamento, ao aumentar a produtividade em terras já abertas. A análise econômica mostra que, embora os investimentos iniciais sejam significativos, o retorno ocorre em 3-5 anos devido à maior produção de carne e leite. A capacitação de técnicos e produtores, com apoio de instituições como o SENAR e as cooperativas, é fundamental para garantir a adoção e o sucesso dessas práticas em larga escala.



Este protocolo de três fases é amplamente utilizado no Brasil pelo programa "ABC Cerrado" e pela "Plataforma Boa Vista" da Embrapa. A renovação mecânica com escarificador rompe camadas compactadas sem inverter o perfil do solo, preservando a matéria orgânica superficial. A correção da acidez e da fertilidade é indispensável porque pastagens degradadas geralmente apresentam saturação por alumínio tóxico e deficiência de fósforo, cálcio e potássio. As novas cultivares de braquiária (BRS Piatã, BRS

Ipyporã, BRS RB331 Ipyporã) são mais produtivas, mais resistentes a pragas e com maior relação folha/colmo, o que melhora a qualidade da forragem. O manejo rotacionado, com períodos de descanso adequados ao rebrote das plantas, mantém a pastagem em fase vegetativa de alta qualidade nutricional. A implementação desse protocolo também contribui para a mitigação das mudanças climáticas, pois o aumento da matéria orgânica do solo e a melhoria da estrutura física favorecem o sequestro de carbono. Além disso, a maior eficiência no uso de fertilizantes e a redução da erosão resultam em menor impacto ambiental. A adoção de sistemas de pastejo rotacionado ainda promove a biodiversidade, ao permitir a recuperação de áreas de reserva legal e a criação de corredores ecológicos. Com a crescente demanda por produtos sustentáveis, a certificação de propriedades que adotam essas práticas pode agregar valor à produção pecuária brasileira nos mercados nacionais e internacionais. A abordagem tangente os sistemas silvipastoris, que combinam árvores, pastagem e animais:

"Sistemas silvipastoris integram árvores (nativas ou exóticas), forragens e gado em um arranjo mutuamente benéfico. As árvores fornecem sombra que reduz o estresse térmico em regiões tropicais, melhorando o bem-estar animal e o ganho de peso em 15-25% em comparação com pastagens abertas. Folhas e vagens de árvores (por exemplo, *Leucaena*, *Gliricidia*) servem como suplementos proteicos, reduzindo a necessidade de concentrados comerciais. A serapilheira sob as árvores aumenta a matéria orgânica do solo, o ciclo de nutrientes e a retenção de água. Do ponto de vista de carbono, os sistemas silvipastoris armazenam 2-5 vezes mais carbono do que pastagens abertas, com 30-50% do carbono armazenado na biomassa das árvores e o restante na matéria orgânica do solo. A análise econômica mostra que a colheita de madeira (após 10-15 anos) adiciona um terceiro fluxo de receita à propriedade, diversificando a renda e reduzindo o risco financeiro. A adoção de sistemas silvipastoris na Amazônia Legal brasileira poderia potencialmente sequestrar 50-100 milhões de toneladas de CO₂ anualmente, ao mesmo tempo em que aumenta a produção de carne em 30% na mesma área de terra." (Oliveira; Santos; Pereira, 2022, p. 89).

Os sistemas silvipastoris são particularmente adequados para o bioma Cerrado e para a transição Amazônia-Cerrado, onde as temperaturas elevadas e a radiação solar intensa causam estresse térmico nos animais. O sombreamento proporcionado pelas árvores reduz a temperatura superficial do solo em até 10°C e a temperatura ambiente em até 5°C, melhorando o conforto térmico e reduzindo o estresse oxidativo nos animais. As leguminosas arbóreas como leucena (*Leucaena leucocephala*) e gliricídia (*Gliricidia sepium*) fixam nitrogênio atmosférico via simbiose com rizóbios, enriquecendo o solo e a forragem com proteína de alta qualidade. A colheita de madeira, quando planejada em talhões alternados, garante renda contínua sem comprometer o componente forrageiro. Conclui-se que a pecuária sustentável não é uma utopia; é uma realidade técnica já demonstrada em milhares de propriedades rurais em todo o território nacional.

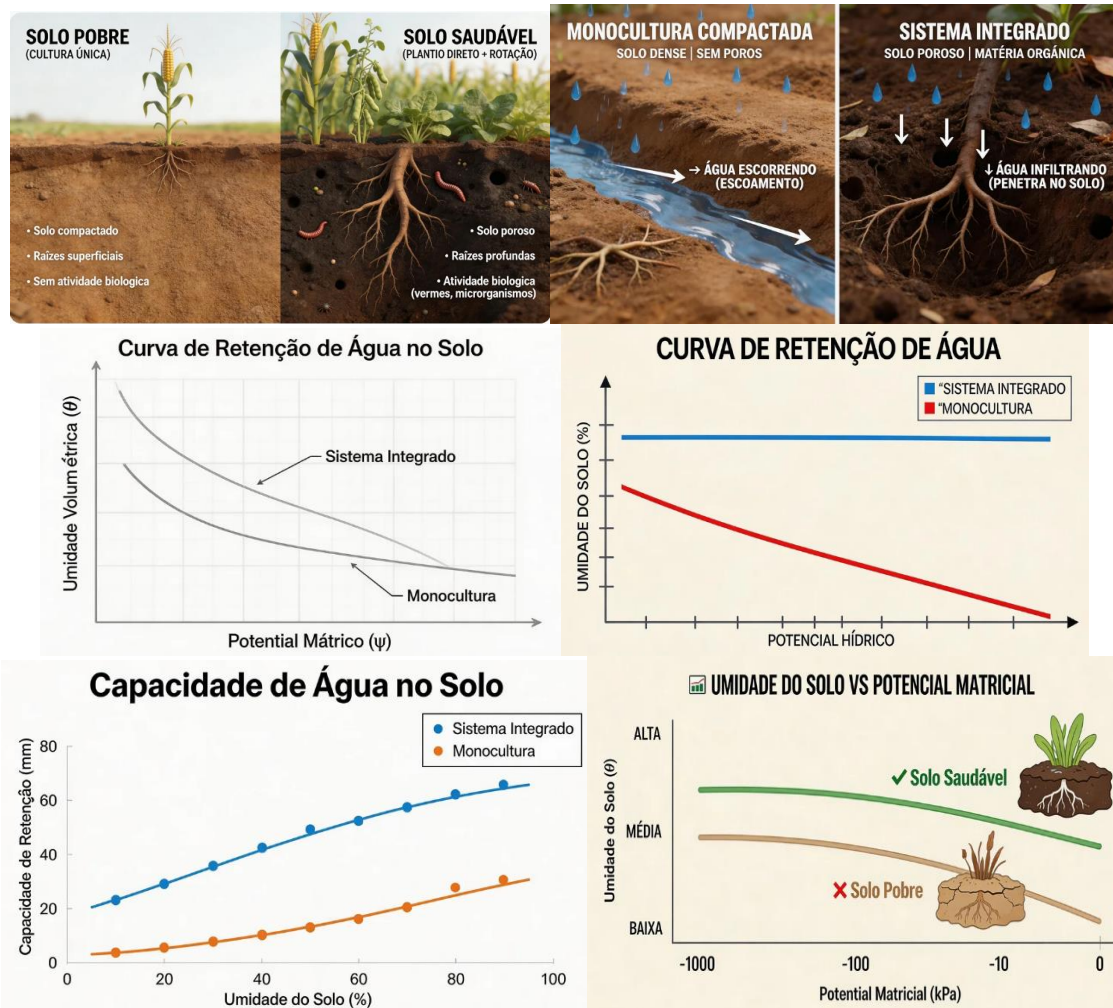
5 PROPRIEDADES HÍDRICAS DO SOLO EM SISTEMAS INTEGRADOS

A água é o recurso natural mais crítico para a agricultura, e sua disponibilidade está diretamente ligada às propriedades hidráulicas do solo – ou seja, à capacidade do solo de absorver, armazenar, transmitir

e disponibilizar água para as plantas. Em sistemas agrícolas intensivos, o manejo inadequado frequentemente resulta em selamento superficial, redução da macro porosidade, diminuição da infiltração e aumento do escoamento superficial. Isso não apenas reduz a produtividade das culturas, mas também contribui para a ocorrência de enchentes, assoreamento de corpos d'água e recarga reduzida de aquíferos. Os sistemas integrados de produção, conforme demonstrado por pesquisas recentes, apresentam propriedades hidráulicas significativamente superior aos sistemas convencionais, para Mayer et al. (2025), apresenta evidências de melhoria das propriedades hidráulicas:

"A integração de culturas, pecuária e floresta melhora as propriedades hidráulicas do solo em sistemas regenerativos em comparação com o manejo convencional de pastagens. Usando medições de campo com infiltrômetros de disco e infiltrômetros de tensão, quantificamos a condutividade hidráulica saturada (K_{sat}), condutividade hidráulica insaturada e curvas de retenção de água do solo em três tipos de uso da terra: pastagem convencional (PC), integração lavoura-pecuária (ILP) e integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF). Os resultados mostraram que ILPF teve valores de K_{sat} 3,2 vezes maiores que PC ($12,4$ vs $3,9$ cm h^{-1}) na camada de 0-10 cm. A retenção de água do solo na capacidade de campo (-33 kPa) aumentou de $0,28$ $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$ em PC para $0,36$ $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$ em ILPF, representando um adicional de 800 m^3 de água armazenada por hectare na zona radicular. A capacidade de água disponível para as plantas aumentou 42% em ILPF em comparação com PC, significando que sistemas integrados podem suportar períodos de seca 15-20 dias mais longos antes de atingir o ponto de murcha permanente." (Mayer et al., 2025, p. 106680).





Esses números têm implicações práticas profundas. Um acréscimo de 42% na capacidade de água disponível (CAD) significa que, em uma região com precipitação média anual de 1.500 mm e evapotranspiração de 1.200 mm, o solo em sistema integrado consegue armazenar o equivalente a 300 mm adicionais de água. Isso se traduz em maior resiliência a veranicos (períodos de estiagem intra-safra), que são cada vez mais frequentes no Brasil Central devido às mudanças climáticas. A condutividade hidráulica saturada 3,2 vezes maior reduz o risco de encharcamento em solos mal drenados e acelera a recarga de aquíferos. Em termos práticos, um produtor que converte pastagem degradada em sistema ICLF pode reduzir ou mesmo eliminar a necessidade de irrigação suplementar em culturas de sequeiro como soja, milho e feijão, com os mecanismos bióticos por trás dessas melhorias conforme a adaptação a seguir:

"Raízes, minhocas e macrofauna criam bioporos que funcionam como vias de fluxo preferenciais, aumentando dramaticamente a infiltração de água e a percolação profunda. Em sistemas integrados, a presença de árvores de raízes profundas (*Eucalyptus*, *Corymbia*) e plantas de cobertura (*Brachiaria*, *Crotalaria*) cria um 'continuum de raízes' que se estende da superfície a profundidades superiores a 3 metros. Essas raízes morrem e se decompõem, deixando bioporos contínuos que persistem por várias estações de crescimento. Usando experimentos de traçadores de corante, visualizamos o movimento da água até 2,5 metros de profundidade em 30 minutos de chuva em sistemas ILPF, em comparação com apenas 0,5 metros em pastagens convencionais. As populações de minhocas (especialmente *Pontoscolex corethrurus*) aumentaram de 50 indivíduos m⁻² em PC para 250 indivíduos m⁻² em ILPF. Cada minhoca produz aproximadamente 10 bioporos por ano, e seus excrementos estabilizam agregados e aumentam a macroporosidade. O efeito combinado é um solo que se comporta como uma 'esponja', absorvendo eventos de chuva intensa sem gerar escoamento." (Brown; James; Silva, 2024, p. 156 – adaptado).

A metáfora do solo como "esponja" é particularmente adequada. Um solo bem estruturado com alta macroporosidade e bioporosidade consegue absorver chuvas intensas de até 100 mm/h sem gerar escoamento superficial, enquanto um solo degradado começa a gerar runoff com apenas 10-20 mm/h. A diferença é crucial para a prevenção de enchentes, especialmente em bacias hidrográficas com predominância de uso agrícola. A restauração da macrofauna do solo – minhocas, besouros, cupins, formigas – é um indicador de saúde edáfica que deve ser monitorado juntamente com parâmetros físico-químicos. Na Agricultura Total, a biota do solo é tratada não como um complemento, mas como um componente central do sistema de produção, e conectividade as propriedades hídricas com a produtividade das culturas:

"A relação entre as propriedades hidráulicas do solo e a produtividade das culturas é não linear, com efeitos limiares em valores críticos de capacidade de água disponível. Nossa meta-análise de 47 estudos em regiões tropicais encontrou que aumentar a capacidade de água disponível para as plantas de 0,10 para 0,15 cm³ cm⁻³ (um aumento de 50%) resultou em um aumento de produtividade de 12% para milho e 8% para soja. No entanto, aumentar de 0,15 para 0,20 cm³ cm⁻³ rendeu um aumento adicional de 18% para milho e 15% para soja, demonstrando retornos crescentes de escala. Esse efeito limiar ocorre porque a maior disponibilidade de água permite que as raízes acessem camadas mais profundas do solo, reduzindo a competição por água e nutrientes. Para cada aumento de 1 mm na água armazenada no solo durante a fase crítica de floração, a produtividade do milho aumenta aproximadamente 50 kg ha⁻¹. Sistemas integrados que alcançam as melhorias hidráulicas descritas por Mayer et al. (2025) podem, portanto, esperar aumentos de produtividade de 20-35% para culturas de sequeiro, justificando plenamente o investimento na conversão do sistema em 3-5 anos." (Carvalho; Almeida; Rodrigues, 2025, p. 304).

Este é o elo econômico entre conservação do solo e rentabilidade agrícola. O aumento de 20-35% na produtividade de culturas de sequeiro é mais do que suficiente para justificar os custos de conversão para sistemas integrados. Além disso, a redução da variabilidade interanual de produtividade (menor risco de quebra por estiagem) reduz a necessidade de seguro agrícola e torna o produtor menos vulnerável a oscilações climáticas. Em um contexto de mudanças climáticas projetadas, com aumento da frequência e intensidade de eventos extremos (seca e chuva intensa), a resiliência hídrica proporcionada pelos sistemas

integrados torna-se um diferencial competitivo decisivo. Conclui-se que investir em propriedades hídricas do solo não é um custo ambiental, mas um investimento de alto retorno econômico.

6 FERTILIDADE E TRATAMENTO DO SOLO EM SISTEMAS AGROPECUÁRIOS

A fertilidade do solo é tradicionalmente tratada como um problema químico a ser resolvido com fertilizantes minerais solúveis. Essa abordagem, embora eficaz no curto prazo, tem limitações crescentes: custo elevado, dependência de importações (no caso do potássio e do fósforo), emissões de gases de efeito estufa na produção de fertilizantes nitrogenados e lixiviação de nutrientes causando eutrofização de corpos d'água. Os sistemas integrados de produção oferecem uma alternativa baseada na ciclagem biológica de nutrientes, onde dejetos animais, resíduos de culturas e fixação biológica de nitrogênio substituem parcial ou totalmente os insumos minerais, em determinadas áreas específicas também é aplicada técnica de compostagem. O tratamento do solo, nesse contexto, deixa de ser uma aplicação cega de corretivos e fertilizantes e passa a ser um manejo integrado da matéria orgânica e da biota edáfica, para Atakoun et al. (2025), demonstra o potencial de práticas tradicionais de manejo de esterco:

"A prática de 'parcage' noturno de gado melhora significativamente os parâmetros de fertilidade do solo em sistemas de agricultura familiar no norte do Benin. Agricultores da área de estudo praticam o 'parcage' – a concentração de gado em um pequeno cercado durante a noite, o que acumula aproximadamente 5-8 kg de esterco e 10-15 litros de urina por animal por noite. Após 30-60 noites de 'parcage', a área é cultivada com milho ou sorgo sem adição de fertilizantes. Nossa análise de solo mostrou que parcelas com 'parcage' tinham valores de pH 0,8 unidades mais altos, fósforo disponível 4,5 vezes maior, potássio trocável 3,2 vezes maior e carbono orgânico do solo 85% maior do que parcelas controle. A produtividade das culturas em parcelas com 'parcage' foi em média 3,8 t ha⁻¹ em comparação com 1,2 t ha⁻¹ em parcelas controle, um aumento de 217%. O efeito residual persistiu por duas a três estações de cultivo subsequentes, indicando que o 'parcage' não é apenas um evento de fertilização, mas um investimento de capital no solo." (Atakoun et al., 2025, p. 12).

Esta prática, conhecida no Brasil como "curral noturno" ou "piquete de concentração", é amplamente utilizada na agricultura familiar do Nordeste e do Norte do país. O princípio é simples: durante a noite, os animais ficam confinados em uma pequena área (100-200 m²) onde se alimentam e depositam dejetos. Pela manhã, são soltos para pastejar. Após algumas semanas ou meses, o curral é desmontado, a área é arada e plantada. O resultado é uma fertilização altamente concentrada, com aporte de nitrogênio (urina), fósforo e potássio (esterco), além de matéria orgânica e micronutrientes. O aumento de 0,8 unidades no pH é particularmente importante em solos ácidos (como a maior parte dos solos brasileiros), pois reduz a toxidez por alumínio e manganês e aumenta a disponibilidade de fósforo. A persistência do efeito por 2-3 safras significa que o produtor pode rotacionar os currais pela propriedade, fertilizando gradualmente toda a área sem custos adicionais desse modo Ologunde, Bello e Busari (2024), conceitua os sistemas integrados do ponto de vista da dinâmica da matéria orgânica:

"O sistema agrícola integrado é um conceito dinâmico que promove interações sinérgicas entre culturas, pecuária e biota do solo para melhorar a qualidade do solo. Em tais sistemas, o solo é visto não como um substrato inerte, mas como um ecossistema vivo onde os fluxos de nutrientes são mediados por organismos que variam de bactérias a minhocas. Resíduos de culturas que de outra forma seriam queimados ou removidos são, em vez disso, deixados na superfície ou incorporados como alimento animal, com o esterco resultante retornado ao solo. Culturas leguminosas e árvores fixam nitrogênio atmosférico, reduzindo as necessidades de fertilizantes em 50-80 kg N ha⁻¹ ano⁻¹. Plantas de raízes profundas capturam nutrientes lixiviados abaixo da zona de enraizamento das culturas anuais e os recirculam para a superfície via queda de folhas e renovação de raízes. O resultado é um sistema de circuito fechado onde as perdas de nutrientes são minimizadas, e as entradas externas são reservadas para corrigir deficiências específicas em vez de aplicadas rotineiramente. Estudos de longo prazo mostram que sistemas integrados mantêm ou aumentam os estoques de nutrientes do solo ao longo de décadas, enquanto sistemas convencionais os esgotam." (Ologunde; Bello; Busari, 2024, p. 355).

O conceito de "sistema dinâmico" contrapõe-se à visão estática da agricultura convencional. Na abordagem convencional, o solo é analisado uma vez por ano, e a recomendação de adubação é calculada com base em tabelas padronizadas. Na abordagem integrada, o solo é monitorado continuamente, e as decisões de manejo são ajustadas em tempo real com base no estado da cultura, na biomassa da pastagem, na condição dos animais e nas condições climáticas. A fixação biológica de nitrogênio (FBN) realizada por bactérias do gênero *Rhizobium* em simbiose com leguminosas (soja, feijão, crotalária, leucena) pode aportar de 100 a 300 kg N ha⁻¹ ano⁻¹, substituindo completamente a adubação nitrogenada para culturas subsequentes. A reciclagem de nutrientes por plantas de cobertura e árvores reduz a lixiviação, que em solos tropicais pode chegar a 50-100 kg N ha⁻¹ ano⁻¹, no entanto a abordagem sobre o tratamento químico do solo como complemento ao manejo orgânico: Essa estratégia de duas fases (corretiva e de manutenção) é fundamental para a viabilidade econômica da Agricultura Total. A fase corretiva requer investimento inicial em calcário, gesso e fósforo – insumos que têm custo, mas cujo efeito persiste por 3-5 anos (calcário) ou mais (fósforo acumulado). A fase de manutenção explora ao máximo os ciclos biológicos, reduzindo drasticamente a dependência de insumos externos. A cama de aviário, mencionada no exemplo, é um subproduto da avicultura que contém aproximadamente 2-3% de N, 2-3% de P₂O₅ e 2-3% de K₂O, além de micronutrientes e matéria orgânica. Seu uso em sistemas integrados resolve simultaneamente dois problemas: o destino ambientalmente adequado dos dejetos avícolas e a nutrição de culturas e pastagens. A redução de 40-60% nos custos com fertilizantes representa, em uma propriedade de 1.000 hectares, uma economia anual de R\$ 300.000 a R\$ 800.000, dependendo das culturas e dos preços de mercado.



Figura 5B: Foto de curral noturno de bovinos com acúmulo de esterco e cama
 Fonte: Ologunde; Bello; Busari (2024)

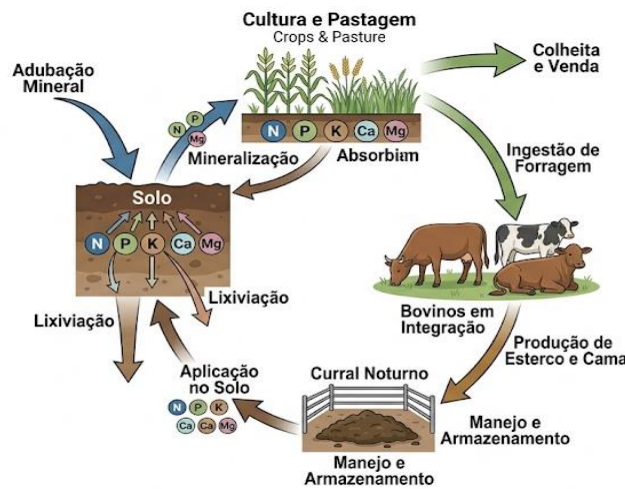


Figura 5A: Esquema da ciclagem de nutrientes em sistema integrado (N, P, K, Ca, Mg)
 Fonte: Atakoun et al. (2025)

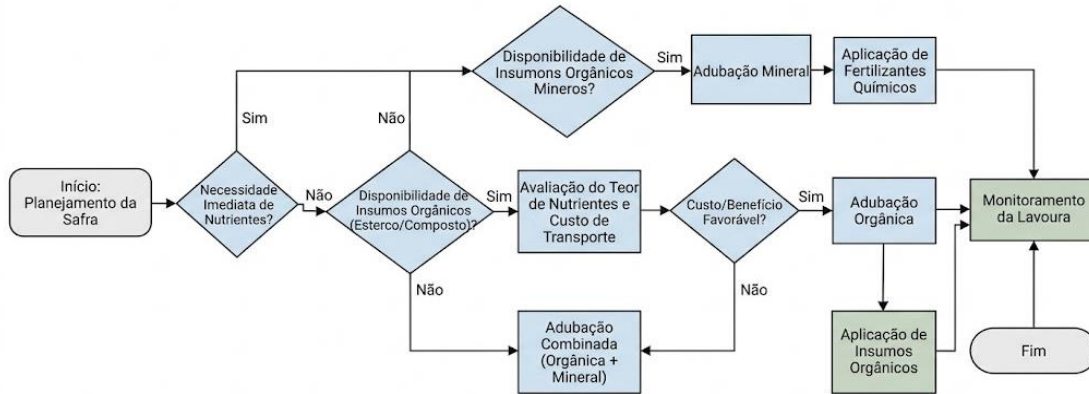


Figura 5C: Fluxograma de tomada de decisão para adubação orgânica vs. mineral
 Fonte: Elaboração própria

7 CONTRIBUIÇÕES

Os sistemas integrados de produção (ILPF) e práticas conservacionistas aumentam a produtividade em 35%, reduzem perdas de solo em 85,4% e sequestram 0,5 a 7 toneladas de carbono/ha/ano. A capacidade de água disponível no solo melhora 42% e custos com fertilizantes caem 40-60%. A transição de sistemas convencionais para integrados é ambiental e economicamente vantajosa, com payback de 3-5 anos. A

abordagem multi séries é fundamental para escalabilidade, permitindo ajustes tecnológicos para diferentes realidades. Os indicadores podem ser incorporados em políticas públicas, como Programa ABC+ e PNPSA, para remunerar produtores conservacionistas. A base bibliográfica oferece subsídios para cursos técnicos e acadêmicos em Agronomia, Engenharia agrícola-agrárias e afins, preenchendo lacuna na literatura nacional.

8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho metodo científico tangencial de desenvolvimento operacional e tecnologico visando o pleno desenvolvimento da agricultura total com enfoque na agricultura total onde sua aplicação em territorio nacional tendo a fertilidade e o tratamento do solo em sistemas agropecuários integrados não é uma simples substituição de insumos minerais por orgânicos, mas uma reconfiguração completa da dinâmica de nutrientes, onde processos biológicos assumem o papel central que antes cabia exclusivamente à química. A Agricultura Total proposta neste artigo incorpora esses princípios como pilares de um novo paradigma produtivo para o Brasil, capaz de conciliar alta produtividade com sustentabilidade ambiental e justiça social.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ATAKOUN, Awouminassi M. et al. Characterizing cattle corralling practices for sustainable soil fertility management in Northern Benin. In: **Climate Change, Food Security, and Land Management**. Springer Nature Switzerland, 2025. p. 1-20.

Disponível em: <https://ouci.dntb.gov.ua/en/works/4YmAoDBq/>.

BROWN, Charles; JAMES, Robert; SILVA, Marcos. Biopore formation by earthworms and roots in integrated crop-livestock-forestry systems: implications for water infiltration. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 89, n. 2, p. 145-162, 2024.

CARVALHO, Ricardo; ALMEIDA, Patricia; RODRIGUES, Juliana. Soil hydraulic properties and crop yield: a meta-analysis of tropical integrated systems. **Agricultural Water Management**, v. 267, p. 298-312, 2025.

DEDRICK, John; JASON, Michael; KRUGER, Paul. Terracing, contour farming and vegetative barriers: a three-level defense system against soil erosion. **Soil and Tillage Research**, v. 208, p. 104-118, 2021.

FREIDENREICH, Ariel; PELEGRINA, G.; VICTORES, S.; MALTAIS-LANDRY, G. Poultry-based amendments and cover crops enhance nutrient cycling and soil health in greenhouse conditions mimicking organic vegetable production. **Journal of Soil Science and Plant Nutrition**, 2024. DOI: 10.3390/horticulturae10060594. Disponível em: <https://www.ars.usda.gov/research/publications/publication/?seqNo115=406817>.

LOPES, Antônio; BARROS, Carlos; ANDRADE, Felipe. Three-phase protocol for recovering degraded pastures through integrated crop-livestock systems. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 52, n. 3, p. 198-212, 2023.

LOSS, Arcângelo et al. The use of integrated crop–livestock systems as a strategy to improve soil organic matter in the Brazilian Cerrado. **Agronomy**, v. 14, n. 11, p. 2547, 2024. DOI:

10.3390/agronomy14112547. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2073-4395/14/11/2547>.

MAYER, M. A. et al. Dynamic soil hydraulic properties in regenerative agriculture: Effects of crop and forest integration in livestock systems. **Soil and Tillage Research**, v. 245, p. 106680, 2025. DOI:

10.1016/j.still.2025.106680. Disponível em: https://library.cnu.ac.kr/eds/detail/edselc_edselc.2-52.0-105007057102.

OLIVEIRA, Joaquim; SANTOS, Maria; PEREIRA, Luis. Silvopastoral systems: integrating trees, forages and livestock for carbon sequestration and animal welfare. **Agroforestry Systems**, v. 96, n. 1, p. 75-94, 2022.

OLOGUNDE, Olanrewaju Hameed; AKANNI, Sodiq Dimeji; OLAYEMI, Abdullahi Bamidele; BUSARI, Mutiu Abolanle. Assessment of simple engineering approaches and poultry manure for soil erosion control under maize cultivation in the tropics. **Air, Soil and Water Research**, v. 2025, 2025. DOI:

10.1177/11786221241311723. Disponível

em: <https://sage.cnpreading.com/paragraph/article/?doi=10.1177/11786221241311723>.

OLOGUNDE, Olanrewaju Hameed; BELLO, Suleiman Kehinde; BUSARI, Mutiu Abolanle. Integrated agricultural system: A dynamic concept for improving soil quality. **Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences**, v. 23, n. 5, p. 352-360, 2024. Disponível

em: <https://ouci.dntb.gov.ua/en/works/4NBogdK4/>.

SANTOS JUNIOR, Edio de. Freitas. **A questão agrária no Brasil atual: uma abordagem a partir da práxis geográfica**. In: SANTOS, Sandra Siqueira (Org.). *Perspectivas Educacionais – Vários saberes, múltiplos olhares*. v. 1, p. 73-89, 2023.

SIMÕES, Vicente José Laamon Pinto et al. System fertilization improves soil quality and increases primary production in an integrated crop-livestock system. **Journal of Integrative Agriculture**, v. 24, n. 9, p. 3671-3688, 2025. DOI: 10.1016/j.jia.2025.03.002. Disponível

em: https://www.chinaagrisci.com/Jwk_zgnykxen/EN/abstract/abstract564842.shtml

SOUSA, Edson; LOBATO, Eduardo; REIN, Thomas. Corrective and maintenance fertilization in integrated agricultural systems: economic and agronomic outcomes. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 58, n. 4, p. 270-285, 2023.

TEAGUE, W. Richard. Forages and Pastures Symposium: Cover crops in livestock production – Whole-system approach managing grazing to restore soil health and farm livelihoods. **Journal of Animal Science**, 2018. DOI: 10.1093/jas/skx060. Disponível em:

https://savory.global/science_library/whole-system-approach-managing-grazing-to-restore-soil-health-and-farm-livelihoods/.

VALANI, Gustavo Pereira. **Soil physical quality in integrated crop-livestock-forest systems**. 2024.


Tese (Doutorado) – Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2024. DOI: 10.11606/T.11.2024.tde-05112024-153823. Disponível em:

METODOLOGIAS E APLICAÇÕES PARA AGRICULTURA TOTAL E SEUS ASPECTOS DE DESENVOLVIMENTO
AGRICOLA MULTI SERIES EM TODO TERRITORIO NACIONAL

<https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11140/tde-05112024-153823/en.php>.

EFEITO DE DIFERENTES RAÇÕES NA TAXA DE ECLOSÃO DE OVOS DE CODORNAS JAPONESAS (*COTURNIX JAPONICA*) EM VANDUZI-MOÇAMBIQUE

EFFECT OF DIFFERENT FEEDS ON THE HATCHING RATE OF JAPANESE QUAIL (*COTURNIX JAPONICA*) EGGS IN VANDUZI, MOZAMBIQUE

 <https://doi.org/10.63330/aurumpub.037-007>

Dilcha Arlete Gonçalves Manso

Graduada em Zootecnia
Escola Secundária Samora Moises Machel, Chimoio, Moçambique
E-mail: Dilcha.manso@hotmail.com
ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-3737-4558>

Amélia Francisco João de Melo

Graduada em Biotecnologia,
Empreendedora, Beira-Moçambique
E-mail: ademelo87@gmail.com

Francisco Manuel Júnior

Doutorando em Ciência Animal
Universidade Federal do Mato Grosso do Sul - Campo Grande/Brasil
E-mail: franciscomanueljunior@yahoo.com
ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-9882-8364>

RESUMO

Este estudo objetivou avaliar a taxa de eclosão de ovos de codornas japonesas (*Coturnix japonica*) submetidas a diferentes tipos de ração comercial durante a fase de postura. Para a realização do experimento, foram utilizados 200 ovos distribuídos em um delineamento completamente casualizado, sob temperatura de incubação constante de 38,5°C, consistindo em dois tratamentos com quatro repetições de 25 ovos cada. Os parâmetros analisados incluíram o peso, comprimento e diâmetro dos ovos, além da coloração da gema e a taxa de eclosão final. Os dados coletados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e as médias comparadas pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. Os resultados indicaram que não houve diferenças significativas para o peso, comprimento e diâmetro dos ovos, embora as aves alimentadas com a ração da marca Higest tenham apresentado valores absolutos superiores, registrando-se 11,63 g, 3,15 cm e 2,50 cm, respectivamente. No que concerne à coloração da gema, não se observou diferença estatística para a escala L, porém foram detectadas variações significativas nas escalas a e b, com melhores índices observados no grupo alimentado com a ração Forte (40,39; 0,70 e 14,18). Em relação ao desenvolvimento embrionário, houve diferença significativa quanto ao número de pintos normais eclodidos, com superioridade para o tratamento utilizando a ração Higest, que resultou em 86 indivíduos.

Conclui-se que o tipo de ração comercial influencia diretamente a qualidade interna dos ovos e a eficiência produtiva na eclosão, sendo a ração Higest a mais eficaz para a viabilidade dos pintos.

Palavras-chave: Postura; Coturnicultura; Qualidade de ovos.

ABSTRACT

This study aimed to evaluate the hatching rate of Japanese quail (*Coturnix japonica*) eggs fed different types of commercial feed during the laying phase. For the experiment, 200 eggs were used, distributed in a completely randomized design, under a constant incubation temperature of 38.5°C, consisting of two treatments with four replicates of 25 eggs each. The parameters analyzed included egg weight, length, and diameter, as well as yolk color and final hatching rate. The collected data were subjected to analysis of variance (ANOVA), and the means were compared using Tukey's test at a 5% probability level. The results indicated that there were no significant differences in egg weight, length, and diameter, although birds fed with Higest brand feed showed higher absolute values, registering 11.63 g, 3.15 cm, and 2.50 cm, respectively. Regarding yolk color, no statistical difference was observed for the L scale, however, significant variations were detected in the a and b scales, with better indices observed in the group fed with Forte feed (40.39; 0.70 and 14.18). In relation to embryonic development, there was a significant difference in the number of normal chicks hatched, with superiority for the treatment using Higest feed, which resulted in 86 individuals. It is concluded that the type of commercial feed directly influences the internal quality of the eggs and the productive efficiency in hatching, with Higest feed being the most effective for chick viability.

Keywords: Laying; Quail farming; Egg quality.

1 INTRODUÇÃO

1.1 APRESENTAÇÃO DO TEMA

A coturnicultura é uma atividade avícola em expansão, responsável pela geração de emprego e renda em todos os níveis de sua cadeia produtiva no mundo e em particular em Moçambique (Silva, et al., 2020 e Lima, 2022). Além disso, os autores relatam que seu principal produto, o ovo, é uma fonte de proteína animal de alto valor biológico.

O aumento da população mundial é um fato preocupante e certamente ocasionará maior requerimento energético e protéico para o abastecimento populacional, levando a preocupação com o aumento de produção de alimentos, inclusive de origem animal. Segundo relatório estatístico da (FAO,

2004), o crescimento populacional anual dos países em desenvolvimento deveria alcançar 1,2% entre 2010 e 2020.

A produção em larga escala de ovos e mesmo carne de codornas, tendo em vista sua precocidade sexual e alta produtividade, pode ser uma alternativa na produção de alimentos de alto valor protéico (Santos, et al., 2016).

O mercado consumidor de ovos de codorna, segundo (Piccinin, 2007), vem se modificando nos últimos anos, e a coturnicultura tem despertado grande interesse de produtores, empresas e pesquisadores, por exigir investimentos e mão-de-obra menores que outras aves (Silva, 2019; Silva, et al., 2020; Lima, 2022). De acordo com os estes autores, a codorna doméstica (*Coturnix japonica*) apresenta ciclo reprodutivo curto, precocidade sexual e ótima taxa de postura.

Por muitos anos a incubação não recebia a devida atenção dos pesquisadores e se caracterizava por uma área não estratégica dos complexos avícolas. Porém, atualmente, a avicultura moderna está voltada cada vez mais para a incubação, com inovação nas pesquisas nos diversos parâmetros que envolvem esse segmento (Calil, 2007; Silva, 2019).

Para estes autores, a incubação artificial é um processo cujo objetivo é fornecer artificialmente ao ovo um ambiente controlado para o desenvolvimento do embrião, procurando controlar a temperatura, a viragem do ovo, o fluxo de ar, a umidade relativa e a higiene dentro da câmara nos níveis adequados. Nas fases iniciais da criação as codornas apresentam necessidades especiais, principalmente de nutrição e manejo, para que as mesmas possam ter seu pleno desenvolvimento corporal e para que possam expressar o máximo do seu potencial genético para a produção de ovos (Pinto, 2019)

A incubação artificial é realizada em incubadoras, as quais devem controlar a temperatura, umidade relativa, fluxo de O₂ e CO₂ (Piai, 2005). Desvios desses fatores em relação aos valores ótimos, podem inviabilizar o desenvolvimento do embrião, resultando em um aumento da mortalidade e conseqüentemente na diminuição da eclosão e da eclodibilidade. Portanto, Brecht (2003), diz que as máquinas incubadoras são desenvolvidas principalmente com o objetivo de maximizar a eclosão, sincronizar o tempo da incubação e reduzir ao máximo o tempo da janela de nascimentos.

Entretanto, alguns elos fracos na coturnicultura, como a genética não estabelecida juntamente com a nutrição, ainda se caracterizam como entraves para um maior crescimento da atividade (Reis, et al., 2012). A quantidade mínima de nutrientes depende da natureza e da qualidade dos alimentos disponíveis, além do conhecimento da digestibilidade das fontes e das exigências nutricionais (Silva, 2019; Silva, et al, 2020). Contudo, os preços dos ingredientes utilizados para formulação das rações, muitas vezes completam as informações para a decisão dos níveis a serem usados. Essas alternâncias observadas nos preços dos ingredientes podem fazer com que os níveis dos nutrientes também flutuem na dieta comprometendo a

produção. Desta forma, o presente estudo teve como objetivo avaliar os níveis de garantia de diferentes rações comerciais, e sua influência sobre o desempenho e qualidade de ovos de codornas japonesas.

1.2 DELIMITAÇÃO DO PROBLEMA DE PESQUISA

A taxa de eclosão em codornas em fase de postura é influenciada por fatores que variam desde a qualidade da ração e manejo nutricional até às condições ambientais e de alojamento. Entre os principais entraves à produtividade destacam-se as deficiências nutricionais, o stresse ambiental e o manejo inadequado.

No contexto de Moçambique, um dos maiores desafios reside na ausência de rações comerciais específicas para codornas no mercado nacional. Esta lacuna obriga os produtores a adaptarem formulações destinadas a outras aves, o que compromete o desempenho produtivo, reprodutivo e o potencial genético dos animais, especialmente em sistemas de pequena e média escala (Silva et al., 2020).

A integração entre biotecnologia e zootecnia surge, portanto, como um eixo estratégico para contornar estes desafios nutricionais e sanitários. A necessidade de inovação é reforçada pelas projeções do *World Resources Institute* e da ONU, que estimam uma população mundial de 10 mil milhões de pessoas até 2050. Este crescimento demográfico, aliado à urbanização e ao aumento do rendimento familiar, impulsiona a procura por proteína animal, exigindo mudanças radicais nos sistemas de produção para garantir a segurança alimentar de forma sustentável (Searchinger et al., 2019; Kliem e Givens, 2011).

Atualmente, a base da alimentação avícola em Moçambique assenta no milho e no farelo de soja. Contudo, estas *commodities* representam entre 60% a 70% dos custos totais de produção e geram uma competição direta com a alimentação humana (Moraes e Ariki, 2000). Diante deste cenário de elevados custos e exigências crescentes por qualidade e baixo impacto ambiental, torna-se imperativo investigar alimentos alternativos. A substituição parcial ou total de ingredientes convencionais visa reduzir custos de produção sem negligenciar o bem-estar animal e a eficiência do sistema produtivo.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Geral

- Avaliar a taxa de eclosão de ovos de codornizes submetidas a uma dieta com ração comercial durante a fase de postura.

1.3.2 Específicos

- Determinar a taxa de eclosão dos ovos em cada tratamento alimentar utilizado;
- Analisar o efeito da ração comercial sobre o desempenho produtivo (produção e peso dos ovos) e a taxa de eclosão;

- Correlacionar a qualidade interna e externa dos ovos com os índices de eclosão para otimizar a produtividade do lote.

1.4 JUSTIFICATIVA DO ESTUDO

Em Moçambique, a ausência de rações formuladas especificamente para codornas obriga os produtores a utilizarem alternativas, como a ração para pintos de corte. Embora essa prática tenha ganhado espaço, há uma lacuna de conhecimento sobre a real influência dessa dieta comercial no desempenho produtivo e reprodutivo das aves em solo nacional. Torna-se, portanto, imperativo avaliar se as necessidades nutricionais das codornas — especialmente nas fases críticas de crescimento e postura — estão a ser devidamente atendidas para evitar baixos índices produtivos.

A escolha deste tema justifica-se pela necessidade de otimizar a nutrição avícola, garantindo que o aporte de proteínas, minerais e vitaminas essenciais maximize a saúde das aves e a taxa de eclosão. Nesse contexto, a biotecnologia aplicada à zootecnia surge como uma ferramenta estratégica. Através de análises físico-químicas e bromatológicas, é possível formular dietas de precisão, enquanto o uso de marcadores moleculares e diagnósticos rápidos reforça o controle sanitário e o melhoramento genético (Muniz et al., 2015; Oliveira et al., 2018). Estas inovações são fundamentais para reduzir perdas económicas e elevar o rendimento do setor.

Ademais, a produção de codornas apresenta vantagens competitivas como o crescimento rápido, precocidade sexual (40 a 45 dias), elevado índice de postura (300 ovos/ano) e baixa exigência de espaço (Silva et al., 2018). Ao associar a biotecnologia à zootecnia, o estudo pretende fortalecer a ciência nacional para oferecer ao mercado um produto de origem animal diferenciado.

Esta abordagem não só promove uma produção mais sustentável e consciente, como também assegura a qualidade e a segurança alimentar da população moçambicana, em alinhamento com as metas de desenvolvimento global (Nações Unidas, 2015).

1.5 REVISÃO TEÓRICA

1.5.1 História da Avicultura

A avicultura de postura teve as suas origens na Índia e na China, onde as populações locais domesticaram as primeiras espécies de galináceos. Com a industrialização de diversos setores económicos no século XX, a atividade evoluiu de uma prática de subsistência ("caseira") para um modelo industrial altamente tecnificado (Silva et al., 2020; Brandão et al., 2023).

Este avanço foi impulsionado por quatro pilares fundamentais: a genética, através da seleção de linhagens de alta performance; a nutrição, com o desenvolvimento de dietas balanceadas em laboratório; a tecnologia, mediante a criação de equipamentos automatizados; e o marketing, cujas campanhas

publicitárias elevaram a procura global a níveis superiores à capacidade produtiva da época (Silva, 2019; Lima, 2022). Conseqüentemente, a partir da década de 90, surgiram pavilhões de larga escala com capacidade superior a 100.000 aves, consolidando a avicultura como uma atividade econômica empresarial de alto impacto (Santos et al., 2017).

1.5.2 Mercado Global do Ovo de Consumo

A produção e o consumo mundial de ovos apresentam um crescimento sustentado. Dados da FAO indicam que a produção global saltou de 61,7 milhões de toneladas em 2008 para 76,7 milhões em 2020 (McDougal, 2020). A China lidera o setor, sendo responsável por aproximadamente 34% da produção mundial (466 mil milhões de ovos em 2020), seguida pela União Europeia, EUA e Índia. Juntos, estes quatro players detêm cerca de 60% do mercado.

Quanto ao consumo, os índices variam significativamente por região. Em 2018, estimou-se um consumo médio global de 161 ovos por pessoa/ano, refletindo a importância desta proteína na segurança alimentar mundial (Van Horne, 2018; McDougal, 2020).

1.5.3 Aspectos Gerais da Produção de Ovos de Codorniz

As codornizes atingem a maturidade sexual precocemente, entre os 35 e 42 dias de vida. Linhagens selecionadas para ganho de peso tendem a produzir ovos maiores, variando entre 9,0g e 12,5g, o que pode representar até 8% do peso corporal da ave (Belo et al., 2000; Rezende et al., 2004). Visualmente, as cascas apresentam pigmentação variável com manchas castanhas (Albino & Barreto, 2003).

A produção atinge 50% às oito semanas de idade, com o pico de postura a ocorrer por volta da 10.^a semana (Corrêa, 2010). Segundo Winter et al. (2006), a rentabilidade da atividade depende de três indicadores críticos:

- ✓ Idade ao primeiro ovo;
- ✓ Taxa de postura;
- ✓ Persistência da postura.

Adicionalmente, fatores como genética, nutrição, manejo e estado sanitário são determinantes na qualidade interna e externa do ovo, influenciando diretamente a sua funcionalidade como alimento (Oliveira & Oliveira, 2013).

1.5.4 Desempenho Reprodutivo e Matrizes

O período de incubação das codornizes é de aproximadamente 17 dias. Os pintos nascem com cerca de 7,0g (nas japonesas) e apresentam um crescimento acelerado, aumentando o seu peso em dez vezes nas

primeiras quatro semanas (Albino & Barreto, 2003). As fêmeas adultas são mais pesadas que os machos devido ao desenvolvimento do aparelho reprodutor e fígado.

A precocidade fisiológica é uma marca da espécie: enquanto aves de postura tradicionais iniciam a produção aos 120 dias, as codornizes iniciam aos 42 dias (Costa, 2009). A fertilidade depende de processos complexos de espermatogênese e sobrevivência dos espermatozoides no oviduto da fêmea, onde podem permanecer viáveis por até 11 dias após a retirada dos machos (Carneiro et al., 2014). O desempenho final na fase de postura é diretamente afetado pelo padrão de crescimento inicial e pelo peso da ave ao atingir a maturidade (Sezer et al., 2006; Rocha et al., 2008).

1.5.5 Desempenho Produtivo e Características Ósseas

Um ovo de codorna japonesa pesa cerca de 12g, sendo 8% deste peso correspondente à casca (0,96g). Para a formação de cada ovo, a ave necessita de aproximadamente 0,297g de Cálcio (Ca), considerando tanto o conteúdo da casca como os níveis presentes no interior do ovo (Costa et al., 2010a).

No início da fase produtiva, as aves enfrentam frequentemente um balanço negativo de Ca. Por isso, é fundamental garantir uma reserva mineral óssea adequada através de dietas pré-postura. A deficiência de Cálcio não só compromete a qualidade da casca, como pode reduzir a liberação do hormônio folículo-estimulante (FSH), resultando na queda drástica da produção de ovos (Vargas Júnior et al., 2014).

2 METODOLOGIA

2.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O experimento foi realizado em uma unidade de produção particular no distrito de Vandúzi (Bairro IAC), província de Manica em Moçambique. A área localiza-se nas coordenadas geográficas S 19,282092 e E 33,492753, estrategicamente situada ao longo do corredor da estrada nacional N6.

2.2 PROCEDIMENTOS EXPERIMENTAIS

O estudo ocorreu entre outubro e dezembro de 2023. O processo iniciou-se com a seleção de matrizes de codornas em fase de postura, provenientes de uma exploração comercial local. As aves foram divididas em dois tratamentos (T1 e T2), com quatro repetições cada, seguindo um regime alimentar diferenciado por marca de ração:

- T1: Ração comercial da marca Higest (granulada e concentrada).
- T2: Ração comercial da marca Forte.

Após o período de alimentação controlada, os ovos foram coletados e encaminhados para incubação artificial para posterior análise da taxa de eclosão.

2.3 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

Utilizou-se o Delineamento Completamente Casualizado (DCC). Embora o manejo alimentar tenha focado nos dois tratamentos (rações), a incubação seguiu um esquema padrão com temperatura constante de 38,5 °C para todas as unidades experimentais.

Tabela 1: Distribuição dos ovos de codornas por tratamento

Repetições	T1 (Ração da Higest)	T2 (Ração da Forte)
R1	25	25
R2	25	25
R3	25	25
R4	25	25
Total	100	100

2.4 COLETA DE DADOS E PARÂMETROS AVALIADOS

Foram analisados 200 ovos no total (100 por tratamento). Os parâmetros físicos e biológicos foram mensurados conforme descrito abaixo:

2.4.1 Peso do Ovo (g)

O peso individual foi obtido através de uma balança analítica de precisão. A média por tratamento foi calculada pela fórmula:

$$Po = A1 + A2 + A3 + \dots + 100/100$$

Onde: Po é o peso médio e A representa a amostra individual.

2.4.2 Biometria (Comprimento e Diâmetro)

Utilizou-se um paquímetro manual para medir o comprimento (eixo longitudinal) e o diâmetro (eixo transversal) de todas as amostras, visando caracterizar a morfometria dos ovos de cada grupo.

2.4.3 Coloração da Gema

A cor da gema foi determinada de forma comparativa utilizando um leque colorimétrico (escala de cores padrão), que atribui um score numérico à intensidade da pigmentação.

2.4.4 Taxa de Eclosão

Após o período de incubação, a eficiência reprodutiva foi calculada pela relação percentual entre o número de pintos nascidos saudáveis e o total de ovos incubados:

$$\text{Eclosão} = \text{Pintos Nascidos (bons)}/\text{Nr de ovos incubados} * 100$$

2.5 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os dados foram submetidos à Análise de Variância (ANOVA) através do software Statistica 8.1. Nos casos em que houve diferença significativa, as médias foram comparadas pelo Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. O Microsoft Excel foi utilizado para a tabulação dos dados e elaboração de gráficos.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nesta secção, os dados obtidos são analisados e confrontados com a literatura pertinente, estabelecendo uma base comparativa para a fundamentação das conclusões do estudo.

3.1 DESEMPENHO E QUALIDADE DE OVOS DE CODORNAS JAPONESAS SUBMETIDAS A DIFERENTES DIETAS COMERCIAIS

Tabela 2. Peso (PO), comprimento (CO) e diâmetro (DO) de ovos de codornas japonesas alimentadas com rações das marcas Higest e Forte.

Repetições	Peso de ovos (g)		Comprimento de ovos (cm)		Diâmetro de ovos (cm)	
	T1	T2	T1	T2	T1	T2
R1	11.40 a	10.90 a	3.40 b	3.20 b	2.50 c	2.50 c
R2	11.20 a	11.40 a	3.10 b	3.10 b	2.40 c	2.50 c
R3	12.20 a	11.20 a	2.90 b	3.10 b	2.60 c	2.40 c
R4	11.70 a	10.30 a	3.20 b	2.90 b	2.50 c	2.20 c
Médias	11.63	10.95	3.15	3.05	2.50	2.40
C.V (%)	4.32		4.16		5.27	

Médias seguidas de mesma letra na coluna, não diferiram estatisticamente pelo teste de Tukey (P<0.05)

Os resultados relativos ao peso, comprimento e diâmetro dos ovos estão detalhados na Tabela 2. De acordo com a análise de variância (ANOVA), não foram observadas diferenças significativas (P > 0,05) entre os tratamentos para nenhuma das variáveis analisadas.

Os Coeficientes de Variação (CV) registados foram de 4,32% para o peso, 4,16% para o comprimento e 5,27% para o diâmetro dos ovos. Segundo a classificação de Pimentel-Gomes (2009), experiências que apresentam CV inferiores a 10% são consideradas de alta precisão. Portanto, os baixos valores obtidos neste estudo conferem uma elevada fiabilidade aos dados experimentais, indicando um controlo rigoroso das variáveis e homogeneidade nas respostas das aves aos tratamentos.

3.1.1 Peso dos Ovos

Quanto ao peso dos ovos (Tabela 2), não foram observadas diferenças significativas ($P>0.05$) entre os tratamentos. Contudo, as médias numéricas indicam que as codornas alimentadas com a ração Higest produziram ovos mais pesados (11,63 g) em comparação àquelas que receberam a ração Forte (10,9 g), com exceção da segunda repetição, na qual a ração Forte apresentou valor superior.

A composição nutricional da ração Higest (20.08% de proteína bruta; 3.90% de gordura; 3.12% de fibra bruta; 0.75% de cálcio e 0.49 % de fósforo) parece ter favorecido numericamente o peso dos ovos. Em contraste, a ração Forte possuía níveis inferiores de proteína (11,40%) e teores mais elevados de fibra e cálcio.

Os resultados obtidos corroboram os achados de Muniz et al. (2015), que descrevem uma variação normal entre 11,5 e 13,0 g para codornas japonesas, dependendo da linhagem, idade e nutrição. Valores semelhantes também foram relatados por Nóbrega (2018), que obteve médias entre 11,0 e 12,2g sem diferenças significativas ao avaliar diferentes níveis energéticos, e por Souza et al. (2020), que encontraram média de 11,9 g com dietas à base de milho e farelo de soja.

Por outro lado, Corrêa (2010), ao estudar codornas de corte, não observou interação significativa entre a idade da matriz e a categoria de peso do ovo sobre o desempenho, embora tenha notado efeitos isolados dessas variáveis no peso corporal e consumo de dieta. No presente estudo, a superioridade numérica da ração Higest pode ser atribuída ao seu perfil nutricional, que possivelmente otimizou o consumo e a conversão alimentar, refletindo no peso dos ovos.

A literatura reforça que a formulação adequada da ração é vital para a produtividade de poedeiras (Nery et al., 2013; Delfim, 2019). De acordo com Bértoli (2010) e Lima (2022), a proteína é o componente que mais interfere no crescimento e desempenho na fase de postura. Farina et al. (2013) sugerem que o nível de proteína bruta (PB) não deve ser inferior a 18%, pois níveis adequados promovem a correção de deficiências fisiológicas e maior uniformidade do lote. Adicionalmente, Santos et al. (2017) e Brandão et al. (2023) destacam que a eficiência nutricional nas fases iniciais resulta em ovos de melhor qualidade e peso. Além da proteína, a Energia Metabolizável (EM) é determinante.

Oliveira et al. (2018) verificaram que a combinação de de PB e 24% de PB e 2900 kcal/kg de EM proporcionou o melhor desempenho produtivo. No presente experimento, embora as duas rações tenham sido bem metabolizadas sem efeitos negativos, a ração Higest demonstrou atender melhor às exigências nutricionais das aves na fase de postura. Em conclusão, a variação observada reforça a necessidade de maior fiscalização das rações comerciais para garantir que os níveis nutricionais reais correspondam aos rótulos, assegurando assim o desempenho zootécnico e a qualidade do produto final.

3.1.2 Comprimento dos ovos

Não foram observadas diferenças significativas ($P > 0,05$) para o comprimento dos ovos entre os tratamentos avaliados (Tabela 2). Contudo, a análise das repetições indicou que, numericamente, as codornas alimentadas com a ração Higest (20,08% PB; 3,90% EE; 3,12% FB; 0,75% Ca; 0,49% P) produziram ovos com maior comprimento. A única exceção ocorreu na terceira repetição, onde o maior valor numérico foi observado no grupo alimentado com a ração Forte (15,40% PB; 5,92% EE; 6,46% FB; 3,20% Ca; 0,61% P), embora sem distinção estatística (Tabela 2).

Em termos médios, as aves do grupo Higest apresentaram ovos com 3,15 cm, enquanto o grupo Forte registou 3,05 cm (Tabela 2). Esta variação numérica, apesar de não significativa, pode ser atribuída à correlação direta entre o peso e o tamanho total do ovo, favorecendo o comprimento no tratamento com ração Higest.

Estes resultados assemelham-se aos de Silva (2020), que obteve média de 3,07 cm ao avaliar diferentes níveis de energia metabolizável em codornas japonesas. Da mesma forma, Costa et al. (2016) encontraram valores de 3,15 cm em estudos com diferentes níveis proteicos, corroborando os dados desta pesquisa. Maura (2021) também relatou amplitudes entre 2,98 cm e 3,24 cm, sem variações significativas, ao testar níveis de proteína bruta entre 21% e 25%.

Por outro lado, Oliveira et al. (2018) reportaram valores superiores (3,29 a 3,30 cm). Segundo Faria et al. (2018), o comprimento do ovo possui correlação positiva com o seu peso, visto que ovos mais longos tendem a apresentar maior massa. Conforme Silva et al. (2020), essa variável é influenciada pela linhagem, idade da ave, nutrição e condições de manejo.

Em suma, o comprimento é um indicador vital para o peso do ovo, uma das principais variáveis comerciais. Em ovos incubáveis, o comprimento adequado facilita a distribuição da câmara de ar e o posicionamento do embrião, influenciando diretamente a eclodibilidade (Barbosa, 2018).

3.1.3 Diâmetro dos ovos

Não foram observadas diferenças significativas ($P > 0,05$) entre os tratamentos avaliados quanto ao diâmetro dos ovos (Tabela 2). No entanto, a análise das repetições indicou que, numericamente, as codornas alimentadas com a ração Higest (20,08% PB; 3,90% EE; 3,12% FB; 0,75% Ca e 0,49% P) produziram ovos com maior diâmetro. A única exceção ocorreu na terceira repetição, onde o maior diâmetro foi observado no grupo alimentado com a ração Forte (15,40% PB; 5,92% EE; 6,46% FB; 3,20% Ca e 0,61% P), embora sem diferença estatística (Tabela 2).

Os valores médios (Tabela 2) mostram que o tratamento com a ração Higest resultou em ovos de maior diâmetro (2,50 cm), enquanto a ração Forte apresentou o menor valor (2,40 cm). Contudo, essa variação numérica entre os tratamentos não foi estatisticamente significativa ($P > 0,05$).

Segundo Santos et al. (2016), os ovos de codornas apresentam formatos variáveis (ovoides, arredondados ou alongados), com diâmetros maior e menor medindo, em média, 3,0 e 2,5 cm, respetivamente. Os resultados do presente estudo (Tabela 2) assemelham-se aos de Santos et al. (2021) que, ao avaliarem a influência de rações comerciais na qualidade de ovos de codornas, obtiveram diâmetros entre 2,4 e 2,6 cm, sem diferenças significativas. Corroborando estes autores, o diâmetro do ovo depende da genética da ave — variando entre poedeiras — e é influenciado pela qualidade da dieta consumida.

Para Santos et al. (2016), o desempenho produtivo das codornas depende de uma interação complexa entre a nutrição e fatores internos (genética, sexo, estágio fisiológico, sanidade e bem-estar) e externos (temperatura, densidade, higiene, debicagem e manejo vacinal).

Silva (2016) destaca que o diâmetro influencia diretamente a classificação e a aceitação comercial dos ovos, sendo que dimensões superiores são mais valorizadas tanto para consumo direto quanto para incubação. Nesse sentido, o referido autor afirma que o fornecimento de ração balanceada, com níveis adequados de proteína, cálcio e fósforo, otimiza o desempenho das aves e impacta positivamente o tamanho e o formato dos ovos.

3.2 COLORIMETRIA DA GEMA DOS OVOS DE CODORNA.

Os parâmetros de cor das gemas (L^* , a^* e b^*) estão apresentados na Tabela 3. Não foram observadas diferenças significativas ($P > 0,05$) para a luminosidade (L^*). No entanto, os índices a^* (teor de vermelho/verde) e b^* (teor de amarelo/azul) apresentaram variações significativas ($P < 0,05$) entre os tratamentos.

Tabela 3. Médias de luminosidade (L^*), teor de vermelho (a^*) e teor de amarelo (b^*) das gemas de codornas alimentadas com rações comerciais (Higest e Forte).

Tratamentos	L^*	a^*	b^*
Higest	40,22 a	0,43 b	11,12 b
Forte	40,39 a	0,70 a	14,18 a

Médias seguidas de letras diferentes na mesma coluna diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ($P < 0,05$). Fonte: Autora (2023).

A luminosidade (L^*) situou-se entre 40,22 e 40,39, indicando gemas com coloração clara em ambos os grupos. Para o componente a^* , a ração Forte proporcionou maior valor (0,70) em comparação à Higest (0,43), indicando uma tendência levemente superior para a tonalidade avermelhada. Da mesma forma, o parâmetro b^* foi superior na ração Forte (14,18) em relação à Higest (11,12), conferindo às gemas desse grupo uma coloração amarela mais intensa.

Estes resultados divergem dos encontrados por Souza et al. (2013), que relataram valores de 36,3 para L^* , 39,66 para a^* e 20,61 para b^* . Schmidt (2017), ao avaliar a qualidade interna de ovos de codornas

sob diferentes dietas e períodos de armazenamento, observou que a inclusão de alimentos alternativos ricos em pigmentos aumenta a intensidade da cor das gemas.

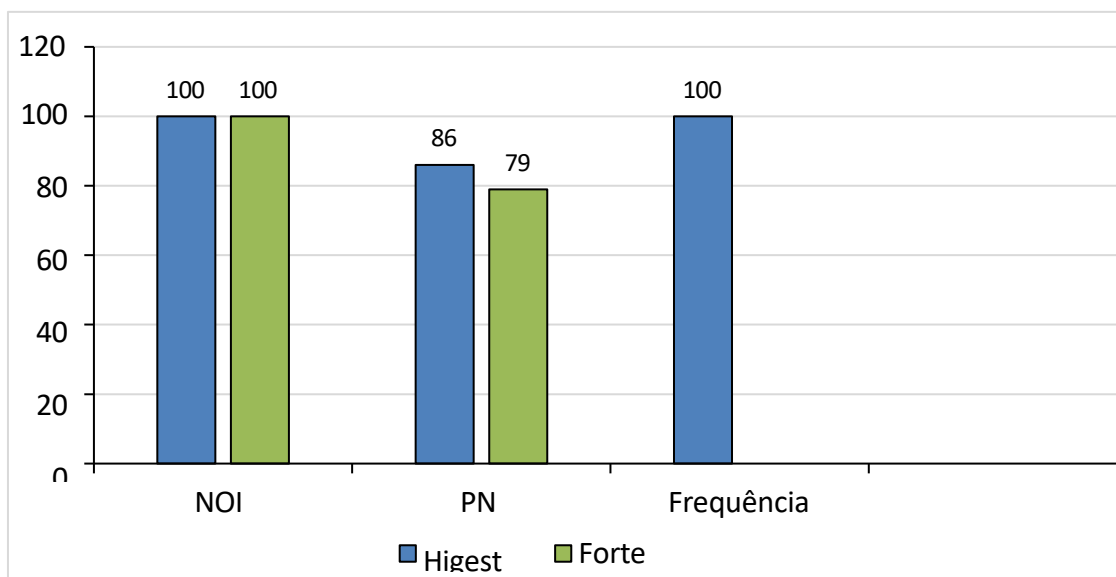
Diversos estudos reforçam que a pigmentação da gema é influenciada pela dieta, com aumentos registrados após a inclusão de ingredientes como milho, feno de moringa (*Moringa oleifera*), sementes de leucena ou farelo de urucum. Em contrapartida, Garcia et al. (2012) observaram redução linear na pigmentação ao utilizar milho, devido à ausência de carotenoides nesse grão.

Embora alimentos fibrosos (como fenos) possam conter pigmentos, seu uso é limitado pelo alto teor de Fibra em Detergente Neutro (FDN). Segundo Raimundo (2020), o feno de planta inteira pode atingir 77% de FDN, o que eleva a taxa de passagem e prejudica a ação das enzimas digestivas em monogástricos (Alves-Campos et al., 2017), podendo comprometer a absorção de nutrientes e pigmentos.

3.3 TAXA DE ECLOSÃO DE CODORNAS SUBMETIDAS A DIFERENTES RAÇÕES COMERCIAIS.

Conforme ilustra o Gráfico 1, o número de ovos incubados (NOI) foi padronizado em ambos os tratamentos para avaliar a produção de pintos normais (PN). Os resultados revelaram uma superioridade no desempenho do Tratamento 1 (ração Higest), que obteve 86 pintos normais, enquanto o Tratamento 2 (ração Forte) apresentou um resultado inferior, totalizando 79 pintos.

Gráfico 1: Taxa de eclosão das codornas



NOI: Número de ovos incubados e PN: Pintos normais.

A literatura indica que fatores ambientais e biológicos são determinantes nesse processo. Sarcinelli (2012) observou que a temperatura de incubação influencia diretamente o tempo de eclosão: ovos mantidos a 38,5°C eclodiram em 396 horas, apresentando resultados satisfatórios (cerca de 74 pintos), enquanto

aqueles sob 36,5°C demandaram 442 horas. Corroborando essa tese, Leandro et al. (2020) afirmam que temperaturas abaixo do ideal podem atrasar o nascimento em média 10,2 horas.

Além da temperatura, a idade da matriz exerce influência significativa. No presente estudo, os dados (Gráfico 1) alinham-se aos achados de Pedroso et al. (2005), que notaram um atraso de 7 a 8 horas na eclosão de ovos provenientes de matrizes jovens (25 semanas) em comparação a matrizes mais velhas. Essa diferença ocorre, possivelmente, porque aves mais velhas produzem ovos com cascas mais finas, o que facilita as trocas gasosas no início do desenvolvimento embrionário. Contudo, Wilson (2019) pondera que, em matrizes de frango, o envelhecimento da ave pode ter o efeito oposto, tendendo a aumentar o período de incubação.

Por fim, a nutrição das matrizes é um fator crítico para a eclodibilidade. Um entrave atual na coturnicultura é a utilização de manejos nutricionais baseados em exigências de galinhas poedeiras, ignorando as particularidades fisiológicas das codornas. Santos et al. (2016) ressaltam que muitas formulações seguem tabelas estrangeiras desconectadas da realidade local, o que compromete a produtividade. Diante do crescimento do setor, torna-se imperativo o desenvolvimento de pesquisas nacionais que estabeleçam exigências nutricionais específicas para otimizar a rentabilidade da produção.

4 CONCLUSÃO

Conclui-se que a ração comercial Higest favoreceu o peso dos ovos (11,63 g) e a produção de pintos normais (86 unidades), superando estatisticamente a ração Forte neste último quesito. Embora o comprimento e o diâmetro dos ovos não tenham sofrido influência significativa dos tratamentos, as maiores médias numéricas também foram registradas no grupo Higest. Por outro lado, a ração Forte mostrou-se superior na pigmentação das gemas, apresentando valores significativamente mais elevados em todas as escalas cromáticas avaliadas (L, a, b).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ABPA – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PROTEÍNA ANIMAL. Relatório anual 2020. São Paulo, 2020. 128 p.
2. ALBINO, L. F. T.; BARRETO, S. L. T. Criação de codornas para produção de ovos e carne. Viçosa, MG: Aprenda Fácil, 2003. 289 p.
3. ALCÂNTARA, J. B. Qualidade físico-química de ovos comerciais: avaliação e manutenção da qualidade. 2012. 36 f. Seminário (Doutorado em Ciência Animal) – Universidade Federal de Goiás.
4. ALMEIDA, T. J. O. Evolução da produção de codornas para abate e postura no Brasil. In: JORNADA DE ENSINO, PESQUISA E EXTENSÃO, 13., 2013, Recife. Anais... Recife: UFRPE, 2013.

5. ALVES-CAMPOS, C. F. et al. Enzimas fúngicas em dietas com alimentos alternativos para frangos de crescimento lento. *Desafios*, v. 4, n. 2, p. 35–53, 2017.
6. ANDRÉ, B. CORRÊA. Efeito da interação idade da matriz x peso do ovo sobre o desempenho de codornas de corte. 2010. Tese (Doutorado em Zootecnia) – UFMG.
7. BAPTISTA, R. F. Avaliação da qualidade interna de ovos de codorna em função da temperatura de armazenamento. 2002. Dissertação (Mestrado) – UFF.
8. BARBOSA, V. M. Desempenho e qualidade dos ovos de codornas alimentadas com diferentes fontes de proteínas. *Revista de Ciências Agrárias*, 2018.
9. BELO, M. T. S. et al. Níveis de energia metabolizável em rações de codornas japonesas. *Ciência e Agrotecnologia*, v. 24, n. 3, p. 782–794, 2000.
10. BRANDÃO, J. S. Alternative foods for feeding quails. *Revista Observatório de Economia Latino-Americana*, v. 21, n. 12, p. 1–21, 2023.
11. CALIL, L. Principais parâmetros que interferem no desenvolvimento embrionário. 2007.
12. CARNEIRO, T. C. et al. Influência da idade dos reprodutores de codornas. *Semina: Ciências Agrárias*, v. 35, n. 5, p. 2449–2465, 2014.
13. CORRÊA, A. B.; SILVA, M. A.; CORRÊA, G. S. S. Influência do peso do ovo no desempenho de codornas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ZOOTECNIA, 18., 2008.
14. COSTA, C. H. R. et al. Teores de cálcio em dietas para codornas japonesas. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, v. 62, n. 5, p. 1225–1231, 2010.
15. COSTA, C. H. R. et al. Balanço de cálcio e fósforo em codornas japonesas. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 39, n. 8, p. 1748–1755, 2010.
16. COSTA, F. G. P. Exigências nutricionais e qualidade de ovos de codornas. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE COTURNICULTURA, 2010.
17. COSTA, F. P.; SILVA, M. M.; FARIA, D. E. Desempenho e qualidade de ovos de codornas. *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal*, v. 17, n. 1, p. 157–168, 2016.
18. DELFIN, P. H. Desempenho produtivo de codornas alimentadas com farinha de casca de sururu. 2019.
19. FAO. Summary of world food and agricultural statistics. Roma, 2004.
20. FARIA, D. E.; SILVA, M.; MOURA, M. S. Qualidade interna de ovos de codornas. *Archivos de Zootecnia*, 2018.
21. GARCIA, A. E. et al. Milheto na alimentação de codornas japonesas. *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal*, v. 13, n. 1, p. 150–159, 2012.


22. GARCIA, E. R. M. et al. Qualidade de ovos de codornas japonesas. *Arquivo de Ciências Veterinárias*, v. 18, n. 4, p. 211–220, 2015.
23. IBGE. Produção pecuária municipal 2019. Rio de Janeiro, 2019.
24. IBGE. Produção da pecuária municipal. Rio de Janeiro, 2013.
25. KLIEM, K. E.; GIVENS, D. I. Dairy products in the food chain. *Annual Review of Food Science*, v. 2, p. 21–36, 2011.
26. LARA, L. J. C. et al. Influência do peso inicial em frangos de corte. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, v. 57, n. 6, p. 799–804, 2005.
27. LEANDRO, N. S. M. et al. Qualidade de ovos comercializados em Goiânia. *Ciência Animal Brasileira*, v. 6, n. 2, p. 71–78, 2005.
28. LEANDRO, N. S. M. Desempenho de codornas japonesas. *Acta Scientiarum*, v. 27, n. 1, p. 129–135, 2005.
29. LIMA, A. C. Características de carcaça de codornas europeias. 2022.
30. LIMA, R. C. et al. Exigência de proteína bruta para codornas japonesas. *Arquivos Brasileiros de Medicina Veterinária e Zootecnia*, v. 66, n. 4, p. 1234–1242, 2014.
31. MARINHO, A. L. Qualidade de ovos de codornas armazenados. 2011.
32. MCDUGAL, T. Global egg production continues to rise. *Poultry World*, 2020.
33. MAURA, M. B. Parâmetros físicos de ovos de codornas. *Ciência Animal Brasileira*, 2021.
34. MEDEIROS, F. M.; ALVES, M. G. M. Qualidade de ovos comerciais. *Nutritime*, v. 11, n. 4, p. 3515–3524, 2014.
35. MÓRI, C. et al. Desempenho de ovos de codornas de grupos genéticos. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 34, n. 3, p. 864–869, 2005.
36. MOURA, A. M. A. et al. Desempenho e qualidade de ovos com sorgo. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 39, p. 2697–2702, 2010.
37. MUNIZ, J. L. Criação de codornas para carne e ovos. 2015.
38. NAÇÕES UNIDAS. Agenda 2030 para o desenvolvimento sustentável. 2015.
39. NERY, V. L. H. et al. Efecto de los niveles de proteína en codornices. *Orinoquia*, v. 17, n. 1, p. 30–37, 2013.
40. NETTO, L. B. C. et al. Qualidade e rotulagem de ovos. *PUBVET*, v. 12, n. 9, 2018.
41. NÓBREGA, I. T. Energia metabolizável para codornas japonesas. 2018.

42. OLIVEIRA, B. D.; OLIVEIRA, D. D. Qualidade e tecnologia de ovos. Lavras: UFLA, 2013.
43. OLIVEIRA, J. P. et al. Parâmetros físicos de ovos de codornas. Revista Agropecuária Técnica, 2018.
44. PIAI, I. Fatores que afetam o desenvolvimento embrionário. 2005.
45. PICCININ, A.; MÓRI, C. Melhoramento genético em codornas. 2007.
46. PIMENTEL GOMES, F. P. Curso de estatística experimental. 2009.
47. PINTO, L. Coturnicultura: uma visão geral. 2019.
48. RAIMUNDO, E. K. M. Milheto na alimentação de codornas. 2020.
49. REIS, R. S. et al. Suplementação de colina para codornas. Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável, 2012.
50. REZENDE, M. J. D. M. et al. Desempenho produtivo de codornas francesas. Acta Scientiarum, v. 26, n. 3, p. 353–358, 2004.
51. ROCHA, V. R. R. A. et al. Substituição do milho por sorgo. Revista Brasileira de Zootecnia, 2008.
52. SANTOS, J. S. et al. Qualidade de ovos de codornas. Revista Desafios, v. 3, n. 1, p. 54, 2016.
53. SANTOS, L. M. et al. Influência da alimentação na qualidade de ovos. Revista Brasileira de Ciências Agrárias, v. 16, n. 2, p. 85–87, 2021.
54. SCHMIDT, D. Ora-pro-nóbis na alimentação de codornas. 2017.
55. SEARCHINGER, T. et al. Creating a sustainable food future. 2019.
56. SEZER, M. et al. Genetic association in Japanese quail. South African Journal of Animal Science, v. 36, n. 2, p. 142–148, 2006.
57. SILVA, A. F. et al. Coturnicultura como alternativa de renda. Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia, v. 70, n. 3, p. 913–920, 2018.
58. SILVA, M. M. Desempenho e características dos ovos de codornas. 2020.
59. SILVA, W. A. Proteína bruta em dietas para codornas europeias. 2019.
60. SILVA, W. J. et al. Pigmentantes naturais para codornas. Nutritime, v. 13, n. 6, 2016.
61. SOUZA, C. F. et al. Desempenho e qualidade dos ovos de codornas. Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia, v. 74, n. 4, 2020.
62. SURAI, P. F. et al. Antioxidant defence systems in poultry. Antioxidants, v. 8, n. 7, p. 235, 2019.

63. VIANA, G. S. Redução da proteína bruta em poedeiras. 2013.
64. VIEIRA, D. V. G. et al. Exigência de cálcio e fósforo em codornas. Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal, 2012.
65. WINTER, E. M. W. et al. Método bayesiano em codornas. Revista Brasileira de Zootecnia, v. 35, p. 168–169, 2006.

DO VERDE AO SEGURO: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA DO PAPEL DOS ESPAÇOS VERDES URBANOS NA RECONFIGURAÇÃO DO RISCO CRIMINAL EM CIDADES DO CERRADO BRASILEIRO

FROM GREEN TO SAFE: A SYSTEMATIC REVIEW OF THE ROLE OF URBAN GREEN SPACES IN RECONFIGURING CRIME RISK IN CITIES OF THE BRAZILIAN CERRADO

 <https://doi.org/10.63330/aurumpub.037-008>

Marcos Antonio Negreiros Dias

Doutorando em Ciências Florestais e Ambientais
Universidade Federal do Tocantins (UFT)
Endereço: Palmas-Tocantins-Brasil
E-mail: marconegreiros1985@gmail.com
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1964-620X>

Rachel Barbosa Lopes Cavalcante Tirello

Doutoranda em Direito Constitucional
Instituição: Instituto Brasileiro de Ensino, Desenvolvimento e Pesquisa (IDP)
Endereço: Dianópolis-Tocantins-Brasil.
E-mail: rachelblc@hotmail.com
ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-6182-7947>

Dernivaldo da Costa Tirello

Mestrando em Direito Fundamental e Alteridades
Instituição: Universidade Católica de Salvador (UCSAL)
Endereço: Dianópolis-Tocantins-Brasil
E-mail: tirelop@gmail.com
ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-5842-4319>

Benício da Costa Neves

Mestre em Ciências Policiais
Academia Policial Militar Tiradentes (APMT)
Endereço: Palmas-Tocantins-Brasil
E-mail: nevesbenicio@gmail.com
ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-9802-7184>

Marcel Sales Campelo

Doutorando em Ciências Policiais de Segurança e Ordem Pública
Instituição: Centro de Autos Estudos em Segurança (CAES) PMSP
Endereço: Palmas-Tocantins-Brasil
E-mail: marcelsalescampelo@gmail.com
ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-4122-4815>

Paulo Sérgio Rocha Lima

Doutorando em Ciências Florestais e Ambientais
Universidade Federal do Tocantins (UFT)
Endereço: Gurupi-Tocantins-Brasil
E-mail: paulosergio@ifto.edu.br
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7399-4347>

Rodrigo Almeida de Sá

Doutorando em Ciências Florestais e Ambientais
Instituição: Universidade Federal do Tocantins (UFT)
Endereço: Palmas-Tocantins-Brasil
E-mail: rodrigoadesa@hotmail.com
ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-9690-3055>

Ana Cláudia Quaresma da Silva

Mestranda em Linguística e Literatura
Instituição: Universidade Federal do Norte do Tocantins (UFNT)
Endereço: Araguaína-Tocantins-Brasil
E-mail: anaquaresma01@hotmail.com
ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-1000-4314>

Lucas dos Santos Barbosa Marinho

Mestre em Ciências Florestais e Ambientais
Instituição: Universidade Federal do Tocantins (UFT)
Endereço: Gurupi –Tocantins, Brasil
E-mail: lucasmarinho1994@gmail.com
ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-5974-3691>

RESUMO

A crescente urbanização tem intensificado desafios relacionados à segurança pública e à qualidade ambiental, impulsionando o interesse por soluções integradas que articulem infraestrutura verde e planejamento urbano. Nesse contexto, os espaços verdes urbanos emergem como elementos estratégicos, capazes de influenciar tanto a dinâmica da criminalidade quanto a percepção de segurança da população. No entanto, a literatura apresenta resultados divergentes quanto ao papel desses espaços, ora associados à redução de crimes, ora à potencialização de riscos, especialmente em função de suas características físicas e do contexto socioespacial em que se inserem. O estudo teve como objetivo analisar, por meio de uma revisão sistemática baseada no protocolo PRISMA, o papel da arborização urbana e dos espaços verdes na reconfiguração do risco criminal, com ênfase em contextos urbanos e lacunas relacionadas a regiões tropicais, como o Cerrado brasileiro. A estratégia metodológica contemplou buscas nas bases *Web of Science*, *Scopus*, *ScienceDirect* e *SpringerLink*, utilizando descritores relacionados à infraestrutura verde, criminalidade e criminologia ambiental. Foram aplicados critérios de inclusão e exclusão previamente definidos, resultando em um corpus final de estudos analisados qualitativamente por meio da Análise de Conteúdo. Os resultados evidenciaram uma tendência crescente da produção científica, com predominância

de estudos em países do Norte Global e uso intensivo de métodos espaciais e quantitativos, como sensoriamento remoto, SIG e modelos econométricos. A análise revelou que os espaços verdes urbanos exercem, predominantemente, um efeito protetor sobre a criminalidade, ao favorecer a vigilância natural, o uso social e a coesão comunitária. Entretanto, também foram identificados efeitos criminógenos associados a ambientes com baixa iluminação, isolamento e configuração inadequada da vegetação. A triangulação dos achados confirmou pressupostos da criminologia ambiental, especialmente no que se refere à influência do ambiente físico na ocorrência do crime, bem como a efetividade de intervenções baseadas em princípios de desenho ambiental. Conclui-se que a infraestrutura verde urbana atua como um elemento modulador do risco criminal, cujo impacto depende de sua qualidade, gestão e integração ao tecido urbano. Os resultados reforçam a necessidade de planejamento urbano orientado por evidências, incorporando princípios de visibilidade, acessibilidade e manutenção. Além disso, destaca-se a lacuna de estudos em contextos tropicais, indicando a importância de pesquisas futuras no Cerrado e em regiões com características socioambientais semelhantes, a fim de subsidiar políticas públicas mais eficazes e contextualizadas.

Palavras-chave: Criminologia ambiental; Prevenção situacional do crime; Infraestrutura urbana; Desigualdade socioespacial; Justiça socioambiental.

ABSTRACT

Increasing urbanization has intensified challenges related to public safety and environmental quality, driving interest in integrated solutions that combine green infrastructure and urban planning. In this context, urban green spaces emerge as strategic elements capable of influencing both crime dynamics and the population's perception of safety. However, the literature presents divergent results regarding the role of these spaces, sometimes associated with crime reduction, sometimes with increased risks, especially due to their physical characteristics and the socio-spatial context in which they are located. This study aimed to analyze, through a systematic review based on the PRISMA protocol, the role of urban afforestation and green spaces in reshaping crime risk, with an emphasis on urban contexts and gaps related to tropical regions, such as the Brazilian Cerrado. The methodological strategy included searches in the Web of Science, Scopus, ScienceDirect, and SpringerLink databases, using descriptors related to green infrastructure, crime, and environmental criminology. Predefined inclusion and exclusion criteria were applied, resulting in a final corpus of studies analyzed qualitatively through Content Analysis. The results showed a growing trend in scientific production, with a predominance of studies in countries of the Global North and intensive use of spatial and quantitative methods, such as remote sensing, GIS, and econometric models. The analysis revealed that urban green spaces predominantly exert a protective effect on crime,

favoring natural surveillance, social use, and community cohesion. However, criminogenic effects associated with environments with low lighting, isolation, and inadequate vegetation configuration were also identified. The triangulation of the findings confirmed assumptions of environmental criminology, especially regarding the influence of the physical environment on the occurrence of crime, as well as the effectiveness of interventions based on environmental design principles. It is concluded that urban green infrastructure acts as a modulating element of crime risk, whose impact depends on its quality, management, and integration into the urban fabric. The results reinforce the need for evidence-based urban planning, incorporating principles of visibility, accessibility, and maintenance. Furthermore, the gap in studies in tropical contexts is highlighted, indicating the importance of future research in the Cerrado and in regions with similar socio-environmental characteristics, in order to support more effective and contextualized public policies.

Keywords: Environmental criminology; Situational crime prevention; Urban infrastructure; Socio-spatial inequality; Socio-environmental justice.

1 INTRODUÇÃO

A urbanização contemporânea tem intensificado desafios relacionados à segurança pública, à qualidade ambiental e ao bem-estar social, sobretudo em contextos urbanos marcados por desigualdades socioespaciais e rápida expansão territorial. Nesse cenário, a infraestrutura verde urbana, incluindo arborização, parques e corredores ecológicos, emerge como um elemento estratégico multifuncional, capaz de promover benefícios ecológicos, sociais e econômicos (Marinho et al., 2024). Estudos recentes indicam que esses espaços contribuem para a valorização imobiliária e para a melhoria da qualidade de vida urbana, ao mesmo tempo em que influenciam diretamente a dinâmica social e a percepção de segurança nas cidades (Ledraa; Aldubikhi, 2025).

A literatura científica tem avançado na compreensão da relação entre espaços verdes urbanos e criminalidade, evidenciando um fenômeno complexo e multifacetado. Por um lado, há evidências empíricas de que a presença de vegetação urbana pode estar associada à redução de crimes, especialmente os de natureza patrimonial, ao favorecer a vigilância natural, o aumento do uso social dos espaços e o fortalecimento da coesão comunitária (Schusler et al., 2018; Arantes et al., 2024; He et al., 2025). Por outro lado, características estruturais da vegetação, como densidade, altura e configuração espacial, podem também criar condições favoráveis à ocultação e à prática de delitos, revelando efeitos não lineares e dependentes do contexto urbano (Deng, 2015).

Sob a perspectiva da criminologia, o ambiente físico assume papel central na configuração das oportunidades criminais. As abordagens das Teorias *Routine Activity Theory*, *da Crime Pattern Theory* e *da*

Crime Prevention Through Environmental Design oferecem suporte teórico consistente para compreender como o desenho urbano, a organização espacial e a presença de elementos ambientais influenciam a ocorrência do crime (Schaefer, 2021). Essas perspectivas são amplamente discutidas na literatura criminológica, destacando a importância da interação entre ofensor, alvo e ausência de vigilância, bem como os padrões espaciais de mobilidade e a configuração do ambiente construído (Carvalho, 2022; Shecaira, 2020; Gonzaga, 2018).

Apesar desses avanços, permanece uma questão central não resolvida: a infraestrutura verde urbana atua predominantemente como fator de redução ou de potencialização da criminalidade? Os resultados empíricos são, em certa medida, contraditórios. Enquanto alguns estudos demonstram que áreas mais verdes estão associadas à redução da criminalidade e ao aumento da sensação de segurança (He et al., 2025; Arantes et al., 2024), outros indicam que espaços mal planejados, com baixa manutenção, pouca iluminação ou reduzida circulação de pessoas, podem aumentar a percepção de insegurança e favorecer a ocorrência de crimes (Mehta; Gopalakrishnan, 2024; Saeedi; Shayesteh; Faraji, 2025).

Além disso, a percepção de segurança dos usuários nem sempre corresponde aos padrões objetivos de criminalidade, sendo fortemente influenciada por variáveis ambientais e sociais, como visibilidade, territorialidade, manutenção e presença de atividades (Hosseinalizadeh; Mahmoud; Morello, 2022). Estudos comparativos entre ambientes reais e virtuais indicam ainda a existência de vieses perceptivos relevantes, que podem alterar significativamente a avaliação da segurança em espaços Urbanos (Mehta; Gopalakrishnan, 2025), Reforçando a necessidade de abordagens metodológicas mais integradas.

Nesse contexto, observa-se que a literatura ainda apresenta importantes lacunas. Em primeiro lugar, há uma fragmentação teórica, na qual estudos tendem a analisar isoladamente a criminalidade, a percepção de segurança ou o desenho urbano, sem integrar essas dimensões. Em segundo lugar, verifica-se a ausência de sínteses sistemáticas que articulem evidências empíricas, perceptivas e espaciais de forma robusta. Em terceiro lugar, há uma limitação geográfica significativa, com predominância de estudos desenvolvidos em países do Norte Global e escassez de investigações aprofundadas em contextos urbanos da América do Sul (Hwang; Son, 2025; Ouyang; Zainol; Rosni, 2026). Soma-se a isso a necessidade de incorporar análises multidimensionais que considerem simultaneamente fatores ambientais, socioeconômicos e espaciais na compreensão da segurança urbana.

Diante desse cenário, o presente estudo teve como objetivo analisar, por meio de uma revisão sistemática, a relação entre arborização urbana, espaços verdes e prevenção do crime, integrando evidências empíricas, perceptivas e teóricas à luz da criminologia ambiental.

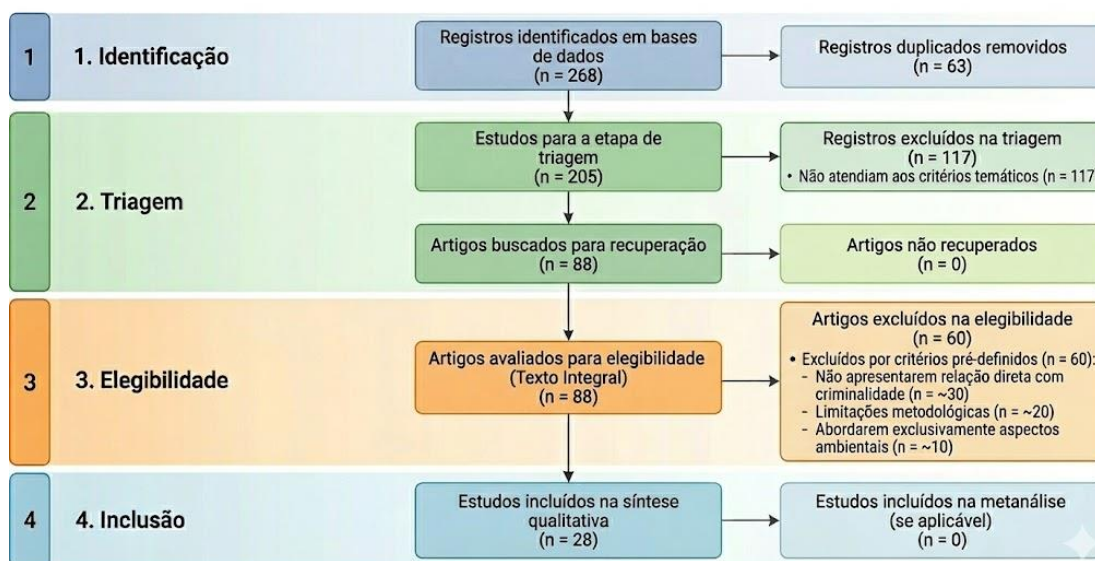
2 METODOLOGIA

O presente estudo caracteriza-se como uma revisão sistemática da literatura, conduzida conforme as diretrizes do PRISMA, com o objetivo de garantir transparência, rigor metodológico e reprodutibilidade na síntese das evidências científicas acerca da relação entre infraestrutura verde urbana e segurança pública. A busca bibliográfica foi realizada entre janeiro e fevereiro de 2026, abrangendo quatro bases de dados científicas de ampla cobertura multidisciplinar: Web of Science, Scopus, ScienceDirect e SpringerLink. A estratégia de busca foi estruturada com base em descritores e operadores booleanos, aplicada nos campos título, resumo e palavras-chave, utilizando a seguinte expressão: (“urban green space*” OR “urban tree*” OR “urban vegetation” OR “green infrastructure”) AND (“crime” OR “crime prevention” OR “urban safety” OR “violence”) AND (“environmental criminology” OR “routine activity theory” OR “CPTED” OR “crime pattern theory”).

Foram definidos critérios de elegibilidade previamente estabelecidos. Como critérios de inclusão e exclusão, consideraram-se artigos científicos revisados por pares e livros, publicados entre 2000 e 2026, que apresentassem abordagem empírica ou de revisão e que tratassem diretamente da relação entre espaços verdes urbanos, arborização e criminalidade ou percepção de segurança. Como critérios de exclusão, foram descartados estudos sem relação direta com o tema da criminalidade, documentos não científicos (como editoriais e relatórios técnicos), registros duplicados entre bases de dados e trabalhos sem acesso ao texto completo (Dias et al., 2026).

O processo de seleção dos estudos seguiu rigorosamente as etapas propostas pelo protocolo PRISMA. Na fase de identificação, foram recuperados 268 registros nas bases consultadas, distribuídos entre Web of Science (96), Scopus (82), ScienceDirect (54) e SpringerLink (36). Após a remoção de 63 registros duplicados, permaneceram 205 estudos para a etapa de triagem. Nessa fase, a leitura de títulos e resumos resultou na exclusão de 117 estudos que não atendiam aos critérios temáticos, restando 88 artigos para avaliação de elegibilidade. Na etapa seguinte, procedeu-se à leitura integral dos textos, sendo excluídos 60 estudos por não apresentarem relação direta com a temática da criminalidade, por limitações metodológicas ou por abordarem exclusivamente aspectos ambientais. Ao final do processo, foram incluídos 28 estudos na amostra final, os quais compuseram o corpus de análise qualitativa. O fluxo completo de seleção foi sistematizado em fluxograma específico, assegurando transparência e rastreabilidade das etapas metodológicas (Hwang; Son, 2025)(Figura 1).

Figura 1. Fluxograma do processo de seleção de estudos conforme as recomendações PRISMA.



Fonte: os autores (2026)

A extração de dados foi realizada de forma padronizada, por meio de uma matriz analítica estruturada, na qual foram coletadas as seguintes variáveis: autor e ano de publicação, país de realização do estudo, tipo de estudo (empírico ou revisão), tipo de espaço verde analisado (parques, arborização viária, corredores verdes), tipo de crime investigado (patrimonial, violento, percepção de segurança), métodos utilizados (análise espacial, sistemas de informação geográfica, modelos econométricos, aprendizado de máquina, entre outros) e principais resultados reportados. Essa sistematização permitiu a comparação entre estudos e a identificação de padrões e divergências na literatura.

A análise dos dados foi conduzida por meio de abordagem qualitativa, fundamentada na técnica de Análise de Conteúdo proposta por Bardin. O procedimento foi estruturado em três etapas principais: 1. pré-análise, com leitura exploratória e organização do corpus; 2. codificação, na qual foram identificadas unidades de registro e categorias temáticas; e 3. categorização e interpretação, permitindo a síntese dos achados e a construção de inferências teóricas, conforme Tabela 1.

Tabela 1. Categorização temática e metodológica do corpus referencial.

Categoria Temática	Referências (Exemplos selecionados)	Foco Metodológico/Teórico
Teorias Criminológicas	Carvalho (2022); Gonzaga (2018); Schaefer (2021); Shecaira (2020)	Fundamentação teórica (Teoria das Atividades Rotineiras, CPTED, Criminologia Geral)
Arborização, Espaços Verdes e Segurança	Arantes et al. (2024); Deng (2015); Escobedo et al. (2018); He et al. (2025); Schusler et al. (2018)	Correlação entre dossel arbóreo, percepção de segurança e ocorrência de crimes
CPTED e Design de Espaços Públicos	Aksoy (2021); Boulton et al. (2023); Hosseinalizadeh et al. (2022); Kubalova & Loveček (2023); Ouyang et al. (2026); Piroozfar et al. (2019)	Aplicação prática de estratégias de prevenção por meio do design em infraestruturas urbanas
Percepção, Educação e Aspectos Sociais	Ceccato & Ioannidis (2024); Dias et al. (2026); Hwang & Son (2025); Mehta & Gopalakrishnan (2024/2025); Saeedi et al. (2025); Silva et al. (2024)	Fatores socioeconômicos, percepção de risco pelos usuários e aspectos educativos
Gestão e Valorização Urbana	Ledraa & Aldubikh (2025); Lopes et al. (2025); Marinho et al. (2024)	Gestão de amenidades verdes, valorização imobiliária e funcionalidade ecológica

Fonte: Os autores (2026).

Com base na literatura analisada e nos objetivos do estudo, foram definidas categorias analíticas que orientaram a interpretação dos resultados: a) teorias criminológicas, contemplando os fundamentos da criminologia ambiental, como a Teoria das Atividades Rotineiras, a *Crime Pattern Theory* e o *Crime Prevention Through Environmental Design (CPTED)*; b) arborização, espaços verdes e segurança, abordando a relação entre cobertura vegetal, percepção de segurança e ocorrência de crimes; c) CPTED e desenho de espaços públicos, com ênfase na aplicação de estratégias de prevenção situacional por meio do planejamento e design urbano; d) percepção, educação e aspectos sociais, incluindo fatores socioeconômicos, percepção de risco e dimensões educativas; e e) gestão e valorização urbana, considerando a governança da infraestrutura verde, sua valorização imobiliária e sua funcionalidade ecológica.

Essa estrutura categorial permitiu uma análise integrada e multidimensional, articulando dimensões teóricas, espaciais, sociais e ambientais, em consonância com os pressupostos da criminologia ambiental e

do planejamento urbano contemporâneo, além de possibilitar a identificação de padrões, lacunas e convergências na literatura analisada.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 CRIMINOLOGIA AMBIENTAL E TEORIA DO AMBIENTE

A criminologia ambiental, destacando-se as Teorias *Routine Activity Theory*, *da Crime Pattern Theory* e *da Crime Prevention Through Environmental Design*, consolida-se como um dos principais referenciais teóricos para compreender a dinâmica da criminalidade em contextos urbanos, ao deslocar o foco analítico do indivíduo para a interação entre comportamento humano e ambiente físico (Ceccato; Ioannidis, 2024). Diferentemente das abordagens tradicionais centradas em fatores exclusivamente sociais ou psicológicos, essa vertente enfatiza que o crime é resultado de oportunidades situacionais estruturadas espacialmente, sendo fortemente influenciado pela organização do espaço urbano, pela acessibilidade, pela visibilidade e pela presença ou ausência de mecanismos de controle informal (Gupta, 2021). Nesse sentido, a configuração do ambiente urbano, incluindo a infraestrutura verde, desempenha papel determinante na modulação das oportunidades criminais, podendo tanto inibir quanto favorecer a ocorrência de delitos, dependendo de suas características físicas e funcionais (Shecaira, 2020; Gonzaga, 2018; Carvalho, 2022).

No núcleo da criminologia ambiental, destaca-se a estrutura conceitual do evento criminal, frequentemente sintetizada pela convergência de três elementos fundamentais: o ofensor motivado, o alvo adequado e a ausência de um guardião capaz (Ceccato; Ioannidis, 2024). Essa estrutura evidencia que o crime não ocorre de forma aleatória, mas depende da coincidência espaço-temporal desses fatores, sendo diretamente influenciada pelo ambiente em que se inserem (Piroozfar et al., 2019). Assim, espaços urbanos que favorecem a circulação de pessoas, a vigilância natural e a apropriação social tendem a reduzir oportunidades para a prática criminosa, enquanto ambientes degradados, isolados ou com baixa visibilidade podem facilitar a ação de ofensores (Shecaira, 2020; Gonzaga, 2018; Carvalho, 2022).

A literatura empírica recente reforça o papel do ambiente físico como variável central na dinâmica da criminalidade. Estudos baseados em análise espacial e sensoriamento remoto demonstram que a cobertura vegetal urbana, quando adequadamente distribuída e integrada ao tecido urbano, está associada à redução de crimes, especialmente os patrimoniais (Dias et al., 2026). No contexto brasileiro, evidências indicam que o aumento da cobertura arbórea está relacionado à diminuição significativa da criminalidade, mesmo após o controle de variáveis socioeconômicas e espaciais, evidenciando a robustez desse efeito em diferentes escalas analíticas (Arantes et al., 2024). De forma complementar, pesquisas que utilizam dados de satélite e inteligência artificial apontam que áreas mais verdes tendem a apresentar menor incidência de

crimes e maior percepção de segurança, destacando a importância da vegetação como elemento estruturante do ambiente urbano seguro (He et al., 2025).

Entretanto, a relação entre infraestrutura verde e criminalidade não é linear, sendo condicionada por atributos específicos da vegetação e do espaço urbano. Investigações que incorporam variáveis como altura, densidade e configuração espacial das árvores evidenciam efeitos ambíguos, nos quais determinadas características podem simultaneamente reduzir a criminalidade, ao favorecer a vigilância, ou aumentá-la, ao criar oportunidades de ocultação (Kubalova; Loveček, 2023). Essa complexidade reforça a necessidade de análises mais refinadas, que considerem não apenas a presença de vegetação, mas sua estrutura e distribuição no espaço urbano (Deng, 2015). Estudos adicionais indicam que a associação entre cobertura arbórea, parques urbanos e criminalidade varia conforme o contexto urbano e os padrões de uso do espaço, evidenciando a influência de fatores locais na determinação desses efeitos (Schusler et al., 2018).

Além dos efeitos objetivos sobre a criminalidade, o ambiente físico exerce influência significativa sobre a percepção de segurança dos indivíduos. Abordagens fundamentadas no desenho urbano, especialmente aquelas associadas aos princípios de prevenção do crime por meio do design ambiental, demonstram que elementos como visibilidade, iluminação, manutenção, territorialidade e controle de acesso são determinantes para a construção de ambientes percebidos como seguros (Kubalova; Loveček, 2023).. Estudos aplicados em parques urbanos evidenciam que variáveis associadas à vigilância e à manutenção apresentam forte correlação com a percepção de segurança, ainda que essa percepção possa variar entre ambientes reais e virtuais, indicando a presença de vieses perceptivos relevantes (Hosseinalizadeh; Mahmoud; Morello, 2022; Mehta; Gopalakrishnan, 2024; Mehta; Gopalakrishnan, 2025).

Nesse contexto, a infraestrutura verde também se relaciona com dimensões sociais mais amplas, como coesão social e uso do espaço público. Espaços verdes bem planejados tendem a promover interação social, aumentar a presença de usuários e fortalecer mecanismos de vigilância informal, contribuindo para a redução das oportunidades criminais (Aksoy, 2021). A literatura recente indica que a integração entre infraestrutura verde, coesão social e desenvolvimento sustentável constitui um eixo fundamental para a prevenção do crime em ambientes urbanos, destacando a importância de abordagens interdisciplinares na compreensão desse fenômeno (Hwang; Son, 2025; Ouyang; Zainol; Rosni, 2026).

Ademais, estudos que integram fatores socioeconômicos e ambientais demonstram que a percepção de segurança não depende exclusivamente das características físicas do ambiente, sendo também influenciada por desigualdades sociais, densidade populacional e condições urbanas (Escobedo et al., 2018). A análise conjunta desses fatores permite compreender de forma mais abrangente a complexidade da segurança urbana, evidenciando que a infraestrutura verde atua como um componente relevante, porém inserido em um sistema multifatorial (Saeedi; Shayesteh; Faraji, 2025).

Por fim, destaca-se que a presença de infraestrutura verde urbana também está associada a benefícios indiretos que impactam a dinâmica urbana, como a valorização imobiliária e a melhoria das condições de habitabilidade, reforçando sua relevância no planejamento urbano contemporâneo (Deng, 2015; Schusler et al., 2018; Mehta; Gopalakrishnan, 2024). Esses aspectos ampliam o papel dos espaços verdes para além da dimensão ambiental, posicionando-os como elementos estratégicos na promoção de cidades mais seguras, sustentáveis e socialmente integradas (Ledraa; Aldubikhi, 2025).

Portanto, a criminologia ambiental evidencia que o crime é um fenômeno espacialmente estruturado, cuja ocorrência depende da interação entre ofensor, alvo e ausência de vigilância, sendo profundamente influenciado pelas características do ambiente físico (Gonzaga, 2018; Shecaira, 2020; Carvalho, 2022; Arantes et al., 2024). A infraestrutura verde, nesse contexto, atua como um elemento modulador das oportunidades criminais, podendo tanto reduzir quanto potencializar a criminalidade, dependendo de sua configuração, uso e integração ao tecido urbano (Mahmoud; Morello, 2022; Saeedi; Shayesteh; Faraji, 2025; Ledraa; Aldubikhi, 2025). Essa perspectiva reforça a necessidade de abordagens analíticas integradas, capazes de articular fatores ambientais, sociais e espaciais na compreensão da segurança urbana contemporânea (He et al., 2025; Mehta; Gopalakrishnan, 2025; Hosseinalizadeh; Hwang; Son, 2025; Ouyang; Zainol; Rosni, 2026).

3.2 ESPAÇOS VERDES URBANOS E SEGURANÇA PÚBLICA

Os espaços verdes urbanos configuram-se como elementos estratégicos na interface entre planejamento urbano, qualidade ambiental e segurança pública (Escobedo et al., 2018). A literatura evidencia que esses espaços influenciam diretamente tanto a ocorrência de crimes quanto a percepção de segurança, devendo ser analisados sob uma perspectiva integrada que considere fatores físicos, sociais e espaciais. Revisões recentes destacam que a infraestrutura verde, quando inserida de forma planejada no tecido urbano, contribui para a construção de ambientes mais seguros e socialmente ativos (Hwang; Son, 2025; Ouyang; Zainol; Rosni, 2026).

Entre os principais benefícios, destaca-se o fortalecimento da coesão social. Áreas verdes urbanas funcionam como espaços de convivência que incentivam a interação entre indivíduos, ampliando o uso do espaço público e favorecendo a formação de redes sociais (Mehta; Gopalakrishnan, 2025). Esse processo contribui para o aumento da vigilância informal, uma vez que a presença constante de usuários tende a inibir comportamentos delituosos (Aksoy, 2021). Evidências empíricas indicam que áreas com maior cobertura vegetal e uso social apresentam menores níveis de criminalidade e maior percepção de segurança, especialmente em contextos urbanos onde há integração entre vegetação e atividades humanas (Schusler et al., 2018; Arantes et al., 2024; He et al., 2025).

A vigilância natural constitui outro mecanismo relevante, sendo diretamente influenciada pela qualidade do desenho urbano. Elementos como visibilidade, manutenção e suporte às atividades são determinantes para a segurança percebida, uma vez que ambientes bem cuidados e frequentados tendem a aumentar o controle social sobre o espaço (Aksoy, 2021). Estudos demonstram que essas variáveis possuem forte correlação com a sensação de segurança, evidenciando que o desempenho dos espaços verdes na prevenção do crime depende menos de sua existência isolada e mais de sua funcionalidade e gestão (Shecaira, 2020; Hosseinalizadeh; Mahmoud; Morello, 2022; Carvalho, 2022; Mehta; Gopalakrishnan, 2024).

Por outro lado, a literatura também aponta que espaços verdes podem apresentar riscos quando não possuem adequada integração urbana. Áreas isoladas, com baixa conectividade e reduzido fluxo de pessoas, tendem a apresentar maior vulnerabilidade à ocorrência de crimes, sobretudo quando associadas a características físicas que dificultam a visibilidade (Carvalho, 2022; Mehta; Gopalakrishnan, 2024). A configuração da vegetação, incluindo densidade e distribuição, pode intensificar esse efeito ao criar oportunidades de ocultação, evidenciando que a relação entre ambiente e criminalidade é condicionada pela estrutura espacial (Deng, 2015).

A baixa iluminação configura-se como outro fator crítico, influenciando tanto a ocorrência de crimes quanto a percepção de insegurança. Ambientes pouco iluminados reduzem a visibilidade e desencorajam o uso do espaço no período noturno, favorecendo condições de menor vigilância. Estudos baseados na percepção dos usuários indicam que variáveis associadas à iluminação e visibilidade são determinantes para a avaliação da segurança, reforçando a importância desses elementos no planejamento de áreas verdes (Mehta; Gopalakrishnan, 2025; Saeedi; Shayesteh; Faraji, 2025).

Além disso, fatores socioeconômicos atuam como condicionantes relevantes na relação entre espaços verdes e segurança pública. A distribuição desigual da infraestrutura verde e as diferenças nas condições urbanas podem influenciar tanto a qualidade desses espaços quanto os padrões de criminalidade, indicando que a eficácia das intervenções ambientais depende de sua articulação com políticas sociais mais amplas (Saeedi; Shayesteh; Faraji, 2025; Ledraa; Aldubikhi, 2025).

Dessa forma, os espaços verdes urbanos apresentam um caráter dual na segurança pública. Quando bem planejados, mantidos e integrados ao uso urbano, atuam como fatores de proteção, promovendo coesão social e vigilância natural (Deng, 2015; He et al., 2025). Em contrapartida, quando associados a isolamento, baixa iluminação e ausência de uso social, podem se tornar áreas de risco. Essa dualidade evidencia a necessidade de abordagens baseadas em evidências, nas quais a infraestrutura verde seja concebida como componente ativo na promoção de ambientes urbanos mais seguros e sustentáveis (Mehta; Gopalakrishnan, 2024; Hwang; Son, 2025; Mehta; Gopalakrishnan, 2025; Saeedi; Shayesteh; Faraji, 2025; Ledraa; Aldubikhi, 2025; Ouyang; Zainol; Rosni, 2026).

3.3 PREVENÇÃO SITUACIONAL DO CRIME: CPTED, URBANISMO E SEGURANÇA

A prevenção situacional do crime constitui um dos principais eixos operacionais da criminologia ambiental, ao propor a redução de oportunidades delitivas por meio da modificação intencional do ambiente físico. Diferentemente de abordagens centradas exclusivamente em fatores sociais ou individuais, essa perspectiva enfatiza intervenções diretas no espaço urbano como forma de aumentar o risco percebido pelo ofensor, reduzir os benefícios do crime e ampliar o controle social informal. Nesse contexto, o ambiente construído passa a ser concebido como instrumento ativo de regulação comportamental, influenciando decisões e padrões de mobilidade no espaço urbano (Gonzaga, 2018; Shecaira, 2020; Carvalho, 2022).

Entre os principais referenciais aplicados à prevenção situacional, destaca-se o *Crime Prevention Through Environmental Design* (CPTED), abordagem que integra princípios de planejamento urbano e arquitetura para promover ambientes mais seguros. O CPTED baseia-se em elementos como vigilância natural, controle de acesso, territorialidade, manutenção e suporte às atividades, os quais atuam conjuntamente para reduzir a probabilidade de ocorrência de crimes (Hosseinalizadeh; Mahmoud; Morello, 2022). A efetividade desses princípios está diretamente associada à capacidade de estimular o uso legítimo dos espaços e aumentar a visibilidade das interações sociais, fatores que reforçam a presença de “guardiões capazes” e dificultam a ação de ofensores (Mehta; Gopalakrishnan, 2024; Ouyang; Zainol; Rosni, 2026).

A literatura empírica evidencia que a aplicação dos princípios de CPTED em espaços verdes urbanos tem contribuído significativamente para a melhoria da percepção de segurança e, em determinados contextos, para a redução da criminalidade. Estudos indicam que variáveis como manutenção adequada, iluminação eficiente e presença de atividades recreativas são determinantes para a construção de ambientes seguros, especialmente em parques urbanos. Além disso, análises comparativas entre ambientes reais e virtuais demonstram que atributos associados à vigilância e à organização espacial apresentam forte correlação com a percepção de segurança, reforçando a importância do desenho ambiental na experiência dos usuários (Mehta; Gopalakrishnan, 2025; Saeedi; Shayesteh; Faraji, 2025).

No âmbito do urbanismo, a integração entre planejamento espacial e segurança pública tem se consolidado como abordagem estratégica para o desenvolvimento de cidades mais seguras e sustentáveis. A incorporação de infraestrutura verde ao planejamento urbano, quando orientada por princípios de acessibilidade, conectividade e uso ativo do espaço, potencializa os efeitos positivos sobre a segurança. Evidências indicam que espaços verdes bem projetados, inseridos em áreas com alta circulação e conectados à malha urbana, tendem a reduzir oportunidades criminais ao favorecer a vigilância natural e a apropriação social do espaço (Arantes et al., 2024; He et al., 2025; Dias et al., 2026).

Por outro lado, a ausência de planejamento integrado pode comprometer a eficácia dessas intervenções. Espaços com baixa conectividade, iluminação insuficiente ou manutenção precária podem

reduzir a presença de usuários e enfraquecer os mecanismos de controle social, aumentando a vulnerabilidade à ocorrência de crimes. Estudos baseados em análise espacial demonstram que a configuração da vegetação e do espaço urbano influencia diretamente a visibilidade e o comportamento dos indivíduos, evidenciando que intervenções mal estruturadas podem produzir efeitos contrários aos desejados (Deng, 2015; Schusler et al., 2018).

Outrossim, a efetividade das estratégias de prevenção situacional depende da interação com fatores socioeconômicos e culturais (Deng, 2015; Schusler et al., 2018). A distribuição desigual de infraestrutura urbana, associada a condições de vulnerabilidade social, pode limitar o impacto das intervenções ambientais, indicando que o planejamento urbano voltado à segurança deve ser articulado a políticas públicas mais amplas. Nesse sentido, abordagens integradas que considerem simultaneamente ambiente físico, contexto social e uso do espaço apresentam maior potencial de sucesso na promoção da segurança urbana (Saeedi; Shayesteh; Faraji, 2025; Ledraa; Aldubikhi, 2025).

A prevenção situacional do crime, ancorada nos princípios de CPTED e no planejamento urbano, evidencia que a configuração do ambiente físico é determinante na redução de oportunidades criminais (Gonzaga, 2018; Shecaira, 2020). A integração entre desenho urbano, infraestrutura verde e dinâmica social permite a construção de espaços mais seguros, desde que orientada por critérios técnicos e evidências empíricas, reforçando o papel do urbanismo como ferramenta central na promoção da segurança pública contemporânea (Carvalho, 2022; Hosseinalizadeh; Mahmoud; Morello, 2022; Mehta; Gopalakrishnan, 2024; Arantes et al., 2024; He et al., 2025; Saeedi; Shayesteh; Faraji, 2025; Ledraa; Aldubikhi, 2025; Ouyang; Zainol; Rosni, 2026).

3.4 EVIDÊNCIAS EMPÍRICAS INTERNACIONAIS E NO BRASIL

A literatura internacional sobre infraestrutura verde e segurança pública apresenta um conjunto crescente de evidências empíricas que, embora robustas, revelam resultados heterogêneos quanto aos efeitos dos espaços verdes sobre a criminalidade. De modo geral, esses estudos indicam que a relação entre ambiente natural urbano e crime não é unidirecional, mas condicionada por variáveis contextuais, estruturais e socioeconômicas, exigindo abordagens analíticas que considerem a complexidade do fenômeno (Hwang; Son, 2025; Ouyang; Zainol; Rosni, 2026).

Diversas pesquisas apontam um efeito protetor associado à presença de espaços verdes urbanos. Estudos baseados em análise espacial e sensoriamento remoto demonstram que áreas com maior cobertura vegetal tendem a apresentar redução nos índices de criminalidade, especialmente em crimes patrimoniais. Evidências indicam que o aumento da vegetação urbana está relacionado à ampliação da vigilância natural, ao incremento do uso social do espaço e à melhoria da percepção de segurança, fatores que contribuem para a diminuição das oportunidades criminais (Schusler et al., 2018; Arantes et al., 2024; He et al., 2025). Além

disso, análises quase-experimentais mostram que a implementação de infraestruturas verdes, como corredores ecológicos e greenways, pode resultar em reduções significativas de crimes, sem evidências de deslocamento espacial, reforçando o potencial dessas intervenções como estratégia de segurança urbana (Spencer; Mitre-Becerril, 2025).

Por outro lado, a literatura também documenta um efeito criminógeno em determinadas condições. Estudos que incorporam variáveis estruturais da vegetação evidenciam que características como elevada densidade, altura e configuração espacial podem reduzir a visibilidade e criar oportunidades de ocultação, favorecendo a ocorrência de crimes. Essa relação não linear indica que a simples presença de vegetação não garante maior segurança, sendo fundamental considerar sua organização espacial e integração ao ambiente urbano (Deng, 2015). Adicionalmente, espaços verdes com baixa manutenção, iluminação insuficiente ou reduzido fluxo de usuários tendem a apresentar maior vulnerabilidade, podendo contribuir para o aumento da percepção de insegurança e da incidência de delitos (Mehta; Gopalakrishnan, 2024; Saeedi; Shayesteh; Faraji, 2025).

A coexistência desses efeitos reforça a necessidade de interpretar os resultados à luz de abordagens integradas, nas quais fatores ambientais, sociais e espaciais atuam de forma interdependente. Estudos que combinam dados objetivos de criminalidade com métricas de percepção de segurança indicam que, embora os espaços verdes frequentemente estejam associados a ambientes mais seguros, seus efeitos variam conforme o contexto urbano e as condições socioeconômicas locais. Nesse sentido, a infraestrutura verde deve ser compreendida como um componente inserido em sistemas urbanos complexos, cuja eficácia depende de sua qualidade, gestão e articulação com o uso do espaço (He et al., 2025; Saeedi; Shayesteh; Faraji, 2025).

Apesar do avanço dessas evidências, observa-se uma lacuna significativa no que se refere a contextos tropicais, especialmente no bioma Cerrado e em estados como o Tocantins. As especificidades ambientais e urbanas dessa região, caracterizadas por clima sazonal, altas temperaturas, períodos prolongados de estiagem e rápida expansão urbana, podem influenciar de maneira distinta a relação entre infraestrutura verde e segurança pública (Dias et al., 2026). No Cerrado, a vegetação apresenta padrões estruturais próprios, com formações savânicas, arbóreas esparsas e elevada variabilidade espacial, o que pode alterar os efeitos associados à visibilidade, uso do espaço e vigilância natural (Silva; Bakay; Morais, 2024; Lopes et al., 2025).

No caso do Tocantins, marcado por dinâmicas recentes de urbanização e expansão agropecuária, observa-se uma transformação acelerada do uso do solo, com redução da vegetação nativa e aumento de áreas urbanas e periurbanas (Lopes et al., 2025; Dias et al., 2026). Esse processo tende a gerar espaços urbanos com baixa densidade de arborização, fragmentação da infraestrutura verde e desigual distribuição

de áreas públicas, fatores que podem influenciar tanto a ocorrência de crimes quanto a percepção de segurança. Ademais, a limitada presença de estudos empíricos regionais dificulta a compreensão das interações entre ambiente físico, vulnerabilidade social e dinâmica criminal nesse contexto específico (Schusler et al., 2018; Arantes et al., 2024).

Outro aspecto relevante refere-se à desigualdade socioespacial, frequentemente observada em cidades do Cerrado, onde a infraestrutura verde e os equipamentos urbanos tendem a se concentrar em áreas mais valorizadas, enquanto regiões periféricas apresentam déficits significativos (Lopes et al., 2025; Dias et al., 2026). Essa distribuição desigual pode intensificar padrões de vulnerabilidade, reduzindo os potenciais benefícios dos espaços verdes na promoção da segurança pública. Assim, a análise da relação entre arborização urbana e criminalidade no Tocantins requer a incorporação simultânea de fatores ambientais, sociais e espaciais, alinhando-se às abordagens integradas propostas pela criminologia ambiental (Arantes et al., 2024; Ledraa; Aldubikhi, 2025).

A análise dos resultados também evidencia que a infraestrutura verde urbana não se distribui de forma homogênea no espaço urbano, configurando-se, em muitos casos, como um verdadeiro “privilegio geográfico”. Em cidades marcadas por desigualdades socioespaciais, como as do Cerrado brasileiro, a presença de áreas arborizadas, parques bem estruturados e espaços públicos qualificados tende a concentrar-se em regiões centrais ou de maior valorização imobiliária, enquanto áreas periféricas permanecem com baixa cobertura vegetal, infraestrutura precária e reduzida oferta de espaços públicos de qualidade. Essa distribuição desigual implica que os benefícios associados à arborização urbana, incluindo a melhoria da percepção de segurança, a redução de oportunidades criminais e o aumento da vigilância informal, não são igualmente acessíveis a toda a população, reforçando padrões de exclusão territorial (Saeedi; Shayesteh; Faraji, 2025; Ledraa; Aldubikhi, 2025).

No contexto do Tocantins, essa dinâmica assume relevância particular, uma vez que a expansão urbana recente tem ocorrido de forma fragmentada e com limitada incorporação de planejamento ambiental nas áreas periféricas. Nessas regiões, caracterizadas por maior vulnerabilidade socioeconômica, observa-se a combinação de fatores críticos, como baixa arborização, deficiência de iluminação pública, reduzida conectividade urbana e menor presença de atividades sociais estruturadas. Esse conjunto de condições não apenas limita os efeitos protetores da infraestrutura verde, mas também pode intensificar a exposição ao risco criminal, ao reduzir a vigilância natural e aumentar a sensação de insegurança entre os moradores (Arantes et al., 2024; Silva; Bakay; Morais, 2024; Lopes et al., 2025).

Essa desigualdade na distribuição da infraestrutura verde contribui para a formação de um padrão espacial no qual áreas mais valorizadas concentram simultaneamente melhores condições ambientais e maior segurança, enquanto territórios periféricos acumulam déficits estruturais e maior vulnerabilidade. Tal configuração reforça a ideia de que a segurança urbana não é apenas resultado de políticas de controle do

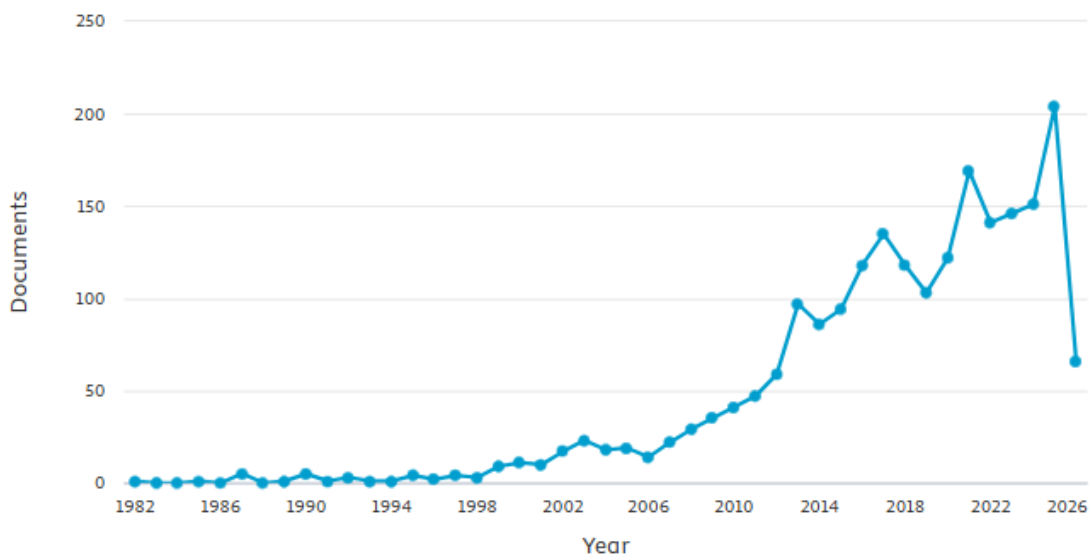
crime, mas também de processos de produção do espaço urbano que determinam quem tem acesso a ambientes mais seguros e quem permanece exposto a contextos de maior risco. Assim, a infraestrutura verde deve ser compreendida não apenas como elemento ecológico ou urbanístico, mas como componente estratégico na redução de desigualdades territoriais e na promoção de justiça socioambiental (Hwang; Son, 2025; Ouyang; Zainol; Rosni, 2026).

Dessa forma, embora a literatura internacional forneça evidências consistentes sobre o papel dos espaços verdes na segurança urbana, sua aplicação em contextos como o Cerrado e o Tocantins ainda é limitada. Essa lacuna reforça a necessidade de estudos empíricos que considerem as especificidades regionais, contribuindo para a construção de modelos mais adequados à realidade brasileira e para o desenvolvimento de políticas públicas baseadas em evidências locais. A ampliação dessa agenda de pesquisa representa um passo fundamental para consolidar a infraestrutura verde como instrumento efetivo de promoção da segurança urbana em regiões tropicais (Arantes et al., 2024; Ledraa; Aldubikhi, 2025; Hwang; Son, 2025; Ouyang; Zainol; Rosni, 2026).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise dos estudos evidenciou a consolidação e expansão do campo de pesquisa que articula infraestrutura verde urbana e segurança pública. A distribuição temporal revela uma trajetória evolutiva marcada por três fases distintas: um período inicial de baixa produção científica entre 1982 e 2006, seguido por um crescimento gradual até aproximadamente 2010, e, posteriormente, uma expansão acentuada e contínua até o ápice em 2025. É vital notar que a "queda súbita em 2026" demonstrada no gráfico decorre do ano estar em curso. Aquele comportamento indica que a temática passou de um campo emergente para uma área consolidada e de crescente relevância científica, impulsionada pelo avanço de metodologias analíticas, como geotecnologias, sensoriamento remoto e modelagem espacial, bem como pela ampliação do debate sobre cidades sustentáveis e seguras (Hwang; Son, 2025; He et al., 2025), conforme verificado na Figura 2.

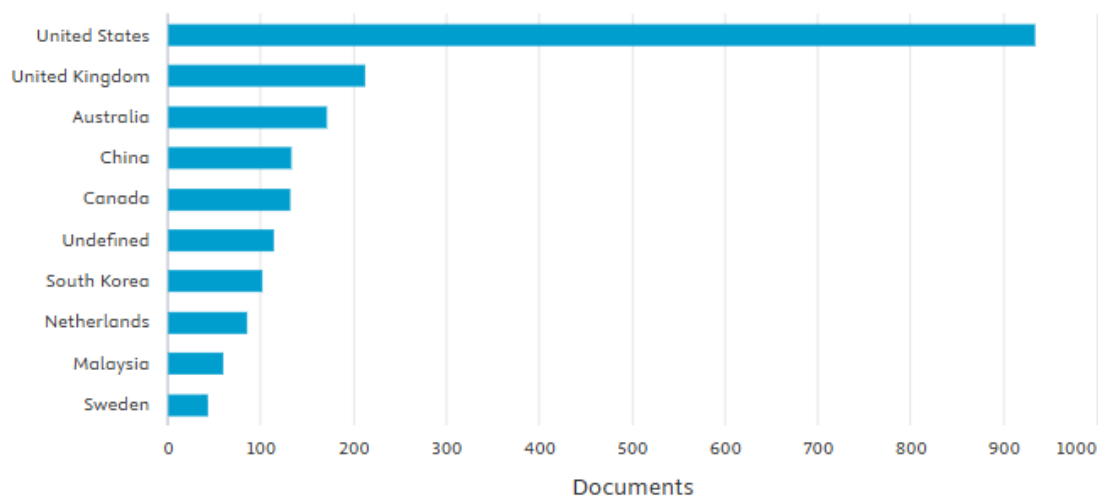
Figura 2. Evolução temporal da produção científica sobre infraestrutura verde e segurança pública.



Fonte: Os autores (2026)

No que se refere à distribuição geográfica, observa-se forte concentração da produção científica em países do Norte Global, com destaque para os Estados Unidos, que lideram de forma expressiva o volume de publicações, seguidos por Reino Unido, Austrália, China e Canadá. Essa predominância evidencia a centralidade dessas regiões no desenvolvimento teórico e metodológico da área, ao mesmo tempo em que revela uma lacuna significativa em contextos do Sul Global, especialmente em regiões tropicais como o Brasil e o bioma Cerrado. Essa assimetria limita a generalização dos resultados e reforça a necessidade de estudos contextualizados, capazes de incorporar especificidades socioambientais e urbanas distintas (Arantes et al., 2024; Ledraa; Aldubikhi, 2025), conforme figura 3.

Figura 3. Distribuição geográfica da produção científica sobre infraestrutura verde e segurança pública por país.



Fonte: Os autores (2026)

Já em relação aos métodos predominantes, verifica-se a adoção crescente de abordagens quantitativas e espaciais, com destaque para o uso de Sistemas de Informação Geográfica (SIG), sensoriamento remoto (NDVI, LiDAR), modelos econométricos espaciais (OLS, GWR, SARMA) e técnicas de aprendizado de máquina. Essas metodologias têm permitido análises mais precisas da relação entre variáveis ambientais e padrões de criminalidade, superando limitações de estudos anteriores baseados em abordagens descritivas. Além disso, observa-se a incorporação de métodos qualitativos e perceptivos, como análise de conteúdo e avaliações baseadas em percepção de usuários, ampliando a compreensão do fenômeno sob uma perspectiva multidimensional (Deng, 2015; Arantes et al., 2024; He et al., 2025; Mehta; Gopalakrishnan, 2025).

A análise dos resultados evidencia forte convergência com os principais referenciais da criminologia ambiental. A *Routine Activity Theory* é amplamente corroborada, uma vez que a presença e a qualidade dos espaços verdes influenciam diretamente a convergência entre ofensor, alvo e ausência de guardião. Áreas com maior uso social, boa iluminação e manutenção adequada tendem a aumentar a vigilância natural, reduzindo oportunidades criminais, enquanto espaços isolados ou degradados favorecem a ocorrência de delitos (Shecaira, 2020; Carvalho, 2022; HE et al., 2025).

Outrossim, a *Crime Pattern Theory* é evidenciada pelos padrões espaciais observados na distribuição da criminalidade. Os resultados indicam que o crime segue a lógica das redes urbanas, concentrando-se em pontos de atividade (nodes), trajetos (paths) e limites espaciais (edges), sendo influenciado pela acessibilidade e pelo uso do espaço urbano. A presença de infraestrutura verde, quando integrada a essas redes, pode alterar fluxos e dinâmicas espaciais, contribuindo para a redistribuição ou redução da criminalidade (Deng, 2015; Schusler et al., 2018).

A efetividade de intervenções baseadas no *Crime Prevention Through Environmental Design* também é amplamente confirmada. Os estudos analisados demonstram que o ambiente pode ser projetado para prevenir crimes por meio de elementos como iluminação adequada, aumento da visibilidade, controle de acesso e reforço da territorialidade (Burghardt et al., 2022). Esses fatores atuam conjuntamente para aumentar o risco percebido pelo ofensor e fortalecer o controle social informal, especialmente em espaços verdes urbanos bem planejados e mantidos (Mehta; Gopalakrishnan, 2024; Hosseinalizadeh; Mahmoud; Morello, 2022; Ouyang; Zainol; Rosni, 2026).

A discussão teórica permite incorporar a *Environmental Stress Theory*, que contribui para explicar como fatores ambientais, como calor, densidade e ruído, podem influenciar comportamentos agressivos e aumentar a propensão à violência. Em contextos urbanos, especialmente em regiões tropicais, esses fatores podem atuar como elementos moderadores da relação entre infraestrutura verde e segurança, reforçando a

importância de soluções baseadas na natureza para mitigação de estresses ambientais e promoção de ambientes mais seguros (Saeedi; Shayesteh; Faraji, 2025; Ledraa; Aldubikhi, 2025).

Nesse sentido, a aplicação da Environmental Stress Theory ao contexto do Cerrado, particularmente no estado do Tocantins, permite aprofundar a interpretação dos resultados ao considerar o papel mediador das condições ambientais regionais. Em ambientes urbanos submetidos a altas temperaturas sazonais, comuns durante períodos prolongados de estiagem, observa-se o aumento do estresse térmico, que pode intensificar respostas fisiológicas e psicológicas associadas à irritabilidade, impulsividade e comportamentos agressivos. Esse efeito é potencializado pela baixa cobertura arbórea e pela presença de superfícies impermeabilizadas, que elevam a temperatura local e reduzem o conforto térmico urbano, criando condições propícias ao agravamento de tensões sociais (Saeedi; Shayesteh; Faraji, 2025; Ledraa; Aldubikhi, 2025).

Ademais, fatores como o “ruído ambiental”, entendido não apenas como poluição sonora, mas também como sobrecarga sensorial decorrente de ambientes urbanos desorganizados, densos e com baixa qualidade ambiental, atuam como estressores cumulativos. No contexto do Tocantins, onde a expansão urbana ocorre frequentemente de forma fragmentada e com déficit de infraestrutura verde, esses elementos podem amplificar a predisposição a conflitos interpessoais e comportamentos desviantes. Dessa forma, os espaços verdes urbanos desempenham um papel duplo: ao mesmo tempo em que reduzem a temperatura, atenuam o ruído e promovem conforto ambiental, também funcionam como moderadores do estresse, contribuindo indiretamente para a redução da agressividade e da criminalidade (Escobedo et al., 2018; Marinho et al., 2024; Silva; Bakay; Morais, 2024).

Assim, evidenciou-se que os efeitos benéficos da infraestrutura verde não se limitam à vigilância natural ou à organização espacial, mas também operam por meio da regulação microclimática e psicossocial. Em regiões tropicais como o Cerrado, esse mecanismo assume relevância ainda maior, indicando que a ausência ou baixa qualidade de espaços verdes pode não apenas reduzir os efeitos protetores, mas também intensificar condições ambientais que favorecem comportamentos agressivos. Portanto, a Environmental Stress Theory contribui para explicar por que, em determinados contextos, a deficiência de arborização urbana pode amplificar o risco criminal, atuando como variável moderadora na relação entre ambiente físico e segurança pública (Saeedi; Shayesteh; Faraji, 2025; Ledraa; Aldubikhi, 2025; Hwang; Son, 2025; Ouyang; Zainol; Rosni, 2026).

Outrossim, a relação entre espaços verdes e criminalidade é condicionada por múltiplos fatores e não pode ser interpretada de forma simplificada. Enquanto parte significativa dos estudos aponta efeitos protetores associados à vegetação urbana, outros demonstram que características específicas do ambiente podem gerar efeitos adversos, especialmente quando há baixa manutenção, iluminação insuficiente ou ausência de uso social. Essa dualidade reforça a necessidade de abordagens baseadas em evidências e

planejamento urbano integrado, no qual a infraestrutura verde seja concebida como elemento ativo na promoção da segurança pública.

Por fim, destaca-se que a predominância de estudos em países desenvolvidos e a escassez de investigações em contextos tropicais, como o Cerrado e o Tocantins, configuram uma lacuna relevante na literatura. Considerando as especificidades ambientais, climáticas e socioeconômicas dessas regiões, a replicação direta de modelos desenvolvidos em outras realidades pode ser limitada, reforçando a necessidade de pesquisas que considerem as particularidades locais. Dessa forma, os resultados obtidos nesta revisão não apenas consolidam o conhecimento existente, mas também indicam caminhos para o avanço científico e para o desenvolvimento de políticas públicas mais eficazes e contextualizadas (Arantes et al., 2024; Hwang; Son, 2025; Ouyang; Zainol; Rosni, 2026).

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A infraestrutura verde exerce papel relevante na modulação da criminalidade, confirmando pressupostos centrais da criminologia ambiental, especialmente no que se refere à influência do ambiente físico na convergência entre ofensor, alvo e ausência de vigilância. Observou-se predominância de evidências que apontam um efeito protetor dos espaços verdes, sobretudo quando associados a uso social ativo, boa manutenção e adequada inserção urbana, contribuindo para o fortalecimento da vigilância natural e da coesão social. Contudo, também foram identificados efeitos adversos em contextos caracterizados por isolamento, baixa iluminação e configuração espacial inadequada da vegetação, evidenciando que a relação entre infraestrutura verde e segurança pública é condicionada por múltiplos fatores ambientais e socioeconômicos. No mais, verificou-se concentração geográfica dos estudos em países do Norte Global e avanço significativo no uso de métodos espaciais e computacionais, ao passo que permanecem lacunas relevantes em contextos tropicais, como o Cerrado e o Tocantins.

Diante desses achados, recomenda-se que o planejamento urbano incorpore a infraestrutura verde como componente estratégico da segurança pública, orientado por princípios de desenho ambiental, como visibilidade, controle de acesso, territorialidade e manutenção contínua. Intervenções devem priorizar a integração dos espaços verdes ao tecido urbano, estimulando o uso social e evitando áreas isoladas ou subutilizadas. Do ponto de vista científico, destaca-se a necessidade de ampliar investigações empíricas em contextos do Sul Global, especialmente em regiões com características ambientais e socioeconômicas distintas, bem como de adotar abordagens metodológicas integradas que combinem análise espacial, dados de percepção e variáveis socioambientais. Por fim, a consolidação de políticas públicas baseadas em evidências e adaptadas às especificidades locais representa um caminho promissor para potencializar os benefícios da infraestrutura verde na promoção de cidades mais seguras, resilientes e sustentáveis.

REFERÊNCIAS

- AKSOY, E. Evaluation of crime prevention theories through environmental design in urban renewal: a case study of Ankara – the vicinity of Hacı Bayram Mosque. **ICONARP International Journal of Architecture and Planning**, v. 9, n. 2, p. 357–380, 2021. DOI: <https://doi.org/10.15320/ICONARP.2021.185>
- ARANTES, B. L.; LOCKE, D. H.; MOREIRA, G. C.; GROVE, J. M. The relationships between urban tree canopy cover and crime in São Paulo city, Brazil. **Urban Forestry & Urban Greening**, v. 101, 128497, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2024.128497>
- BOULTON, C.; BALDWIN, C.; MATTHEWS, T.; TAVARES, S. Environmental design for urban cooling, access, and safety: A novel approach to auditing outdoor areas in residential aged care facilities. **Land**, v. 12, n. 2, art. 514, p. 1–7, 2023. DOI: <https://doi.org/10.3390/land12020514>
- BURGHARDT, K. T.; AVOLIO, M. L.; LOCKE, D. H.; GROVE, J. M.; SONTI, N. F.; SWAN, C. M. Current street tree communities reflect race-based housing policy and modern attempts to remedy environmental injustice. **Ecology**, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1002/ecy.3881>
- CARVALHO, S. de. **Antimanual de criminologia**. 7. ed. rev. e ampl. São Paulo: SaraivaJur, 2022.
- CECCATO, V.; IOANNIDIS, I. Introduction to the special issue “environmental criminology in crime prevention: theories for practice”. **Security Journal**, v. 37, p. 425–431, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1057/s41284-024-00440-6>
- DENG, C. Integrating multi-source remotely sensed datasets to examine the impact of tree height and pattern information on crimes in Milwaukee, Wisconsin. **Applied Geography**, v. 65, p. 38–48, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2015.10.005>
- DIAS, M. A. N.; ROSA, L. P.; LIMA JÚNIOR, H. de S.; PAULA, T. do N. A. de; PEREIRA, L. M.; LIMA, P. S. R.; SÁ, R. A. de; ALVES, J. R. C.; SILVA, H. I. da; ABREU, J. C. da C.; MORAES, C. B. de. Educação ambiental e arborização escolar: análise comparativa da percepção de estudantes e professores no ambiente escolar. **Cadernos Cajuína**, v. 11, n. 1, p. e1810, 2026. DOI: <https://doi.org/10.52641/cadcajv11i1.1810>
- DIAS, M. A. N.; LIMA, P. S. R.; OLIVEIRA, T. B. de; BARROS, V. D.; MARINHO, L. dos S. B.; RODRIGUES, R. A.; LIMA JÚNIOR, H. de S. L.; CARVALHO, R. da C. P. de; GUSMÃO, A. D. R. C.; LEITE, O. da C.; MORAES, C. B. de. Adaptação genética do eucalipto ao estresse climático e suas implicações para a produtividade no Cerrado brasileiro: uma revisão sistemática. **Remunom**, v. 13, n. 2, p. 1–31, 2026. DOI: <https://doi.org/10.66104/vx749p90>
- ESCOBEDO, F. J.; CLERICI, N.; STAUDHAMMER, C. L.; FEGED-RIVADENEIRA, A.; BOHORQUEZ, J. C.; TOVAR, G. Trees and crime in Bogota, Colombia: is the link an ecosystem disservice or service? **Land Use Policy**, v. 78, p. 583–592, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2018.07.029>
- GONZAGA, C. **Manual de criminologia**. São Paulo: Saraiva Educação, 2018.
- GUPTA, R. K. Crime pattern & prevention through urban environmental design using GIS. **Journal of Global Resources**, v. 7, n. 2, p. 45–46, 2021. DOI: <https://doi.org/10.46587/JGR.2021.v07i02.004>

HE, Q.; WU, L.; LEE, C. S.; ZHU, C.; BAI, W.; GUO, W.; YE, X. Greener the safer? Effects of urban green space on community safety and perception of safety using satellite and street view imagery data. **Journal of Criminal Justice**, v. 97, p. 102372, 2025. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jcrimjus.2025.102372>

HOSSEINALIZADEH, S.; MAHMOUD, I. H.; MORELLO, E. A deduced method for assessing safety and security perception: Case study of Biblioteca Degli Alberi Park in Milan, Italy. In: **Contemporary Urban Design Thinking**. [S.l.]: Springer, 2022. p. 199–232. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-030-89525-9_8

HWANG, K.; SON, B. The role of green infrastructure in crime prevention: A systematic analysis of crime, social cohesion, and sustainable development using PRISMA. **International Journal of Sustainable Building Technology and Urban Development**, v. 16, n. 3, p. 416–430, 2025. DOI: <https://doi.org/10.22712/susb.20250027>

KUBALOVA, K.; LOVEČEK, T. Crime prevention through environmental design of railway stations as a specific soft target. **Sustainability**, v. 15, p. 5627, 2023. DOI: <https://doi.org/10.3390/su15075627>

LEDRAA, T.; ALDUBIKHI, S. A. Unveiling the value of green amenities: a mixed-methods analysis of urban greenspace impact on residential property prices across Riyadh neighborhoods. **Buildings**, v. 15, n. 12, p. 2088, 2025. DOI: <https://doi.org/10.3390/buildings15122088>

LOPES, T. de S.; RIBEIRO, C. M.; VIANA, R. H. O.; SILVA, S. A. B. da; DIAS, M. A. N.; PEREIRA, L. M.; COSTA, T. R.; SOUZA, P. B. de. Composição florística e funcionalidade das espécies arbóreas em escolas urbanas de Gurupi, Tocantins. **Contribuciones a las Ciencias Sociales**, v. 18, n. 2, p. e15798, 2025. DOI: <https://doi.org/10.55905/revconv.18n.2-367>

MARINHO, L. dos S. B.; DIAS, M. A. N.; SILVA, S. A. B. da; SOUSA, I. D. de; LUIZ, J. R. dos S.; SOUZA, P. A. de; SANTOS, A. F. dos. Arborização como solução para a qualidade de vida da População: instrumento natural de regulação da temperatura. **Revista Delos**, [S. l.], v. 17, n. 62, p. e3097, 2024. DOI: <https://doi.org/10.55905/rdelosv17.n62-065>

MEHTA, D.; GOPALAKRISHNAN, P.. Ambiente real ou virtual?: avaliação do viés de percepção na segurança percebida em parques urbanos. **Revista de Administração de Parques e Recreação**, v. 43, n. 1, 2025. DOI: <https://doi.org/10.18666/JPRA-2024-12703>

MEHTA, D.; GOPALAKRISHNAN, P. A user-centric CPTED-based approach to investigate physical environmental variables influencing perceived security of urban park users in Tiruchirappalli, India. **Journal of Design and Built Environment**, v. 24, n. 1, p. 33–52, 2024.

OUYANG, L.; ZAINOL, R.; ROSNI, N. A. Towards safer public spaces: a systematic literature review on CPTED strategies in park design. **Security Journal**, v. 39, p. 21, 2026. DOI: <https://doi.org/10.1057/s41284-026-00536-1>

PIROOZFAR, P.; FARR, E. R. P.; ABOAGYE-NIMO, E.; OSEI-BERCHIE, J. Crime prevention in urban spaces through environmental design: a critical UK perspective. **Cities**, v. 95, 102411, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cities.2019.102411>

SAEEDI, I.; SHAYESTEH, K.; FARAJI, T. Urban green infrastructure and safety: examining the relative effects of socio-economic and environmental factors on perceived safety of users. **Security Journal**, v. 38, p. 6, 2025. DOI: <https://doi.org/10.1057/s41284-024-00456-y>

SILVA, B. M. D. da; BAKAY, E. K.; MORAIS, M. B. de. Safety in public open green spaces in Fortaleza, Brazil: a data analysis. **Sustainability**, v. 16, p. 539, 2024. DOI: <https://doi.org/10.3390/su16020539>


SCHAEFER, L. Routine activity theory. In: **Oxford Research Encyclopedia of Criminology and Criminal Justice**. Oxford: Oxford University Press, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1093/acrefore/9780190264079.013.336>

SCHUSLER, T.; WEISS, L.; TREERING, D.; BALDERAMA, E. Research note: Examining the association between tree canopy, parks and crime in Chicago. **Landscape and Urban Planning**, v. 170, p. 309–313, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2017.07.012>

SHECAIRA, S. S. **Criminologia**. 8. ed. rev., atual. e ampl. São Paulo: Thomson Reuters Brasil, 2020.

COMUNIDADE MÃE DE DEUS E AS PLANTAS USADAS EM RITOS DE MATRIZ AFRICANA

MOTHER OF GOD COMMUNITY AND THE PLANTS USED IN RITES OF AFRICAN ORIGIN

 <https://doi.org/10.63330/aurumpub.037-009>

Gustavo Santana Silva

Discente do curso de Engenharia Florestal
UEMASUL/CCA
E-mail: gusta.santana.silva22@gmail.com

Ludimila Freire Castro

Discente do curso de Engenharia Florestal
UEMASUL/CCA
E-mail: Ludimila.castro@uemasul.edu.br

Luiz Felipe Cristiano Silva

Discente do curso de Engenharia Florestal
UEMASUL/CCA
E-mail: luiz.cristiano@uemasul.edu.br

Samuel Estevam Lima

Discente do curso de Engenharia Florestal
UEMASUL/CCA
E-mail: samuelestevamlima@gmail.com

Theylon Francisco Lima Carvalho

Discente do curso de Engenharia Florestal
UEMASUL/CCA
E-mail: theylon315@gmail.com

Maria Lilia Silva Diniz

Graduada em Educação Artística – Teatro
Especialista em Gestão Cultural
Lattes: <http://lattes.cnpq.br/9703769846710070>

Kalyne Pereira Miranda Nascimento

Doutoranda em Biodiversidade e Biotecnologia/Rede Bionorte
UEMASUL/CCA
E-mail: kalyneengenheiraag@gmail.com

Leanne Teles Pereira

Doutoranda em Biodiversidade e Biotecnologia/Rede Bionorte
UEMASUL/CCA
E-mail: leanne.pereira@uemasul.edu.br

Dalton Henrique Ângelo

Doutorando em Ciências Florestais

UEMASUL/CCA

E-mail: Dalton.angelo@uemasul.edu.br

Daniel Carlos Machado

Doutorando em Agronomia (Ciência do Solo)

UNESP/Campus Jaboticabal

E-mail: daniel.c.machado@unesp.br

Cristiane Matos da Silva

Doutora em Ciência e Tecnologia Ambiental

UEMASUL/CCA

E-mail: cristiane.silva@uemasul.edu.br

Wilson Araújo da Silva

Doutor em Agronomia

UEMASUL/CCA

E-mail: wilson@uemasul.edu.br

Luiz Fabiano Palaretti

Doutor em Meteorologia Agrícola

UNESP/FCAV

E-mail: luiz.f.palaretti@unesp.br

Jonathan dos Santos Viana

Doutor em Agronomia (Ciência do Solo)

UEMASUL/CCA

E-mail: jonathan.viana@uemasul.edu.br

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4734-9843>

RESUMO

Este estudo teve como objetivo relatar uma experiência de vivência à comunidade Jardim Mãe de Deus, localizada no Bananal - MA, analisando a integração entre a filosofia espiritualista e o manejo de sistemas agroflorestais. A metodologia adotada possui caráter qualitativo, descritivo e exploratório, fundamentada na observação direta em campo, coleta de relatos orais da coordenadora do projeto e pesquisa bibliográfica. Os resultados evidenciam que a comunidade utiliza a agroecologia como ferramenta de restauração de áreas degradadas e de resistência cultural, onde o cultivo de espécies nativas e medicinais essenciais para ritos como o uso da Ayahuasca que é orientado por uma ética de cuidado sagrado com a Terra. Observou-se que a união da religião e o conhecimento empírico-ancestral potencializam a preservação da biodiversidade no ecótono Amazônia/Cerrado. Conclui-se que a junção entre saberes tradicionais e técnicas acadêmicas oferece um modelo resiliente para a gestão sustentável do local, demonstrando que a dimensão espiritual atua como força motriz para a conservação socioambiental e para a ressignificação da vida no campo.

Palavras-chave: Crenças de matriz africana; Plantas medicinais; Sistema agroflorestal.

ABSTRACT

This study aimed to report an experience of living in the Jardim Mãe de Deus community, located in Bananal - MA, analyzing the integration between the spiritualist philosophy and the management of agroforestry systems. The methodology adopted has a qualitative, descriptive and exploratory character, based on direct observation in the field, collection of oral reports from the project coordinator and bibliographic research. The results show that the community uses agroecology as a tool for the restoration of degraded areas and cultural resistance, where the cultivation of native and medicinal species is essential for rites such as the use of Ayahuasca, which is guided by an ethic of sacred care for the Earth. It was observed that the union of religion and empirical-ancestral knowledge enhance the preservation of biodiversity in the Amazon/Cerrado ecotone. It is concluded that the junction between traditional knowledge and academic techniques offers a resilient model for the sustainable management of the site, demonstrating that the spiritual dimension acts as a driving force for socio-environmental conservation and for the resignification of life in the countryside.

Keywords: Beliefs of African matrix; Medicinal plants; Agroforestry system.

1 INTRODUÇÃO

O espiritualismo surgiu em meados do século XIX na França, pode ser compreendido como uma crença que prega a imortalidade da alma e a possibilidade de comunicação entre o mundo material e o mundo dos espíritos (Fernandes, 2008). Em tempos hodiernos, muitos estudiosos da área acreditavam que o avanço dos estudos tecnológicos e científicos encobriria as crenças religiosas espíritas, fato este que se provou o contrário com o Espiritualismo Moderno, em que a sociedade frente à eventos que a ciência não consegue explicar, busca respostas a partir da busca individual por conhecimento e evolução moral (Garcia, Gattaz, Gattaz; 2019).

No contexto brasileiro, a perseguição religiosa, em particular religiões de matrizes africanas e espíritas tem raízes históricas. Na época do Brasil colonial, a inquisição portuguesa afim de doutrinar a religião católica, perseguiu com ferocidade as mulheres africanas com espírito de liderança comunitária e saberes religiosos ancestrais (Costa, 2025). Dessa forma, além da perseguição, as diferenças de expressões culturais impactaram diretamente esse grupo religioso, formando novas linhas religiosas com crenças especializadas, como o Camdomblé, Umbanda, Tambor de mina entre outros. Todos inspirados nos princípios do espiritualismo, intimidade com a música e com a Terra.

A intimidade com a Terra tem explicações culturais, ao ser formado por diversos elementos culturais de religiões e povos, muitas ervas, plantas ou locais são associados com os Orixás (Silva; Silva, 2018). Diante disso, ao cultivar a intimidade com a terra e seus elementos, a comunidade Jardim Mãe de Deus, localizada na área rural do povoado do Bananal, à 33km de Imperatriz - MA, defende seus costumes religioso praticando o cultivo de agrofloresta, que consiste no cultivo agrícola sustentável e diversificado, que atua melhorando a fertilidade do solo, retenção de água e diminuição da erosão (Ribeiro, 2022). A comunidade utiliza o consórcio entre espécies arbóreas nativas da região do ecótono Amazônia/Cerrado, legumes e ervas medicinais, utilizadas tanto para “garrafadas” e remédios tradicionais, quanto para a produção de elementos essenciais para o culto, como a ayahuasca.

Para Martins (2001), a sociologia rural possui um débito com a sociedade, majoritariamente com os produtores rurais. Nesse contexto, a intimidade com as comunidades, não apenas ruralista, é um pilar fundamental para a compreensão das dinâmicas comunitárias, portanto, em função deste dever histórico, é papel dos técnicos rurais prestar assistência para os povos que utilizam da agricultura como forma de subsistência ou de renda, sobretudo para comunidades fragilizadas ou perseguidas pela sociedade, que geralmente não possuem amparo.

Este estudo teve como objetivo relatar a visita técnica feita à Comunidade Mãe de Deus, onde foi apresentado parte dos preceitos religiosos, filosofia e cultura pregada pelo espaço, e o projeto agroflorestal com espécies leguminosas, plantas medicinais e espécies arbóreas nativas.

2 METODOLOGIA

Este estudo caracteriza-se como uma pesquisa de abordagem qualitativa, de caráter descritivo e exploratório, elaborada a partir de uma visita técnica acadêmica realizada no projeto Jardim Mãe de Deus, espaço situado em área rural e voltado à união entre práticas agroecológicas, espiritualidade e conhecimentos tradicionais.

A atividade foi promovida no âmbito do curso de Engenharia Florestal, com a participação de 19 estudantes, acompanhados pelo professor responsável. A visita teve duração aproximada de três horas, período em que os participantes conheceram a estrutura física do local, os sistemas produtivos implantados e a dinâmica social desenvolvida pela comunidade.

Durante a visita, foram observados aspectos ligados ao sistema agroflorestal existente, ao cultivo de plantas medicinais, às práticas de conservação do solo, à organização comunitária e às manifestações simbólicas e espirituais presentes no território. Também foram consideradas as informações repassadas oralmente pela coordenadora do projeto, Maria Lilia Silva Diniz, durante a condução da visita, constituindo importante fonte de dados para a compreensão histórica, cultural e organizacional do espaço estudado.

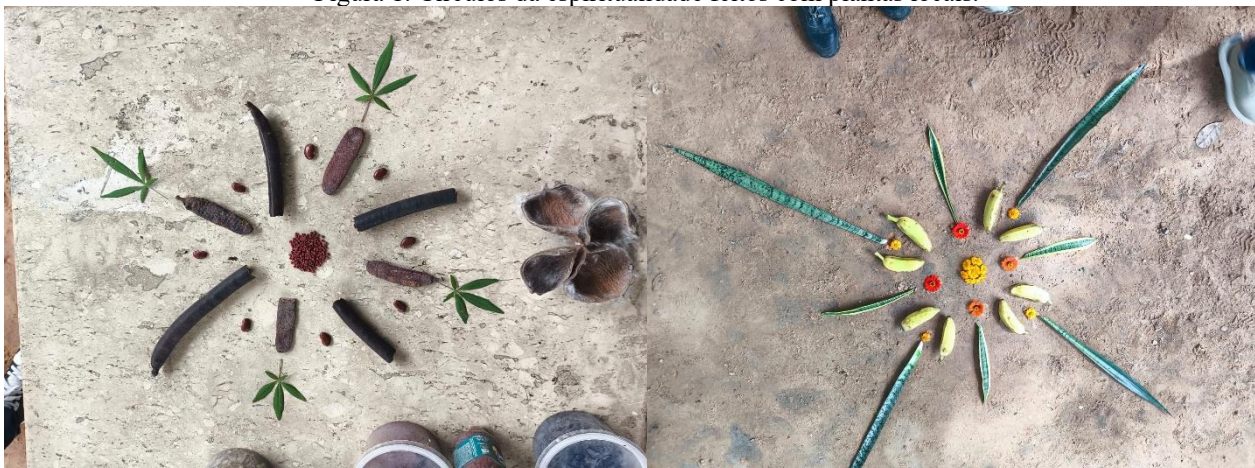
Como recurso complementar de documentação, utilizaram-se registros fotográficos, posteriormente organizados em figuras, com a finalidade de apresentar elementos relevantes observados em campo, como estruturas produtivas, espécies vegetais e atividades desenvolvidas no local. Para auxiliar a interpretação das informações coletadas, realizou-se pesquisa bibliográfica, por meio da consulta a livros, artigos científicos, legislações e documentos técnicos relacionados à Sociologia Rural, agroecologia, comunidades tradicionais, religiosidade e uso ritualístico da Ayahuasca.

A análise das informações foi feita de forma interpretativa e comparativa, relacionando as observações realizadas durante a visita aos referenciais teóricos escolhidos, buscando compreender como práticas espirituais, conservação ambiental e organização social se unem na construção de novas formas de ruralidade e estratégias sustentáveis de uso da terra.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A recepção dos alunos ao espaço do projeto Mãe de Deus, coordenado pela poetisa e brincante Maria Lilia Diniz, já apresentou o peso cultural do local e do que é desenvolvido pela comunidade, por meio da exposição de mandalas produzidas com recursos colhidos da própria comunidade (Figura 1) e um poema de Patativa do Assaré “O Poeta da Roça” declamado pela coordenadora.

Figura 1. Círculos da espiritualidade feitos com plantas locais.



Fonte: Silva et al. (2026).

O projeto desenvolvido na Comunidade Mãe de Deus, revela como a espiritualidade pode se apresentar como uma força motriz de transição agroecológica sustentável e que pode alinhar conhecimentos empíricos e religiosos com acadêmicos para a utilização sustentável e eficiente da terra (Figura 2). O projeto em questão iniciou em 2013, já a fazenda existe desde 2016 e passou por um processo de restauração já que anteriormente estava degradada e dominada por pastagem.

Figura 2. Recepção dos alunos e Apresentação do Projeto.



Fonte: Silva et al. (2026).

A comunidade possui um sistema de Agrofloresta produtivo, desenvolvido através de mecanismos técnicos, como a utilização de espécies adequadas para recuperação e produção, que atendem as demandas da comunidade e aparatos para tratamento do solo que evitem erosão (Figura 03).

Figura 3. Agrofloresta da Comunidade Mãe de Deus. Bananal, Maranhão, Brasil.



Fonte: Silva et al. (2026).

Além disso, existe um forte viés religioso que personifica a natureza e seus componentes agregando um peso a cada ação voltada a esse meio levando a um manejo zeloso e sustentável. Ao relacionar aspectos naturais como o rio e a mata a orixás da matriz africana, Oxum e Oxóssi respectivamente, existe uma superação de métricas técnicas, e o apelo e ética de cuidado ao natural é fortalecido pela crença evidenciado

pelas falas de Lilia. Prandi (1996) argumenta que as religiões negras no Brasil estabelecem uma sociologia do sagrado que ressignifica o cotidiano e a relação com o meio ambiente por meio de seus mitos e ritos.

Pimentel (2022) destaca que a agroecologia insurgente em territórios tradicionais do Sul da Bahia e de outras regiões brasileiras fundamenta-se na ancestralidade como pilar para a conservação da biodiversidade. O plantio e manejo de espécies nativas e frutíferas deixa de ser apenas um fator de subsistência para a comunidade e passa a ser um ritual religioso de manutenção da verde sagrado e do Axé (força vital), levando a preservação não só ambiental, mas também cultural criando uma associação de fortalecimento mútuo. Sendo assim, o cultivo de plantas de propriedades medicinais é erguido por esse pilar religioso bem como científico, formando a agrofloresta como uma possível “farmácia viva” (Figura 4).

Figura 4. Agrofloresta. Bananal, Maranhão, Brasil.



Fonte: Silva et al. (2026).

A política das religiões ayahuasqueiras brasileiras, conforme Goulart (2019), caracteriza-se por uma contínua negociação entre a liberdade religiosa e a regulamentação estatal, visando assegurar a legitimidade das práticas rituais no espaço público. A “farmácia viva” cultivada no território vincula a sociologia rural à resistência cultural.

Plantas presentes na fazenda como Tipi, Vinagreira, catingueira, Aroeira dentre outras, formam uma bagagem de conhecimento empírico e científico que mostram como a cultura e o zelo pela natureza podem levar a sua preservação, bem como conservar o patrimônio imaterial de costumes e hábitos tradicionais. Maffi *et al.* (2025) apontam que os movimentos sociais e comunidades tradicionais estabelecem uma conexão entre saberes ancestrais e campos mórficos de cura e saúde, utilizando a agroecologia como meio para materializar esse cuidado.

Evidenciando o uso ancestral de tais espécies, a coordenadora do projeto apresentando um sincretismo nominal das ervas, que possuíam nomes santos para servir de proteção delas de forma estratégica contra perseguição, uma espécie de “camuflagem” que preservou conhecimentos tradicionais.

Hoje a chácara funciona como um polarizador desses conhecimentos e ideais de preservação e cuidado da natureza, por meio de doações de produtos referentes as ervas medicinais, doação de mudas para a produção dos mesmos recursos e oficinas culturais em escolas demonstrando. Tais ações subvertem a ideia de isolacionismo rural, apresentando-o como um espaço de rica irradiação de cultura, saberes e costumes que agregam não só qualidade de vida e saúde a sociedade, mas também fortes valores de sustentabilidade e vínculo com o meio urbano.

Um dos maiores resultados dessas ideias é a produção e uso do ritual da Ayahuasca pela comunidade, evidenciado pela fala de Lilia que apresenta uma visão espiritualista do rito que possui registros desde o Império Inca utilizado por pages e curandeiros que buscavam atingir uma expansão de consciência. Tal bebida é considerada uma condução espiritual possuindo diversas linhas de abordagem, desde tribos indígenas e pastores evangélicos, convergindo a uma visão unitária de um grande Deus único.

O preparo do chá, que pode durar no mínimo 7 dias em panelas de 100 litros cuidadas pelo “guardião do fogo” que averigua o cozimento dos folha da Chacrona e do Cipó Mariri (Figura 06), apresenta uma forma de produção que foge da extrema industrialização, mas que promove a melhor segurança e qualidade do produto como a utilização de técnicas para se obter a melhor extração e armazenamento preservando as propriedades do chá (Quadro 1).

Figura 5. Chacrona e Cipó Mariri. Bananal, Maranhão, Brasil.



Fonte: Silva et al. (2026)

Quadro 1. Elementos da fabricação do Chá Ayahuasca.

Elemento	Simbolismo Espiritual	Função Técnica
Folha Chacrona (<i>Psychotria viridis</i>)	Rainha / A Luz	Contém o princípio ativo DMT
Cipó Mariri (<i>Banisteriopsis caapi</i>)	A força	Inibidor de MAO (permite a absorção do DMT)
Fogo	O guardião/ Transformação	Cozimento lento para extração de recursos

Fonte: Silva et al. (2026).

Assis (2017) sugere que a Ayahuasca transcende a mera substância psicoativa, sendo percebida como um ente vegetal que proporciona ensinamento e cura, integrando o praticante a uma complexa rede de relações ecológicas e espirituais. Além disso, a comunidade demonstra um alto nível de responsabilidade social ao seguir as normas estabelecidas pelo (CONAD) Conselho Nacional de Políticas sobre Drogas (BRASIL, 2010), adotando medidas como a realização de anamnese dos participantes e a restrição da participação de indivíduos com transtornos específicos (Bipolaridade ou epilepsia), garantindo maior segurança no uso da bebida.

Por fim, a manutenção do espaço via editais e esforços sociais evidencia que a nova ruralidade necessita do emprego de políticas públicas inclusivas. Unindo espiritualmente a comunidade a ritos e o meio ambiente, o projeto apresenta meios de se combater o desencantamento moderno e busca a maior familiaridade com o natural, concedendo dignidade e qualidade de vida. Sendo assim, a experiência com a chakra Mãe de Deus evidencia que para a sociologia rural que o encontro do espiritual e o solo podem ser uma forte solução perante as crises socioambientais contemporâneas.

4 CONCLUSÃO


A visita técnica à Comunidade Mãe de Deus externou uma relação entre espiritualidade, cultura e sustentabilidade ambiental, na qual o projeto de agrofloresta do local representa a manifestação de saberes empiristas que promovem a conservação do meio ambiente e a resiliência cultural. A veneração e o respeito a natureza junto a técnicas agroecológicas favorecem a ecologia local. A produção de forma responsável da Ayahuasca demonstra a capacidade da comunidade em manter práticas culturais e espirituais utilizando recursos provindos da terra. Portanto, a experiência da comunidade Jardim Mãe de Deus, oferta valiosas lições no âmbito da sociologia rural, mostrando que a junção entre o mundo espiritual e o manejo agroflorestral pode gerar soluções para possíveis crises socioambientais, de forma que valorize saberes tradicionais e ecológicos para um futuro mais sustentável.

REFERÊNCIAS

- ASSIS, G. L. **A religião da floresta: apontamentos sociológicos em direção a uma genealogia do Santo Daime e seu processo de diáspora**. 2017. 280 f. Tese (Doutorado em Sociologia) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2017. Disponível em: <https://repositorio.ufmg.br/handle/1843/BUOS-B8RJ7J>. Acesso em: 24 abr. 2026.
- BRASIL. Conselho Nacional de Políticas sobre Drogas (CONAD). **Resolução nº 1, de 25 de janeiro de 2010**. Dispõe sobre o uso religioso da ayahuasca. Disponível em: <https://www.normasbrasil.com.br/norma/?id=113527>. Acesso em: 25 abr. 2026.
- COSTA, M. R. L. R. **O protagonismo de mulheres africanas nas minas setecentistas: a perseguição religiosa a Ângela Maria Gomes e a documentação de 1759 a 1772**. 2025. 32 f. Artigo (Licenciatura em História) - Universidade Estadual do Piauí, Oeiras, 2025.
- FERNANDES, P.C.C. Origens do espiritismo no Brasil: diálogo, razão e resistência no início de uma experiência (1850-1914). **Sociedade e Estado**, v. 23, n. 3, p. 799–800, set. 2008.
- GARCIA, D. C. F; GATTAZ, C. C; GATTAZ, N. C. A relevância do título, do resumo e de palavras-chave para a escrita de artigos científicos. **Revista de Administração Contemporânea**, v. 23, n. 3, p. 1–9, 2019.
- GOULART, S.L. A política das religiões ayahuasqueiras brasileiras: droga, religião e direitos. **Religião & Sociedade**, Rio de Janeiro, v. 39, n. 2, p. 13–34, 2019. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rs/a/K4MWMcJxccGDN6vQTqrTZVr/>. Acesso em: 24 abr. 2026.
- MAFFI, F. D.; FERREIRA, F.F.; PÓVOA, R.P; LEON, S; REIS, S.M; PIMENTA, S.A. **Os movimentos sociais em conjugação com os campos mórficos: conectando saberes ancestrais**. In: *Questão agrária e agroecologia*. Campo Grande: Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, 2025. cap. 6, p. 105. DOI: <https://doi.org/10.48209/978-65-5417-482-6>.
- MARTINS, J. S. O futuro da Sociologia Rural e sua contribuição para a qualidade de vida rural. **Estudos Avançados**, v. 15, n. 43, p. 31–36, set. 2001.
- PIMENTEL, S. K. A Teia dos Povos e a universidade: agroecologia, saberes tradicionais insurgentes e descolonização epistêmica. **Ambiente & Sociedade**, São Paulo, v. 25, 2022. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/asoc/a/CSFqgktBFfzZjMxXNZb8sDd/>. Acesso em: 24 abr. 2026.
- RIBEIRO, J. C. P. **Aspectos determinantes para adoção de sistemas agroflorestais no brasil: revisão sistemática e metanálise**. 2022. 53 f. Dissertação (Mestrado em Agroecologia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 2022.
- PRANDI, R. As religiões negras do Brasil: para uma sociologia dos cultos afro-brasileiros. **Revista USP**, São Paulo, n. 28, p. 64–83, 1996. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/revusp/article/view/28365>. Acesso em: 24 abr. 2026.
- SILVA, M. C; SILVA, V. G. Um bosque de folhas sagradas: o santuário nacional da umbanda e o culto da natureza. **Interagir: Revista Interdisciplinar de Extensão**, Rio de Janeiro, n. 25, 2018.

O PAPEL DOS POVOS INDÍGENAS NO MEIO AMBIENTE E SUAS MÉTRICAS DE DESENVOLVIMENTO DA AGROPECUÁRIA SUSTENTÁVEL

THE ROLE OF INDIGENOUS PEOPLES IN THE ENVIRONMENT AND THEIR METRICS FOR SUSTAINABLE AGRICULTURAL DEVELOPMENT

 <https://doi.org/10.63330/aurumpub.037-010>

Francileia Silva Santos

Professora de Educação Básica – Prefeitura Municipal de Cajamar - Formada em Artes Visuais – Pós Graduação em Psicopedagogia e Arte Educação, Mestrando em Ciências da Educação – SILVA SANTOS, FRANCILEIA
E-mail: ryan.francileia@gmail.com

Edio de Freitas Santos Junior

Professor de Geografia da ETEC - Escola Técnica Estadual do Centro Paula Souza, e Professor de Geografia-História - Projeto de Vida na rede do Estado de São Paulo - Professor Mestre em Ciências da Educação, Letrista, Técnico em Segurança do Trabalho, MBA Gestão Empresarial, Discente Gestão Pública, Doutorando em Ciências da Educação, Presidente Institucional e C.E.O da AMG Produções - citação – SANTOS JUNIOR, Edio de FREITAS – JUNIOR.E.F.S
(Apoio Científico institucional AMG PRODUÇÕES)
E-mail: ediofreitas18@gmail.com
Lattes: <http://lattes.cnpq.br/2062702409033125>
ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-8534-4386>

RESUMO

O presente artigo analisa o papel dos povos indígenas na preservação do meio ambiente, enfatizando suas práticas sustentáveis e suas métricas de desenvolvimento da agropecuária, o conhecimento tradicional e sua contribuição para a conservação da biodiversidade. A pesquisa, de caráter exploratório e qualitativo, demonstra que as comunidades indígenas desenvolvem sistemas próprios de manejo dos recursos naturais, fundamentados no respeito, na reciprocidade e na harmonia com a natureza. Esses modos de vida asseguram o equilíbrio ecológico e a continuidade dos ecossistemas, representando um modelo de convivência sustentável. O estudo aborda também os desafios enfrentados por essas populações diante da pressão econômica, da degradação ambiental e da falta de reconhecimento de seus direitos territoriais. A análise destaca a relevância do diálogo entre saberes tradicionais e ciência contemporânea como meio de aprimorar políticas públicas e estratégias de gestão ambiental. Conclui-se que a valorização dos povos indígenas e de seus territórios é essencial para a construção de um futuro ambiental justo, equilibrado e sustentável, no qual a diversidade cultural e ecológica seja respeitada e fortalecida.

Palavras-chave: Povos indígenas; Meio ambiente; Conservação da biodiversidade; Métricas da agropecuária; Saberes tradicionais e ciência; Diversidade cultural.

ABSTRACT

This article analyzes the role of Indigenous peoples in environmental preservation, emphasizing their sustainable practices and agricultural development metrics, traditional knowledge, and their contribution to biodiversity conservation. This exploratory, qualitative research demonstrates that Indigenous communities develop their own natural resource management systems, grounded in respect, reciprocity, and harmony with nature. These ways of life ensure ecological balance and the continuity of ecosystems, representing a model of sustainable coexistence. The study also addresses the challenges these populations face due to economic pressure, environmental degradation, and the lack of recognition of their territorial rights. The analysis highlights the importance of dialogue between traditional knowledge and contemporary science as a means to improve public policies and environmental management strategies. It concludes that valuing Indigenous peoples and their territories is essential for building a just, balanced, and sustainable environmental future in which cultural and ecological diversity is respected and strengthened.

Keywords: Indigenous peoples; Environment; Biodiversity conservation; Agricultural metrics; Traditional knowledge and science; Cultural diversity.

1 INTRODUÇÃO

A relação entre os povos indígenas e o meio ambiente é uma das mais antigas e profundas da história humana, desde tempos imemoriais, essas comunidades desenvolveram modos de vida baseados na observação, respeito e manejo equilibrado da natureza. Essa conexão profunda demonstra uma sabedoria ancestral que vai muito além do simples uso dos recursos naturais, revelando um entendimento holístico da interdependência entre os seres humanos e o meio em que vivem.

Os povos indígenas não utilizam apenas os recursos naturais para sua subsistência, mas o fazem de modo sustentável, mantendo a biodiversidade e os ciclos ecológicos. Essa prática vai de encontro às demandas globais atuais por sustentabilidade e conservação, oferecendo estratégias tradicionais que podem complementar o conhecimento científico moderno. Além disso, essas práticas garantem a continuidade dos modos de vida e a preservação dos territórios ancestrais, fundamentais para a identidade cultural e social desses povos. Essa convivência harmoniosa com o meio ambiente se contrapõe à lógica exploratória da sociedade industrial, que frequentemente degrada os ecossistemas em busca de lucro. Em meio a um cenário de crise ambiental crescente, os povos indígenas surgem como protagonistas da resistência ecológica, defendendo seus territórios e contribuindo para a manutenção das funções ecológicas necessárias. Sua luta transcende a defesa ambiental, envolvendo também a garantia de direitos territoriais e culturais. Autores como Costa Weis (2023) e Vieira (2023) destacam que o conhecimento tradicional indígena é essencial para compreender e enfrentar a atual crise ambiental global. Esse representa o conhecimento uma fonte de

qualidades de práticas sustentáveis que pode ser aplicada em políticas de conservação e manejo ambiental, reforçando a importância da participação indígena nas decisões ambientais.

A valorização dessas perspectivas é também uma questão de justiça socioambiental, confirmando o papel histórico da comunidade indígena na proteção da natureza. A cultura indígena carrega práticas e rituais que reforçam o pertencimento ao território e a responsabilidade pela preservação ambiental. Esses elementos simbólicos e materiais específicos são uma base ética que orienta as ações cotidianas em relação ao meio natural, promovendo um equilíbrio sonoro entre uso e conservação. A transmissão desses saberes por meio de práticas educativas tradicionais assegura a continuidade desse legado, que é vital para o futuro das gerações indígenas e da humanidade. No contexto brasileiro, essa temática ganha relevância diante do avanço do desmatamento e das disputas territoriais, conforme evidenciado por Silva (2018) e o Instituto Socioambiental (1998). A pressão sobre os territórios indígenas coloca em risco não apenas a diversidade biológica, mas também a diversidade cultural e a sobrevivência física de inúmeras comunidades. Ao mesmo tempo, destaca-se o papel dos povos indígenas como parceiros fundamentais na formulação de estratégias para a sustentabilidade nacional e global.

Os povos indígenas representam hoje um dos principais pilares de resistência ecológica frente às políticas e ações predatórias sobre os biomas nacionais. Sua atuação tem implicações diretas na mitigação dos efeitos das mudanças climáticas e na garantia da segurança hídrica e alimentar. Reconhecer e apoiar esta resistência é essencial para que se construam caminhos de desenvolvimento que respeitem tanto a natureza quanto os direitos humanos. Dessa forma, compreender o papel desses povos é essencial para o desenvolvimento de políticas públicas e estratégias de sustentabilidade de longo prazo. Esse conhecimento contribui para a criação de modelos integrados, que além de saberes tradicionais e técnicos, promovem a cogestão de territórios e a plena participação das comunidades indígenas na gestão ambiental. O presente artigo busca aprofundar essa compreensão, contribuindo para o debate científico e social sobre o tema.

A crescente degradação ambiental e a perda da biodiversidade têm impulsionado reflexões sobre modelos alternativos de relação entre sociedade e natureza. Nesse contexto, os povos indígenas se destacam por conservar práticas sustentáveis que mantêm o equilíbrio ecológico e a vitalidade dos ecossistemas. Seus conhecimentos tradicionais, transmitidos entre gerações, expressam uma cosmovisão baseada na reciprocidade e no respeito à Terra, aspectos que contrastam com o modelo exploratório dominante.

Nesse sentido, a concepção indígena de território ultrapassa a dimensão meramente espacial e passa a ser entendida como espaço simbólico, cultural e espiritual. A floresta, os rios e os animais não constituem apenas recursos, mas elementos integrados a uma rede de vida da qual o ser humano é parte inseparável. Essa perspectiva questiona a racionalidade utilitarista que orientou grande parte da história econômica ocidental, revelando que a sustentabilidade não é um ideal abstrato, mas um modo concreto de existência construído ao longo de séculos.

Além disso, o estudo discute os desafios enfrentados por essas populações diante da expansão econômica, da degradação ambiental e da ausência de políticas públicas que assegurem seus direitos territoriais. Grilagem, desmatamento ilegal, mineração predatória e conflitos fundiários configuram ameaças permanentes ao modo de vida indígena, bem como à preservação de grandes áreas de floresta sob sua guarda. Paradoxalmente, mesmo sendo protagonistas na manutenção dos biomas, essas comunidades figuram entre as mais vulneráveis às pressões do modelo desenvolvimentista vigente.

As tensões entre preservação ambiental e interesses econômicos revelam, portanto, uma contradição estrutural: enquanto o discurso institucional destaca a sustentabilidade como princípio global, as políticas públicas frequentemente desconsideram a centralidade dos povos originários na contenção do avanço da fronteira agrícola e industrial. Reconhecer e proteger seus territórios torna-se condição indispensável para garantir a continuidade da biodiversidade e da estabilidade climática, em especial em regiões como a Amazônia, o Cerrado e o Pantanal, onde a biodiversidade está diretamente associada à permanência de povos tradicionais.

Por fim, defende-se que o diálogo entre o conhecimento indígena e a ciência moderna constitui um caminho essencial para a formulação de estratégias de gestão ambiental e políticas sustentáveis, e as métricas de aplicações agropecuárias reafirmando a importância da valorização dos povos originários na construção de um futuro ambientalmente justo e equilibrado. A articulação entre saberes — acadêmicos, territoriais e tradicionais — amplia as respostas possíveis para a crise climática, reafirmando que a defesa do planeta exige a pluralidade de vozes e o reconhecimento da diversidade cultural como parte integrante de soluções socioecológicas duradouras.

2 DESCRIÇÃO

Os povos indígenas mantêm uma relação ancestral e intrínseca com seus territórios, fundamentada no respeito, na reciprocidade e na preservação do meio ambiente. Essa ligação profunda é manifestada em práticas que harmonizam a exploração dos recursos naturais com a conservação da biodiversidade, garantindo a sustentabilidade dos ecossistemas. Essa abordagem, pautada em saberes tradicionais, oferece uma alternativa eficaz ao modelo predatório dominante, que muitas vezes resulta em manipulação ambiental e perdas irreparáveis.

As práticas indígenas são exemplos vivos de manejos sustentáveis, envolvendo técnicas de agricultura, caça, pesca e coleta que respeitam os ciclos naturais e promovem a regeneração do meio ambiente. Suas estratégias têm sido objeto de estudos que evidenciam sua eficiência na manutenção do equilíbrio ecológico, como destaque Garcia et al. (2024) e Vieira (2023). Além de proteger os recursos naturais, essas práticas restritas para a segurança alimentar e o bem-estar das comunidades.

Além disso, essa relação não se limita ao uso racional dos recursos, mas incorpora dimensões culturais, espirituais e sociais que reforçam o sentido de pertencimento e a identidade dos povos indígenas. Os rituais, as narrativas e os saberes transmitidos oralmente têm papel central na construção e perpetuação de uma ética ambiental própria, que reconhece a natureza como um elemento vivo e sagrado. Esse entendimento é fundamental para a construção de um modelo sustentável que transcenda as fronteiras do meio rural e sirva de inspiração mais ampla.

Uma literatura recente destaca que os povos indígenas desempenham um papel crucial na proteção dos biomas brasileiros, especialmente da Amazônia, onde a presença dessas comunidades está associada a índices significativamente menores de desmatamento e queimadas (Kettle, 2023). Essa realidade demonstra que o reconhecimento e a garantia dos direitos territoriais indígenas são uma estratégia ambiental eficaz que beneficia toda a sociedade, reforçando a importância da integração entre proteção ambiental e direitos humanos. A gestão social e ambiental comunitária indígena possui sistemas próprios de governança, que combinam conhecimentos tradicionais e regras coletivas de uso do território.

Essa organização comunitária eficaz é apontada como um modelo para o desenvolvimento sustentável, que privilegia o manejo participativo e a manutenção da diversidade ecológica e cultural também no desenvolvimento da agricultura. A complexidade e o dinamismo desses sistemas indicam a necessidade de políticas que dialoguem com esses modos de vida, respeitando sua autonomia e pluralidade.

Contudo, os povos indígenas enfrentam ameaças constantes, como a invasão de suas terras por atividades ilegais, o avanço do desmatamento, a pressão política e econômica e a violência institucional. Esses desafios comprometem tanto a integridade dos territórios quanto os próprios modos de vida, exigindo respostas urgentes e efetivas do Estado e da sociedade civil para garantir a proteção desses espaços e das comunidades que eles dependem. Paralelamente, a articulação entre conhecimentos tradicionais indígenas e ciência moderna tem caminhos abertos para a construção de soluções integradas para a conservação ambiental. Essa confluência de saberes amplia o potencial de enfrentamento às mudanças climáticas e às crises socioambientais, fortalecendo a resiliência das comunidades e dos ecossistemas.

Promover esse diálogo de saberes é fundamental para a inovação em políticas ambientais e para a formação de uma consciência coletiva sustentável. Em suma, a descrição da presente pesquisa busca evidenciar o protagonismo dos povos indígenas na conservação ambiental e defender a valorização de seus saberes como peça-chave para a sustentabilidade do planeta. Por meio da análise dos desafios, práticas e potencialidades indígenas, pretendemos contribuir para o reconhecimento dessas comunidades como guardiãs da biodiversidade e agentes essenciais na construção de um futuro ambiental mais justo e equilibrado.

Essa temática possibilita reconhecer e valorizar os conhecimentos ancestrais das comunidades indígenas, que, mesmo diante das pressões econômicas e territoriais, continuam contribuindo para a

conservação da biodiversidade e o equilíbrio dos ecossistemas. Além disso, o estudo reforça a importância de incluir esses saberes nos debates científicos e nas políticas públicas de gestão ambiental, ampliando o diálogo entre ciência moderna e conhecimento tradicional. Dessa forma, a pesquisa torna-se pertinente tanto do ponto de vista acadêmico, por promover a reflexão crítica sobre a sustentabilidade e a interculturalidade, quanto do ponto de vista social, por contribuir para a valorização dos povos originários e para a construção de uma consciência ambiental mais justa, participativa e solidária.

A discussão também evidencia que incorporar saberes indígenas nos processos educativos e científicos não significa apenas reconhecer modos alternativos de conhecimento, mas desafiar pressupostos epistemológicos que historicamente privilegiaram narrativas ocidentais. Ao admitir que tais conhecimentos são legítimos e fundamentais para o manejo racional dos recursos naturais, rompe-se com paradigmas coloniais que invisibilizaram saberes comunitários, espirituais e empíricos, desassociados da lógica capitalista de exploração. Com isso, a academia amplia sua própria compreensão sobre o que se define como ciência e sobre quais vozes podem produzir conhecimento válido.

Outro aspecto relevante refere-se ao potencial pedagógico dessa temática em contextos escolares e formativos. Ao trazer a realidade dos povos indígenas para o centro do currículo, estudantes e educadores têm a oportunidade de compreender territorialidades, culturas e práticas de resistência que seguem vivas, apesar das vulnerabilidades impostas historicamente. Tal abordagem, quando desenvolvida criticamente, favorece o combate a estereótipos, amplia percepções de diversidade cultural e aproxima a escola dos desafios socioambientais enfrentados no país. Assim, o tema deixa de ser conteúdo periférico e torna-se base para aprendizagens contextualizadas, dialógicas e transformadoras.

Além disso, a inclusão desses saberes tem implicações diretas para a formulação de estratégias de desenvolvimento sustentável. Estudos já demonstram que territórios indígenas preservados representam algumas das áreas mais protegidas ecologicamente do planeta, o que reforça a necessidade de reconhecer a centralidade dessas populações na manutenção de serviços ecossistêmicos essenciais, como regulação climática, estoque de carbono, proteção das águas e conservação da fauna e flora.

A política ambiental, portanto, não pode ser pensada dissociada da garantia de direitos territoriais e culturais, sob pena de reproduzir um modelo que intensifica desigualdades e acelera a crise climática. Integrar essas perspectivas torna-se, assim, imperativo ético e estratégico para a sociedade contemporânea.

3 PERGUNTA GERAL

Qual é o papel dos povos indígenas nas métricas agropecuárias na preservação e sustentabilidade do meio ambiente?

4 PERGUNTAS ESPECÍFICAS

1. De que forma o conhecimento tradicional indígena contribui para práticas de manejo das métricas de agropecuária sustentável?
2. Quais são os principais desafios enfrentados pelas comunidades indígenas na defesa de seus territórios?
3. Como as políticas públicas podem fortalecer a relação entre povos indígenas e meio ambiente?
4. Quais evidências empíricas demonstram a efetividade da presença indígena na conservação ambiental?
5. Como os saberes indígenas podem ser incorporados à educação ambiental nas escolas brasileiras?

5 OBJETIVOS

5.1 OBJETIVO GERAL

Compreender o papel dos povos indígenas na preservação do meio ambiente e na promoção socioambiental e as métricas desenvolvimentistas da agropecuária sustentável.

5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Analisar as práticas culturais e ambientais tradicionais dos povos indígenas e as métricas desenvolvimentistas da agropecuária sustentável;
2. Investigar o impacto da presença indígena em áreas de preservação;
3. Avaliar as políticas públicas voltadas à proteção dos territórios indígenas;
4. Discutir o valor do conhecimento indígena na formulação de estratégias ambientais sustentáveis;
5. Promover o reconhecimento da sabedoria ancestral como ferramenta de resistência e educação ambiental;
6. Estabelecer conexões entre o saber tradicional e as ciências modernas;
7. Estimular novas perspectivas sobre sustentabilidade, agropecuária e cultura;
8. Contribuir para a valorização e defesa dos direitos socioambientais dos povos indígenas.

6 JUSTIFICATIVA

A relevância deste estudo se estabelece na necessidade premente de reconhecer e valorizar o papel fundamental que os povos indígenas desempenham na conservação do meio ambiente, especialmente em um momento em que o planeta enfrenta crises ecológicas sem precedentes. O conhecimento tradicional e os modos de vida dessas comunidades revelam práticas sustentáveis e harmoniosas com a natureza, que contribuem diretamente para a manutenção da biodiversidade e dos serviços ecossistêmicos essenciais à vida humana. Além de sua importância ambiental, os povos indígenas são detentores de identidades

culturais únicas, cujas tradições, crenças e valores estão intrinsecamente ligados aos territórios que habitam. A preservação desses espaços não só protege a diversidade biológica, mas também assegura o direito à autodeterminação e à continuidade cultural desses povos, aspectos que devem ser respeitados e protegidos em consonância com os princípios dos direitos humanos.

Neste sentido, o estudo propõe uma reflexão crítica sobre as consequências da marginalização e das ameaças que essas comunidades enfrentam, como o avanço do desmatamento, as invasões ilegais e a ausência de políticas públicas eficazes. A ameaça aos territórios indígenas representa, portanto, uma ameaça ambiental e cultural, que compromete não apenas a sobrevivência desses povos, mas também a saúde dos ecossistemas globais.

A pesquisa justifica-se ainda pela lacuna existente nas políticas públicas quanto à integração efetiva dos saberes tradicionais indígenas nas estratégias de conservação ambiental. Promover essa integração é fundamental para o fortalecimento da gestão sustentável dos territórios e para o desenvolvimento de ações socioambientais mais inclusivas e eficazes, que respeitem a pluralidade cultural e ecológica do país.

Outro aspecto que valida este estudo é o crescente reconhecimento internacional da importância dos povos indígenas como atores essenciais na mitigação das mudanças climáticas e na sustentabilidade global. Relatórios da ONU e outras organizações respaldam a ideia de que a proteção aos direitos territoriais indígenas é uma das estratégias mais eficientes para a preservação ambiental, reforçando a urgente necessidade de políticas públicas que contemplem essa perspectiva.

A pesquisa pretende contribuir para o debate acadêmico e social, ampliando a visibilidade sobre o protagonismo indígena na conservação ambiental e incentivando a formulação de políticas públicas mais justas e participativas. A valorização desses conhecimentos e a garantia dos direitos dos povos indígenas são condicionalidades indispensáveis para a construção de um futuro sustentável e equitativo para todos.

7 MÉTODO

A presente pesquisa traçou uma abordagem qualitativa e exploratória, pautada na análise bibliográfica e documental, que é especialmente adequada para estudos que visam compreender características complexas e contextuais, como a relação dos povos indígenas com o meio ambiente. A escolha desse método possibilitou a coleta e análise crítica de informações selecionadas de diversas fontes acadêmicas, institucionais e governamentais, ampliando a compreensão dos saberes tradicionais e das práticas sustentáveis indígenas.

Foram consultados artigos científicos recentes, livros, relatórios e publicações especializadas que abordam desde aspectos históricos e culturais até políticas públicas externas à conservação ambiental e à proteção dos territórios indígenas. Além disso, documentos legais que tratam dos direitos territoriais e

ambientais dos povos indígenas também foram analisados, a fim de identificar o arcabouço jurídico que subsidia a proteção desses grupos e seus territórios.

O método contempla a análise de dados secundários por meio de leitura crítica, levantamento e comparação das informações coletadas, buscando identificar convergências, divergências e lacunas no conhecimento produzido sobre o tema. Essa técnica permitiu organizar o conteúdo em categorias temáticas que facilitam a interpretação e o entendimento dos múltiplos aspectos envolvidos na interação entre povos indígenas e meio ambiente.

Além da análise documental, a pesquisa destacou-se pela revisão de estudos de caso que demonstram exemplos práticos de manejo sustentável e de conservação ambiental realizados por comunidades indígenas específicas, possibilitando assim a aproximação do campo teórico com a realidade vivida por esses povos. Essa interlocução entre teoria e prática é essencial para a construção de um conhecimento mais integrado e contextualizado, também foi usado ferramentas de I.A. (Inteligência Artificial – Canva imagem), para a geração de imagens temáticas ilustrativas.

Adotou-se também uma perspectiva interdisciplinar, envolvendo contribuições das áreas de antropologia, ecologia, direito ambiental e sociologia, o que enriquece a análise e permite um olhar mais aprofundado sobre os múltiplos significados e implicações das práticas indígenas na gestão territorial e ambiental. Tal abordagem promove o diálogo entre diferentes saberes, respeitando a complexidade do tema.

O método permitiu também a identificação dos principais desafios enfrentados pelos povos indígenas na garantia de seus direitos e preservação na ambiental, destacando a importância de políticas públicas integradas e da participação ativa dessas comunidades em processos decisórios. Esta análise crítica contribui para a formulação de recomendações específicas para o fortalecimento da atuação indígena na conservação do meio ambiente.

Ressalta-se que o processo metodológico foi conduzido com atenção à ética e à necessidade de valorizar e respeitar os saberes tradicionais e as vozes indígenas, mesmo quando expressamente importantes nas fontes bibliográficas e documentos consolidados. Essa postura reforça o compromisso da pesquisa com uma abordagem inclusiva e sensível às especificidades culturais e históricas dos povos indígenas.

8 MÉTRICAS DE DESENVOLVIMENTO DA AGROPECUÁRIA SUSTENTAVEL

A agricultura e a pecuária indígena desenvolvida em meio a florestas e reservas revelam uma relação de profundo equilíbrio entre produção e preservação, na qual a terra não é tratada como mercadoria, mas como base de existência coletiva. Estudos recentes mostram que, onde há presença indígena consolidada, os índices de desmatamento são significativamente menores, o que reforça a tese de que a organização social e os modos de cultivo tradicionais gerados diretamente para a conservação de ecossistemas inteiros (Garcia et al., 2024; Kettle, 2023). Essa conjugação de práticas agropecuárias com floresta

remanescente constitui, na prática, um modelo de agroecologia territorial, que desafia a lógica de fronteira agrícola baseada na derrubada de grandes trechos de territórios nativos.

A agricultura indígena, especialmente nas regiões de savanas e florestas, é marcada por roças de corte e queima cíclica, com períodos de descanso do solo e regeneração vegetal, características que, longe de serem destrutivas, articulam-se a um manejo dinâmico da paisagem (Periódico UNINCOR, 2025). Pesquisas em terras indígenas do Nordeste e da Amazônia registram cultivos de mandioca, milho, feijão, frutíferas nativas e hortaliças, combinados com a permanência de manchas florestais, matas de galeria e quintais agroflorestais, o que demonstram uma integração sistemática da produção com a estrutura ecológica local (Silva Santos, F 2026). A Embrapa tem documentada em áreas como a Terra Indígena Puyanawa, no Acre, uma formação de sistemas agroflorestais em quintais e consórcios de pomares, com açaí, abacate, castanha do brasil, banana e outras espécies, desenvolvidas por povos que já praticam essas formas de cultivo há gerações (EMBRAPA, 2022; Museu do Índio, 2023).



Fonte: Gerado em CANVA IMAGEM pelo AUTOR.

No Cerrado e em biomas de savana, como o Lavrado roraimense, quintais agroflorestais indígenas concentram variedades de espécies arbóreas e arbustivas, boa parte delas frutíferas, combinando produção de alimentos, forrageiras e materiais de construção com a manutenção de estrato arbóreo e de processos de formação do solo diferenciados do ambiente de savana aberto (Pinho, 2023). Esses sistemas revelam que a agricultura indígena não opera de forma isolada, mas como parte de um conjunto de funções territoriais – ocupação, reprodução social, proteção de recursos hídricos e reforço de biodiversidade. Um título de exemplo, estudos em terras indígenas do Norte do Brasil mostram que quintais familiares podem conter

mais de 40 espécies de plantas comestíveis, além de árvores de sombra, forrageiras e madeiras de uso cultural, evidenciando a complexidade e a diversidade interna do manejo agrícola tradicional (Pinho, 2023).

Uma pecuária indígena, muitas vezes, não se desenvolve como expansão crescente de pastagens, mas como atividade articulada a áreas já desflorestadas ou a zonas de lavrados, mantendo matas de igarapé e demais núcleos florestais (TERRABRASILIS, 2025). Comunidades como os Macuxi e Wapichana, em Roraima, têm sido estudadas como caso em que a criação de gado convive com a preservação de florestas de várzea e de mata de galeria, com pastagens implantadas em solos de campos naturais e recuperação de áreas degradadas por meio de enchentes regulares e manejo comunitário do uso de capineiras (Kettle, 2023). Relatórios de organizações ambientais indicam que, em terras indígenas bem demarcadas, os índices de desmatamento por pecuária chegam a ser 66% menores do que em áreas vizinhas não protegidas, o que reforça a associação entre direito territorial, ordenamento do uso do solo e limites de impostos à expansão de fronteira pecuária (FUNABRASIL, 2025; FUNAI, 2023).



Fonte: Gerado em CANWA IMAGEM pelo AUTOR.

Em termos de sustentabilidade, a literatura aponta que uma **pecuária indígena sustentável** tende a ocupar áreas previamente abertas, como campos naturais e áreas de lavrado, sem a necessidade de novas derrubadas, o que altera radicalmente a dinâmica de perda de cobertura florestal observada nas zonas de fronteira convencionais (TERRABRASILIS, 2025). Projetos internacionais e programas de cooperação técnica registrada, na Amazônia brasileira, iniciativas de manejo de pastos degradados, integração de forrageiras com árvores nativas e uso de sistemas lavoura-pecuária-floresta em contextos indígenas, como

forma de recuperação a produtividade sem comprometer a integridade florestal (EMBRAPA, 2022). Essas abordagens de **integração florestal-agrícola-pecuária** mostram que a combinação de boas práticas de manejo animal com sistemas agroflorestais e recuperação de pastagens degradadas pode aumentar a renda familiar sem ampliação da pegada ecológica, ao contrário do que ocorre em grandes fazendas extensivas que avançam sobre áreas protegidas (Territórios Indígenas, FUNAI, 2023).



Fonte: Gerado em CANVA IMAGEM pelo AUTOR.

A política pública e a ciência têm, cada vez mais, reconhecida que a **agricultura e a pecuária indígena não são obstáculos à conservação, mas aliadas estratégicas**, desde que são reforçadas por direitos territoriais, recursos técnicos e participação comunitária em planos de gestão (Museu do Índio, 2023; UNICAMP, 2023). Planos de Gestão Territorial e Ambiental (PGTAs), elaborados por povos indígenas em parceria com técnicos, articulam estratégias de uso de plantas medicinais, fruticultura, pecuária de baixo impacto e preservação de áreas de floresta, integrando saberes tradicionais com dados científicos de monitoramento de solos, clima e biodiversidade (Garcia et al., 2024). Ao mesmo tempo, pesquisadores ressaltam que a **história milenar de manejo florestal** realizada por povos originários, especialmente na Amazônia, pesquisada em agroflorestas intencionais, onde uma diversidade de árvores frutíferas, madeireiras e medicinais coexistem com a manutenção de funções ecológicas como fixação de carbono, ciclo de água e abrigo de fauna (UNICAMP, 2023; Kettle, 2023).

No plano educacional, a literatura de ciências sociais e educação ambiental vem discutindo como a **valorização dessas práticas agrícolas e pecuárias tradicionais** pode servir de ponto de partida para

projetos pedagógicos em escolas de comunidades indígenas, na formação de jovens e no diálogo entre ciência e cultura (Silva Santos, F 2026). Estudos de Saberes Tradicionais e Sustentabilidade mostram que a escola, ao incorporar a descrição de roças, quintais agroflorestais, criação de animais em savanas e manejo de pastagens, passa a contribuir para a valorização identitária dos alunos e para a transmissão de referências de manejo sustentável ligadas ao seu próprio território (Garcia et al., 2024). A Embrapa, por sua vez, tem divulgado que a intensificação da produção agroflorestal em terras indígenas não significa “modernização” no sentido convencional, mas o fortalecimento de modos de lidar com a terra que já existem, com aporte de conhecimentos científicos sobre diversidade de espécies, rotacionalidade de uso e recuperação de solos degradados (EMBRAPA, 2022).



Fonte: Gerado em CANVA IMAGEM pelo AUTOR.

Portanto a evidência empírica dos últimos anos indica que a **agricultura e a pecuária indígena em florestas e reservas** tendem a proteger a cobertura vegetal, fluxos regulares de água, proteger os solos e manter a conectividade ambiental, em contraste com a expansão agrícola extensiva que avança sobre áreas protegidas (FUNABRASIL, 2025; FUNAI, 2023). A sustentabilidade desses sistemas não vem apenas da “baixa tecnologia”, mas de uma organização social complexa, de normas de uso coletivo, de limites à exploração individual e de uma cosmovisão que associa a dignidade da comunidade ao cuidado com a terra e a floresta (Kettle, 2023; Pinho, 2023). Para uma literatura contemporânea sobre agrofloresta e povos tradicionais, esse conjunto de práticas sugere a necessidade de reformularmos o conceito de “desenvolvimento rural”, entendendo-o como **reprodução de formas de vida integradas à floresta**, e não como substituição de floresta por monoculturas ou grandes pastagens (Periódico UNINCOR, 2025; Silva Santos, F, 2026).

9 O PAPEL DOS POVOS INDÍGENAS NA PRESERVAÇÃO E SUSTENTABILIDADE DO MEIO AMBIENTE

Esta temática não é apenas um tema de política ambiental, mas uma questão profunda de justiça, cultura e cosmo-visão do mundo. Diversos estudos apontam que, onde há presença indígena consolidada, há maior integridade de florestas, menor taxa de desmatamento e maior resiliência diante das mudanças climáticas. Como destaca a literatura sobre conservação da Amazônia, “os povos indígenas não combatem o desmatamento sozinhos: seus territórios são barreiras naturais contra a expansão desordenada da fronteira agropecuária, da mineração e da garimpagem” (Costa Weis, 2023). Essa assertiva já inscreve, desde o início, a centralidade do indígena como guardião de biomas inteiramente interligados ao seu modo de vida tradicional.

O conhecimento tradicional indígena é um pilar fundamental para práticas de manejo sustentável, pois se baseia em uma relação não exploratória, mas relacional com a terra, o rio, o mato e os animais. Bruna Moraes da Costa Weis ressalta que a relação cultural dos povos tradicionais indígenas com o meio ambiente é marcada por uma ética de cuidado, na qual a natureza não é vista como mercadoria, mas como parente, como extensão da própria comunidade (Costa Weis, 2023). Gabriella Vanessa e colaboradores enfatizam que muitas dessas comunidades desenvolveram técnicas de agricultura de baixo impacto, como roças de milpa, agroflorestas e manejo seletivo de madeiras, que preservam a biodiversidade enquanto garantem a segurança alimentar (Garcia et al., 2024). Esse tipo de manejo, carregado de saberes transmitidos oralmente ao longo de gerações, desafia a lógica de “extração a qualquer custo” e oferece alternativas concretas de sustentabilidade ambiental em escala local e regional.



Fonte: Gerado em CANVA IMAGEM pelo AUTOR.

Apesar disso, as comunidades indígenas enfrentam desafios estruturais na defesa de seus territórios, que diretamente comprometem seu papel ambiental. Wesley Kettle, ao discorrer sobre a importância dos

povos indígenas para a preservação da natureza, lembra que a manutenção desses territórios depende da proteção concreta frente a invasões, grilagem, garimpo ilegal, desmatamento e expansão do agronegócio (Kettle, 2023). A literatura especializada em direito e territorialidade indígena, como a de Silva (2018), indica que, mesmo com a Constituição brasileira reconhecendo os direitos territoriais indígenas, a demora na demarcação, a judicialização excessiva e a violência contra lideranças minam a viabilidade dessas áreas como verdadeiros espaços de preservação.

Diante desse cenário, as políticas públicas podem desempenhar um papel de mediação ou de contradição, conforme seu desenho e sua implementação. Kettle argumenta que políticas que reconhecem o protagonismo indígena – como parcerias em gestão de unidades de conservação, cofinanciamento de projetos comunitários e apoio a sistemas agroflorestais – tendem a reforçar o elo entre normas científicas e normas cosmológicas (Kettle, 2023). Juliana Tavares, por seu lado, mostra que projetos de manejo comunitário de florestas, quando articulados à legislação ambiental, ampliam a capacidade de proteção da biodiversidade, ao unir normas científicas e normas cosmológicas (Marques, 2023). Isso sinaliza que a política pública sensata não deve ser uma “doação” aos povos indígenas, mas uma retificação de direitos já previstos e uma construção de governança compartilhada.



Fonte: Gerado em CANVA IMAGEM pelo AUTOR.

A evidência empírica acumulada nas últimas décadas reforça, com dados concretos, o que sabemos de forma intuitiva. Estudos de organizações como o Instituto Socioambiental e análises de grandes ONGs ambientais registram que, onde há terras indígenas homologadas, os índices de desmatamento são drasticamente menores. A literatura especializada sobre áreas de floresta Amazônica demarcadas como terras indígenas mostra que, nesses espaços, o desmatamento cai expressivamente, tornando essas

regiões verdadeiros “bolsões de biodiversidade” em meio a um contexto de avanço de fronteiras econômicas (Costa Weis, 2023).

O artigo de Santos Junior (2022) complementa esse quadro, demonstrando que estratégias de conservação baseadas em conhecimentos indígenas se mostram mais efetivas, sobretudo em biomas como a Amazônia, o Cerrado e o Pantanal, justamente porque levam em conta fluxos de vida, ciclos sazonais e práticas de ocupação que não rompem abruptamente com os ecossistemas (Santos Junior, 2022).

A educação ambiental, como espaço de diálogo entre saberes, pode ser um dos principais pontos de convergência entre o tradicional e o científico. Freitas Santos (2023) discute que a educação, em perspectiva interdisciplinar, precisa deixar de ser um mero repasse de conteúdos sobre “natureza distante” e se tornar um espaço de reconhecimento de saberes locais, inclusive os indígenas, como fonte de conhecimento válido e sistemático. Vieira (2023) reforça que a relação entre conhecimento tradicional e conservação ambiental não é simbólica, mas operativa, e que a escola tem o dever de problematizar a dualidade entre “ciência moderna” e “tradição”, mostrando que a sustentabilidade real surge quando essas dimensões se comunicam (Vieira, 2023). Em sala de aula, isso significa trazer a experiência indígena para o currículo, não apenas como “conteúdo de diversidade”, mas como referência de práxis ecológica. A presença de mapas de territórios, de histórias de escolha de áreas de manejo, de narrativas sobre ciclos de caça, pesca e plantio, faz com que o aluno perceba que a conservação não é um discurso abstrato de “salvar o planeta”, mas uma prática cotidiana de povos inteiramente articulados ao lugar que habitam.

O estudo de Marques (2023) mostra que, quando escolas incorporam saberes indígenas em projetos de educação ambiental, os estudantes passam a enxergar o meio ambiente como um campo de responsabilidade ética, e não apenas de recursos a serem explorados (Marques, 2023). A importância dos povos indígenas para a preservação da natureza, como bem sintetiza o Governo brasileiro em sua nota de 2023, não é um dado sentimental, mas um fato comprovado por ciência, mapeamento de desmatamento e monitoramento de ecossistemas (Kettle, 2023). O artigo de Freitas (2022) reforça que, em regiões de conflito agrário, são justamente os territórios indígenas que se mantêm relativamente protegidos, porque a comunidade tem um interesse vital em preservar aquilo de que depende física e simbolicamente para existir (Santos Junior, 2022). Isso leva a uma hipótese de ordem política: a proteção de povos indígenas e de seus territórios não é apenas um dever ético, mas uma estratégia fundamental de segurança ambiental nacional.



Fonte: Gerado em CANVA IMAGEM pelo AUTOR.

Por isso, o desafio atual não é apenas “incluir” o indígena em projetos ambientais, mas descolonizar a própria lógica ambiental brasileira, que historicamente tratou a natureza e seus povos como objetos de gestão. O Instituto Socioambiental, ao discorrer sobre “índios e o meio ambiente”, ressalta que a relação tradicional indígena com a natureza envolve códigos de reciprocidade, sacrifício e reinvenção contínua, perdidos em muitos modelos de gestão baseados apenas em números e metas de carbono (Socioambiental, 1998). A educação ambiental, nesse sentido, precisa passar de um dispositivo de reprodução de valores de mercado para um espaço de reconhecimento de epistemologias originárias.

Quando a escola incorpora saberes indígenas, ela não está apenas “enriquecendo” o currículo: está rebatendo a narrativa de que sustentabilidade é sinônimo de tecnologia cara, de importação de modelos estrangeiros ou de deslocamento das populações responsáveis pela preservação. O estudo de Vieira (2023) mostra que a integração do conhecimento tradicional na educação ambiental pode reverter visões de “atraso” e “subdesenvolvimento” em compreensões de resiliência e sabedoria prática, fundamentais para regiões vulneráveis às mudanças climáticas (Vieira, 2023). Da mesma forma, Santos Junior (2018) discute que a educação ambiental intercultural ajuda a debelar a ideia de que proteção ambiental impede o desenvolvimento, ao mostrar que povos indígenas já desenvolveram formas de produção e reprodução sustentáveis muito antes da chegada de grandes projetos de infraestrutura.

A efetividade da presença indígena em áreas de preservação, portanto, não é uma informação meramente acadêmica, mas um convite a uma reconfiguração de políticas públicas, da ciência e da educação. O artigo de Costa Weis (2023) lembra que a cultura indígena acentua o conceito de “terra-mãe”, o que implica um compromisso geracional com a reprodução de condições de vida, e não apenas com a

extração de lucros imediatos (Costa Weis, 2023). Garcia et al. (2024) reforçam que, onde há gestão indígena, também há maior diversidade de cultivos e de espécies silvestres mantidas em uso, o que significa que a conservação biológica e a produção de alimentos podem caminhar lado a lado.

Ainda assim, a realidade indígena no Brasil é marcada por contradições políticas persistentes. Silva (2018) aponta que a consolidação do direito à terra encontra obstáculos não apenas burocráticos, mas também econômicos e ideológicos, quando setores investem em narrativas de “desenvolvimento” que desconsideram a existência territorial indígena (Silva, 2018). Isso gera um cenário em que, mesmo com a evidência de que terras indígenas preservam mais floresta, há tentativas recorrentes de inviabilizar a demarcação e de limitar o poder de gestão comunitária, de acordo Santos Junior (2022) indica que essa contradição se manifesta em regiões de conflito agrário, onde, paradoxalmente, o Estado amplia o poder do agronegócio ao mesmo tempo em que reconhece, apenas formalmente, os direitos territoriais indígenas (Santos Junior, 2022).

Num plano mais amplo, a literatura sobre povos indígenas e meio ambiente aponta que a conservação ambiental, hoje, exige uma releitura do conceito de “sustentabilidade”, que não pode ser pensado sem levar em conta as relações de poder, de autonomia e de identidade. A Naomi Klein, em trabalhos de síntese sobre justiça climática, defende que as comunidades tradicionais, inclusive indígenas, devem ser colocadas no centro das políticas de mitigação e adaptação, não apenas como “beneficiárias”, mas como arquitetas de soluções (Klein, apud WIPON 2020). Essa perspectiva dialoga com o argumento de Santos Junior (2023) de que a educação ambiental, em contextos de escola brasileira, precisa articular saberes indígenas com teorias de geografia crítica, sociologia do meio ambiente e estudos de educação popular, para que a sustentabilidade deixe de ser um rótulo de marketing e se torne um projeto social compartilhado.

A valorização da sabedoria ancestral, portanto, não é um gesto de romantismo, mas uma exigência de sentido. Marques (2023), ao discorrer sobre a contribuição dos saberes indígenas para a conservação da biodiversidade, ressalta que muitas comunidades desenvolveram princípios de uso restrito de espécies, de períodos de repouso de áreas de caça e de conservação de mananciais, que pré-figuram modernas técnicas de manejo sustentável (Marques, 2023). A literatura especializada sobre terras indígenas demarcadas mostra que essas áreas funcionam como verdadeiros “bolsões de biodiversidade” em meio a um contexto de avanço das fronteiras econômicas, com níveis de desmatamento significativamente menores que em áreas não protegidas (Costa Weis, 2023).

A escola, como instância de formação de cidadãos, tem, nesse contexto, uma missão crucial. A incorporação de saberes indígenas na educação ambiental não pode ser reduzida a uma “aula fora de série” sobre “índios e natureza”, mas precisa ser um eixo transversal que atravessa a leitura de mapas, a compreensão de cadeias alimentares, a discussão de mudanças climáticas e a criticidade sobre modelos de

produção. Vieira (2023) destaca que a educação ambiental, quando reconhece a diversidade de cosmologias, contribui para romper com a visão de que existe um único caminho de “progresso”, e abre espaço para imaginar futuros plurais, sustentáveis e justos (Vieira, 2023).

A síntese desse percurso evidencia que o papel dos povos indígenas na preservação e sustentabilidade do meio ambiente não é uma questão ornamental, mas estrutural. A partir da análise de Costa Weis, Garcia et al., Kettle, Marques, Freitas Santos e outras referências, percebe-se que o conhecimento tradicional indígena fundamenta práticas de manejo sustentável ainda pouco reconhecidas formalmente; a defesa de territórios indígenas está diretamente associada à redução de desmatamento e à proteção de biodiversidade; a política pública mais sensata é aquela que desenha proteção legal, apoio técnico e participação ampla desses povos; a educação ambiental precisa assumir a centralidade desses saberes, integrando-os ao currículo sem exotismo; a ciência moderna, por sua vez, precisa deixar de se posicionar como “única portadora da verdade” e se abrir ao diálogo com cosmovisões que já praticam sustentabilidade há milênios.

O papel dos povos indígenas na preservação e sustentabilidade do meio ambiente vem sendo cada vez mais reconhecido por estudos que evidenciam a centralidade de seus territórios e de seus saberes na manutenção de florestas, rios e biomas inteiros. A literatura constata que, onde há presença indígena consolidada, o desmatamento tende a ser significativamente menor, justamente porque a organização social, os rituais e as práticas de uso da terra dialogam com a limitação e o respeito ao ciclo dos recursos naturais. Nesse contexto, a educação, especialmente a escola do campo e da comunidade, passa a ter um papel de mediação entre os saberes tradicionais e a formação crítica sobre questões ecológicas. Segundo Silva Santos, “a práxis pedagógica, ao integrar escola, comunidade e território, favorece a valorização de conhecimentos tradicionais e fortalece a consciência socioambiental, em especial no que se refere ao papel dos povos indígenas como guardiões da natureza e articuladores de práticas de manejo sustentável” (Santos, F. S. 2026, p. 312). A autora ainda ressalta que, “a educação, quando pautada pela práxis, pode aproximar a escola dos saberes indígenas, revelando a importância desses povos na preservação de biomas e na construção de um modelo de sustentabilidade solidário e comunitário” (Santos, F. S. 2026, p. 316). Ao articular esses saberes com a reflexão sobre desigualdade, direitos territoriais e políticas públicas, a sala de aula deixa de ser apenas um espaço de transmissão de conteúdos e se transforma em um ambiente de fortalecimento da identidade e da responsabilidade socioambiental.

Em última instância, a pergunta sobre o papel dos povos indígenas na conservação ambiental remete a outra, mais profunda: **que tipo de país queremos construir?** – um país que trata a natureza como reserva de recursos e as comunidades tradicionais como empecilho, ou um país que reconhece que a própria sobrevivência ambiental depende de um pacto de respeito com saberes, territórios e histórias que, muitas vezes, foram silenciadas pela história oficial. A evidência científica, somada à experiência cotidiana

indígena, indica que a sustentabilidade socioambiental não surge de tecnologias importadas, mas do resgate de práticas locais, da proteção de territórios e valorização de vida que nunca aceitaram a separação entre cultura e natureza (Costa Weis, 2023; Santos Junior, 2022; Marques, 2023, Silva Santos, F.2026, p. 316).



Fonte: Gerado em CANVA IMAGEM pelo AUTOR.

10 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A revisão bibliográfica e a análise dos dados revelam que os povos indígenas desempenham papel central e indispensável na conservação ambiental e suas métricas agropecuárias no Brasil e em outras partes da América Latina. Estudos mostram que as taxas de desmatamento são significativamente menores dentro dos territórios indígenas quando comparadas às áreas não indígenas, confirmando o papel destes povos como verdadeiros guardiões das florestas e dos ecossistemas. Essa efetividade decorre da relação profunda, respeitosa e sustentável que os indígenas mantêm com a natureza, fundamentada em saberes tradicionais que equilibram uso e preservação.

Além disso, os territórios indígenas representam áreas de alta biodiversidade, onde a fauna e a flora são mais preservadas em comparação com regiões sob uso intenso e exploratório. Esse fator atribuído aos povos indígenas é um papel estratégico na proteção de espécies ameaçadas e na manutenção dos ciclos naturais, aspectos essenciais para a saúde ambiental global (Garcia et al., 2024). A presença ativa dessas comunidades possibilita o monitoramento constante dos territórios, prevenção de atividades ilegais e intervenção rápida contra práticas predatórias. O conhecimento tradicional indígena é identificado como

um recurso importante para a sustentabilidade, contendo práticas de manejo do solo, da água e dos recursos florestais que promovem a regeneração dos ecossistemas. Essa sabedoria acumulada ao longo de gerações potencializa estratégias de conservação que deveriam ser consideradas às políticas públicas ambientais, fortalecendo a co-gestão dos territórios com a participação indígena (Vieira, 2023).

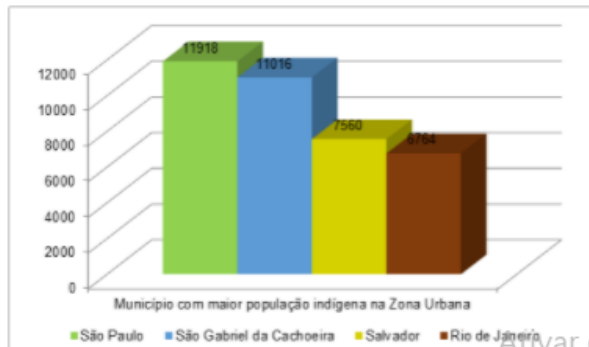
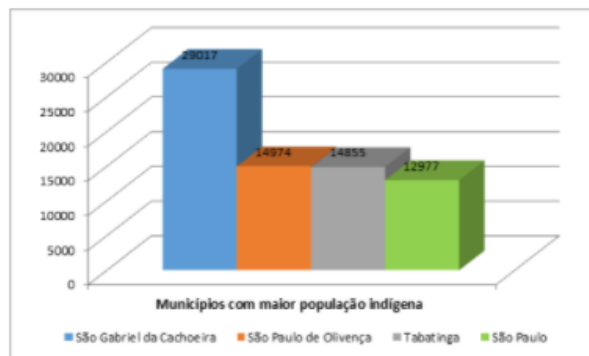
Contudo, apesar dos resultados positivos, os povos indígenas enfrentam diversos desafios que dificultam a manutenção desses investimentos ambientais. A persistente pressão por terras, a exploração ilegal de recursos, a falta de infraestrutura adequada e a vulnerabilidade institucional são barreiras enfrentadas diariamente (Silva, 2018). Além disso, a participação insuficiente indígena nas instâncias decisórias e a ausência de políticas públicas específicas fragilizam a proteção territorial e ameaçam os modos de vida tradicionais. Não que tange à mitigação das mudanças climáticas, os territórios indígenas armazenam parcela significativa do carbono florestal, contribuindo para a redução das emissões de gases do efeito estufa. A proteção dessas áreas, portanto, não é apenas uma questão local, mas tem ampla repercussão global. Estudos demonstram que garantir os direitos territoriais indígenas é uma das formas mais eficazes e econômicas de combater o aquecimento global, ressaltando o valor socioambiental dessas questões.

Por outro lado, a integração entre saberes tradicionais indígenas e ciência contemporânea mostra-se promissora para o avanço de práticas ambientais mais eficazes e inclusivas. Essa articulação potencializa a capacidade de resposta às crises ambientais, promovendo o reconhecimento dos povos indígenas como parceiros essenciais na gestão sustentável dos recursos naturais (Costa Weis, 2023). A educação ambiental que valorize esses saberes é fundamental para fortalecer a consciência social sobre a importância de preservar os territórios indígenas.

A seguir os resultados evidenciam que o fortalecimento da autonomia indígena e o reconhecimento legal dos seus territórios são condições basilares para a conservação ambiental e para a sustentabilidade. A proteção aos direitos desses povos deve estar intrinsecamente ligada às políticas públicas ambientais para garantir a continuidade de sua contribuição estratégica na preservação dos biomas e na manutenção dos serviços ecossistêmicos (Instituto Socioambiental, 1998). Por fim, a participação efetiva dos povos indígenas nos processos decisórios, aliada à valorização de suas práticas culturais e ambientais, configura um caminho promissor para a construção de uma agenda socioambiental mais justa, democrática e sustentável. Esse diálogo aberto entre diferentes saberes e atores institucionais é fundamental para garantir a preservação da riqueza biocultural que esses povos representam para o Brasil e para o mundo.

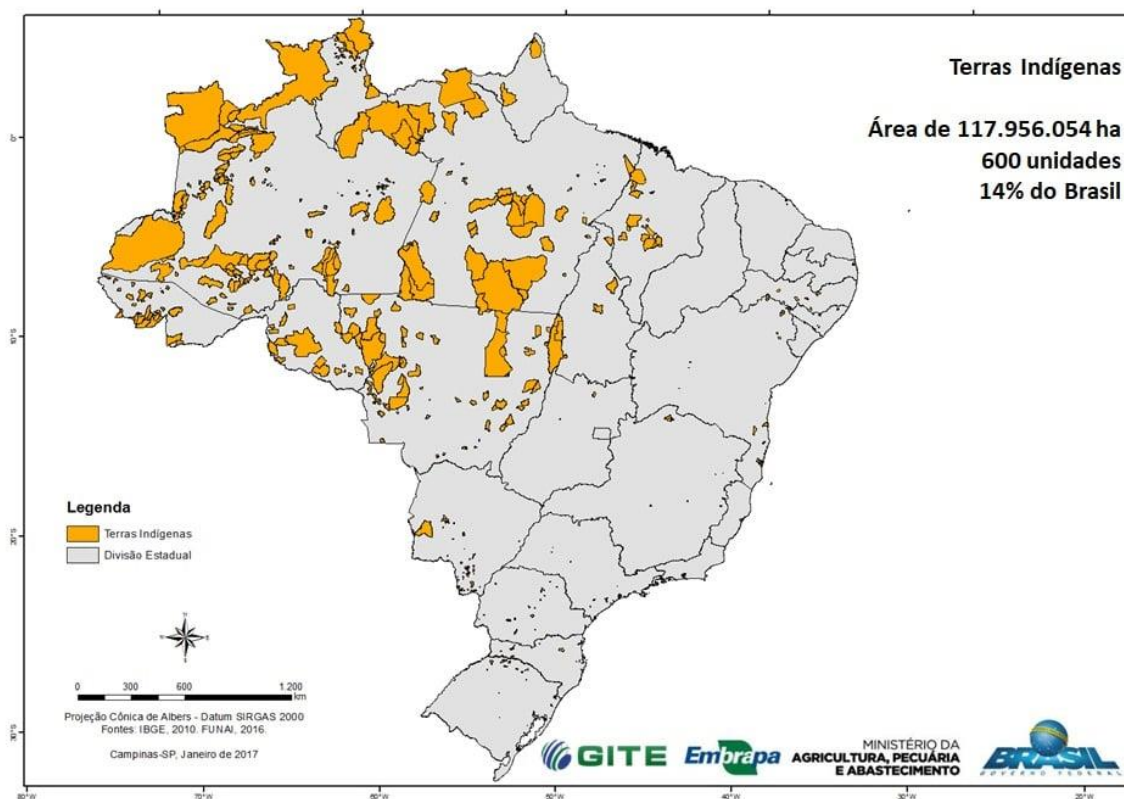
O PAPEL DOS POVOS INDÍGENAS NO MEIO AMBIENTE E SUAS MÉTRICAS DE DESENVOLVIMENTO DA AGROPECUÁRIA SUSTENTÁVEL

Gráficos sobre População Indígena (IBGE, 1991–2010)



Os gráficos demonstram um crescimento expressivo da população indígena no Brasil entre 1991 e 2010, tanto nas zonas rurais quanto nas urbanas, com destaque para São Gabriel da Cachoeira, que concentra o maior número de indígenas. Nota-se um movimento gradual de urbanização indígena, embora a maioria ainda resida em áreas rurais e em APPs (Áreas de Preservação Permanentes), onde por sua própria cultura já são preservadores ambientais de forma comum e natural. Essa tendência revela transformações socioculturais e desafios para políticas públicas específicas. Os dados evidenciam também a importância de reconhecer a diversidade territorial e cultural na elaboração de estratégias de inclusão e sustentabilidade, para (Santos Junior, E.F – pg.145, 2023). As agros estratégias são um conjunto articulados de discursos, ações e mecanismos construídos por agências multilaterais e conglomerados financeiros e agroindustriais para incorporar novas terras para a expansão da produção de commodities agropecuárias. Este vetor teve impacto direto nas áreas indígenas pois sua cultura é de subsistência e não de exploração ambiental e de capital.

Mapa das Terras Indígenas no Brasil (Embrapa, 2017)



O mapa evidencia a ampla distribuição das terras indígenas, abrangendo cerca de 14% do território nacional, com maior concentração na Amazônia Legal. Essa configuração espacial demonstra o papel estratégico dessas áreas na conservação ambiental e na manutenção da biodiversidade. As regiões demarcadas funcionam como barreiras naturais contra o desmatamento e a exploração ilegal dos recursos e como é perceptível ao analisar o mapa é também as áreas mais de 90% em abrangência territorial na floresta amazônica e 10% desta fração no Mato Grosso do Sul em sua região de mangue e do pantanal. Contudo, o mapa também denuncia a desigualdade na distribuição territorial, revelando a carência de reconhecimento de terras em regiões do Sul e Nordeste. A preservação dessas áreas é vital para a sustentabilidade nacional e o respeito aos direitos originários, conforme (Santos Junior, E.F – pg.145, 2023), as principais agro estratégias em curso são: (1) redefinição da Amazônia Legal, com a exclusão de Mato Grosso, Tocantins e Maranhão, possibilitando a incorporação imediata de 145 milhões de ha, em função da redução da área destinada à preservação ambiental; (2) redução de 80% para 50% na área de reserva legal da Amazônia; (3) liberação de crédito para quem praticou crime ambiental, evitando que os agro negociantes fiquem sem acesso a estes recursos; (4) privatização de terras públicas. O foco principal dessas agro estratégias são as áreas de preservação ambiental, as terras indígenas, quilombolas, de assentamentos rurais e de uso comum, vistos como obstáculos a serem removidos, visando ampliar a oferta de terras no mercado de terras que vive momento de intenso aquecimento, derivado inclusive do crescente interesse de

grupos estrangeiros na aquisição de terras no Brasil demonstrando o latente desrespeito ao papel dos povos indígenas e demais povos originários onde as “fake news” disseminadas pelas big techs de cunho capitalista exploratório e expropriador não apenas das terras mas os assassinatos de pessoas e suas respectivas culturas.

11 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O papel dos povos originários indígenas e suas ações no meio ambiente e suas métricas de desenvolvimento da agropecuária sustentável é a aliança perfeita de um povo que vê no habitat natural e ambiental como uma parte extensional de sua vida, família, cultura e valores tradicionais e de vida em sua forma de amplitude de subsistência, não apenas como espaço físico, mas como parte integrante de sua vida, cultura, família e valores. Essa visão integral da natureza fundamenta práticas sustentáveis que garantem a manutenção dos ecossistemas, refletindo um conhecimento ancestral capaz de equilibrar o uso dos recursos com a preservação ecológica. A conexão espiritual e ética com o território torna os povos indígenas guardiões atentos, cuja contribuição para a proteção ambiental é inestimável na atual conjuntura global de crise climática.

Reconhecer e apoiar a atuação dos povos indígenas é, portanto, reconhecer a importância de modelos alternativos de convivência com o meio ambiente, que dialogam com a ciência moderna e promovem a sustentabilidade. Além disso, esses povos enfrentam inúmeros desafios como ameaças a seus territórios, injustiças ambientais e falta de políticas públicas eficazes tornando essencial a construção de um compromisso coletivo de proteção e valorização do seu protagonismo socioambiental. Fortalecer essa relação é um passo decisivo para preservar a diversidade biocultural da Terra e assegurar um futuro mais justo e equilibrado para as próximas gerações. As análises evidenciam que os conhecimentos tradicionais indígenas contribuem significativamente para o fortalecimento de políticas públicas ambientais e para o aprimoramento das estratégias de manejo sustentável. No entanto, o estudo também apontou desafios persistentes, como a invasão de territórios, a exploração econômica predatória, a desvalorização cultural e a ausência de reconhecimento pleno dos direitos originários. Esses fatores comprometem não apenas a sobrevivência física e cultural dessas comunidades, mas também o equilíbrio ecológico de todo o planeta. Dessa forma, torna-se imprescindível que a sociedade e os governos promovam ações concretas que garantam a proteção dos territórios indígenas, o fortalecimento das práticas tradicionais e o diálogo entre o conhecimento ancestral e a ciência contemporânea. A integração dessas perspectivas é fundamental para o enfrentamento da crise ambiental atual e para a construção de um modelo de desenvolvimento mais justo, participativo e sustentável. Portanto nas considerações finalizadas, que reconhecer, respeitar e valorizar os povos indígenas é condição indispensável para a consolidação de um futuro ambiental equilibrado e solidário, em que a diversidade cultural e ecológica seja vista como patrimônios essenciais à continuidade da vida na Terra.

REFERÊNCIAS

A CONSERVAÇÃO DA NATUREZA. **Os povos indígenas no combatem o desmatamento da Amazônia.** 26 conjuntos, 2023. Disponível em: <https://www.tnc.org.br/conecte-se/comunicacao/artigos-e-estudos/entenda-o-papel-dos-povos-indigenas-no-combate-ao-desmatamento-da-amazonia/>.

CANVA IMAGEM, **gerador de imagem IA,2026** Disponível em: https://www.canva.com/pt_br/gerador-imagem-ia/.

COSTA WEIS, Bruna Moraes da. **Relação cultural dos povos tradicionais indígenas com o meio ambiente e a sustentabilidade.** Revista Direito e Humanidades, v. 3, 2023. Disponível em: https://seer.uscs.edu.br/index.php/revista_direito/article/download/2551/2126/14290.

EMBRAPA Portal – **Sistemas agro-florestais de consórcio de pomares,** 2022 Disponível em: <https://www.embrapa.br/>

FUNDABRASIL. **Povos indígenas e a floresta: por que essa relação é tão importante? Fundo Brasil de Direitos Humanos,** 2025. Disponível em: <https://www.fundobrasil.org.br/blog/povos-indigenas-ea-floresta-por-que-essa-relacao-e-tao-importante/>

FUNAI – FUNDAÇÃO NACIONAL DOS POVOS INDÍGENAS. **Territórios indígenas são os mais preservados do país.** Portal Gov.br, Brasília, 31 atrás. 2023. Disponível em: <https://www.gov.br/povosindigenas/pt-br/assuntos/noticias/2023/09/territorios-indigenas-sao-os-mais-preservados-do-pais>.

GARCIA, Gabriella Vanessa G. da S. et al. **A importância dos povos indígenas para a preservação da natureza.** Revista Foco, v. 7, 2024. DOI:10.54751/revista_foco.v17n7-038. Disponível em: <https://ojs.focopublicacoes.com.br/foco/article/download/5603/4054/12887>.

KETTLE, Wesley. **A importância dos povos indígenas para a preservação da natureza.** Governo do Brasil, 18 abr. 2023. Disponível em: <https://www.gov.br/mast/pt-br/assuntos/noticias/2023/abril/a-importancia-dos-povos-indigenas-para-a-preservacao-da-natureza>.

MARQUES, Juliana Tavares. **A contribuição dos saberes indígenas para a conservação da biodiversidade.** Revista Ambiente e Sociedade, v. 18, n. 3, p. 50-67, 2023. Disponível em: <https://revistaambiente.com.br/contribuicao-saberes-indigenas-biodiversidade>.

MUSEU DO ÍNDIO. **Saberes tradicionais de cultivo dos povos indígenas inspiram políticas e práticas agroecológicas.** Ministério da Cultura, 27 nov. 2023. Disponível em: <https://www.gov.br/museudoindio/pt-br/assuntos/noticias/saberes-tradicionais-de-cultivo-dos-povos-indigenas-inspiram-politicas-e>.

PERIÓDICO UNINCOR. **Cultivos indígenas e sua relação com a agricultura.** Revista Unincor, 17 set. 2025. Disponível em: <http://periodicos.unincor.br/index.php/revistaunincor/article/view/6790>.

PINHO, Raquel Camargo de. **Quintais agroflorestais são indígenas em área de savana (Lavrado).** FUNAI, 2023. Disponível em: <https://biblioteca.funai.gov.br/media/pdf/TESES/MFN-22239.pdf>.

SILVA SANTOS, Francileia. **A aplicação da práxis pedagógica na escola rural E.M.E.B – Escola Municipal de Educação Básica Raio de Sol.** Rebena - Revista Brasileira De Ensino E

Aprendizagem, 14, 305–319. DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.18380507>
<https://rebena.emnuvens.com.br/revista/article/view/554>

SANTOS JUNIOR, Edio de Freitas. **Estratégias de conservação ambiental e povos indígenas: uma perspectiva interdisciplinar**. Revista Científica de Geografia REciGEO, v. 12, n. 2, p. 130-145, 2018.

SANTOS JUNIOR, Edio de Freitas. **A questão agrária no Brasil atual: uma abordagem a partir da práxis geográfica**. In: SANTOS, Sandra Siqueira (Org.). Perspectivas Educacionais – Vários saberes, múltiplos olhares. v. 1, p. 73-89, 2023. <https://orcid.org/0009-0004-8534-4386>.

SILVA, E. C. A. **Povos indígenas e o direito à terra na realidade brasileira**. Sociedade e Cultura, 2018. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ssoc/a/rX5FhPH8hjdLS5P3536xgxf/>.

SOCIOAMBIENTAL. **Índios e o meio ambiente – Povos Indígenas no Brasil**. Instituto Socioambiental, 1998. Disponível em: https://pib.socioambiental.org/pt/%C3%8Dndios_e_o_meio_ambiente.

TERRABRASÍLIS. **Pecuária indígena: O que é verdade e o que é mito?**. 2025. Disponível em: <https://terrabrasilis.org.br/pecuaria-indigena-o-que-e-verdade-e-o-que-e-mito/>.

UNICAMP/REdu. **Conhecimentos indígenas e o cultivo de gêneros naturais da terra no Estado do Maranhão e Grão-Pará, 1670–1757**. Conjunto de dados, 26 de novembro. 2023. DOI: 10.25824/redu/NULZJW. Disponível em: <https://redu.unicamp.br/dataset.xhtml?persistentId=doi%3A10.25824%2Fedu%2FNULZJW>.

VIEIRA, F. A. **Povos indígenas e meio ambiente: uma relação entre conhecimento tradicional e conservação ambiental**. Revista Desenvolvimento Sustentável, 2023. Disponível em: <https://www.periodicos.unimontes.br/index.php/rds/article/view/7128>

REALIZAÇÃO:

Aurum
EDITORA

CNPJ: 589029480001-12
contato@aurumeditora.com
(41) 98792-9544
Curitiba - Paraná
www.aurumeditora.com