

# PESQUISAS EM **MEIO AMBIENTE**

E IMPACTOS  
AMBIENTAIS

**VOLUME 2**

Wedson Medeiros Silva Souto  
Fábio Freitas dos Santos  
Eduarda Medran Rangel  
Letícia Sousa dos Santos  
José Augusto Aragão-Silva  
Organizadores



**Wissen**  
editora

2026



PESQUISAS EM  
**MEIO  
AMBIENTE**

E IMPACTOS  
AMBIENTAIS

VOLUME 2

Wedson Medeiros Silva Souto  
Fábio Freitas dos Santos  
Eduarda Medran Rangel  
Letícia Sousa dos Santos  
José Augusto Aragão-Silva  
Organizadores



**Wissen**  
editora

2026

Wedson Medeiros Silva Souto  
Fábio Freitas dos Santos  
Eduarda Medran Rangel  
Letícia Sousa dos Santos  
José Augusto Aragão-Silva  
Organizadores

# **Pesquisas em Meio Ambiente e Impactos Ambientais**

**Volume 2**



Teresina-PI, 2026

©2026 *by* Wissen Editora  
 Copyright © Wissen Editora  
 Copyright do texto © 2026 Os autores  
 Copyright da edição © Wissen Editora  
*Todos os direitos reservados*

Direitos para esta edição cedidos pelos autores à Wissen Editora.



Todo o conteúdo desta obra, inclusive correção ortográfica e gramatical, é de responsabilidade do(s) autor(es). A obra de acesso aberto (Open Access) está protegida por Lei, sob Licença Creative Commons Atribuição-Não Comercial-Sem Derivações 4.0 Internacional, sendo permitido seu *download* e compartilhamento, desde que atribuído o crédito aos autores, sem alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

**Editores Chefe:** Dr. Junielson Soares da Silva  
 Ma. Neyla Cristiane Rodrigues de Oliveira  
 Dra. Denise dos Santos Vila Verde  
 Dra. Adriana de Sousa Lima

**Projeto Gráfico e Diagramação:** Neyla Cristiane Rodrigues de Oliveira

**Imagem da Capa:** Canva / Inteligência Artificial

**Edição de Arte:** Neyla Cristiane Rodrigues de Oliveira

**Revisão:** Os autores  
 Os Organizadores

**Informações sobre a Editora**

Wissen Editora  
 Homepage: [www.editorawissen.com.br](http://www.editorawissen.com.br)  
 Teresina – Piauí, Brasil  
 E-mail: [wisseneditora@gmail.com](mailto:wisseneditora@gmail.com)

**Siga nossas redes sociais:**



@wisseneditora

## **EQUIPE EDITORIAL**

### **Editores-chefes**

Dr. Junielson Soares da Silva  
Ma. Neyla Cristiane Rodrigues de Oliveira  
Dra. Denise dos Santos Vila Verde  
Dra. Adriana de Sousa Lima

### **Equipe de arte e editoração**

Ma. Neyla Cristiane Rodrigues de Oliveira  
Me. Isaquiel de Moura Ribeiro Azevedo

## **CONSELHO EDITORIAL**

### **Ciências Agrárias e Multidisciplinar**

Dr. Felipe Górski - Secretaria de Educação do Paraná (SEED/PR)  
Dra. Patrícia Pato dos Santos - Universidade Anhanguera (Uniderp)  
Dr. José Carlos Guimarães Júnior - Governo do Distrito Federal (DF)

### **Ciências Biológicas e da Saúde**

Dra. Francijara Araújo da Silva - Centro Universitário do Norte (Uninorte)  
Dra. Rita di Cássia de Oliveira Ângelo - Universidade de Pernambuco (UPE)  
Dra. Ana Isabelle de Gois Queiroz - Centro Universitário Ateneu (UniAteneu)

### **Ciências Exatas e da Terra e Engenharias**

Dr. Allan Douglas Bento da Costa - Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA)  
Dra. Vania Ribeiro Ferreira - Instituto Federal de Santa Catarina (IFSC)  
Dr. Agmar José de Jesus Silva – Secretaria de Educação do Amazonas (Seduc/AM)

### **Linguística, Letras e Artes**

Dra. Conceição Maria Alves de A. Guisardi - Universidade Federal de Uberlândia (UFU)  
Dr. Danni Conegatti Batista – Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS)

### **Ciências Humanas e Sociais Aplicadas**

Dr. Isael de Jesus Sena - Culture, Education, Formation, Travail (CIRCEFT)  
Dra. Mareli Eliane Graupe - Universidade do Planalto Catarinense (Uniplac)  
Dr. Rodrigo Avila Colla - Rede Municipal de Ensino de Esteio, RS  
Dra. Erika Giacometti Rocha Berribili - Universidade Federal de São Carlos (UFSCar)  
Dr. Douglas Manoel Antonio De Abreu P. Dos Santos - Universidade de São Paulo (USP)  
Dra. Aline Luiza de Carvalho - Fundação Hospitalar do Estado de Minas Gerais (FHEMIG)  
Dr. José Luiz Esteves - Pontifícia Universidade Católica do Paraná (PUC/PR)  
Dr. Claudemir Ramos - Pontifícia Universidade Católica de São Paulo (PUC/SP)  
Dra. Daniela Conegatti Batista – Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS)  
Dr. Wilson de Lima Brito Filho - Universidade Federal da Bahia (UFBA)

Dra. Cleonice Pereira do Nascimento Bittencourt- Universidade de Brasília (UnB)  
 Dr. Jonata Ferreira de Moura - Universidade Federal do Maranhão (UFMA)  
 Dra. Renata dos Santos - Universidade Federal de Itajubá (UNIFEI)

### **Conselho Técnico Científico**

Dr. Anderson de Souza Gallo - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ)  
 Dra. Antônia Alikeane de Sá - Universidade Federal do Piauí (UFPI)  
 Ma. Talita Benedcta Santos Künast - Universidade Federal do Paraná (UFPR)  
 Ma. Irene Suelen de Araújo Gomes – Secretaria de Educação do Ceará (Seduc /CE)  
 Ma. Tamires Oliveira Gomes - Universidade Federal de São Paulo (Unifesp)  
 Ma. Aline Rocha Rodrigues - União Das Instituições De Serviços, Ensino E Pesquisa LTDA  
 (UNISEPE)  
 Me. Mauricio Pavone Rodrigues - Universidade Cidade de São Paulo (Unicid)  
 Esp. Rubens Barbosa Rezende – Faculdade UniFB  
 Me. Luciano Cabral Rios – Secretaria de Educação do Piauí (Seduc/PI)  
 Me. Jhenys Maiker Santos - Universidade Federal do Piauí (UFPI)  
 Dr. Francisco de Paula S. de Araújo Júnior - Universidade Estadual do Maranhão (UEMA)  
 Ma. Anna Karla Barros da Trindade - Instituto Federal do Piauí (IFPI)  
 Dra. Elaine Fernanda dos Santos - Universidade Federal de Sergipe (UFS)  
 Ma. Lilian Regina Araújo dos Santos - Universidade do Grande Rio (Unigranrio)  
 Dra. Luziane Said Cometti Lélis - Universidade Federal do Pará (UFPA)  
 Ma. Márcia Antônia Dias Catunda - Devry Brasil  
 Ma. Marcia Rebeca de Oliveira - Instituto Federal da Bahia (IFBA)  
 Ma. Mariana Moraes Azevedo - Universidade Federal de Sergipe (UFS)  
 Dra. Marlova Giuliani Garcia - Instituto Federal Farroupilha (IFFar)  
 Ma. Rosana Maria dos Santos - Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE)  
 Ma. Rosana Wichineski de Lara de Souza - Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG)  
 Ma. Simone Ferreira Ângelo - Escola Família Agrícola de Belo Monte - MG  
 Ma. Suzel Lima da Silva - Universidade Federal de Santa Maria (UFSM)  
 Ma. Tatiana Seixas Machado Carpenter - Escola Parque  
 Me. Cássio Joaquim Gomes - Instituto Federal de Nova Andradina / Escola E. Manuel Romão  
 Me. Daniel Ordane da Costa Vale - Secretaria Municipal de Educação de Contagem  
 Me. Diego dos Santos Verri - Secretária da Educação do Rio Grande do Sul  
 Me. Fernando Gagno Júnior - SEMED - Guarapari/ES  
 Me. Grégory Alves Dionor - Universidade do Estado da Bahia (UNEB)/ Universidade Federal  
 da Bahia (UFBA)  
 Me. Lucas Pereira Gandra - Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS); UNOPAR,  
 Polo Coxim/MS  
 Dr. Lucas Peres Guimarães – Secretaria Municipal de Educação de Barra Mansa - RJ  
 Dr. Luiz Otávio Rodrigues Mendes - Universidade Estadual de Maringá (UEM)  
 Me. Mateus de Souza Duarte - Universidade Federal de Sergipe (UFS)  
 Me. Milton Carvalho de Sousa Júnior - Instituto Federal do Amazonas (IFAM)  
 Dr. Sebastião Rodrigues Moura - Instituto Federal de Educação do Pará (IFPA)

Dr. Wanderson Diogo A. da Silva - Universidade Estadual do Ceará (UECE)  
Ma. Heloisa Fernanda Francisco Batista - Universidade Federal de Uberlândia (UFU) e  
Universidade Federal de São Carlos (UFSCar)  
Ma. Telma Regina Stroparo - Universidade Estadual do Centro Oeste (Unicentro)  
Dr. Sérgio Saraiva Nazareno dos Anjos - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária  
(Embrapa)

# Pesquisas em Meio Ambiente e Impactos Ambientais

Volume 2



<http://www.doi.org/10.52832/wed.197>

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

Pesquisas em meio ambiente e impactos ambientais [livro eletrônico]: volume 2 / organização Wedson Medeiros Silva Souto... [et al.]. -- 2. ed. -- Teresina, PI: Wissen Editora, 2026. PDF

Outros organizadores: Fábio Freitas dos Santos, Eduarda Medran Rangel, Letícia Sousa dos Santos, José Augusto Aragão-Silva.

ISBN 978-65-85923-89-7

DOI: 10.52832/wed.197

1. Ecologia 2. Impacto ambiental 3. Meio ambiente 4. Meio ambiente - Conservação e Proteção I. Souto, Wedson Medeiros Silva. II. Santos, Fábio Freitas dos. III. Rangel, Eduarda Medran. IV. Santos, Letícia Sousa dos. V. Aragão-Silva, José Augusto.

26-335611.0

CDD-577

## Índices para catálogo sistemático:

1. Ecologia: Ensino: Ciência e biologia 577

Eliane de Freitas Leite - Bibliotecária - CRB 8/8415

## Informações sobre a Wissen Editora

Homepage: [www.editorawissen.com.br](http://www.editorawissen.com.br)

Teresina - Piauí, Brasil

E-mail: [wisseneditora@gmail.com](mailto:wisseneditora@gmail.com)

---

**Como citar ABNT:** SOUTO, Wedson Medeiros Silva; SANTOS, Fábio Freitas dos; RANGEL, Eduarda Medran; SANTOS, Letícia Sousa dos; ARAGÃO-SILVA, José Augusto. **Pesquisas em Meio Ambiente e Impactos Ambientais.** v. 2, Teresina-PI: Wissen Editora, 2026. 261 p. DOI: <http://www.doi.org/10.52832/wed.197>

---



**Teresina-PI, 2026**

## SOBRE OS ORGANIZADORES

### Wedson Medeiros Silva Souto



Sou professor da Universidade Federal do Piauí. Possuo formação multidisciplinar com ênfase na área de Ciências Ambientais, com graduação (Licenciatura e Bacharelado) em Ciências Biológicas pela Universidade Estadual da Paraíba (2007), Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente (2009) e Doutorado em Ciências Biológicas (ZOOLOGIA) (2014) pela Universidade Federal da Paraíba. Fiz estágio pós-doutoral (PNPD-CAPES) em Ecologia e Conservação na Universidade Federal Rural de Pernambuco (2014). Tenho experiência na área de Etnobiologia com ênfase em Etnozoologia e Etnoecologia, Conservação da Biodiversidade, Metodologia Científica (Desenho de pesquisa, elaboração de projetos de pesquisa ou pesquisa/extensão). Atualmente desenvolvo pesquisas acerca da caça (principalmente para obtenção de carne - "bushmeat"), usos tradicionais e comercialização de vertebrados silvestres terrestres por povos da região tropical, assim como as eventuais implicações disto para a conservação faunística. Meus trabalhos têm focado na análise de como fatores socioeconômicos e culturais influenciam na utilização e conhecimentos de usos da fauna. Também sou revisor de periódicos nacionais e internacionais indexados no SCOPUS. Sou credenciado no Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente (MDMA) da Universidade Federal do Piauí e no Doutorado em Desenvolvimento e Meio Ambiente (EM REDE), além de colaborar com o Programa de Pós-Graduação em Ecologia da Universidade Estadual da Paraíba (UEPB).

### Fábio Freitas dos Santos



Doutorando em Ciências Ambientais (UNESP/Sorocaba) e Mestre em Agronegócio e Desenvolvimento (UNESP/Tupã), com ampla formação que inclui especializações em Pedagogia Empresarial (UNIFACEAR), Gestão e Coaching Educacional (FCE) e Matemática, suas Tecnologias e o Mundo do Trabalho (UFPI). Possui quatro licenciaturas: Ciências com Habilitação em Biologia, Pedagogia, Matemática e Física, além de formação técnica em Música com habilitação em Regência, Piano e Canto. Atua há quase três décadas como docente, com sólida experiência na Educação Básica, Técnica e Superior. No ensino superior, integrou o Programa de Atividades e Aperfeiçoamento em Docência no Ensino Superior (PAADES), ministrando as disciplinas Laboratório de Física I e Física II no curso de Engenharia Ambiental, com foco em abordagens interdisciplinares e socioambientais. Foi professor visitante da Pós-Graduação em Saneamento e Meio Ambiente (UNILINS) e coordenador educacional no Senac São Paulo, atuando na gestão pedagógica e na formação continuada de docentes, com enfoque em processos formativos orientados pela Gestão da Qualidade e melhoria contínua dos serviços educacionais. Participa de grupos de pesquisa e redes acadêmicas com foco em educação ambiental e populações tradicionais (GEPEASA e RedeCT), desenvolvendo estudos interdisciplinares nas áreas de Ciências Ambientais, CTS/CTSA, educação profissional e políticas públicas. Atua também na organização

de eventos científicos e culturais, com participação em projetos de extensão universitária. Possui domínio de tecnologias educacionais e práticas inovadoras para o ensino presencial e a distância. Seus interesses acadêmicos e profissionais incluem educação ambiental, ciência e tecnologia (CTS/CTSA), interdisciplinaridade, políticas públicas, formação docente, educação profissional e Gestão da Qualidade aplicada a contextos educacionais e organizacionais.

### Eduarda Medran Rangel



Possui graduação em Gestão Ambiental pelo Instituto Federal Sul-Rio-Grandense (2013), graduação em Saneamento Ambiental pelo Instituto Federal Sul-Rio-Grandense (2015), graduação em Programa Especial de Formação Pedagógica de Docentes - Química pela Universidade de Franca (2019), graduação em Engenharia Ambiental pela Universidade Cruzeiro do Sul (2023), graduação em Licenciatura em Matemática - FAVENI (2022), mestrado em Ciência e Engenharia de Materiais pela Universidade Federal de Pelotas (2016) e doutorado em Ciência e Engenharia de Materiais pela Universidade Federal de Pelotas (2020). Atualmente é professor adjunto da Universidade Federal de Pelotas. Tem experiência na área de Ciências Ambientais, com ênfase em Ciências Ambientais, atuando principalmente nos seguintes temas: meio ambiente, fotocatalise, educação ambiental, cálculos hidrográficos, resíduos sólidos e materiais pedagógicos.

### Letícia Sousa dos Santos



Sou cientista, pesquisadora e educadora. Possuo Graduação em Licenciatura em Ciências da Natureza (UFPI/2018), Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente (UFPI/2021) e Doutorado em Desenvolvimento e Meio Ambiente pela Universidade Federal do Piauí. Estou na sub-coordenação do Grupo de Pesquisa em Etno e Educação Ambiental da Universidade Federal do Piauí (GPEEA/UFPI). Realizo pesquisas na área de Ciências Ambientais, com destaque para Botânica, Etnobotânica, Etnozoologia, Educação Ambiental e Ensino de Ciências.

### José Augusto Aragão-Silva



Doutorando em Desenvolvimento e Meio Ambiente pelo Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente - PRODEMA UFPI (2023- 2027). Mestre em Desenvolvimento e Meio Ambiente - PRODEMA UFPI (2021-2023). Especialista em Biodiversidade e Conservação pela Universidade Estadual do Piauí (UESPI/2016). Licenciatura em Ciências Biológicas pela Universidade Federal do Piauí (2011). Possui experiência no magistério nas áreas de Ciências, Biologia e Química. Tem experiência com pesquisas na área de Ciências Ambientais com ênfase nas áreas de Etnobiologia/Zoologia/Ornitologia/Etnozoologia, onde estagiou no Laboratório de Zoologia do Departamento de Biologia (LZUFPI), participou de levantamentos e monitoramentos de avifauna em áreas de Caatinga, Cerrado, Amazônia e seus ecótonos. Atualmente desenvolve pesquisa sobre a caça e usos tradicionais da fauna silvestre e comercialização por povos da região tropical, nordeste brasileiro e eventuais implicações associadas a conservação faunística.

## APRESENTAÇÃO

A coletânea Pesquisas em Meio Ambiente e Impactos Ambientais nasce em um momento em que a crise socioambiental exige leituras cada vez mais integradas sobre território, biodiversidade, saúde, resíduos, educação e participação social. Os capítulos reunidos neste livro expressam a diversidade de objetos, métodos e escalas que caracteriza as Ciências Ambientais contemporâneas. Ao articular revisões de literatura, estudos empíricos, análises bibliométricas, experiências de extensão, propostas pedagógicas e investigações aplicadas, a obra evidencia que os impactos ambientais não se limitam a alterações físicas ou químicas no ambiente. Eles se manifestam também em modos de vida, sistemas produtivos, práticas culturais, políticas públicas, tecnologias sociais e formas de governança.

O percurso proposto inicia-se pelo reconhecimento de territórios vulneráveis e de formas muitas vezes invisíveis de contaminação. A discussão sobre poluentes emergentes em áreas ocupadas por populações tradicionais e indígenas amplia a compreensão dos impactos ambientais ao demonstrar que a exposição a contaminantes envolve dimensões ecológicas, epidemiológicas, culturais e políticas. Essa abertura oferece ao leitor uma chave interpretativa importante: os problemas ambientais são inseparáveis das desigualdades sociais, da disputa por território e da necessidade de produzir conhecimento sensível aos contextos locais. Em seguida, a análise bibliométrica e de conteúdo sobre tratamento de efluentes desloca o olhar para a gestão das águas residuais, mapeando tendências científicas, métodos de avaliação e lacunas que persistem no campo.

A partir da parte inicial, a obra avança para os ambientes produtivos e para a avaliação de alterações em ecossistemas manejados. O capítulo sobre degradação de pastagens propõe um método expedito de análise perceptiva, relacionando observações de campo com atributos físicos e agregados do solo. Ao fazê-lo, mostra como ferramentas simples podem apoiar decisões de manejo e recuperação ambiental em áreas rurais. A discussão é especialmente relevante em um país onde a expansão agropecuária, o uso intensivo do solo e a necessidade de conservar serviços ecossistêmicos impõem o desafio de conciliar produção, conservação e mitigação climática.

Na sequência, os capítulos dedicados à fauna silvestre aproximam o leitor das relações entre comunidades humanas, biodiversidade e conservação. A revisão sobre aves exploradas por povos da Caatinga e do Cerrado sistematiza padrões de uso, categorias culturais e implicações conservacionistas da etnoornitologia dos sertões brasileiro. Logo depois, o estudo sobre práticas de caça e usos da fauna silvestre no norte do Piauí oferece um recorte empírico detalhado,

revelando motivações, espécies-alvo, consumo, conflitos, usos como animais de estimação e comércio de carne de caça. Lidos em conjunto, esses capítulos demonstram que a conservação da fauna exige compreender a complexidade das práticas locais e dialogar com conhecimentos tradicionais, necessidades econômicas e estratégias de manejo.

O livro passa então a discutir os resíduos sólidos e a valorização de materiais como caminhos para reduzir impactos. O relato sobre gerenciamento ambiental em estádios de futebol evidencia que grandes eventos esportivos concentram consumo, circulação de pessoas e geração de resíduos, demandando planejamento, infraestrutura, coleta seletiva, educação ambiental e sistemas de gestão integrados. A partir desse estudo de caso urbano, a obra se desloca para soluções termoquímicas de aproveitamento de biomassa. O capítulo sobre resíduos verdes de horto urbano avalia a pirólise como rota para produção de biochar, destacando sua contribuição para economia circular, estocagem de carbono e mitigação climática.

Essa discussão tecnológica é aprofundada pelo estudo sobre biochar de capim Napier e sua capacidade de adsorção de metais. Ao comparar a produção laboratorial com a produção em Fogão Anila, o capítulo aproxima ciência dos materiais, saúde ambiental e tecnologia social. O resultado é uma reflexão sobre soluções de baixo custo para remediação de contaminação por metais, especialmente em contextos vulneráveis. Os dois capítulos sobre biochar dialogam entre si porque mostram que resíduos e biomassas não devem ser entendidos apenas como passivos ambientais, mas também como recursos capazes de gerar produtos úteis, reduzir emissões, melhorar processos de tratamento e fortalecer alternativas de sustentabilidade.

A etapa final da coletânea desloca o foco para educação, extensão universitária e inovação social. O capítulo sobre o uso de dado pedagógico para ensinar educação ambiental e Plantas Alimentícias Não Convencionais (PANCs) na educação básica defende metodologias lúdicas, acessíveis e participativas como instrumentos para aproximar estudantes da agrobiodiversidade e da alimentação sustentável. Essa abordagem indica que a transformação socioambiental depende também de práticas formativas capazes de despertar curiosidade, criticidade e compromisso com modos de vida mais sustentáveis. A educação ambiental aparece, assim, não como complemento, mas como dimensão estruturante da resposta aos impactos ambientais. Neste sentido, o antepenúltimo capítulo do livro é relevante, uma vez que demonstra a capacitação de estudantes do curso de Meio Ambiente do Instituto Federal do Maranhão, Campus Alcântara, na capacitação para monitoramento e manutenção do Método “*Sisteminha*”, uma tecnologia social inovadora voltada à produção integrada de alimentos de forma sustentável.

Os dois últimos capítulos aprofundam essa perspectiva institucional e participativa. A análise da extensão universitária na pós-graduação em Ciências Ambientais no Meio Norte do Nordeste brasileiro examina a intensidade, a continuidade e a multidisciplinaridade das ações extensionistas, reforçando o papel da universidade na produção de conhecimento socialmente referenciado. Encerrando a obra, o capítulo sobre os aplicativos Curupira e Teresina Ambiental mostra como tecnologias digitais podem ampliar canais de denúncia, divulgação de serviços ambientais, ciência cidadã e comunicação entre sociedade, universidade e órgãos públicos. O fechamento com esse tema sugere que a gestão ambiental contemporânea depende cada vez mais de redes colaborativas, dados compartilhados e participação social.

Nesta coletânea se destaca a variedade metodológica adotada pelos autores. Há capítulos construídos a partir de revisões narrativas e sistematizadas, levantamentos bibliométricos, observação participante, estudos de caso, experimentação laboratorial, caracterização físico-química, análise estatística e desenvolvimento de recursos didáticos e tecnológicos. Essa multiplicidade demonstra que as temáticas em meio ambiente e impactos ambientais precisam ser investigados por diferentes lentes, combinando indicadores quantitativos, interpretação qualitativa, escuta social, análise territorial e avaliação técnica. Ao mesmo tempo, a presença de estudos desenvolvidos em contextos urbanos, rurais, escolares, universitários e comunitários reforça que a questão ambiental atravessa espaços variados e exige respostas ajustadas a cada realidade. Esta obra mostra também que a pesquisa científica e a extensão universitária podem oferecer caminhos práticos, socialmente situados e tecnicamente fundamentados para reduzir impactos, apoiar políticas públicas e fortalecer a participação coletiva.

Por essa razão, a coletânea pode ser lida tanto como panorama de pesquisas recentes quanto como convite à colaboração interdisciplinar. Ao reunir autores de diferentes instituições, regiões e áreas de formação, Pesquisas em Meio Ambiente e Impactos Ambientais reafirma a vocação interdisciplinar das Ciências Ambientais. A obra oferece contribuições para pesquisadores, estudantes, gestores, educadores e profissionais interessados em compreender a complexidade dos desafios ambientais atuais. Mais do que apresentar resultados isolados, o conjunto dos capítulos convida à construção de pontes entre ciência, sociedade e políticas públicas. Em tempos de mudanças climáticas, perda de biodiversidade, contaminação difusa e desigualdades socioambientais, esse diálogo é indispensável para imaginar e implementar respostas mais justas, criativas e efetivas. Que esta coletânea contribua para ampliar debates, inspirar novas pesquisas e fortalecer práticas comprometidas com a sustentabilidade dos territórios e com a dignidade das populações que deles dependem.


























































Sem mais, desejamos uma excelente leitura.






























































*Prof. Dr. Wedson de Medeiros Silva Souto*  
(Universidade Federal do Piauí (UFPI), Centro de Ciências da Natureza, Departamento de Biologia)



































































*Prof.a. Dra. Letícia Sousa dos Santos*  
(Doutorado em Desenvolvimento e Meio Ambiente – UFPI, Secretaria Municipal de Educação – Timon-MA)






















































*Prof. Me. José Augusto Aragão-Silva*  
(Doutorado em Desenvolvimento e Meio Ambiente – UFPI, Secretaria Municipal de Educação – Esperantina-PI)

## SUMÁRIO

<b>CAPÍTULO 1.....</b>	<b>19</b>
<b>TERRITÓRIOS VULNERÁVEIS, POLUENTES INVISÍVEIS: CONTAMINANTES EMERGENTES E SEUS IMPACTOS NA SAÚDE AMBIENTAL DE POPULAÇÕES TRADICIONAIS E INDÍGENAS.....</b>	<b>19</b>
Thaís Andréa Cunha   	19
Fábio Freitas dos Santos   	19
Maria Lúcia Pereira Antunes   	19
Laércio Fidelis Dias   	19
DOI: 10.52832/wed.197.1129 	19
<b>CAPÍTULO 2 .....</b>	<b>49</b>
<b>AVALIAÇÃO DOS IMPACTOS AMBIENTAIS DO TRATAMENTO DE EFLUENTES: UMA ANÁLISE BIBLIOMÉTRICA E DE CONTEÚDO.....</b>	<b>49</b>
Arthur Arnoni Occhiutto   	49
Fábio Freitas dos Santos   	49
Nícolhas de Paula Nicomedes   	49
Anelise Vieira Rosa Fernandes da Silva   	49
Fellipe Silva Gomes   	49
DOI: 10.52832/wed.197.1130 	49
<b>CAPÍTULO 3 .....</b>	<b>71</b>
<b>ANÁLISE PERCEPTIVA DA DEGRADAÇÃO DA PASTAGEM E SUA INTERAÇÃO COM ATRIBUTOS FÍSICOS E AGREGADOS DO SOLO .....</b>	<b>71</b>
João Gabriel Chaib   	71
Admilson Irio Ribeiro   	71
DOI: 10.52832/wed.197.1131 	71
<b>CAPÍTULO 4 .....</b>	<b>94</b>
<b>ETNOORNITOLOGIA DOS SERTÕES: UMA REVISÃO PRELIMINAR SOBRE AVES EXPLORADAS POR POVOS DA CAATINGA E DO CERRADO BRASILEIRO .....</b>	<b>94</b>
Wedson Medeiros Silva Souto   	94
Cleiciane Maria de Oliveira   	94
José Augusto Aragão Silva   	94
Isac Santana Menezes   	94
Anderson Guzzi   	94
André Bastos da Silva   	94
Davi Lima Pantoja Leite   	94

Rômulo Romeu Nóbrega Alves   	94
Felipe Silva Ferreira   	94
DOI: 10.52832/wed.197.1132 	94
<b>CAPÍTULO 5</b> .....	113
<b>PRÁTICAS DE CAÇA E USOS DA FAUNA SILVESTRE EM ÁREAS RURAIS NO NORTE DO PIAUÍ, NORDESTE DO BRASIL</b> .....	113
José Augusto Aragão Silva   	113
Felipe Silva Ferreira   	113
André Bastos da Silva   	113
Isac Santana Menezes   	113
Francisco Eduardo dos Santos Sousa   	113
Wedson Medeiros Silva Souto   	113
DOI: 10.52832/wed.197.1133 	113
<b>CAPÍTULO 6</b> .....	145
<b>GERENCIAMENTO AMBIENTAL EM ESTÁDIOS DE FUTEBOL: UM RELATO SOBRE RESÍDUOS SÓLIDOS</b> .....	145
Vitor Barreto dos Santos   	145
Kethlin Giovanna da Silva Ramos   	145
Maraiza Mendes Feijó   	145
Guilherme Gonçalves Wachholz   	145
Célia Cristina Machado de Carvalho Vaz   	145
Stefani Curtinaz Mesquita   	145
Wesley Kabke   	145
Roberta Machado Karsburg   	145
Eduarda Medran Rangel   	145
DOI: 10.52832/wed.197.1134 	145
<b>CAPÍTULO 7</b> .....	157
<b>VALORIZAÇÃO DE RESÍDUOS VERDES DE HORTO URBANO POR MEIO DE PIRÓLISE: PRODUÇÃO DE BIOCHAR E POTENCIAL DE MITIGAÇÃO CLIMÁTICA</b> .....	157
João Gabriel Chaib   	157
Nídia de Sá Caetano   	157
DOI: 10.52832/wed.197.1135 	157
<b>CAPÍTULO 8</b> .....	173

<b>ESTUDO DE BIOCHAR DE CAPIM NAPIER E AVALIAÇÃO</b> .....	173
<b>DE SUA CAPACIDADE DE ADSORÇÃO DE METAIS</b> .....	173
Flávia Toqueti    .....	173
Marina Piacenti da Silva    .....	173
Maria Lúcia Pereira Antunes    .....	173
Carolina Letícia Zilli Vieira    .....	173
Hulder Henrique Zapparoli    .....	173
Paola Ferreira da Silva    .....	173
Emerson Leandro da Silva    .....	173
DOI: 10.52832/wed.197.1136  .....	173
<b>CAPÍTULO 9</b> .....	194
<b>O USO DE DADO PEDAGÓGICO COMO RECURSO DIDÁTICO PARA ENSINAR     SOBRE EDUCAÇÃO AMBIENTAL E PANCS NO ENSINO BÁSICO</b> .....	194
Maraiza Mendes Feijó    .....	194
Amanda Forquim Cetolin    .....	194
Guilherme Gonçalves Wachholz    .....	194
Kethlin Giovanna da Silva Ramos    .....	194
Eduarda Lemos Blank    .....	194
Célia Cristina Machado de Carvalho Vaz    .....	194
Stefani Curtinaz Mesquita    .....	194
Wesley Kabke    .....	194
Roberta Machado Karsburg    .....	194
Eduarda Medran Rangel    .....	194
DOI: 10.52832/wed.197.1137  .....	194
<b>CAPÍTULO 10</b> .....	209
<b>CAPACITAÇÃO DE ESTUDANTES DO CURSO TÉCNICO EM MEIO AMBIENTE NO     MONITORAMENTO DO PROJETO SISTEMINHA EMBRAPA/UFU/FAPEMIG NO     IFMA CAMPUS ALCÂNTARA – MA</b> .....	209
Elisabeth Regina Alves Cavalcanti Silva    .....	209
Diego Lima Matos    .....	209
Ingryd Ramos França    .....	209
José Luís Araujo Sousa    .....	209
DOI: 10.52832/wed.197.1138  .....	209
<b>CAPÍTULO 11</b> .....	221

<b>EXTENSÃO UNIVERSITÁRIA NA PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS NO MEIO NORTE DO NE BRASILEIRO: UMA ANÁLISE PRELIMINAR COMPARATIVA ENTRE PROGRAMAS CONSOLIDADOS REGIONALMENTE PRÓXIMOS E GRUPO DE PROPOSTA DE CURSO NOVO (“APCN”)</b> .....	221
Wedson Medeiros Silva Souto   	221
Isac Santana Menezes   	221
Patrícia Maria Martins Nápolis   	221
Davi Lima Pantoja   	221
Fábio Barros Britto   	221
Thaysa Pâmella Vieira De Sousa   	221
Clécio Leonardo Mendes Araújo   	221
Letícia Sousa dos Santos   	221
DOI: 10.52832/wed.197.1139 	221
<b>CAPÍTULO 12</b> .....	243
<b>APLICATIVOS E A EXTENSÃO UNIVERSITÁRIA NAS CIÊNCIAS AMBIENTAIS: EXPERIÊNCIAS COM OS APLICATIVOS CURUPIRA E TERESINA AMBIENTAL PARA CONSERVAÇÃO AMBIENTAL PARTICIPATIVA</b> .....	243
Wedson Medeiros Silva Souto   	243
Bruno Gabriel Nunes Pralon   	243
Pedro Ivo Soares Barbosa   	243
Wellyson Vieira Dias   	243
Luiza Ester Alves da Cruz   	243
Marina Daniele Alves Loiola Lopes   	243
Jhonnata-Leno Pires de Carvalho Rodrigues   	243
Patrícia Maria Martins Nápolis   	243
Francisco Robert Bandeira Gomes da Silva   	243
DOI: 10.52832/wed.197.1140 	243




# CAPÍTULO 1

## TERRITÓRIOS VULNERÁVEIS, POLUENTES INVISÍVEIS: CONTAMINANTES EMERGENTES E SEUS IMPACTOS NA SAÚDE AMBIENTAL DE POPULAÇÕES TRADICIONAIS E INDÍGENAS

### VULNERABLE TERRITORIES, INVISIBLE POLLUTANTS: EMERGING CONTAMINANTS AND THEIR IMPACTS ON THE ENVIRONMENTAL HEALTH OF TRADITIONAL AND INDIGENOUS POPULATIONS

**Thaís Andréa Cunha**   

Mestranda em Ciências Ambientais (Unesp-Sorocaba), Especialista em Ergonomia, Acessibilidade e Segurança do Trabalho, Centro Universitário Internacional (UNINTER), Graduação em Administração com Ênfase em Recursos Humanos, Universidade Nove de Julho (UNINOVE), Habilitação Profissional Técnica em Segurança do Trabalho, Etec Takashi Morita, Brasil

**Fábio Freitas dos Santos**   


Doutorando em Ciências Ambientais (Unesp-Sorocaba), Mestre em Agronegócio e Desenvolvimento (Unesp-Tupã), com Especializações em Pedagogia Empresarial (UNIFACEAR), Gestão e Coaching Educacional (FCE) e em Matemática, suas Tecnologias e o Mundo do Trabalho (UFPI) e Licenciaturas em Ciências com Habilitação em Biologia (UNISALESIANO-Lins), em Pedagogia (UNIFIEO), Matemática (UNÍTALO) e em Física (ETEP), Brasil

**Maria Lúcia Pereira Antunes**   

Doutora e Mestre em Ciências pelo Instituto de Física (USP), Bacharel e Licenciatura em Física (USP), Livre Docente ICTS - Instituto de Ciência Tecnológica de Sorocaba (Unesp/ Sorocaba) - Departamento de Engenharia Ambiental, Brasil

**Laércio Fidelis Dias**   

Doutor e Mestre em Antropologia Social (USP), Bacharelado e Licenciatura em Ciências Sociais (USP). Professor Assistente Doutor na Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Filosofia e Ciências, Marília e do Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais (PPGCA) no Instituto de Ciência e Tecnologia, em Sorocaba, Brasil

DOI: 10.52832/wed.197.1129 

**Resumo:** Este capítulo apresenta uma revisão narrativa de literatura sobre os contaminantes emergentes presentes em territórios ocupados por populações tradicionais e indígenas, analisando simultaneamente suas dimensões ambientais, socioculturais e políticas. A partir da integração de estudos ecológicos, antropológicos e epidemiológicos, identificam-se múltiplas rotas de exposição — incluindo bioacumulação em peixes e plantas, transporte atmosférico, drenagem fluvial e dispersão decorrente de atividades como garimpo, agronegócio e grandes empreendimentos hidrelétricos. Os resultados demonstram que esses poluentes afetam não apenas a integridade dos ecossistemas, mas também práticas culturais, cosmologias, sistemas de autossustento e a segurança alimentar de povos historicamente vulnerabilizados. A revisão evidencia lacunas persistentes na literatura, especialmente quanto às interações sinérgicas entre contaminantes e aos impactos cumulativos de longo prazo, assim como a insuficiência de políticas públicas capazes de monitorar e proteger efetivamente esses territórios. Conclui-se que a compreensão dos contaminantes emergentes exige abordagens interdisciplinares que articulem ecotoxicologia, saúde ambiental e antropologia ecológica, de modo a orientar estratégias de mitigação ambientalmente eficazes, culturalmente sensíveis e alinhadas ao reconhecimento dos direitos territoriais dessas populações.

**Palavras-chave:** Poluentes emergentes. Saúde Ambiental. Bioacumulação. Populações Tradicionais. Ecologia Política.

**Abstract:** This chapter presents a narrative literature review on emerging contaminants found in territories inhabited by traditional and Indigenous populations, integrating environmental, sociocultural, and political dimensions. Drawing on ecological, anthropological, and epidemiological studies, the review identifies multiple exposure pathways — including bioaccumulation in fish and plants, atmospheric deposition, fluvial transport, and dispersion linked to gold mining, agribusiness, and large hydropower projects. The findings indicate that these pollutants affect not only ecosystem integrity but also cultural practices, cosmological relations, subsistence systems, and food security among historically vulnerable groups. The review also highlights persistent gaps in the scientific literature, particularly regarding synergistic interactions between contaminants and long-term cumulative effects, as well as the insufficiency of public policies capable of effectively monitoring and protecting these territories. It concludes that understanding emerging contaminants requires interdisciplinary approaches that articulate ecotoxicology, environmental health, and ecological anthropology, guiding mitigation strategies that are environmentally effective, culturally sensitive, and aligned with the territorial rights of Indigenous and traditional populations.

**Keywords:** Emerging contaminants. Environmental Health. Bioaccumulation. Traditional Populations. Political Ecology.

## 1 INTRODUÇÃO

A contaminação ambiental tem se consolidado como um dos grandes desafios contemporâneos, especialmente diante da multiplicação de substâncias químicas que permeiam ar, solo e água, alcançando inclusive áreas ecologicamente preservadas e comunidades que dependem historicamente dos recursos naturais para garantir sua sobrevivência física e cultural. Entre essas substâncias, os chamados poluentes emergentes — que incluem microplásticos, resíduos de fármacos, pesticidas modernos e diversos compostos de ação silenciosa (Zandaryaa et al., 2025) —

revelam um cenário ainda pouco explorado pela ciência, embora seus efeitos já se façam sentir sobre ecossistemas sensíveis e sobre populações que mantêm relações profundas e simbióticas com seus territórios ancestrais. Nessas comunidades tradicionais e indígenas, cujas práticas cotidianas se estruturam a partir da interação direta com rios, florestas, plantas medicinais, solos e ciclos ecológicos, a presença inadvertida desses contaminantes configura um risco que ultrapassa as dimensões ambientais e alcança elementos identitários, espirituais e socioculturais essenciais à continuidade de seus modos de vida.

Embora a literatura científica venha ampliando, nos últimos anos, a atenção dedicada aos impactos globais desses poluentes, ainda são escassos os estudos que analisam, de forma integrada e interdisciplinar, seus efeitos sobre populações culturalmente diferenciadas (McOliver *et al.*, 2015; Gonzales *et al.*, 2018; Billiot; Mitchell, 2019; Sánchez; Egea, 2018; Xabadía *et al.*, 2021; De Wit; Vorkamp; Muir, 2022; Zandaryaa *et al.*, 2025). Essas comunidades — frequentemente submetidas a pressões territoriais, ao enfraquecimento de estruturas sociais e à precarização de políticas públicas — apresentam vulnerabilidades ampliadas quando expostas à chamada “poluição invisível”. A contaminação de fontes de água, o acúmulo de substâncias tóxicas em peixes e plantas, a degradação dos solos utilizados para cultivo comunitário e o comprometimento das rotas de coleta e extrativismo tornam-se ameaças silenciosas que, embora muitas vezes ignoradas no debate público, afetam profundamente a saúde coletiva, as práticas tradicionais de manejo e a própria continuidade cultural de povos que historicamente atuam como guardiões da biodiversidade.

Nesse contexto, torna-se imprescindível compreender de que maneira os poluentes emergentes interferem tanto na saúde física quanto nos aspectos simbólicos e organizacionais das populações tradicionais e indígenas. Assim, este capítulo toma como questão central investigar os impactos desses contaminantes sobre a saúde ambiental e cultural dessas comunidades e analisar como tais efeitos têm sido descritos, explicados e interpretados pela literatura existente. A partir dessa problemática, emergem indagações que orientam a reflexão aqui desenvolvida: quais são os poluentes emergentes mais recorrentes nos territórios ocupados por povos tradicionais e indígenas? De que maneira tais substâncias afetam corpos, práticas, hábitos e sistemas de conhecimentos? Quais lacunas persistem nos estudos já realizados? Como políticas públicas têm enfrentado — ou evitado — essa problemática? E de que forma abordagens interdisciplinares podem enriquecer a compreensão crítica do tema?

A relevância dessa discussão reside no fato de que a presença de poluentes emergentes em territórios tradicionais e indígenas desafia não apenas modelos convencionais de avaliação ambiental, mas também modos de compreender saúde, território, cultura e sustentabilidade. Ainda

que essas comunidades sejam amplamente reconhecidas por seus conhecimentos ecológicos tradicionais e por sua atuação como protagonistas na conservação ambiental, o avanço de contaminantes modernos compromete práticas milenares de uso e manejo do ambiente, gerando tensões que ultrapassam a esfera da toxicidade física e alcançam dimensões societárias, identitárias e espirituais. Nessa perspectiva, investigar tais impactos é tarefa urgente para subsidiar políticas públicas que respeitem e protejam esses grupos, valorizando suas especificidades e reconhecendo suas contribuições históricas para a preservação dos ecossistemas.

Diante dessa complexidade, a revisão narrativa apresenta-se como abordagem metodológica adequada, ao permitir integrar conhecimentos provenientes de diferentes áreas e articular dimensões ambientais, socioculturais, políticas e epistemológicas que compõem o fenômeno analisado. Tal abordagem possibilita examinar de maneira crítica e interpretativa resultados de pesquisas diversas e construir uma leitura ampliada sobre o tema. Assim, ao reunir evidências e reflexões de múltiplos autores, espera-se não apenas ampliar a visibilidade acadêmica e social da problemática, mas também contribuir para debates que fortaleçam ações de proteção e valorização das comunidades tradicionais e indígenas, reconhecendo-as como protagonistas na luta contra a contaminação invisível e como detentoras de saberes fundamentais para a construção de futuros socioambientais mais justos e sustentáveis.

## 2 PERCURSO METODOLÓGICO

A presente pesquisa foi conduzida como revisão narrativa de literatura, abordagem reconhecida por sua capacidade de integrar diferentes campos do conhecimento e por permitir a interpretação crítica de fenômenos complexos. Diferentemente das revisões sistemáticas, que operam com protocolos rígidos e critérios altamente padronizados, a revisão narrativa se mostrou mais adequada ao objetivo deste capítulo, uma vez que os efeitos dos contaminantes emergentes sobre populações tradicionais e indígenas envolvem dimensões ecológicas, socioculturais, históricas e territoriais que não podem ser apreendidas apenas por análises técnico-científicas. Nessa direção, a opção metodológica dialoga com a literatura que reconhece o potencial da revisão narrativa para identificar padrões, tensões e lacunas conceituais em temas interdisciplinares (Barros *et al.*, 2017).

A busca por referências compreendeu o período entre setembro de 2023 e janeiro de 2025 e foi realizada em bases amplamente consolidadas — Periódicos CAPES, SciELO, PubMed, Scopus, Web of Science, Biblioteca Virtual em Saúde e Google Acadêmico — empregando descritores em português e inglês relacionados a “poluentes emergentes”, “povos indígenas”, Wissen Editora, 2026 | ISBN 978-65-85923-89-7 | DOI: <http://www.doi.org/10.52832/wed.197>

“comunidades tradicionais”, “vulnerabilidade socioambiental”, “contaminação por mercúrio”, “agrotóxicos”, “resíduos farmacêuticos” e “saúde ambiental”. Utilizaram-se operadores booleanos para combinar termos e refinar resultados, privilegiando estudos que abordassem simultaneamente fatores ambientais, socioculturais e políticos associados à exposição a contaminantes.

Foram selecionadas publicações revisadas por pares, documentos institucionais de relevância reconhecida e obras que exploram a relação entre poluição, território e modos de vida tradicionais. Excluíram-se textos opinativos, estudos laboratoriais sem interface socioambiental, materiais sem rigor metodológico e trabalhos acadêmicos não publicados. Além disso, procedeu-se ao exame da bibliografia secundária dos estudos selecionados, ampliando o escopo da revisão e garantindo maior consistência ao diálogo interdisciplinar que sustenta este capítulo.

A análise do material ocorreu em três etapas complementares. Inicialmente, realizou-se uma leitura exploratória, voltada ao reconhecimento de conceitos-chave e abordagens predominantes. Em seguida, uma leitura seletiva permitiu concentrar o corpus em estudos diretamente pertinentes às questões centrais da pesquisa. Por fim, desenvolveu-se uma leitura interpretativa, na qual os achados foram articulados aos referenciais da antropologia ecológica, da ecologia política e da saúde ambiental, permitindo compreender como contaminantes emergentes afetam corpos, territórios e cosmologias. Assim, a metodologia aplicada combina rigor na seleção das fontes e flexibilidade analítica, configurando-se como instrumento adequado para sustentar as discussões apresentadas nas seções seguintes.

### **3 REVISÃO DA LITERATURA**

#### **3.1 Natureza dos contaminantes emergentes e processos de contaminação**

A compreensão dos contaminantes emergentes que incidem sobre populações tradicionais e indígenas exige reconhecer que esses grupos vivem em paisagens moldadas por complexas interações entre sistemas ecológicos, práticas culturais e processos históricos de territorialização. Essa perspectiva encontra apoio na Ecologia Cultural de Julian Steward, para quem modos de vida resultam de adaptações específicas às condições ambientais, produzindo relações íntimas entre tecnologia, subsistência e paisagem. No caso brasileiro, estudos demonstram que as comunidades tradicionais, ao longo de gerações, desenvolveram formas de manejo ambiental que articula saberes locais, práticas rituais e estratégias de resiliência ecológica, sendo profundamente afetadas quando processos externos alteram o equilíbrio de seus territórios (Grünwald, 2003; Gonçalves, 2008; Vieira; Silva; Toledo, 2020). Entretanto, esse equilíbrio tem sido sistematicamente ameaçado por pressões antrópicas associadas ao agronegócio, à mineração e à expansão de grandes

empreendimentos, cuja força transformadora é amplamente documentada por análises socioambientais e políticas (Manyari, 2007; Oliveira *et al.*, 2018; Monteiro *et al.*, 1993; Zandaryaa *et al.*, 2025).

Nesse sentido, a Ecologia Política — especialmente na obra de Arturo Escobar — enfatiza que territórios não são apenas espaços físicos, mas domínios organizados por relações de poder, conflitos e modelos de desenvolvimento que frequentemente marginalizam populações tradicionais. Isso se evidencia na distribuição sociocultural dos grupos tradicionais, como ribeirinhos, pantaneiros, caiçaras e quilombolas, cujas práticas produtivas e vínculos simbólicos com a terra se entrelaçam com sistemas ecológicos locais, gerando uma profunda dependência dos ciclos naturais (Souza; Daniel, 2001; Mazoyer; Roudart, 2010).

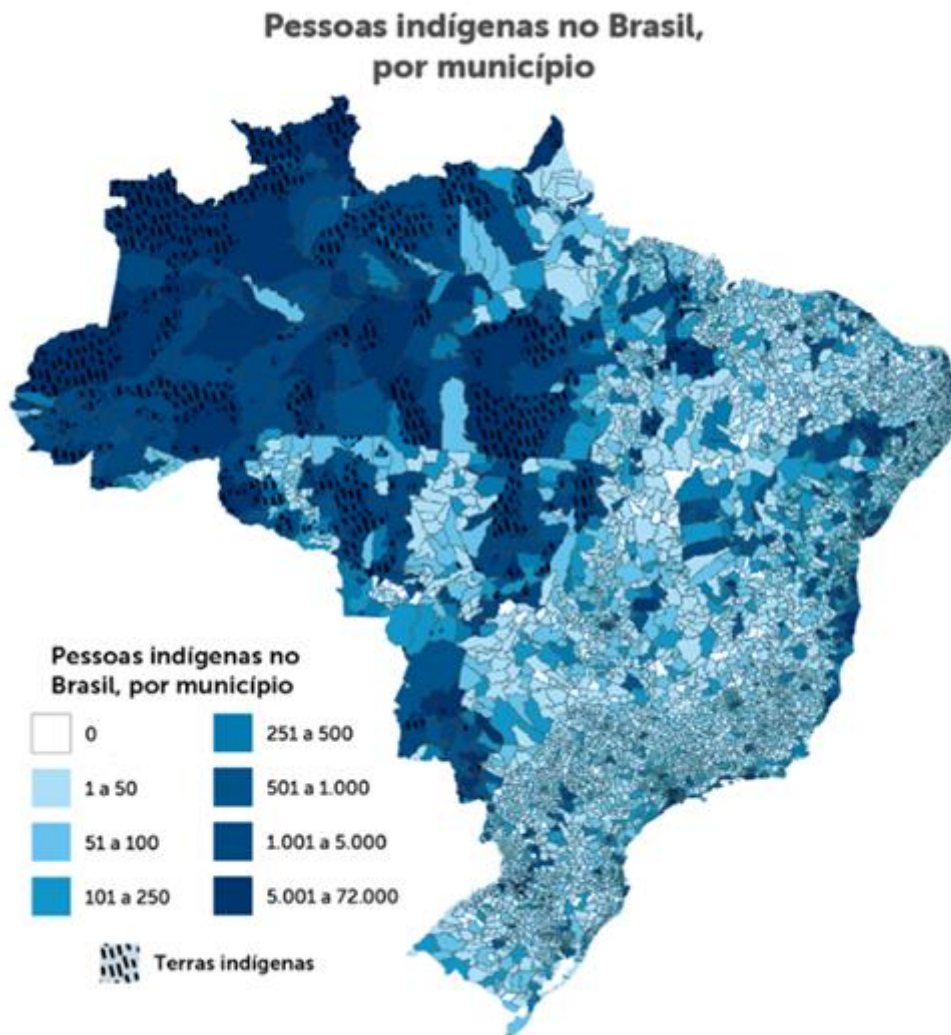
A análise dos povos indígenas, por sua vez, amplia a necessidade de compreender os territórios como sistemas complexos, onde a saúde, a alimentação e a cosmologia se entrelaçam — perspectiva chave na antropologia biocultural e presente em *People and Nature: An Introduction to Human Ecological Relations* e em *Human Adaptability: An Introduction to Ecological Anthropology*, de Emilio Moran, que demonstra como práticas culturais e dinâmicas ecológicas se co-produzem (Moran, 2016, 2022). Estudos em saúde indígena mostram que a determinação socioterritorial interfere diretamente nos processos de adoecimento, pois comunidades expostas ao garimpo, ao desmatamento e ao uso intensivo de agrotóxicos são atravessadas por fluxos de contaminação que alcançam rios, solos e alimentos tradicionais (Coimbra Jr.; Santos; Cardoso, 2007; Santos *et al.*, 2022; Rocha; Porto; Pacheco, 2019; Zandaryaa *et al.*, 2025). Esse quadro, como evidencia a literatura contemporânea, não se explica apenas pela degradação ambiental, mas pela “violência lenta” descrita por Rob Nixon, em que danos tóxicos se acumulam ao longo do tempo de maneira invisibilizada e desigual. A Figura 1 apresenta a distribuição das Terras Indígenas e evidencia sua sobreposição com zonas críticas de pressão ambiental.

**Figura 1** – Terras Indígenas Brasileiras.

Fonte: Instituto Socioambiental (ISA), 2010.

Além da dimensão territorial, a distribuição demográfica da população indígena é fundamental para avaliar como diferentes grupos experimentam níveis variáveis de exposição a contaminantes. Análises demográficas indicam que municípios com altas concentrações populacionais tendem a sofrer mais intensamente com os efeitos cumulativos do mercúrio, dos pesticidas e dos resíduos farmacêuticos, especialmente quando combinados à precariedade do saneamento básico e às disputas territoriais (Santos *et al.*, 2022; Silva, 2021; Oliveira *et al.*, 2018). Pesquisas em Ecologia Política no Brasil — como as de Porto-Gonçalves e Acselrad — reforçam que esses impactos não se distribuem ao acaso, mas seguem lógicas estruturais de desigualdade ambiental, frequentemente associadas à invisibilização histórica desses povos (Leroy; Meireles, 2013; Müller; Jesus; Jesus, 2021). A Figura 2 sintetiza a distribuição populacional indígena por município no Brasil, contribuindo para revelar padrões territoriais de vulnerabilidade.

**Figura 2** – Distribuição da população indígena no Brasil por município.



Fonte: IBGEduca, 2022.

A análise integrada dos dois mapas — territorial e demográfico — confirma que a vulnerabilidade enfrentada por povos tradicionais e indígenas emerge da convergência entre pressões ecológicas, desigualdades socioeconômicas e processos históricos de desterritorialização. Como proposto em *Para além de natureza e cultura*, de Philippe Descola (2023), e em *A inconstância da alma selvagem e Metafísicas canibais*, de Eduardo Viveiros de Castro (2017; 2018), as relações entre seres humanos e ambiente nesses grupos não se limitam à utilidade material, mas expressam ontologias que concebem rios, florestas e animais como sujeitos de relação (Descola, 2023; Castro, 2017, 2018). Quando contaminantes externos penetram esses sistemas, o impacto recai simultaneamente sobre a saúde física, o território simbólico e a continuidade dos modos de vida (Araújo, 2007; Moreira, 1999; Mazoyer; Roudart, 2010). Portanto, compreender a distribuição

desses povos constitui o fundamento para analisar, nas seções seguintes, como poluentes emergentes se dispersam, se acumulam e afetam dimensões múltiplas da vida social e ecológica.

### 3.2 Evidências científicas sobre mercúrio, pesticidas e resíduos farmacêuticos

A compreensão dos contaminantes emergentes que afetam territórios indígenas e tradicionais exige situá-los dentro de uma perspectiva ecológica ampla, na qual sistemas sociais e ambientais estão profundamente interligados. A abordagem desenvolvida em *Pigs for the Ancestors: Ritual in the Ecology of a New Guinea People* e aprofundada em *Ritual and Religion in the Making of Humanity*, de Roy Rappaport, trata os rituais como mecanismos reguladores de sistemas ecológicos e reforça que qualquer perturbação externa — como a introdução de substâncias tóxicas — desestabiliza fluxos biológicos, culturais e simbólicos (Rappaport, 2000, 1999). No caso amazônico, o mercúrio destaca-se como um dos contaminantes mais estudados, sendo amplamente associado ao avanço do garimpo e ao desmatamento. Pesquisas conduzidas por instituições como a FIOCRUZ demonstram níveis alarmantes de metilmercúrio em peixes de consumo cotidiano, revelando como o metal se converte em ameaça persistente à segurança alimentar e à saúde das comunidades (Agência Cenarium, 2023; FIOCRUZ, 2023; Basta *et al.*, 2023). Esse processo ecoa a ideia apresentada em *People and Nature: An Introduction to Human Ecological Relations* e em *Human Adaptability: An Introduction to Ecological Anthropology*, de Emilio Moran, de que as cadeias ecológicas operam em sistemas integrados nos quais alterações em um ponto reverberam em todo o conjunto (Moran, 2016, 2022; Jatene *et al.*, 1993a; Jatene *et al.*, 1993b; Monteiro, 1992; Monteiro *et al.*, 1993; Monteiro *et al.*, 1997; Monteiro; Conde, 1999).

A mesma dinâmica se observa no caso dos pesticidas utilizados pelo agronegócio, cuja dispersão por via aérea ou hídrica alcança territórios indígenas e tradicionais próximos a monocultivos, configurando processos de contaminação frequentemente invisibilizados em políticas públicas. Estudos apontam para o uso intenso de glifosato, organofosforados e neonicotinoides, todos associados a efeitos toxicológicos que incluem desregulação endócrina, alterações neurológicas e impactos na fertilidade do solo (Araújo, 2007; Oliveira *et al.*, 2018; Mostafalou; Abdollahi, 2017). Análises etnográficas de comunidades expostas — como a etnia Xukuru do Ororubá — evidenciam os efeitos cumulativos dessas substâncias sobre práticas agrícolas tradicionais, alternativas de subsistência e a saúde coletiva (Gonçalves, 2008; Souza; Daniel, 2001). No campo da Ecologia Política, obras como *A globalização da natureza e a natureza da globalização* (2019) e *Amazônia, encruzilhada civilizatória: tensões territoriais em curso* (2017), de Carlos Walter Porto-Gonçalves, apontam que a expansão do agronegócio opera como mecanismo de

reconfiguração territorial que intensifica desigualdades e amplia a vulnerabilidade ambiental desses grupos (Porto-Gonçalves, 2012, 2017).

Outro eixo crítico da contaminação contemporânea é a presença de resíduos farmacêuticos nos ecossistemas aquáticos utilizados para consumo, pesca e rituais. Estudos destacam a ocorrência de antibióticos, hormônios sintéticos e anti-inflamatórios em águas superficiais, resultado tanto do esgoto doméstico não tratado quanto de resíduos hospitalares (Kümmerer, 2000; Feitosa; Sodré; Maldaner, 2013; Montagner; Vidal; Acayaba, 2017; Zandaryaa *et al.*, 2025). Esses compostos, mesmo quando presentes em baixas concentrações, exercem efeitos disruptores sobre organismos aquáticos e podem interferir em sistemas ecológicos complexos. A antropologia biocultural demonstra que a saúde indígena — conforme apontado por Coimbra Jr., Santos e Cardoso — está intrinsecamente ligada à qualidade dos ambientes naturais, de modo que alterações em ciclos ecológicos repercutem diretamente sobre práticas culturais, alimentares e rituais (Coimbra Jr.; Santos; Cardoso, 2007; Santos *et al.*, 2022).

A convergência entre mercúrio, pesticidas e resíduos farmacêuticos cria um cenário de contaminação múltipla que não pode ser entendido sem recorrer à Ecologia Política e à noção de *injustiça ambiental*, amplamente discutida em *Justiça ambiental e construção social do risco* (2002) e em *O que é justiça ambiental* (2009), de Henri Acselrad. Nessas perspectivas, a contaminação não representa apenas um fenômeno químico, mas um processo social e político que distribui desigualmente riscos e benefícios (Acselrad, 2002; Acselrad; Mello; Bezerra, 2009). A literatura demonstra que esses contaminantes interagem entre si, produzindo efeitos sinérgicos que agravam vulnerabilidades e ampliam incertezas sobre a saúde de populações que dependem diretamente de rios, florestas e plantas medicinais (Silva, 2021; Almeida *et al.*, 2007; Licco, 2008). Assim, compreender a natureza desses poluentes é indispensável para analisar, no subtópico seguinte, como eles se acumulam em peixes e plantas que constituem a base alimentar e cosmológica dessas populações.

### **3.3 Contaminação alimentar e bioacumulação em peixes e plantas utilizadas tradicionalmente**

A contaminação dos alimentos consumidos tradicionalmente por populações indígenas, ribeirinhas e outras comunidades tradicionais constitui uma das rotas mais críticas de exposição aos contaminantes emergentes, especialmente em territórios amazônicos e em áreas marcadas pelo avanço do agronegócio, do garimpo e de empreendimentos hidrelétricos. Sob a perspectiva da Antropologia Ecológica, os sistemas alimentares desses povos articulam dimensões nutricionais, cosmológicas, rituais e identitárias, configurando relações ambientais nas quais plantas, animais e

rios são compreendidos como partes vivas e indissociáveis dos modos de existência (Coimbra Jr.; Santos; Cardoso, 2007; Gonçalves, 2008; Vieira; Silva; Toledo, 2020). Nesses contextos, a presença de substâncias como mercúrio, microplásticos, hidrocarbonetos e pesticidas ultrapassa a esfera biomédica e repercute também sobre domínios simbólicos, espirituais e sociais.

Nos ambientes aquáticos, o pescado — fonte central de proteína — constitui o principal vetor de bioacumulação de mercúrio. A atividade garimpeira, especialmente na Amazônia, libera grandes quantidades do metal nos cursos d'água, onde ele se transforma em metilmercúrio, composto altamente tóxico que se concentra ao longo da cadeia trófica e atinge valores críticos em peixes carnívoros consumidos diariamente por essas populações. Estudos conduzidos pela FIOCRUZ e pelo Instituto Socioambiental (ISA) registram concentrações que extrapolam limites seguros para consumo humano, evidenciando um processo persistente de contaminação decorrente de décadas de pressão antrópica (Agência Cenarium, 2023; FIOCRUZ, 2023; Basta *et al.*, 2023).

Entretanto, a contaminação não se restringe ao pescado. Pesquisas ambientais têm identificado resíduos de pesticidas, metais pesados e outros compostos tóxicos em cultivos tradicionais — como mandioca, milho, raízes e frutos nativos — frequentemente expostos à deriva de agrotóxicos utilizados intensivamente em monocultivos vizinhos. Substâncias como glifosato, neonicotinoides e organofosforados vêm sendo detectadas em solos, sedimentos e nascentes que alimentam roças tradicionais (Araújo, 2007; Mostafalou; Abdollahi, 2017; Oliveira *et al.*, 2018). Esse cenário compromete práticas agrícolas ancestrais e sistemas de manejo que sustentam modos de vida e cosmologias, como discutido em Amazônia, encruzilhada civilizatória (Porto-Gonçalves, 2017), A globalização da natureza e a natureza da globalização (Porto-Gonçalves, 2019) e O que é justiça ambiental (Acsehrad; Mello; Bezerra, 2009), que evidenciam como os danos ambientais recaem desproporcionalmente sobre populações historicamente vulnerabilizadas (Leroy; Meireles, 2013; Müller; Jesus; Jesus, 2021).

A presença de resíduos farmacêuticos — antibióticos, anti-inflamatórios, analgésicos e hormônios sintéticos — também tem sido registrada em rios e igarapés, resultante do esgoto não tratado, de descargas industriais e dos fluxos urbanos que se sobrepõem às pressões rurais. Mesmo em baixas concentrações, essas substâncias afetam processos biológicos de peixes e plantas, criando vias indiretas de exposição humana e ampliando a complexidade das interações ecotoxicológicas (Kümmerer, 2000; Feitosa; Sodré; Maldaner, 2013; Montagner; Vidal; Acayaba, 2017; Zandaryaa *et al.*, 2025). Em contextos indígenas, nos quais plantas e animais são concebidos como seres dotados de agência e integrados a redes de reciprocidade espiritual, a alteração dessas formas de vida

repercuta em múltiplas dimensões cosmológicas: a mortandade de peixes, a transformação de espécies vegetais e o envenenamento da água desorganizam práticas de cura, calendários rituais e vínculos ontológicos com o território (Descola, 2023; Castro, 2002; Rappaport, 1999).

Para evidenciar empiricamente a magnitude desse processo de bioacumulação, apresentam-se inicialmente dados referentes à variação de concentração de mercúrio em peixes coletados em diferentes municípios da Amazônia brasileira (Tabela 1).

**Tabela 1** – Concentração de mercúrio (Hg) em peixes coletados em municípios da Amazônia brasileira.

Município (UF)	Nº de Peixes	Nº de Espécies	Média Hg pg/g (D.P)	Mediana Hg	Min.- Máx. Hg	Média Hg pg/g carnívoros (n)	Média Hg pg/g Não-carnívoros	% ≥ 0,5 µg/g
<b>Altamira (PA)</b>	43	13	0,30 (0,37)	0,21	0,0 – 1,55	0,46 (25)	0,08 (18)	13,95
<b>Belém (PA)</b>	70	24	0,20 (0,33)	0,08	0,0 – 2,39	0,29 (46)	0,03 (24)	8,57
<b>Boa Vista (RR)</b>	75	27	0,55 (0,65)	0,41	0,0 – 3,56	0,87 (43)	0,12 (32)	40,00
<b>Humaitá (AM)</b>	60	20	0,36 (0,53)	0,14	0,0 – 2,34	0,65 (25)	0,15 (35)	25,00
<b>Itatuba (PA)</b>	71	24	0,29 (0,39)	0,09	0,0 – 1,63	0,65 (26)	0,08 (45)	21,13
<b>Macapá (AP)</b>	73	25	0,17 (0,24)	0,16	0,0 – 1,24	0,28 (42)	0,03 (31)	10,96
<b>Manaus (AM)</b>	51	18	0,42 (0,53)	0,08	0,0 – 2,18	0,85 (21)	0,12 (30)	27,42
<b>Maraã (AM)</b>	48	15	0,12 (0,12)	0,08	0,0 – 0,52	0,33 (6)	0,10 (42)	2,08

<b>Oiapoque (AP)</b>	41	12	0,19 (0,28)	0,08	0,0 – 1,13	0,25 (32)	0,0 (9)	12,20
<b>Oriximiná (PA)</b>	71	21	0,20 (0,30)	0,06	0,0 – 1,25	0,47 (21)	0,09 (50)	14,08
<b>Porto Velho (RO)</b>	88	28	0,45 (0,82)	0,16	0,0 – 4,73	0,85 (40)	0,13 (48)	26,14
<b>Rio Branco (AC)</b>	78	25	0,58 (0,97)	0,15	0,0 – 4,64	1,06 (40)	0,08 (38)	35,90
<b>Santa Isabel do Rio Negro (AM)</b>	24	16	0,70 (0,51)	0,51	0,0 – 3,22	0,95 (16)	0,19 (8)	50,00
<b>Santarém (PA)</b>	70	20	0,14 (0,23)	0,03	0,0 – 1,13	0,35 (25)	0,02 (45)	7,14
<b>São Félix do Xingu (PA)</b>	68	22	0,50 (0,69)	0,30	0,0 – 3,5	0,70 (40)	0,22 (28)	29,41
<b>São Gabriel da Cachoeira (AM)</b>	32	11	0,54 (0,50)	0,43	0,0 – 2,25	0,67 (25)	0,05 (7)	50,00

**Fonte:** Análise Regional dos Níveis de Mercúrio em Peixes Consumidos pela População da Amazônia, FIOCRUZ, Brasil, 2021-2022.

Em seguida, uma síntese comparativa permite visualizar padrões regionais, relacionando concentrações médias de mercúrio a configurações territoriais, hidrológicas e socioeconômicas distintas (Tabela 2).

**Tabela 2** – Concentração média de mercúrio (Hg) em peixes por estado da Amazônia Legal.

Estado	N <sup>a</sup> de Peixes	N <sup>a</sup> Espécies	Médi Hg pg/g (D.P)	Mediana Hg	Min.- Máx. Hg	Média Hg pg/g Carnívoros (n)	Média Hg pg/g Não-Carnívoros (n)	% ≥ 0,5 µg/g
<b>Acre</b>	78	25	0,58 (0,97)	0,15	0,0 – 4,64	1,06 (40)	0,08 (38)	35,00
<b>Amapá</b>	114	27	0,18 (0,25)	0,08	0,0 – 1,24	0,27 (74)	0,02 (40)	11,40
<b>Amazonas</b>	262	34	0,34 (0,49)	0,14	0,0 – 3,22	0,67 (108)	0,11 (54)	22,50
<b>Pará</b>	393	47	0,27 (0,43)	0,1	0,0 – 3,50	0,48 (108)	0,08 (210)	15,80
<b>Rondônia</b>	88	28	0,45 (0,80)	0,16	0,0 – 4,73	0,48 (183)	0,13 (48)	26,10
<b>Roraima</b>	75	27	0,55 (0,65)	0,41	0,0 – 3,55	0,84 (40)	0,12 (32)	40,00
<b>Região Amazônica</b>	1010	80	0,34 (0,56)	0,13	0,0 – 4,73	0,60 (488)	0,09 (522)	21,3

**Fonte:** Análise Regional dos Níveis de Mercúrio em Peixes Consumidos pela População da Amazônia, FIOCRUZ, Brasil, 2021-2022.

Para compreender como essa contaminação incide de forma diferenciada entre grupos, apresenta-se a estimativa de dose ingerida, dose absorvida e razão de risco segundo faixas etárias e perfis fisiológicos

**Tabela 3** – Dose ingerida, dose absorvida e razão de risco (U.S. EPA) por estrato populacional em estados da Amazônia Legal.

Estado	Extrato Populacional	Dose Ingerida (pg/kg pc/dia)	Dose Absorvida - 80% (pg/kg pc/dia)	Razão de Risco (U.S. EPA)
Acre	Homem Adulto	0,85	0,68	6,82
	Mulher em Idade Fértil	1,12	0,90	8,96
	Criança de 5 a 12 anos	2,04	1,63	16,26
	Criança de 2 a 4 anos	3,94	3,15	31,50
Amapá	Homem Adulto	0,22	0,17	1,74
	Mulher em Idade Fértil	0,28	0,22	2,21
	Criança de 5 a 12 anos	0,52	0,42	4,16
	Criança de 2 a 4 anos	1,00	0,80	8,01
Amazonas	Homem Adulto	0,58	0,47	4,66
	Mulher em Idade Fértil	0,76	0,61	6,12
	Criança de 5 a 12 anos	1,40	1,12	11,21
	Criança de 2 a 4 anos	2,69	2,15	21,51
	Homem Adulto	0,56	0,45	4,45

Pará	Mulher em Idade Fértil	0,72	0,58	5,75
	Criança de 5 a 12 anos	1,02	0,81	8,12
	Criança de 2 a 4 anos	1,96	1,57	15,65
Rondônia	Homem Adulto	0,72	0,58	5,75
	Mulher em Idade Fértil	0,95	0,76	7,57
	Criança de 5 a 12 anos	1,73	1,38	13,87
Roraima	Criança de 2 a 4 anos	3,34	2,67	26,76
	Homem Adulto	0,74	0,59	5,89
	Mulher em Idade Fértil	0,97	0,77	7,73
	Criança de 5 a 12 anos	1,76	1,41	14,10
	Criança de 2 a 4 anos	3,40	2,72	27,16

**Fonte:** Análise Regional dos Níveis de Mercúrio em Peixes Consumidos pela População da Amazônia, FIOCRUZ, Brasil, 2021-2022.

Os dados da Tabela 3 indicam que crianças — especialmente entre 2 e 4 anos — apresentam as maiores razões de risco, em razão da maior sensibilidade fisiológica ao metilmercúrio e da menor massa corporal. Mulheres em idade fértil constituem outro grupo crítico, dada a probabilidade de efeitos sobre gestação e desenvolvimento fetal, amplamente documentados na literatura biomédica (Rocha; Porto; Pacheco, 2019; Santos *et al.*, 2022). A bioacumulação, assim, opera de maneira interseccionada, combinando desigualdades territoriais, pressões econômicas e diferenças biológicas, configurando um cenário de vulnerabilidade ampliada que afeta corpos, territórios e cosmologias.

A integração desses dados territoriais, toxicológicos e demográficos demonstra que a contaminação alimentar vivenciada por populações indígenas e tradicionais não decorre de dinâmicas naturais do ambiente, mas se enraíza em modelos de desenvolvimento predatórios. As

Wissen Editora, 2026 | ISBN 978-65-85923-89-7 | DOI: <http://www.doi.org/10.52832/wed.197>

elevadas concentrações de contaminantes em peixes, plantas e alimentos tradicionais refletem a sobreposição de atividades econômicas — garimpo, agronegócio e grandes empreendimentos hidrelétricos — que reconfiguram ecossistemas e aprofundam desigualdades históricas.

Assim, compreender a bioacumulação exige analisar conjuntamente os vetores políticos, econômicos e territoriais que impulsionam a degradação ambiental. É essa articulação estrutural — entre pressões produtivas, desigualdades socioterritoriais e vulnerabilidades diferenciadas — que orienta a discussão da seção seguinte, dedicada a examinar como agronegócio, garimpo e hidrelétricas conformam um cenário de risco permanente para comunidades indígenas e tradicionais.

### **3.4 Pressões ambientais e vulnerabilidade territorial: agronegócio, garimpo e hidrelétricas**

A intensificação das pressões ambientais sobre os territórios indígenas e tradicionais decorre de processos econômicos hegemônicos que, ao avançarem sobre áreas florestais, ribeirinhas e de uso coletivo, produzem condições persistentes de vulnerabilidade socioambiental. Entre esses processos, destacam-se o agronegócio, o garimpo e os grandes empreendimentos hidrelétricos — vetores estruturais que ampliam, de forma direta e indireta, a presença de contaminantes emergentes em ecossistemas essenciais para a reprodução física, cultural e cosmológica dessas populações (Oliveira *et al.*, 2018; Rocha; Porto; Pacheco, 2019; Manyari, 2007). Sob a perspectiva da Ecologia Política, obras como *Amazônia, encruzilhada civilizatória* (Porto-Gonçalves, 2017), *A globalização da natureza e a natureza da globalização* (Porto-Gonçalves, 2019), *O que é justiça ambiental* (Acselrad; Mello; Bezerra, 2009) e *Justiça ambiental e construção social do risco* (Acselrad, 2002) mostram que tais pressões não se distribuem de maneira neutra, mas refletem relações históricas de desigualdade, apropriação territorial e invisibilidade política que estruturam a experiência dos povos tradicionais (Leroy; Meireles, 2013; Müller; Jesus; Jesus, 2021).

No caso do garimpo, a literatura é unívoca ao demonstrar que essa atividade constitui uma das principais fontes de contaminação por mercúrio na Amazônia e em outras regiões brasileiras. A técnica de amalgamação a fogo vaporiza o metal, que é lançado na atmosfera e nos rios, onde se transforma em metilmercúrio — composto altamente tóxico, bioacumulável e capaz de circular por longas distâncias através das redes hidrográficas (FIOCRUZ, 2023; Basta *et al.*, 2023; Agência Cenarium, 2023). A contaminação compromete diretamente espécies de peixes essenciais às comunidades locais, interferindo em práticas de pesca, ciclos alimentares e rituais vinculados a seres aquáticos, como documentam pesquisas de saúde indígena e etnografias clássicas (Coimbra Jr.; Santos; Cardoso, 2007; Santos *et al.*, 2022). Assim, o garimpo não introduz apenas um agente

químico, mas rompe relações simbólicas e cosmológicas que reconhecem os rios como entidades vivas e dotadas de agência.

A expansão do agronegócio, por sua vez, intensifica a exposição a pesticidas altamente tóxicos — glifosato, neonicotinoides e organofosforados — que se dispersam pelo ar, pelo solo e pela água, alcançando aldeias e comunidades situadas no entorno de grandes áreas de cultivo. Estudos agrários e avaliações de risco demonstram que a pulverização aérea e à deriva química transportam esses compostos por quilômetros, contaminando roçados tradicionais, nascentes, plantas medicinais e alimentos de subsistência (Araújo, 2007; Mostafalou; Abdollahi, 2017; Oliveira *et al.*, 2018). Sob a ótica da antropologia ambiental, essa expansão constitui também uma forma de violência territorial e epistêmica, pois interrompe sistemas agrícolas ancestrais, fragiliza conhecimentos ecológicos tradicionais e compromete o exercício do etnoconhecimento intergeracional (Gonçalves, 2008; Souza; Daniel, 2001). Dessa forma, a pressão agropecuária afeta simultaneamente dimensões biológicas, territoriais e culturais.

As grandes hidrelétricas introduzem outra camada de complexidade aos processos de contaminação e vulnerabilidade. Ao modificar drasticamente o regime dos rios, esses empreendimentos causam estagnação de águas, mudanças nos ciclos de sedimentos e alterações nos habitats aquáticos, favorecendo a concentração de poluentes já presentes no ambiente (Manyari, 2007; Vieira; Silva; Toledo, 2020). Além disso, estudos indicam que hidrelétricas impulsionam processos de deslocamento populacional, perda de territórios pesqueiros e desestruturação de formas tradicionais de manejo fluvial, comprometendo soberania alimentar e vínculos espirituais ligados a lugares sagrados e seres aquáticos. Como mostram Fainguelernt *et al.* (2020), os impactos da Usina de Belo Monte sobre populações indígenas e ribeirinhas ultrapassam os danos físicos, atingindo dimensões simbólicas e cosmológicas fundamentais na relação sagrada com o rio Xingu.

Somados — garimpo, agronegócio e hidrelétricas — esses processos configuram um cenário de pressões múltiplas e interdependentes. Articulados à grilagem de terras, ao desmatamento e aos conflitos socioambientais registrados em diferentes regiões brasileiras, esses vetores produzem um ambiente de vulnerabilidade persistente, no qual contaminantes emergentes encontram condições ideais para se acumular e circular pelos ecossistemas (Leroy; Meireles, 2013; Müller, 2024; Monteiro *et al.*, 1993). A degradação ambiental torna-se mais grave quando incide sobre populações que dependem do território não apenas como espaço físico de subsistência, mas como fundamento de sua existência social, cosmológica e espiritual.

Compreender essas pressões implica reconhecer que a contaminação por mercúrio, pesticidas e resíduos farmacêuticos não é um fenômeno isolado, mas expressão de um projeto histórico de ocupação e exploração que molda as relações entre Estado, economia e povos tradicionais. É nesse entrecruzamento entre ecologia, política e cultura que se situam as vulnerabilidades ampliadas discutidas neste capítulo. A seguir, examina-se como essas múltiplas exposições se manifestam concretamente na saúde física, emocional, cosmológica e cultural das comunidades indígenas e tradicionais.

### 3.5 Impactos na saúde e na cultura das populações tradicionais e indígenas

Os impactos dos contaminantes emergentes sobre populações tradicionais e indígenas não podem ser compreendidos apenas pela ótica biomédica. Conforme demonstrado nas seções anteriores — especialmente na análise dos contaminantes, da bioacumulação e das pressões territoriais — esses grupos concebem saúde, território e cosmologia como dimensões integradas de um mesmo sistema relacional. Nesse contexto, qualquer alteração físico-química no ambiente repercute simultaneamente sobre corpos, práticas culturais e ordens simbólicas, constituindo um fenômeno essencialmente multidimensional (Coimbra Jr.; Santos; Cardoso, 2007; Rocha; Porto; Pacheco, 2019; Santos *et al.*, 2022).

Diversos estudos têm evidenciado que a exposição a mercúrio, pesticidas modernos, hidrocarbonetos, fármacos residuais e outros poluentes repercute de forma diferenciada nessas populações, em razão da centralidade do território para sua reprodução física, social e cosmológica. Assim, tais substâncias não são apenas agentes tóxicos, mas elementos capazes de desestabilizar sistemas de conhecimento, afetividades, práticas ritualísticas e modos de existência sustentados por relações profundas com a floresta, os rios e os seres não humanos.

Do ponto de vista da saúde física, os efeitos desses compostos são amplamente documentados. O metilmercúrio — resultante da conversão do mercúrio liberado pelo garimpo — provoca danos neurológicos severos, sobretudo em crianças pequenas, mulheres em idade fértil e povos que dependem intensamente do pescado. Pesquisas recentes destacam alterações motoras, prejuízos cognitivos, distúrbios sensoriais, doenças cardiovasculares e efeitos intergeracionais decorrentes da exposição crônica (Fiocruz, 2023; Agência Cenarium, 2023; Basta *et al.*, 2023). De modo semelhante, pesticidas como glifosato, neonicotinoides e organofosforados têm sido associados à desregulação endócrina, desordens respiratórias, alterações imunológicas e maior incidência de doenças crônicas não transmissíveis em comunidades situadas próximas a extensas áreas de cultivo (Mostafalou; Abdollahi, 2017; Oliveira *et al.*, 2018). Já resíduos farmacêuticos

presentes em rios, ainda que em baixas concentrações, interferem em mecanismos hormonais e imunológicos, configurando uma rota adicional de exposição que opera de maneira invisível, contínua e silenciosa (Kümmerer, 2000; Feitosa; Sodré; Maldaner, 2013).

Entretanto, os impactos não se restringem ao corpo biológico. Na perspectiva da Antropologia Ecológica, a contaminação representa uma ameaça sistêmica que incide simultaneamente sobre o corpo humano, o corpo-território e o corpo-cosmologia. A pesca, a agricultura tradicional, o uso de plantas medicinais, os rituais xamânicos, as festas sazonais e os sistemas de cura ancestral estão profundamente enraizados em ambientes considerados sagrados e dotados de agência. Quando alimentos fundamentais — como peixes, raízes e frutos — tornam-se perigosos, instala-se uma ruptura na ordem simbólica que orienta as práticas de vida, pois tais elementos deixam de cumprir sua função de nutrir, proteger e conectar os seres humanos aos espíritos que habitam rios, matas e montanhas (Gonçalves, 2008; Vieira; Silva; Toledo, 2020).

Essa erosão simbólica gera efeitos sociais amplos. O medo de consumir alimentos tradicionais desorganiza a transmissão intergeracional de conhecimentos, inibe práticas de manejo sustentável e compromete rituais dependentes de espécies específicas de plantas e animais. De igual modo, o adoecimento de crianças e anciãos — frequentemente interpretado pelas comunidades como um desequilíbrio espiritual — altera o xamanismo, os calendários agrários e os sistemas classificatórios que articulam humanos e não humanos em redes de reciprocidade (Coimbra Jr.; Santos; Cardoso, 2007; Leroy; Meireles, 2013). Dessa forma, a contaminação rompe não apenas a segurança alimentar, mas também a integridade das cosmologias, produzindo efeitos acumulativos que reconfiguram práticas de vida centrais para a continuidade cultural desses povos.

Sob a ótica da Ecologia Política, esses impactos são inseparáveis das desigualdades socioambientais que historicamente moldaram a relação entre Estado, mercado e populações tradicionais. A grilagem, o avanço do agronegócio, a implantação de hidrelétricas, os projetos de mineração e a precarização das políticas de proteção territorial operam como vetores estruturais da contaminação. Ao produzir rios mais poluídos, matas fragmentadas e solos degradados, esses processos violam direitos territoriais e reforçam o que a literatura denomina “injustiça ambiental”, na qual os grupos que menos contribuem para a degradação são justamente os mais expostos a seus efeitos (Müller; Jesus; Jesus, 2021; Oliveira et al., 2018; Rocha; Porto; Pacheco, 2019). Assim, desigualdades ambientais traduzem-se também em desigualdades políticas e epistêmicas, pois afetam modos de existência, formas de saber e mecanismos de decisão coletiva.

Além disso, a contaminação ambiental compromete diretamente a autonomia cultural, econômica e territorial dessas populações. A impossibilidade de pescar em determinados rios, a

contaminação de roças tradicionais, a morte de peixes e a perda de plantas medicinais desestruturam práticas que constituem identidades coletivas. Para esses povos, o território integra o corpo e a pessoa. A presença de contaminantes emergentes, portanto, desorganiza relações de cuidado, ciclos rituais, narrativas míticas e formas de vivência espiritual, ampliando processos de sofrimento social e ecológico (Santos *et al.*, 2022; Vieira; Silva; Toledo, 2020).

Esse quadro revela que os impactos dos contaminantes emergentes devem ser compreendidos de forma interligada: o que afeta o corpo biológico afeta também o corpo coletivo, o corpo-território e o corpo-cosmologia. Os efeitos tóxicos, ecológicos e socioculturais se entrelaçam, produzindo riscos impossíveis de reduzir a indicadores biomédicos ou ambientais isolados. Trata-se, portanto, de um fenômeno complexo, no qual saúde, ambiente, cultura e política se constituem mutuamente.

Essa compreensão integrada possibilita avançar, nas seções seguintes, para análises que articulam desigualdade, políticas públicas, invisibilidade institucional e lacunas científicas — elementos fundamentais para o reconhecimento dos direitos dessas populações e para a formulação de estratégias mais efetivas de mitigação, monitoramento e proteção territorial.

### **3.6 Invisibilidade política, desigualdades e lacunas da literatura**

A literatura revisada evidencia que a invisibilidade política dos povos e comunidades tradicionais constitui um dos fatores estruturantes que ampliam sua vulnerabilidade frente aos contaminantes emergentes. Essa invisibilidade decorre da ausência de monitoramento sistemático, da descontinuidade de políticas públicas e da persistente assimetria no reconhecimento dos direitos territoriais desses grupos (Zandaryaa *et al.*, 2025). Mesmo após a promulgação do Decreto n.º 6.040/2007, que instituiu a Política Nacional de Desenvolvimento Sustentável dos Povos e Comunidades Tradicionais, a implementação de mecanismos efetivos de proteção ambiental e sanitária permanece limitada, refletindo tensões históricas entre Estado, mercado e grupos étnicos (Brasil, 2007; Müller, 2024; Leroy; Meireles, 2013).

Além disso, diversos estudos apontam que essa invisibilidade ambiental está diretamente relacionada à lógica produtivista que orienta a expansão do agronegócio, da mineração e de grandes obras de infraestrutura. Como argumentam autores da Ecologia Política, os impactos ambientais e sanitários não se distribuem de forma homogênea: recairão, de maneira desproporcional, sobre populações que historicamente tiveram seus territórios expropriados ou contaminados por projetos econômicos de larga escala (Oliveira *et al.*, 2018; Rocha; Porto; Pacheco, 2019). Assim, a presença de contaminantes emergentes em rios, solos e alimentos tradicionais não pode ser interpretada

apenas como fenômeno ecológico, mas como expressão de desigualdades políticas e territoriais profundamente enraizadas.

Nesse cenário, emergem importantes lacunas na produção científica. A revisão identifica escassez significativa de estudos longitudinais capazes de avaliar os efeitos cumulativos da exposição a múltiplos poluentes — especialmente entre populações altamente dependentes de sistemas alimentares tradicionais e de relações cosmológicas específicas com o ambiente. Pesquisas que integrem dados ecológicos, toxicológicos, etnográficos e epidemiológicos ainda são incipientes, revelando fragmentação entre os campos da saúde ambiental e da antropologia, o que dificulta a compreensão holística desses impactos (Coimbra Jr.; Santos; Cardoso, 2007; Santos *et al.*, 2022; Zandaryaa *et al.*, 2025). Ademais, estudos dedicados a compostos emergentes recentemente identificados — como fármacos residuais, microplásticos e disruptores endócrinos — permanecem limitados no contexto brasileiro, tanto em qualidade quanto em abrangência territorial (Kümmerer, 2000; Montagner; Vidal; Acayaba, 2017).

Outra lacuna crítica refere-se à subutilização dos conhecimentos tradicionais como fonte de compreensão ambiental. Povos indígenas, ribeirinhos e extrativistas possuem percepções refinadas sobre transformações nos ciclos ecológicos, mudanças nos padrões de chuva, alterações no comportamento de peixes, plantas medicinais e sinais de desequilíbrio territorial. Embora esses saberes sejam essenciais para identificar mudanças precoces nos ecossistemas, eles raramente são incorporados aos modelos oficiais de monitoramento ambiental e às políticas de saúde pública (Gonçalves, 2008; Vieira; Silva; Toledo, 2020). Ao desconsiderar tais conhecimentos, a ciência perde a oportunidade de produzir diagnósticos mais precisos e contextualizados sobre a contaminação que afeta essas comunidades.

Assim, a invisibilidade política e as lacunas da literatura se entrelaçam, reforçando a condição de vulnerabilidade dos povos tradicionais e indígenas diante dos poluentes emergentes. A ausência de dados integrados, a limitação de políticas públicas e a desarticulação entre ciência ocidental e conhecimentos tradicionais configuram um cenário no qual os impactos da contaminação são subestimados ou tratados de maneira fragmentada. Diante disso, torna-se urgente promover abordagens interdisciplinares que unam toxicologia, antropologia, ecologia e estudos territoriais, de modo a produzir evidências capazes de orientar ações de mitigação, monitoramento e proteção culturalmente contextualizadas.

#### 4 SÍNTESE CRÍTICA E PERSPECTIVAS

A análise integrada da literatura demonstra que os contaminantes emergentes constituem uma ameaça sistêmica que atravessa dimensões ecológicas, sociopolíticas, biomédicas e simbólicas da vida das populações tradicionais e indígenas no Brasil. Os achados apresentados ao longo deste capítulo revelam que a presença de mercúrio, pesticidas, microplásticos, fármacos residuais e compostos disruptores endócrinos não pode ser dissociada dos processos históricos que moldaram a relação entre Estado, mercado e territórios étnicos. Portanto, a contaminação ambiental deve ser compreendida como expressão direta da sobreposição de pressões econômicas — agronegócio, garimpo, hidrelétricas e grandes empreendimentos — associadas a desigualdades estruturais que perpetuam a expropriação territorial e a vulnerabilidade sociopolítica desses grupos (Leroy; Meireles, 2013; Oliveira *et al.*, 2018; Rocha; Porto; Pacheco, 2019; Zandaryaa *et al.*, 2025).

A análise dos dados toxicológicos e territoriais apresentados nas Tabelas 1, 2 e 3 evidencia que a bioacumulação opera em múltiplas escalas: emerge no ambiente, percorre cadeias alimentares, materializa-se nos corpos e produz efeitos intergeracionais, com impactos mais intensos em crianças, mulheres e idosos. Essa constatação reforça a perspectiva da Bioculturalidade, segundo a qual saúde e doença não podem ser compreendidas apenas pela dimensão biológica, mas devem ser situadas no contexto ecológico, histórico e simbólico que estrutura a relação de cada povo com seu território (Coimbra Jr.; Santos; Cardoso, 2007; Santos *et al.*, 2022).

Sob a ótica antropológica, a revisão demonstra que a entrada de poluentes emergentes desestabiliza práticas, significados e cosmologias centrais para a reprodução cultural. A pesca, o cultivo de plantas nativas, o uso de ervas medicinais e os rituais que envolvem rios e florestas são profundamente afetados quando os elementos simbólicos e materiais que sustentam essas práticas se tornam perigosos ou imprevisíveis. Assim, a contaminação ambiental ultrapassa a dimensão da segurança alimentar e incide sobre sistemas de conhecimento, redes de parentesco, memórias coletivas e formas de relação com os seres da floresta, produzindo crises simultâneas de saúde, cultura e espiritualidade (Gonçalves, 2008; Vieira; Silva; Toledo, 2020).

A revisão também evidenciou que a invisibilidade política das populações tradicionais e indígenas constitui um dos mecanismos centrais para a perpetuação da vulnerabilidade ambiental. A falta de políticas públicas consistentes, a desarticulação institucional e a limitada incorporação dos conhecimentos tradicionais nos diagnósticos ambientais evidenciam um distanciamento histórico entre Estado e povos originários e tradicionais. Essa invisibilidade não é apenas administrativa: trata-se de um processo sociopolítico de longa duração, vinculado a modelos de

desenvolvimento que naturalizam externalidades socioambientais profundas (Müller; Jesus; Jesus, 2021; Müller, 2024).

Do ponto de vista científico, observa-se uma lacuna significativa: ainda são escassos os estudos interdisciplinares capazes de integrar ecotoxicologia, saúde pública, antropologia ecológica, saberes tradicionais e análises políticas. Grande parte da literatura permanece concentrada em recortes isolados — água, solo, pescado, saúde física — sem articular essas dimensões em modelos complexos que reflitam a realidade vivida pelas comunidades. Essa fragmentação dificulta a compreensão dos mecanismos profundos que intensificam a contaminação e obscurece a magnitude dos impactos socioambientais (Montagner; Vidal; Acayaba, 2017; Feitosa; Sodré; Maldaner, 2013).

Diante desse quadro, torna-se evidente a necessidade de repensar tanto os modelos de monitoramento quanto as políticas públicas e as metodologias aplicadas no estudo das populações indígenas e tradicionais. A literatura aponta que abordagens interdisciplinares, culturalmente contextualizadas e politicamente comprometidas são essenciais para mitigar os impactos dos poluentes emergentes. Incorporar conhecimentos tradicionais, fortalecer a proteção territorial, ampliar o monitoramento toxicológico em larga escala e reconhecer a centralidade da terra como fundamento da saúde e da existência constituem passos decisivos para enfrentar a crise socioambiental que se aprofunda em regiões etnicamente marcadas (Brasil, 2007; Santos *et al.*, 2022; FIOCRUZ, 2023; Zandaryaa *et al.*, 2025).

Assim, a síntese apresentada demonstra que os contaminantes emergentes não são apenas substâncias químicas dispersas no ambiente: configuram agentes de destruturação ecológica, social e cultural que refletem desigualdades históricas e desafiam a construção de políticas públicas mais justas e integradas. Compreender essa complexidade é fundamental para desenvolver modelos de pesquisa e intervenção capazes de proteger a saúde ambiental, fortalecer direitos territoriais e preservar a diversidade sociocultural dos povos tradicionais e indígenas no Brasil.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A revisão narrativa realizada evidenciou que a contaminação ambiental por poluentes emergentes constitui, atualmente, uma das ameaças mais significativas à saúde, ao território e à continuidade sociocultural das populações tradicionais e indígenas brasileiras. Os estudos analisados demonstram que substâncias como mercúrio, pesticidas modernos, microplásticos e fármacos residuais atravessam diferentes ecossistemas e atingem essas comunidades de forma

especialmente intensa, devido à profunda dependência que mantêm de seus territórios para alimentação, práticas culturais, manejo ambiental e organização social.

Os achados revelam que os impactos dos contaminantes ultrapassam amplamente o corpo biológico, repercutindo sobre modos de vida, cosmologias, sistemas de conhecimento e relações espirituais fundamentais. Quando rios sagrados são contaminados, quando plantas medicinais deixam de ser seguras e quando o pescado — elemento central de sustento, identidade e ritualidade — se torna perigoso, rompe-se não apenas o equilíbrio ecológico, mas também os laços simbólicos que estruturam a vida coletiva. Esses efeitos são amplificados por desigualdades históricas, processos de expropriação territorial e camadas persistentes de violência colonial que continuam moldando as experiências cotidianas desses povos.

A integração de diferentes campos do conhecimento permitiu identificar que a vulnerabilidade socioambiental enfrentada por essas populações se agrava diante da ausência de políticas públicas efetivas, da precariedade dos serviços de saúde e saneamento, da falta de monitoramento toxicológico contínuo e da invisibilidade política que ainda caracteriza a relação do Estado com povos indígenas e comunidades tradicionais. Essa invisibilidade, frequentemente associada à naturalização dessas populações como parte da paisagem e não como sujeitos de direitos, dificulta o reconhecimento de suas demandas e fragiliza a proteção territorial.

A análise das evidências mostrou, ainda, que transformações abruptas no ambiente — como a redução das áreas de pesca e caça, a infertilidade de solos tradicionalmente manejados e a perda de espécies fundamentais — têm provocado alterações nos hábitos alimentares. A crescente dependência de produtos industrializados, somada à insegurança alimentar, intensifica quadros de adoecimento, amplia riscos nutricionais e introduz novas formas de exposição a contaminantes, criando ciclos de vulnerabilidade que se sobrepõem ao longo do tempo.

Diante desse cenário, torna-se evidente que proteger povos originários e comunidades tradicionais exige ações urgentes, estruturadas e culturalmente contextualizadas. É fundamental fortalecer políticas de proteção territorial, combater atividades econômicas predatórias, ampliar o monitoramento de poluentes emergentes e assegurar que programas de saúde e de gestão ambiental considerem as especificidades socioculturais desses grupos. Do mesmo modo, torna-se indispensável integrar conhecimentos tradicionais e evidências científicas, reconhecendo o papel central que essas populações desempenham na conservação da biodiversidade e na manutenção dos ecossistemas que sustentam o equilíbrio socioambiental brasileiro.

Em síntese, esta revisão demonstra que enfrentar os impactos dos contaminantes emergentes requer muito mais do que intervenções técnicas: exige compromisso ético, político e

epistêmico com a justiça socioambiental. Somente por meio de políticas intersetoriais, participação comunitária e reconhecimento pleno da dignidade, dos saberes e dos direitos desses povos será possível garantir que continuem vivendo em seus territórios, preservando suas culturas, práticas e modos de existência para as gerações futuras.

## REFERÊNCIAS

ACSELRAD, H. Justiça ambiental e construção social do risco. **Desenvolvimento e meio ambiente**, v. 5, n. 1, p. 49-60, 2002.

ACSELRAD, H. Conflitos Ambientais – a atualidade do objeto. **Conflitos ambientais no Brasil**, v. 7, n. 11, 2004.

ACSELRAD, H.; MELLO, C. C. A.; BEZERRA, G. das N. **O que é justiça ambiental**. Rio de Janeiro: Garamond, 2009.

AGÊNCIA CENARIUM. **Estudo alerta para contaminação por mercúrio em terras indígenas da Amazônia**. Manaus, 25 out. 2023. Disponível em: <https://agenciacenarium.com.br/estudo-alerta-para-contaminacao-por-mercúrio-em-terras-indigenas-da-amazonia/>. Acesso em: 09 nov. 2025.

ALMEIDA, F. V. *et al.* Substâncias tóxicas persistentes (STP) no Brasil. **Química Nova**, v. 30, p. 1976-1985, 2007.

ARAÚJO, M. Agronegócios: conceitos e dimensões. **Fundamentos de agronegócios**, p. 160, 2007.

BASTA, P. C. *et al.* Nota Técnica: **Análise regional dos níveis de mercúrio em peixes consumidos pela população da Amazônia brasileira: um alerta em saúde pública e uma ameaça à segurança alimentar**. Rio de Janeiro: FIOCRUZ/ENSP; WWF Brasil; Greenpeace; Instituto Socioambiental; Instituto de Pesquisa e Formação Indígena, 2023. Disponível em: <https://agencia.fiocruz.br/ingestao-diaria-de-mercúrio-excede-os-limites-seguros-em-seis-estados-na-amazonia>. Acesso em: 30 nov. 2025.

RIBEIRO, C. M. F.; FERRAZ, M. H. C. Protocolo para portadores de síndromes falciformes. In: **Protocolo para portadores de síndromes falciformes**. 1993. p. 32-32.

BRASIL. Presidência da República. **Decreto n. 6.040, de 7 de fevereiro de 2007**. Casa Civil. Disponível em: [https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2007/decreto/d6040.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/decreto/d6040.htm). Acesso em: 22 maio de 2013.

BILLIOT, S.; MITCHELL, F. M. **Conceptual interdisciplinary model of exposure to environmental changes to address indigenous health and well-being**. *Public Health*, v. 176, p. 142-148, 2019.

CARDOSO, A. M.; SANTOS, R. V.; COIMBRA JR, C. E. A. Mortalidade infantil segundo raça/cor no Brasil: o que dizem os sistemas nacionais de informação?. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 21, n. 5, p. 1602-1608, 2005.

COIMBRA JR, C. E. A.; SANTOS, R. V.; CARDOSO, A. M. Processo saúde–doença. **Vigilância alimentar e nutricional para a saúde Indígena**, v. 1, p. 47-74, 2007.

DE CASTRO, E.V. **A inconstância da alma selvagem**. Ubu Editora LTDA-ME, 2017.

DE CASTRO, E. V. **Metafísicas canibais: elementos para uma antropologia pós-estrutural**. Ubu Editora LTDA-ME, 2018.

DESCOLA, P. **Para além de natureza e cultura**. Niterói: Eduff, 2023.

DE WIT, C. A.; VORKAMP, K.; MUIR, D. Influence of climate change on persistent organic pollutants and chemicals of emerging concern in the Arctic: state of knowledge and recommendations for future research. **Environmental Science: Processes & Impacts**, v. 24, n. 10, p. 1530-1543, 2022.

DIEGUES, A. C. S. **Mito moderno da natureza intocada**. 1994.

ESCOBAR, A. **Territories of difference: place, movements, life, redes**. Duke University Press, 2020.

FAZOLIN, M. *et al.* Sinérgico alternativo para inseticidas inibidores de acetilcolinesterase. **Revista Agro@mbiente On-line**, v. 11, n. 3, p. 232-240, 2017.

FAINGUELERNT, M. B. Impactos da Usina Hidrelétrica de Belo Monte: uma análise da visão das populações ribeirinhas das reservas extrativistas da Terra do Meio. **Civitas-Revista de Ciências Sociais**, v. 20, n. 1, p. 43-52, 2020.

FEITOSA, R. S.; SODRÉ, F. F.; MALDANER, A. O. Drogas de abuso em águas naturais e residuárias urbanas: ocorrência, determinação e aplicações forenses. **Química nova**, v. 36, p. 291-305, 2013.

FUNDAÇÃO OSWALDO CRUZ (FIOCRUZ). **Nota Técnica: Análise regional dos níveis de mercúrio em peixes consumidos pela população da Amazônia brasileira**. Rio de Janeiro: ENSP/FIOCRUZ, 2023.

GONÇALVES, G. M. da S. *et al.* **Agrotóxicos, saúde e ambiente na etnia Xukuru do Ororubá-Pernambuco**. 2008. Tese de Doutorado. 2008.

GONZALES, M. *et al.* Perspectives on biological monitoring in environmental health research: a focus group study in a Native American community. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 15, n. 6, p. 1129, 2018.

GRÜNEWALD, R. A. Etnodesenvolvimento indígena no Nordeste (e Leste): aspectos gerais e específicos. **Revista Antropológicas**, v. 14, n. 1+ 2, 2011.

IAMAMOTO, A. T. V. **Agroecologia e desenvolvimento rural**. 2006. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo-USP. 2006.

JATENE, S. R. *et al.* **A meia-vida da criança na Amazônia**. *In: A meia-vida da criança na Amazônia*. 1993a. p. 220-220.

JATENE, S. R. *et al.* **A situação de saúde infantil em regiões ribeirinhas da Amazônia**. Belém: UNAMAZ/UFPA, 1993b.

KÜMMERER, K. Drugs, diagnostic agents and disinfectants in wastewater and water--a review. *Schriftenreihe des Vereins für Wasser-, Boden-und Lufthygiene*, v. 105, p. 59-71, 2000.

LEROY, J. P.; MEIRELES, J. **Povos indígenas e comunidades tradicionais: os visados territórios dos invisíveis**.

LICCO, E. A. Avaliação de risco como ferramenta complementar ao licenciamento de fontes de poluição envolvendo poluentes tóxicos do ar. **INTERFACEHS-Revista de Saúde, Meio Ambiente e Sustentabilidade**, v. 3, n. 1, 2011.

MANYARI, W. V. **Impactos ambientais a jusante de hidrelétricas, o caso da usina de Tucuruí, PA. 2007**. 211f. 2007. Tese de Doutorado. Tese (Doutorado em Planejamento Energético e ambiental)–COPPE, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. 2007.

MAZOYER, M.; ROUDART, L. **História das agriculturas no mundo. Do Neolítico à crise contemporânea**. São Paulo, Brasil: UNESP, 2010.

MCOLIVER, C. A. *et al.* Community-based research as a mechanism to reduce environmental health disparities in American Indian and Alaska Native communities. **International journal of environmental research and public health**, v. 12, n. 4, p. 4076-4100, 2015.

MONTEIRO, C. A. Saúde e nutrição das populações indígenas brasileiras. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 8, n. 1, p. 100–112, 1992.

MONTEIRO, C. A. *et al.* ENDEF e PNSN: para onde caminha o crescimento físico da criança brasileira?. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 9, n. suppl 1, p. S85-S95, 1993.

MONTEIRO, C. A. *et al.* A dimensão social da saúde na Amazônia. **Revista de Saúde Pública**, v. 31, p. 135–145, 1997.

MONTAGNER, C. C.; VIDAL, C.; ACAYABA, R. D. Contaminantes emergentes em matrizes aquáticas do Brasil: cenário atual e aspectos analíticos, ecotoxicológicos e regulatórios. **Química nova**, v. 40, n. 9, p. 1094-1110, 2017.

MONTEIRO, C. A.; CONDE, W. L. A tendência secular da obesidade segundo estratos sociais: Nordeste e Sudeste do Brasil, 1975-1989-1997. **Arquivos Brasileiros de Endocrinologia & Metabologia**, v. 43, p. 186-194, 1999.

MORAN, E. F. **People and nature: An introduction to human ecological relations**. John Wiley & Sons, 2016.

MORAN, E. F. **Human adaptability: An introduction to ecological anthropology**. Routledge, 2022.

MOREIRA, R. J. **Relações entre a acumulação industrial e a agricultura brasileira após os anos 50**. In: \_\_\_\_\_. Agricultura familiar: processos sociais e competitividade. Rio de Janeiro: Mauad, 1999. p. 13–35.

MOSTAFALOU, S.; ABDOLLAHI, M. Pesticides: an update of human exposure and toxicity. **Archives of toxicology**, v. 91, n. 2, p. 549-599, 2017.

MÜLLER, C. B. **Direitos dos povos e comunidades tradicionais**. Salvador: UFBA, 2024.

MULLER, C. B. Baía de Todos os Santos e Região Metropolitana de Salvador (BA): territórios quilombolas e conflitos na contemporaneidade. **Rev. Antrop. Centro-Oeste**, v. 8, p. 235-248, 2021.

NIXON, R. **Slow Violence and the Environmentalism of the Poor**. Harvard University Press, 2011.

OLIVEIRA, L. K. de *et al.* Processo sócio-sanitário-ambiental da poluição por agrotóxicos na bacia dos rios Juruena, Tapajós e Amazonas em Mato Grosso, Brasil. **Saúde e Sociedade**, v. 27, n. 2, p. 573-587, 2018.

ORGANIZAÇÃO INTERNACIONAL DO TRABALHO (OIT). **Convenção nº 169 sobre povos indígenas e tribais**. Genebra, 1989.

PORTO-GONÇALVES, C. W. **A globalização da natureza e a natureza da globalização**. Rio de Janeiro: Civilização Brasileira, 2012. 461 p.

PORTO-GONÇALVES, C. W. **Amazônia: encruzilhada civilizatória: tensões territoriais em curso**. Rio de Janeiro: Consequência, 2017. 112 p.

RAPPAPORT, R. A. **Pigs for the ancestors: Ritual in the ecology of a New Guinea people**. Waveland Press, 2000.

RAPPAPORT, R. A. **Ritual and Religion in the Making of Humanity**. Cambridge University Press, 1999.

ROCHA, D. F. da; PORTO, M. F. de S.; PACHECO, T. A luta dos povos indígenas por saúde em contextos de conflitos ambientais no Brasil (1999-2014). **Ciência & saúde coletiva**, v. 24, p. 383-392, 2019.

SANCHEZ, W.; EGEE, E. Health and environmental risks associated with emerging pollutants and novel green processes. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 25, n. 7, p. 6085-6086, 2018.

SANTOS, B. de S. **Para além do pensamento abissal: das linhas globais a uma ecologia de saberes**. Novos estudos CEBRAP, p. 71-94, 2007.

SANTOS, R. V. *et al.* **Health of Indigenous peoples in Brazil: Inequities and the uneven trajectory of public policies.** *In:* Oxford Research Encyclopedia of Global Public Health. 2022.

SARMENTO, D. **Direitos fundamentais e relações privadas.** Editora Lumen Juris, 2004.

SILVA, Branca M. *et al.* **Quince (*Cydonia oblonga* Miller): An interesting source of bioactive compounds.** Food Chemistry Research Development; Papadopoulos, KN, Ed.; Nova Science Publishers: Hauppauge, NY, USA, p. 243-266, 2008.

SILVA, H. P. **Ecology, Health and Human Adaptation: Anthropological Perspectives on Amazonia.** Gainesville: University Press of Florida, 2004.

SILVA, H. **Socio-Ecology of Health and Disease: The Effects of Invisibility on the Caboclo.** Amazon Peasant Societies in a Changing Environment: Political Ecology, Invisibility and Modernity in the Rainforest, p. 307, 2008.

SILVA JÚNIOR, M. C. da. Fitossociologia e estrutura diamétrica da mata de galeria do Taquara, na reserva ecológica do IBGE, DF. **Revista Árvore**, v. 28, p. 419-428, 2004.

SILVA, J. M. C. Determinação socioambiental da saúde indígena na Amazônia. **Revista Pan-Amazônica de Saúde**, v. 12, n. 3, p. 45–59, 2021.

SOUZA, F. S.; DANIEL, V-P. **Caracterização de ocupação e uso no sistema de plantio indígena (Yanomami - Xitei / RR).** Boa Vista, 2001. Disponível em: <http://nerua.inpa.gov.br/nerua/09>

STEWART, J. H. **Theory of culture change: The methodology of multilineal evolution.** University of Illinois Press, 1972.

VIEIRA, I. C. G.; DA SILVA, J. M. C. Vulnerabilidade socioambiental e ameaças ao bioma Amazônia. **AMAZÔNIA**, p. 53.

XABADIA, A. *et al.* Contaminants of emerging concern: a review of biological and economic principles to guide water management policies. **International Review of Environmental and Resource Economics**, n. ART-2021-125430, 2021.

ZANDARYAA, S.; FARES, A.; ECKSTEIN, G. **Introduction—Emerging Pollutants in water: Threats, challenges, and research needs.** *In:* Emerging Pollutants: Protecting Water Quality for the Health of People and the Environment. Cham: Springer Nature Switzerland, 2025. p. 1-7.




# CAPÍTULO 2

## AVALIAÇÃO DOS IMPACTOS AMBIENTAIS DO TRATAMENTO DE EFLUENTES: UMA ANÁLISE BIBLIOMÉTRICA E DE CONTEÚDO

### EVALUATION OF THE ENVIRONMENTAL IMPACTS OF WASTEWATER TREATMENT: A BIBLIOMETRIC AND CONTENT ANALYSIS

**Arthur Arnoni Occhiutto**   

Mestre em Ciências Ambientais (PPGCA - UNIFAL), Licenciado em Ciências Biológicas (UNIFAL - MG), Alfenas-MG, Brasil

**Fábio Freitas dos Santos**   

Doutorando em Ciências Ambientais (Unesp), Sorocaba-SP, Brasil, Mestre em Agronegócio e Desenvolvimento (Unesp), Tupã-SP, Brasil, Especializações em Pedagogia Empresarial (UNIFACEAR) e em Gestão e Coaching Educacional (FCE) e Licenciaturas em Ciências com Habilitação em Biologia (UNISALESIANO-Lins), em Pedagogia (UNIFIEO) e em Matemática (UNÍTALO), Brasil

**Nicholas de Paula Nicomedes**   


Mestrando em Ciências Ambientais (UNESP) e Bacharel em Engenharia Ambiental (UNISO), Sorocaba-SP, Brasil

**Anelise Vieira Rosa Fernandes da Silva**   

Graduando em Licenciatura - Ciências Biológicas, (UNIFAL -MG), Alfenas-MG, Brasil

**Fellipe Silva Gomes**   

Mestrando em Ciências Ambientais (PPGCA - UNIFAL), Bacharel em Ciências Biológicas, (UNIFAL - MG), Alfenas-MG, Brasil

DOI: 10.52832/wed.197.1130 

**Resumo:** Este estudo aborda a avaliação dos impactos ambientais do tratamento de efluentes, utilizando uma combinação de análise bibliométrica e análise de conteúdo. Inicialmente, realizou-se uma revisão extensiva da literatura para identificar os principais estudos e tendências na área, utilizando bases de dados *Web of Science* e *Scopus*. Em seguida, aplicaram-se técnicas de análise bibliométrica para quantificar a produção científica, identificar redes de coautoria e mapear temas emergentes. Paralelamente, a análise de conteúdo permitiu a interpretação qualitativa dos dados, revelando os principais temas e preocupações abordados na literatura, como a eficácia dos processos de tratamento, os impactos ambientais e as consequências socioeconômicas para as comunidades locais. Os resultados mostram um aumento significativo na produção de pesquisas sobre o tema nos últimos dez anos, destacando a colaboração internacional e a relevância crescente da sustentabilidade ambiental. Além disso, a integração dos resultados das análises bibliométrica e de conteúdo proporciona uma compreensão abrangente e detalhada dos impactos estudados, oferecendo recomendações práticas e teóricas para políticas públicas e práticas de gestão ambiental mais eficazes. Esta pesquisa contribui para o avanço do conhecimento na área e propõe direções futuras para estudos sobre os impactos do tratamento de efluentes.

**Palavras-chave:** Análise de Conteúdo. Impactos Ambientais. Impactos Socioeconômicos. Sustentabilidade Ambiental. Tratamento de Efluentes.

**Abstract:** This study addresses the integrated assessment of the environmental and socioeconomic impacts of wastewater treatment, utilizing a combination of bibliometric analysis and content analysis. Initially, an extensive literature review was conducted to identify the main studies and trends in the field, using databases such as Web of Science, Scopus, and Google Scholar. Subsequently, bibliometric analysis techniques were applied to quantify scientific production, identify co-authorship networks, and map emerging themes. In parallel, content analysis enabled the qualitative interpretation of the data, revealing the main themes and concerns addressed in the literature, such as the effectiveness of treatment processes, environmental impacts, and socioeconomic consequences for local communities. The results show a significant increase in research production on the topic over the past ten years, highlighting international collaboration and the growing relevance of environmental sustainability. Furthermore, the integration of bibliometric and content analysis results provides a comprehensive and detailed understanding of the studied impacts, offering practical and theoretical recommendations for more effective public policies and environmental management practices. This research contributes to the advancement of knowledge in the field and proposes future directions for studies on the impacts of wastewater treatment.

**Keywords:** Content Analysis. Environmental Impacts. Socioeconomic Impacts. Environmental sustainability. Wastewater Treatment.

## 1 INTRODUÇÃO

O tratamento de efluentes é essencial para mitigar impactos ambientais associados à poluição hídrica, pois remove contaminantes presentes em águas residuais industriais e domésticas. Nesse contexto, compreender como a literatura científica aborda esses impactos é fundamental para orientar o desenvolvimento de tecnologias mais eficazes e práticas de gestão ambiental sustentáveis. Assim, o presente estudo se insere no conjunto de investigações que analisam sistematicamente a produção científica sobre o tema. A questão central que guia esta pesquisa é:

Como a produção científica tem tratado os impactos ambientais do tratamento de efluentes e quais tendências, abordagens metodológicas e lacunas estruturam esse campo? A partir dessa pergunta, busca-se compreender a evolução da literatura, identificar os principais autores e instituições e mapear métodos e temas predominantes nos estudos sobre impactos ambientais de sistemas de tratamento.

Além desse panorama, pretende-se examinar como diferentes metodologias vêm sendo aplicadas na avaliação desses impactos, incluindo análises de ciclo de vida, estudos de desempenho tecnológico, avaliações ecotoxicológicas e abordagens socioambientais. Essa identificação permite reconhecer áreas consolidadas e temas que demandam maior aprofundamento. Entre as questões secundárias que orientam a investigação estão: Quais temas são mais recorrentes? Quais tecnologias recebem maior atenção? Quais abordagens metodológicas predominam? Quais lacunas persistem na literatura?

Outra dimensão relevante consiste em analisar como os avanços científicos identificados podem aprimorar as práticas de gestão de efluentes. Ao reconhecer tendências e lacunas estruturais, torna-se possível refletir sobre como o conhecimento acumulado pode subsidiar políticas públicas, orientar decisões de planejamento e promover práticas mais sustentáveis e eficientes.

Para alcançar esses objetivos, utiliza-se a análise bibliométrica como instrumento central, pois permite avaliar quantitativamente e qualitativamente a produção científica, identificar padrões, redes de colaboração e temas emergentes. O software VOSviewer possibilita visualizar relações entre autores, instituições e palavras-chave, oferecendo um mapeamento estruturado da dinâmica de pesquisa sobre os impactos ambientais do tratamento de efluentes. Assim, a combinação entre análise bibliométrica e interpretação de conteúdo fornece base sólida para compreender o estado atual do campo e suas direções futuras.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

A bibliometria é uma ferramenta compreensível para trabalhos que envolvem mineração de textos ou análises sistemáticas, proporcionando uma análise quantitativa e qualitativa da produção científica relacionada a área pesquisada. Esta técnica é usada para medir o volume de informações, número de citações, cocitações, autores, áreas de publicação e outros parâmetros de artigos de pesquisa, principalmente contando o número de citações que um artigo recebe após a sua publicação (Cooper; Zupic, 2015).

## 2.1 Caracterização da pesquisa – Bibliometria

A aplicação de métodos bibliométricos permite identificar padrões de publicação, tendências de pesquisa e redes de colaboração entre pesquisadores, fornecendo uma visão abrangente do desenvolvimento científico em uma área específica (Pritchard, 1969). Por conseguinte, esta seção apresenta a definição, a história, os principais conceitos e indicadores bibliométricos, as aplicações da bibliometria em pesquisas científicas e as ferramentas e técnicas utilizadas para conduzir análises bibliométricas.

A definição de bibliometria foi sendo refinada conforme seu uso se expandia. Broadus (1987), ao revisar as formulações existentes, propôs uma concepção mais precisa, entendendo a bibliometria como a aplicação de métodos matemáticos e estatísticos à comunicação científica. Essa perspectiva ampliada destaca o caráter interdisciplinar da área e a diversidade de técnicas possíveis para examinar desde padrões de produtividade até a circulação do conhecimento. Em paralelo, Godin (2006) revisitou as origens do campo e mostrou que a prática de quantificar publicações surgiu ainda no início do século XX, evoluindo significativamente com as contribuições de Price e Garfield, especialmente com a criação do *Science Citation Index*, que consolidou a análise de citações como instrumento central de avaliação científica. Os indicadores utilizados em estudos bibliométricos geralmente se agrupam em três categorias: indicadores de quantidade, que expressam produtividade; indicadores de qualidade, associados ao impacto da produção científica; e indicadores estruturais, que revelam relações entre autores, instituições e áreas temáticas (Durieux; Geveno, 2010). Esses indicadores possibilitam analisar não apenas a extensão de um campo, mas também sua organização interna, suas conexões e as áreas emergentes.

A definição de bibliometria foi sendo refinada conforme seu uso se expandia. Broadus (1987), ao revisar as formulações existentes, propôs uma concepção mais precisa, entendendo a bibliometria como a aplicação de métodos matemáticos e estatísticos à comunicação científica. Essa perspectiva ampliada destaca o caráter interdisciplinar da área e a diversidade de técnicas possíveis para examinar desde padrões de produtividade até a circulação do conhecimento. Em paralelo, Godin (2006) revisitou as origens do campo e mostrou que a prática de quantificar publicações surgiu ainda no início do século XX, evoluindo significativamente com as contribuições de Price e Garfield, especialmente com a criação do *Science Citation Index*, que consolidou a análise de citações como instrumento central de avaliação científica (White, 2006). Os indicadores utilizados em estudos bibliométricos geralmente se agrupam em três categorias: indicadores de quantidade, que expressam produtividade; indicadores de qualidade, associados ao impacto da produção científica; e indicadores estruturais, que revelam relações entre autores, instituições e áreas temáticas (Durieux;

Gevenois, 2010). Esses indicadores possibilitam analisar não apenas a extensão de um campo, mas também sua organização interna, suas conexões e as áreas emergentes.

## 2.2 Impacto ambiental e tratamento de efluentes

O impacto ambiental refere-se às mudanças, positivas ou negativas, que ocorrem no ambiente como resultado de atividades humanas ou eventos naturais. Ademais, essas alterações podem afetar vários componentes ambientais, incluindo ar, água, solo, biodiversidade e saúde humana. Portanto, o conceito de impacto ambiental está intimamente ligado a termos como ecossistema, resiliência ambiental, capacidade de carga e sustentabilidade. Conseqüentemente, a avaliação desses impactos é fundamental para a preservação dos recursos naturais e para a promoção de práticas sustentáveis (Glasson; Therivel; Chadwick, 2012).

Além disso, a Avaliação de Impacto Ambiental (AIA) é um processo sistemático utilizado para identificar, prever e interpretar os impactos de projetos ou atividades sobre o ambiente, auxiliando na tomada de decisões mais informadas e sustentáveis (Mekonnen; Hoekstra, 2016). Especificamente, no contexto do tratamento de efluentes, a AIA é uma ferramenta essencial para garantir que os impactos ambientais sejam considerados e gerenciados adequadamente desde as fases iniciais de planejamento dos sistemas de tratamento (Glasson; Therivel; Chadwick, 2012).

Nesse sentido, a eficácia da AIA em projetos de tratamento de efluentes é particularmente crítica, visto o potencial significativo desses processos de gerar uma série de impactos ambientais. Portanto, compreender os principais impactos ambientais associados ao tratamento de efluentes e a importância de gerenciá-los de maneira sustentável e eficaz se torna necessário para minimizar os danos ao meio ambiente e à saúde humana, além de promover práticas mais sustentáveis e informando políticas de gestão de efluentes (Canter, 2018; Machaka; Ganesh; Mapfumo, 2016).

Em relação ao processo, o tratamento de efluentes é essencial para remover contaminantes da água usada em processos industriais ou domésticos antes de seu descarte ou reuso. No entanto, esse processo pode gerar uma série de impactos ambientais. Entre os impactos mais notáveis estão a emissão de poluentes atmosféricos, frequentemente liberados durante processos como a incineração de lodos (Pokhrel; Viraraghavan, 2004), e a produção de resíduos sólidos, como lodo de esgoto que pode conter metais pesados e outros contaminantes, necessitando de disposição adequada (Fytli; Zabaniotou, 2008).

Da mesma forma, o consumo de energia nos processos avançados de tratamento é elevado, contribuindo para a pegada de carbono (Foley *et al.*, 2010). O descarte inadequado de efluentes tratados pode alterar ecossistemas aquáticos, levando à eutrofização, redução de oxigênio dissolvido

e morte de organismos aquáticos (Camargo; Alonso, 2006). A exposição a patógenos e substâncias químicas perigosas presentes nos efluentes pode representar riscos significativos para a saúde pública (Wang *et al.*, 2014).

Estudos de caso fornecem uma visão prática sobre os impactos ambientais e as soluções adotadas em diferentes contextos. Um exemplo relevante é o tratamento de efluentes industriais na China, que aborda desafios e soluções inovadoras na gestão de efluentes industriais, destacando a implementação de tecnologias avançadas e estratégias de mitigação (Sowers *et al.*, 2011). Outro exemplo significativo é o projeto de saneamento no Brasil, onde análises de projetos de saneamento básico mostram como a implementação de sistemas de tratamento de efluentes pode melhorar significativamente a saúde pública e a qualidade ambiental em comunidades vulneráveis.

Ademais, os recursos hídricos são a substância elemental essencial para o desenvolvimento sustentável da sociedade moderna e, atualmente, estão recebendo muita atenção em pesquisas (Garfi *et al.*, 2017). No entanto, embora a quantidade total de água no mundo seja considerada abundante, os problemas de escassez e poluição da água persistem globalmente (Araújo *et al.*, 2004). Especialmente à medida que a população global continua a aumentar dramaticamente, combinada com a urbanização e o rápido desenvolvimento econômico, surgem inúmeros desafios em termos de gerenciamento e tratamento de efluentes (Jiang, 2009). Segundo relatório de pesquisa "*Progress on Wastewater Treatment – 2021 Update*", emitido pelo Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (UNEP) afirmou-se que, em 2010, 2212 km<sup>3</sup> de efluentes foram lançados no meio ambiente globalmente, entretanto, apenas 20% deles passaram por tratamento adequado (Lavrnic *et al.*, 2017). Uma grande quantidade de efluentes é descarregada diretamente no meio ambiente sem nenhum tratamento ou com tratamento incompleto, produzindo impactos negativos consideráveis sobre o ser humano e o meio ambiente natural.

Por outro lado, as Estações de Tratamento de Efluentes (do inglês: *Wastewater Treatment Plants* - WWTPs) são capazes de reduzir imensamente a concentração de vários poluentes, o que gera efluente limpo e seguro através da remoção de nutrientes, compostos orgânicos, metais, grãos de areia e até mesmo poluentes prioritários e emergentes, como produtos farmacêuticos e de higiene pessoal de efluentes influentes complexos (Oluwole; Omotola; Olatunji, 2020). No entanto, as WWTPs são consideradas indústrias intensivas em energia e geralmente são responsáveis por um alto consumo de energia. Além disso, existem várias unidades que requerem entrada de energia, tais como bombeamento de água, aeração, desidratação de lodo, transporte e vários dispositivos (Sun *et al.*, 2019).

Citando caso análogo, foi relatado que as atividades energéticas do tratamento de efluentes representaram cerca de 3%, 0,8% e 0,4% do consumo total de eletricidade nos EUA, Japão e China, respectivamente. Todavia, é importante destacar que a produção de eletricidade inevitavelmente libera inúmeros poluentes, incluindo gases de efeito estufa (GEEs) e gases ácidos, o que contribui significativamente para o potencial de aquecimento global (GWP) e o potencial de acidificação (AP) associados às WWTPs de uma perspectiva holística (Hua *et al.*, 2022).

Outrossim, devido ao consumo de energia e produtos químicos, tratamento bioquímico, descarte de efluentes e disposição de excesso de lodo ativado ao longo do ciclo de vida das WWTPs, alguns impactos ambientais potenciais (EIs) podem ocorrer. Por exemplo, foi constatado que as WWTPs apresentam uma forte relação com as emissões de GEEs, particularmente com as emissões de CH<sub>4</sub> e N<sub>2</sub>O, contribuindo assim para o aquecimento global. De acordo com o Quinto Relatório de Avaliação do IPCC afirmou que, em 2010, as emissões globais de GEEs do setor de resíduos/efluentes foram de 1,4 Gt CO<sub>2</sub>-eq (Xi *et al.*, 2021).

Suplementarmente, além de gerar GEEs, as WWTPs também estão associadas a outros EIs, como eutrofização de água doce, acidificação atmosférica regional e ecotoxicidade. Portanto, embora melhorar a qualidade da água seja indiscutivelmente uma função crítica das WWTPs, impactos negativos inerentes devem ser identificados (Xi *et al.*, 2021).

No contexto atual, o método de Avaliação do Ciclo de Vida (LCA), o método de Avaliação do Ciclo de Vida (LCA) tem sido amplamente utilizado como meio de gestão ambiental para avaliar características das WWTPs em termos de uso de energia e EIs, proporcionando uma visão holística do ciclo de vida do tratamento de efluentes. No entanto, estudos anteriores de Rashid *et al.* (2023) e Viotti *et al.* (2024) em LCA focaram principalmente na avaliação de uma ou várias WWTPs independentes ou apenas na comparação de diferenças entre vários processos.

Não obstante, devido às diferenças de planta para planta, o uso de energia e os EIs de diferentes WWTPs podem diferir significativamente, levando a resultados de pesquisa sem transferibilidade e generalidade. Consequentemente, isso significa que estudos de LCA atuais são incapazes de fornecer uma visão holística das características das WWTPs (Rashid *et al.*, 2023).

### 2.3 Metodologia da pesquisa

A presente pesquisa investiga como a literatura científica aborda os impactos ambientais do tratamento de efluentes por meio de análise bibliométrica, técnica que permite identificar padrões, tendências e lacunas na produção científica. Para isso, adotou-se uma trajetória metodológica estruturada. Inicialmente, definiu-se o escopo com foco nos impactos ambientais do

tratamento de efluentes, etapa necessária para garantir precisão analítica. Na sequência, realizou-se uma revisão abrangente da literatura em bases como Web of Science e Scopus, utilizando palavras-chave específicas para contextualizar o tema e identificar lacunas relevantes (Donthu *et al.*, 2021).

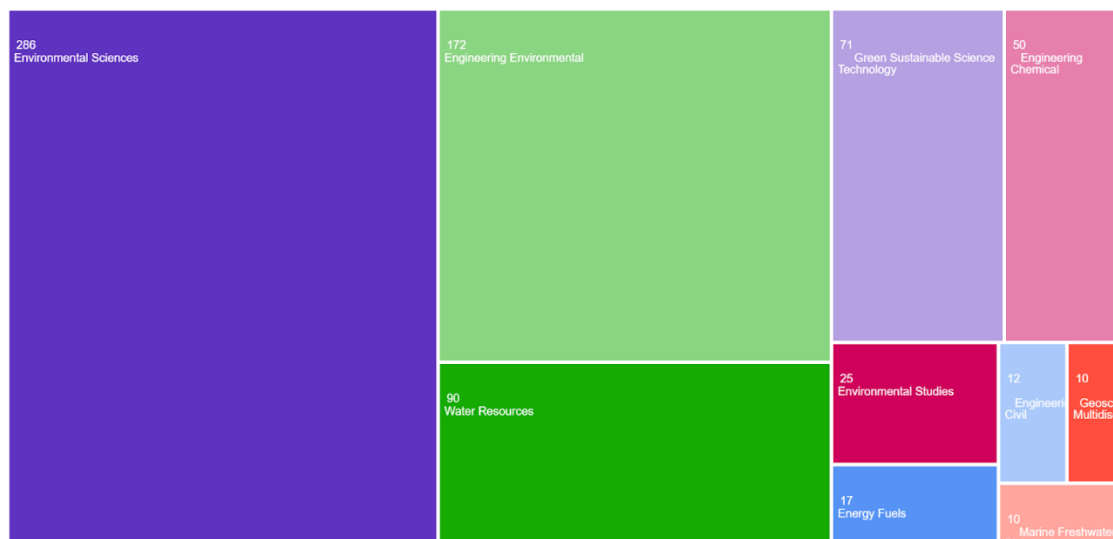
Em seguida, aplicou-se a análise bibliométrica para quantificar a produção científica, examinando padrões de citação, redes de coautoria e acoplamento bibliográfico, a fim de compreender dinâmicas de colaboração e evolução temática. Essa etapa foi conduzida com o software VOSviewer, ferramenta amplamente utilizada para visualizar redes de coautoria, co-citações e relações entre tópicos de pesquisa, possibilitando identificar áreas emergentes na literatura.

Para assegurar validade e confiabilidade, utilizaram-se técnicas de triangulação e avaliação por pares, comparando diferentes fontes e métodos e reforçando a robustez dos resultados (Sharma; Rana, 2018). A discussão dos achados foi conduzida à luz da literatura existente, destacando contribuições teóricas e práticas, bem como direções para pesquisas futuras (Yin, 2005).

Por fim, a pesquisa conclui apresentando recomendações para políticas e práticas de gestão ambiental baseadas nas evidências obtidas, ressaltando o potencial das análises bibliométricas para orientar estratégias integradas e eficazes no tratamento de efluentes (Glenisson *et al.*, 2005).

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

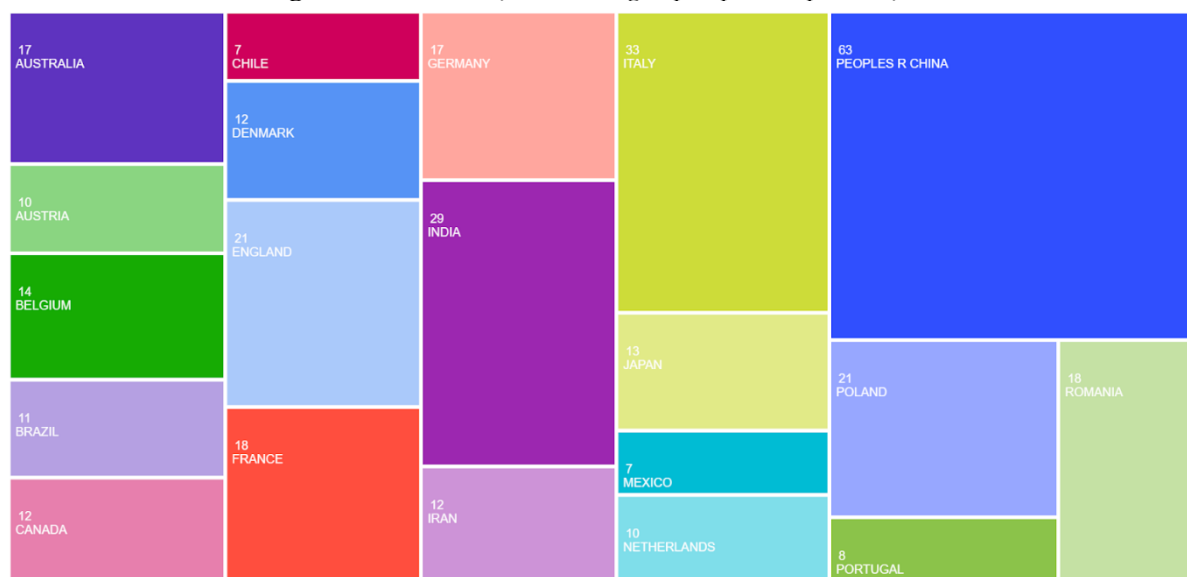
A pesquisa realizada na plataforma Web of Science (WoS) resultou em um total de 342 artigos distribuídos entre diversas áreas de estudo. A Figura 1 apresenta a distribuição desses artigos por área de pesquisa. A análise dos dados revela uma distribuição heterogênea dos artigos entre as diferentes áreas de estudo. Notavelmente, áreas como “*Environmental Science*” e “*Engineering Environmental*” demonstram uma frequência maior de publicações. Várias razões podem explicar essa distribuição assimétrica. Entre elas, destaca-se a dinâmica da pesquisa científica contemporânea, na qual áreas emergentes e de maior relevância tendem a atrair mais atenção e investimento (Qu *et al.*, 2022).

**Figura 1** – Distribuição dos artigos por área de estudo na pesquisa bibliométrica.

Fonte: Web of Science – Autores, 2024.

Além disso, fatores como o direcionamento institucional de pesquisa e as preferências individuais dos pesquisadores também desempenham papéis influentes nesse cenário (Chen; Bibby, 2022). Tendo em vista que a urgência em resolver problemas críticos, como a qualidade da água potável para a população, pode direcionar o foco e os recursos para áreas específicas de pesquisa (He *et al.*, 2023).

Neste contexto, ao verificar a distribuição dos artigos por país de publicação (Figura 2), observa-se o envolvimento global na pesquisa sobre tratamento de efluentes e impactos ambientais.

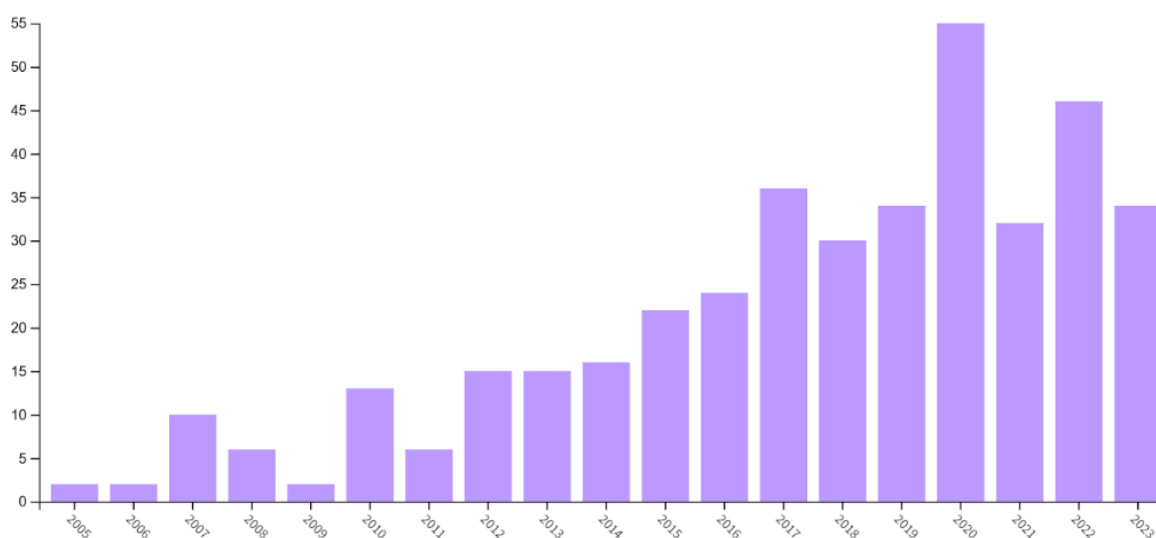
**Figura 2** – Distribuição dos artigos por país de publicação.

Fonte: Web of Science – Autores, 2024.

Ao analisar o resultado, observa-se que alguns países como China, Itália e Índia se destacam no alto número de publicações sobre tratamento de efluentes e impactos ambientais. Isso se atribui a políticas ambientais robustas (Qu *et al.*, 2022), investimentos substanciais em pesquisa e desenvolvimento (Huang; Ma; Ren, 2024).

Em conjunto a esses resultados anteriores, a distribuição dos artigos por ano de publicação revela tendências temporais na pesquisa analisada (Madani, 2016). A Figura 3 apresenta a distribuição ao longo dos anos dos artigos recortados para estudo.

**Figura 3** – Distribuição dos artigos por ano de publicação.



Fonte: Web of Science – Autores, 2024.

Ao analisar a Figura 3, observa-se uma crescente na quantidade de publicações ao longo dos anos. Nota-se um aumento de publicações a partir de 2015, seguido por uma leve queda em 2021 até o momento da coleta, 2024. Essas tendências podem refletir mudanças nas prioridades de pesquisa, avanços tecnológicos e eventos globais que impactam o campo de estudo. Dentre os fatores que podem ter influenciado essas mudanças ao longo do tempo, os avanços tecnológicos que facilitaram novas abordagens de pesquisa podem ter aumentado o número de publicações em determinados anos (Wang *et al.*, 2023). Da mesma forma, emergência de novos problemas na área podem ter direcionado o aumento ou diminuição das publicações em anos específicos (Wang *et al.*, 2023).

A análise da rede de conexões das palavras-chave é crucial neste estudo, pois incorpora todos os resultados anteriores e revela padrões interessantes na pesquisa analisada. A Figura 4 apresenta a rede mostrando as conexões entre as palavras-chave mais comuns.

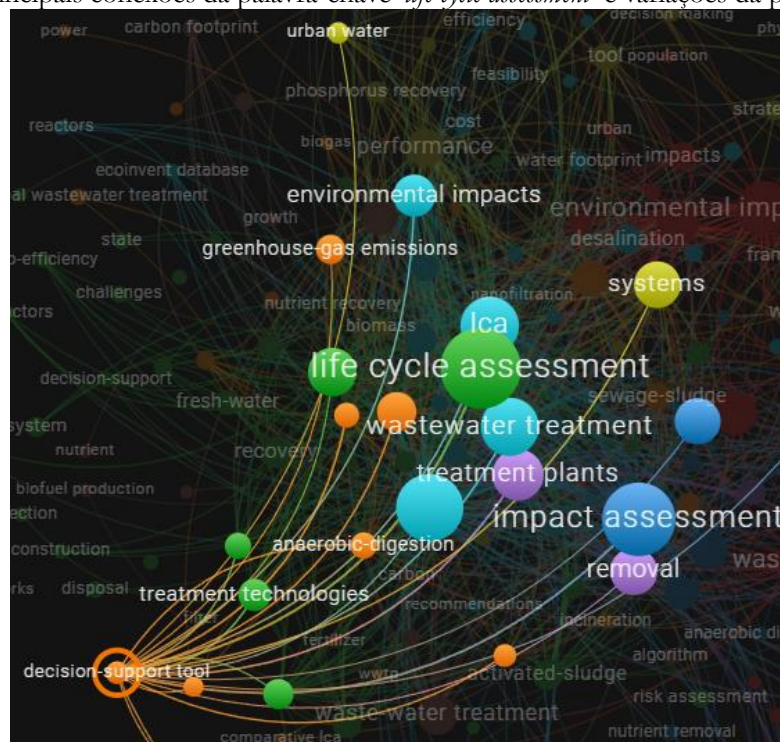




As conexões mais notáveis do termo "*wastewater*" indicam sua relevância e inter-relação com múltiplos aspectos da pesquisa em tratamento de águas residuais e avaliação de impactos ambientais. O termo "*wastewater*" está fortemente conectado com "*impact assessment*" e "*environmental impact assessment*", sugerindo que muitos estudos focam na avaliação dos impactos ambientais associados ao tratamento e gestão de águas residuais, incluindo a análise de como os processos de tratamento de efluentes afetam o meio ambiente. Outra conexão significativa é com "*treatment plants*", indicando que a infraestrutura e as operações das estações de tratamento de águas residuais são um foco central, sendo a eficiência, eficácia e sustentabilidade dessas estações um assunto frequente.

Termos como "*removal*" e "*activated sludge*" estão fortemente associados a "*wastewater*", refletindo a importância dos processos específicos de tratamento, como a remoção de contaminantes e o uso de lodo ativado para tratar águas residuais. A conexão com "*anaerobic digestion*" sugere que a digestão anaeróbica é uma tecnologia significativa discutida no contexto do tratamento de águas residuais, frequentemente utilizada para a redução de matéria orgânica e produção de biogás. "*Sewage sludge*" e "*incineration*" estão conectados a "*wastewater*", indicando que a gestão e disposição do lodo de esgoto, incluindo a incineração, são tópicos relevantes e críticos para o gerenciamento de resíduos gerados durante o tratamento de águas residuais.

**Figura 7** – Principais conexões da palavra-chave '*life cycle assessment*' e variações da plataforma WoS.



Fonte: VosViewer – Autores, 2024.

Conexões com "*life cycle assessment*" (LCA) e "*environmental impacts*" indicam que os estudos frequentemente envolvem uma avaliação do ciclo de vida dos processos de tratamento de águas residuais, visando entender os impactos ambientais desde a coleta até a disposição final. A análise das conexões do termo "*wastewater*" na visualização de rede revela que a pesquisa sobre águas residuais é altamente interdisciplinar, abrangendo desde a tecnologia de tratamento até a avaliação de impactos ambientais. As fortes conexões com termos relacionados à avaliação de impacto e tecnologias de tratamento refletem um foco significativo em garantir que os processos sejam sustentáveis e minimizem os impactos ambientais negativos. A inter-relação com termos como "*removal*", "*activated sludge*" e "*anaerobic digestion*" destaca a diversidade de métodos e tecnologias estudadas, enquanto as conexões com "*sewage sludge*" e "*incineration*" enfatizam a importância da gestão adequada dos resíduos resultantes do tratamento de águas residuais.

**Figura 7** – Principais conexões da palavra-chave '*emerging pollutants*' e variações da plataforma WoS.



Fonte: VosViewer – Autores, 2024.

Os nós relacionados aos contaminantes emergentes, como "*pharmaceuticals*", "*personal care products*" e "*toxicity*" indicam uma crescente preocupação com a presença e o impacto desses poluentes em ambientes aquáticos. Estudos recentes enfatizam a complexidade e a persistência dos contaminantes emergentes, que frequentemente escapam aos tratamentos convencionais de efluentes. Por exemplo, Brandmayr *et al.* (2015) discutem estratégias de gestão de emissões de produtos farmacêuticos como Metformina e Metoprolol, evidenciando a necessidade de medidas abrangentes que integrem o ciclo de vida completo desses compostos para minimizar sua concentração ambiental. Além disso, Archer *et al.* (2017) abordam os efeitos endócrinos disruptivos

Wissen Editora, 2026 | ISBN 978-65-85923-89-7 | DOI: <http://www.doi.org/10.52832/wed.197>

de produtos farmacêuticos e de cuidados pessoais em águas superficiais, destacando a importância de uma pesquisa focada na detecção e avaliação dos impactos ambientais desses poluentes.

Outros estudos, como o de Huang *et al.* (2022), revelam a presença de produtos de cuidado pessoal e drogas farmacêuticas raramente reportadas em águas residuais municipais, apontando para diferentes hábitos de consumo e legislação ambiental. A análise desses contaminantes sublinha a necessidade de avançar em tecnologias de tratamento de efluentes para lidar eficazmente com esses poluentes persistentes e complexos. Este enfoque é reforçado pelo trabalho de Morais *et al.* (2014), indica que compostos como analgésicos, beta-bloqueadores e medicamentos psiquiátricos representam um risco ecológico alarmante.

### 3.1 Reflexões sobre as Implicações Práticas e Teóricas dos Achados

Os resultados da análise bibliométrica revelam várias implicações práticas e teóricas importantes. Primeiramente, a forte ênfase na avaliação de ciclo de vida e na gestão de resíduos indica uma necessidade contínua de desenvolver e implementar tecnologias mais eficientes e sustentáveis no tratamento de efluentes. Essa tendência é coerente com estudos que demonstram o papel crítico da Avaliação do Ciclo de Vida (LCA) na identificação de pontos de maior impacto em Estações de Tratamento de Efluentes, incluindo consumo energético e emissões de GEE (Foley *et al.*, 2010; Xi *et al.*, 2021). Avaliações comparativas mais amplas reforçam que melhorias tecnológicas podem reduzir significativamente impactos ao longo do sistema, especialmente quando incorporam princípios de circularidade e recuperação de recursos (Corominas *et al.*, 2013).

Além disso, a análise das redes de coautoria e das dinâmicas de colaboração evidencia que a pesquisa em tratamento de efluentes é altamente interconectada e multidisciplinar. Esse padrão é consistente com a literatura que destaca o avanço de abordagens integradoras envolvendo engenharia, microbiologia, avaliação ambiental e modelagem, refletindo a ampliação das metodologias aplicadas ao estudo dos impactos ambientais de efluentes (Donthu *et al.*, 2021; Ullah *et al.*, 2022). Consequentemente, políticas públicas e práticas de gestão ambiental podem se beneficiar de estruturas colaborativas e mecanismos de governança que articulem múltiplos atores e visões, conforme sugerido por modelos internacionais de gestão integrada de recursos hídricos (Pahl-Wostl, 2015).

A identificação de lacunas na literatura também aponta temas prioritários para futuras pesquisas. Por exemplo, há uma necessidade crescente de estudos que investiguem impactos de longo prazo dos processos de tratamento, incluindo a variabilidade operacional, a eficiência de tecnologias emergentes e os efeitos cumulativos associados ao manejo de lodos e às emissões

atmosféricas (Hua *et al.*, 2022; Rashid *et al.*, 2023). Ademais, integrar considerações socioeconômicas e de governança às avaliações ambientais pode ampliar a compreensão sobre os desafios e implicações do tratamento de efluentes, como já apontado em análises que defendem abordagens mais sistêmicas e inclusivas na gestão ambiental (Glasson; Therivel; Chadwick, 2012; Mekonnen; Hoekstra, 2016). A análise do conteúdo dos principais artigos extraídos nessa busca destacam tecnologias emergentes que demonstram promissoras soluções para os desafios no tratamento de efluentes (Quadro 1).

**Quadro 1** – Tecnologias altamente citadas em artigos sobre tratamento de efluentes.

Tecnologia	Descrição	Vantagens
Processos de Oxidação Avançada (AOPs)	AOPs são técnicas que utilizam oxidantes potentes, como ozônio (O <sub>3</sub> ), peróxido de hidrogênio (H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> ) e radiação UV, para decompor contaminantes orgânicos em águas residuais.	Eficazes na remoção de poluentes refratários, não geram lodo secundário, podem ser aplicadas a uma ampla gama de contaminantes.
Tecnologias de Membranas	Incluem processos como a osmose reversa, nanofiltração e ultrafiltração para separar contaminantes da água.	Alta eficiência na remoção de sólidos, microrganismos e íons, e podem ser combinadas com outras tecnologias para tratamento avançado.
Biorreatores de Membrana (MBRs)	Integram processos biológicos de tratamento com separação por membranas para melhorar a remoção de poluentes.	Maior eficiência de tratamento, menor espaço físico necessário, produção de efluentes de alta qualidade.
Tratamento de Efluentes com Microalgas	Utiliza microalgas para tratar efluentes, onde as algas assimilam nutrientes e produzem biomassa valiosa.	Remoção eficiente de nutrientes, produção de biomassa que pode ser usada para biocombustíveis, bioplásticos e outros produtos.
Eletrocoagulação	Processo que utiliza corrente elétrica para coagular e remover contaminantes da água.	Eficaz para a remoção de metais pesados, sólidos suspensos e compostos orgânicos, gera menos lodo que a coagulação química tradicional.
Tecnologias de Adsorção Avançada	Uso de materiais adsorventes avançados, como carvão ativado modificado, zeólitas e materiais à base de grafeno, para remover contaminantes.	Alta capacidade de adsorção, regeneração e reutilização dos materiais adsorventes, aplicável a uma ampla gama de poluentes.
Biofilmes Aeróbios Granulares	Formação de biofilmes em estruturas granulares para tratar efluentes aerobiamente.	Alta resistência a choques de carga, menor necessidade de espaço, e maior eficiência de remoção de poluentes.
Fotocatálise	Uso de catalizadores fotoativos, como TiO <sub>2</sub> , ativados por luz UV para degradar contaminantes.	Capaz de degradar uma ampla gama de poluentes orgânicos, incluindo

		contaminantes emergentes, sem a necessidade de reagentes químicos.
Tecnologias de Recuperação de Recursos	Processos que visam a recuperação de recursos valiosos dos efluentes, como nutrientes (nitrogênio e fósforo) e metais.	Promove a economia circular, reduz a carga de poluentes e gera subprodutos valiosos.
Controle Biológico de Odores	Uso de biofiltros e biocapacitores para degradar compostos odoríferos biologicamente.	Solução ecológica, eficiente na remoção de compostos sulfurados e nitrogenados que pode ser integrado a sistemas existentes.

Fonte: Autores, 2025.

Estes avanços tecnológicos, referenciados em estudos como os de Zhang *et al.* (2016) e Sheridan *et al.* (2004), são essenciais para promover a eficiência e a sustentabilidade no tratamento de efluentes, alinhando-se com a economia circular e as diretrizes ambientais globais. As tecnologias apresentadas demonstram a diversidade de abordagens para aprimorar o tratamento de efluentes, variando de processos físico-químicos a soluções biológicas avançadas. Em conjunto, elas ampliam a eficiência na remoção de contaminantes, facilitam a recuperação de recursos e reduzem impactos ambientais, permitindo maior flexibilidade operacional e contribuindo para sistemas de tratamento mais sustentáveis e integrados.

#### 4 CONCLUSÃO

Os resultados da análise bibliométrica revelaram avanços relevantes na compreensão dos impactos ambientais associados ao tratamento de efluentes. Identificou-se um crescimento expressivo da produção científica na última década, indicando maior atenção às questões de sustentabilidade e à necessidade de respostas tecnológicas mais eficientes. Esse aumento, acompanhado por intensificação da colaboração internacional, reforça a urgência de desenvolver práticas de gestão capazes de reduzir de forma consistente os impactos ambientais negativos.

Outrossim, as redes de coautoria e acoplamento bibliográfico analisadas mostraram que a pesquisa em tratamento de efluentes é altamente interconectada e multidisciplinar. Identificaram-se termos centrais como "*life cycle assessment*" (LCA), "*environmental impact assessment*" e "*impact assessment*", sugerindo uma forte ênfase na avaliação de ciclo de vida e na gestão de resíduos. Esses resultados indicam a necessidade contínua de explorar novas tecnologias e métodos de tratamento que promovam a recuperação de recursos e a sustentabilidade ambiental.

Além disso, a análise das conexões entre termos como "*wastewater*", "*treatment plants*", "*removal*", "*activated sludge*" e "*anaerobic digestion*" destacou a importância dos processos específicos de tratamento e das tecnologias utilizadas. A digestão anaeróbica, por exemplo, foi identificada como

uma tecnologia significativa frequentemente discutida no contexto do tratamento de águas residuais, sugerindo seu potencial para a redução de matéria orgânica e produção de biogás. Assim, este achado reforça a necessidade de continuar a investigação e aprimoramento dessas tecnologias para melhorar sua eficiência e reduzir seus impactos ambientais.

Outro aspecto importante revelado pela análise foi a inter-relação entre termos como "*sewage sludge*" e "*incineration*", indicando que a gestão e disposição do lodo de esgoto são tópicos críticos. A correta disposição desses resíduos é essencial para evitar a contaminação ambiental e promover práticas de gestão de resíduos mais seguras e sustentáveis. Portanto, este achado destaca a importância de políticas públicas que incentivem a implementação de práticas adequadas de disposição e tratamento de resíduos gerados durante o tratamento de efluentes.

Além disso, a análise identificou a integração de considerações econômicas, gerenciais e de emissões nas avaliações ambientais, refletida pela presença de termos como "*decision-making*", "*performance*" e "*emissions*". Essa integração sugere que a gestão de efluentes não deve focar apenas nos aspectos técnicos, mas também nas implicações econômicas e na governança. Políticas públicas e práticas de gestão ambiental podem se beneficiar de uma abordagem integrada que incorpore insights de diversas disciplinas, promovendo soluções mais holísticas e eficazes.

A gestão de efluentes representa um desafio crítico para a sustentabilidade ambiental, especialmente diante da crescente urbanização e industrialização. A emissão de odores e poluentes orgânicos em plantas de tratamento de efluentes pode causar impactos ambientais significativos e afetar negativamente a saúde humana e a qualidade de vida das comunidades circunvizinhas. Estudos como os de Capelli *et al.* (2009) e Duan *et al.* (2014), destacam a necessidade urgente de desenvolver e implementar tecnologias avançadas para mitigar esses impactos. A Avaliação de Impactos Ambientais (EIA) e a Análise de Ciclo de Vida (LCA) têm sido ferramentas essenciais para quantificar e entender esses efeitos, permitindo a formulação de estratégias eficazes para a gestão sustentável dos efluentes. Conforme apontado por Easter *et al.* (2005) e Fang *et al.* (2012), a integração de novas tecnologias no tratamento de efluentes é crucial para atender às normas ambientais rigorosas estabelecidas por entidades reguladoras.

Em termos de recomendações para a formulação de políticas, este estudo sugere a necessidade de desenvolver diretrizes que incentivem a adoção de tecnologias mais sustentáveis e a implementação de práticas de gestão integradas. Políticas que promovam a pesquisa e o desenvolvimento de novas tecnologias de tratamento de efluentes, bem como a recuperação de recursos, podem contribuir significativamente para a sustentabilidade ambiental. Além disso, é

fundamental promover a colaboração entre diferentes setores e disciplinas para abordar os desafios complexos associados à gestão de efluentes.

Para futuras pesquisas, recomenda-se explorar os impactos de longo prazo dos processos de tratamento de efluentes e a eficácia de diferentes tecnologias em diversos contextos. A integração de considerações socioeconômicas e de governança nas avaliações dos impactos ambientais pode proporcionar uma compreensão mais completa e robusta das implicações do tratamento de efluentes. Estudos que investiguem as lacunas identificadas na literatura e explorem novas metodologias e tecnologias serão fundamentais para avançar no conhecimento e na prática da gestão de efluentes.

Em conclusão, a análise bibliométrica realizada neste estudo fornece uma base sólida para entender a evolução e as tendências na pesquisa sobre os impactos ambientais do tratamento de efluentes. Ao destacar as áreas de colaboração intensa, as tecnologias predominantes e as lacunas existentes, este estudo contribui para o avanço do conhecimento na área e oferece direções claras para futuras investigações e políticas públicas. A implementação das recomendações apresentadas pode promover práticas de gestão ambiental mais eficazes e sustentáveis, beneficiando tanto o meio ambiente quanto a sociedade como um todo.

### **Agradecimentos e Financiamento**

O autor e os envolvidos agradecem à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) pelo apoio financeiro e bolsas de pesquisa.

### **REFERÊNCIAS**

ARIA, M.; CUCCURULLO, C. bibliometrix: An R-tool for comprehensive science mapping analysis. **Journal of informetrics**, v. 11, n. 4, p. 959-975, 2017.

BROADUS, R. N. Toward a definition of “bibliometrics”. **Scientometrics**, v. 12, p. 373-379, 1987.

CAMARGO, J. A.; ALONSO, Á. Ecological and toxicological effects of inorganic nitrogen pollution in aquatic ecosystems: a global assessment. **Environment international**, v. 32, n. 6, p. 831-849, 2006.

CANTER, L. W. **Environmental impact of water resource projects**. CRC Press, 2018.

CHEN, W.; BIBBY, K. Model-based theoretical evaluation of the feasibility of using wastewater-  
Wissen Editora, 2026 | ISBN 978-65-85923-89-7 | DOI: <http://www.doi.org/10.52832/wed.197>

based epidemiology to monitor monkeypox. **Environmental Science & Technology Letters**, v. 9, n. 9, p. 772-778, 2022.

COOPER, I. D. Bibliometrics basics. **Journal of the Medical Library Association: JMLA**, v. 103, n. 4, p. 217, 2015.

COROMINAS, L. *et al.* Life cycle assessment applied to wastewater treatment: State of the art. **Water Research**, v. 47, n. 15, p. 5480–5492, 2013.

DONTHU, N. *et al.* How to conduct a bibliometric analysis: An overview and guidelines. **Journal of business research**, v. 133, p. 285-296, 2021.

DURIEUX, V.; GEVENOIS, P. A. Bibliometric indicators: quality measurements of scientific publication. **Radiology**, v. 255, n. 2, p. 342-351, 2010.

FOLEY, J. *et al.* Nitrous oxide generation in full-scale biological nutrient removal wastewater treatment plants. **Water research**, v. 44, n. 3, p. 831-844, 2010.

FYTILI, D.; ZABANIOTOU, A. Utilization of sewage sludge in EU application of old and new methods—A review. **Renewable and sustainable energy reviews**, v. 12, n. 1, p. 116-140, 2008.

GLASSON, J. THERIVEL, R. **Introduction to environmental impact assessment**. Routledge, 2013.

GLENISSON, P. *et al.* Combining full text and bibliometric information in mapping scientific disciplines. **Information processing & management**, v. 41, n. 6, p. 1548-1572, 2005.

GODIN, B. On the origins of bibliometrics. **Scientometrics**, v. 68, n. 1, p. 109-133, 2006.  
HE, R.; WU, X.; MU, H.; CHEN, L.; HU, H.; WANG, J.; REN, H & WU, B. Priority control sequence of 34 typical pollutants in effluents of Chinese wastewater treatment plants. **Water Research**, v. 243, p. 120338, 2023.

HUA, H.; JIANG, S.; YUAN, Z.; LIU, X.; ZHANG, Y.; CAI, Z. Advancing greenhouse gas emission factors for municipal wastewater treatment plants in China. **Environmental Pollution**, v. 295, p. 118648, 2022.

HUANG, H.; MA, R.; REN, H. Scientific and technological innovations of wastewater treatment in China. **Frontiers of Environmental Science & Engineering**, v. 18, n. 6, p. 72, 2024.

MACHAKA, R. K.; GANESH, L.; MAPFUMO, J. Compliance with the Requirements of the Environmental Impact Assessment Guidelines in Zimbabwe: A case study. **Journal of Sustainable Development**, v. 9, n. 5, p. 121-129, 2016.

MADANI, F.; WEBER, C. The evolution of patent mining: Applying bibliometrics analysis and keyword network analysis. **World Patent Information**, v. 46, p. 32-48, 2016.

MEKONNEN, M. M.; HOEKSTRA, A. Y. Four billion people facing severe water scarcity. **Science advances**, v. 2, n. 2, p. e1500323, 2016.

OLUWOLE, A. O.; OMOTOLA, E. O.; OLATUNJI, O. S. Pharmaceuticals and personal care products in water and wastewater: a review of treatment processes and use of photocatalyst immobilized on functionalized carbon in AOP degradation. **BMC chemistry**, v. 14, p. 1-29, 2020.

PAHL-WOSTL, C. Water governance in the face of global change: From risk to resilience management. **Sustainability Science**, v. 10, n. 3, p. 537–546, 2015.

POKHREL, D.; VIRARAGHAVAN, T. Treatment of pulp and paper mill wastewater—a review. **Science of the total environment**, v. 333, n. 1-3, p. 37-58, 2004.

PRITCHARD, A. Statistical bibliography or bibliometrics. **Journal of documentation**, v. 25, p. 348, 1969.

QU, J.; DAI, X.; HU, H. Y.; HUANG, X.; CHEN, Z.; LI, T.; CAO, YS; DAIGGER, G. T. Emerging trends and prospects for municipal wastewater management in China. **ACS ES&T Engineering**, v. 2, n. 3, p. 323-336, 2022.

RASHID, S. S.; HARUN, S. N.; HANAFIAH, M. M.; RAZMAN, K. K.; LIU, Y. Q.; THOLIBON, D. A. Life cycle assessment and its application in wastewater treatment: a brief overview. **Processes**, v. 11, n. 1, p. 208, 2023.

SHARMA, A.; RANA, M. S. Emerging Trends and Growth of the Thrust Areas in Women's Study Literature: Using Bibliometric and Content Analysis. In: **2018 5th International Symposium on Emerging Trends and Technologies in Libraries and Information Services (ETTLLIS)**. IEEE, 2018. p. 361-365.

SUN, Y.; LU, M.; SUN, Y.; CHEN, Z.; DUAN, H.; LIU, D. Application and evaluation of energy conservation technologies in wastewater treatment plants. **Applied Sciences**, v. 9, n. 21, p. 4501, 2019.

ULLAH, R.; ASGHAR, I.; GRIFFITHS, M. G. An integrated methodology for bibliometric analysis: a case study of internet of things in healthcare applications. **Sensors**, v. 23, n. 1, p. 67, 2022.

VIOTTI, P.; TATTI, F.; BONGIROLAMI, S.; ROMANO, R.; MANCINI, G.; SERINI, F.; AZIZI, M.; CROCE, L. Life Cycle Assessment Methodology Applied to a Wastewater Treatment Plant. **Water**, v. 16, n. 8, p. 1177, 2024.

WANG, H.; WANG, H.; WANG, T.; ZHANG, B.; LI, F.; TOURE, B.; OMOSA, I. B.; CHIRAMBA, T.; ABDEL-MONEM, M.; PRADHAN, M. Water and wastewater treatment in Africa—current practices and challenges. **CLEAN—Soil, Air, Water**, v. 42, n. 8, p. 1029-1035, 2014.

WANG, L.; XU, Y.; QIN, T.; WU, M.; CHEN, Z.; ZHANG, Y.; LIU, W.; XIE, X. Global trends in the research and development of medical/pharmaceutical wastewater treatment over the half-century. **Chemosphere**, v. 331, p. 138775, 2023.

WHITE, M. D.; MARSH, E. E. Content analysis: A flexible methodology. **Library trends**, v. 55,

n. 1, p. 22-45, 2006.

XI, J.; GONG, H.; ZHANG, Y.; DAI, X.; CHEN, L. The evaluation of GHG emissions from Shanghai municipal wastewater treatment plants based on IPCC and operational data integrated methods (ODIM). **Science of the Total Environment**, v. 797, p. 148967, 2021.

YIN, Y. A brief comparison for the theoretical foundation and software tool between bibliometrics and content analysis. **Evaluation & Management**, v. 3, p. 24-26, 2005.

ZUPIC, I. ČATER, T. Bibliometric methods in management and organization. **Organizational research methods**, v. 18, n. 3, p. 429-472, 2015.

# CAPÍTULO 3

## ANÁLISE PERCEPTIVA DA DEGRADAÇÃO DA PASTAGEM E SUA INTERAÇÃO COM ATRIBUTOS FÍSICOS E AGREGADOS DO SOLO


### PERCEPTUAL ANALYSIS OF PASTURE DEGRADATION AND ITS INTERACTION WITH SOIL'S PHYSICAL ATTRIBUTES AND AGGREGATES

**João Gabriel Chaib**   

Discente de Doutorado em Ciências Ambientais, Instituto de Ciência e Tecnologia de Sorocaba (ICTS), UNESP Sorocaba, Sorocaba-SP, Brasil

**Admilson Irio Ribeiro**   

Doutor em Engenharia Agrícola Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), Professor Assistente Doutor do Instituto de Ciência e Tecnologia de Sorocaba (ICTS), UNESP Sorocaba, Sorocaba-SP, Brasil

DOI: 10.52832/wed.197.1131 

**Resumo:** As áreas de pastagens são consideradas o principal uso atribuído à ocupação do solo em todo planeta. Observa-se no Brasil extensas áreas em que reservas florestais cedem lugar ao pasto, além de uma abundância de pasto sob manejo inadequado. Tal fato pode comprometer a produtividade do solo em questão, uma vez que esse sistema representa significativa produção de carne no país. A percepção da qualidade das pastagens pode tornar-se uma ferramenta que permite determinar métodos de gestão dessa área visando a proteção de recursos. Este estudo teve como objetivo propor um método expedito de análise de cenário em pastagens degradadas, contrapondo-o com a resposta da análise da estrutura do solo, por meio do diâmetro médio geométrico dos agregados e índices físicos do solo. Utilizou-se como área de estudo o pasto sob um argissolo vermelho-amarelo em propriedade rural particular, localizada no município de Santo Antônio de Posse-SP. Foram determinados os diferentes tratamentos para os cenários da pastagem de estudo, assim como índices físicos e o diâmetro médio geométrico para cada tratamento. Por meio de uma análise da estatística dos resultados, pôde-se observar coerência entre os tratamentos determinados e os valores encontrados para o diâmetro médio geométrico dos agregados. Para os atributos físicos estudados, não foi possível observar diferenças significativas entre os tratamentos de pastagem boa e degradada. O método expedito de avaliação de cenários de pastagens pode ser usado para propor medidas de gestão ambiental no sentido da recuperação de pastagens degradadas.

**Palavras-chave:** Qualidade da pastagem. Densidade do solo. Porosidade total. Diâmetro Médio Geométrico.

**Abstract:** Pasture areas are regarded as the primary land use globally. In Brazil, extensive regions where forest reserves give way to pasture are observed, alongside a prevalence of pasture under inadequate management. This situation may compromise the productivity of the soil, as this system represents a significant source of meat production in the country. Perception of pasture quality can become a tool to determine management methods aimed at resource protection. This study aimed to propose a rapid assessment method for degraded pasture scenarios, contrasting it with the response from soil structure analysis through the mean geometric diameter of aggregates and physical soil indices. The study area was a pasture on a red-yellow Argisol located on a private rural property in Santo Antônio de Posse, São Paulo. Different treatments were determined for the pasture scenarios, as well as physical indices and the mean geometric diameter for each treatment. Statistical analysis revealed coherence between the determined treatments and the values obtained for the mean geometric diameter of aggregates. For the physical attributes studied, no significant differences were observed between the treatments for good and degraded pasture. The rapid assessment method for pasture scenarios can be utilized to propose environmental management measures aimed at the recovery of degraded pastures.

**Keywords:** Pasture quality. Soil density. Total porosity. Mean Geometric Diameter.

## 1 INTRODUÇÃO

As áreas de pastagem ocupam milhões de quilômetros quadrados ao longo das extensões territoriais do mundo todo, sendo usualmente atribuídas à principal ocupação do solo em todo o planeta. No Brasil, a atribuição se repete, sendo que estas representam, também, a principal fonte de alimento para animais de pastejo e estão relacionadas à grande parte da produção de carne e leite do país.

Com a evolução da tecnologia no campo, em geral, houve aprimoramento na gestão e uso de pastos cultivados, os quais se relacionam diretamente com a produção de carne bovina e laticínios no país, sendo que tal fato corrobora com a expansão desse uso do solo, conseqüentemente. Face ao exposto, pode-se associar um potencial distúrbio das condições de reservas florestais remanescentes em propriedades produtivas, em função da expansão da exploração de áreas para pastagens, bem como para outras produções agrícolas.

Tais distúrbios podem acarretar um desequilíbrio das condições naturais do ecossistema, comprometendo os recursos naturais, a biodiversidade, a capacidade de regeneração natural dos ecossistemas, o clima e outros aspectos relevantes. A degradação de um ecossistema pode ser identificada por alterações significativas da vegetação nativa, eventualmente removida da área, sendo, eventualmente, tais alterações acompanhadas de perdas de camada superficial do solo, bem como dos processos e interações ecológicas (Costa *et al.*, 2016).

A introdução de sistemas agrícolas em lugar às florestas pode causar um desequilíbrio no ecossistema e modificar as propriedades do solo, sendo que sua intensidade varia com as condições de clima, uso e manejo adotados e a natureza do solo. O uso intensivo dos solos acarreta alterações das suas propriedades físicas e estruturação (Loss *et al.*, 2014).

Complementarmente, é possível observar, ainda, extensas áreas no país em que o pasto não recebe cuidados necessários para a proteção do principal recurso em uso: o solo. Isso faz com que o aprofundamento sobre a qualidade da pastagem enquanto pivô do extenso uso e ocupação do solo, associado a relevante produção alimentícia do país, revele-se crucial.

Pastagens de baixa qualidade pode ser ditas pastagens degradadas, sendo estas caracterizadas por apresentarem áreas de solos expostos ou com sinais de erosão, sinais evidentes de deficiência nutricional nas plantas ou presença de invasoras. O solo, nessas condições, pode apresentar baixos teores de matéria orgânica e baixa produtividade (Carvalho, 2018).

Diante da importância que as pastagens desempenham para a maioria dos modelos de produção de alimentos praticados, para a ocupação territorial em substituição a remanescentes

naturais restauradores da qualidade ambiental, faz-se fundamental que seu uso esteja condicionado a práticas sustentáveis de manejo e que representem mínimas agressões ao meio ambiente.

De acordo com a Embrapa (2014), o manejo correto do pasto inclui a utilização de fertilizantes adequados para a produção de gramíneas e a lotação animal adequada. Estes são dois dos principais fatores que proporcionam qualidade a uma pastagem. Ambos os fatores, quando aplicados de forma indevida ou ausentes, podem desencadear diversos tipos de degradação no pasto. Tais degradações podem requerer ações adicionais, como o preparo do solo, correção e adubação, uso de leguminosas, controle de pragas, doenças e plantas invasoras, aumentando os esforços e custos relacionados ao manejo.

O mesmo autor indica como o principal desencadeador da redução na qualidade da pastagem a utilização do pasto com quantidades de animais superior a sua capacidade suporte. Ainda, indica os principais efeitos desse fator: esgotamento das plantas forrageiras, baixa ressemeadura natural, compactação do solo, surgimento de plantas invasoras e aumento da erosão, entre outros.

Entende-se, então, que certas práticas de manejo – eventualmente consideradas simples do ponto de vista de manejo agrícola, como adubação e ajuste da taxa de lotação de animais, – potencializam a produtividade da pastagem sem potencialmente comprometer os componentes principais do ecossistema. Também se compreende que tais práticas necessitam de olhares mais simplificados, incluindo-se a promoção do uso das tecnologias para esta finalidade, para que sejam mais amplamente difundidas.

Adicionalmente, é possível afirmar que em solos bem manejados, sob ecossistema de pastagem, podem ser encontrados significativos estoques de carbono, em quantidades semelhantes ao encontrado em solos sob florestas tropicais (Amézquita *et al.*, 2004). Ainda, uma pastagem com oferta de forragem de qualidade pode vir a contribuir para a redução da emissão de gases do efeito estufa, reduzindo, especialmente, o metano emitido por animais ruminantes em pastejo (Cerri, 2009). Ambos os efeitos apresentam potencial de redução ou remoção de gases do efeito estufa, contribuindo para o combate às mudanças climáticas.

É correto afirmar que existem opções que podem ser utilizadas no âmbito da sustentabilidade no manejo de pastagens para a produção animal. O uso adequado das tais práticas de manejo permite, eventualmente, aumentar produtividade de áreas, além de contribuir diante da problemática das mudanças climáticas e de viabilizar a redução da perda de recursos naturais.

Há, entretanto, atualmente, um grande desafio em relação ao desenvolvimento de métodos para avaliação da qualidade do solo e do ambiente sob a interferência do homem. Estudos dos mais

variados têm sido desenvolvidos com o intuito de quantificar diferentes atributos do solo que estão relacionados com o tema da sustentabilidade, traduzindo-os na forma de indicadores de qualidade do solo. Esta tradução ocorre, naturalmente, pois indicadores podem estar representados, por sua vez, por variáveis mensuráveis e reportáveis.

Os indicadores da qualidade do solo podem abranger os atributos físicos, químicos e biológicos do solo, sendo sugerida a utilização de parâmetros físicos, já que apresentem influência direta sobre a produção de culturas, como a capacidade do solo em fornecer adequada aeração e quantidade de água para o crescimento e expansão do sistema radicular (Singer; Ewing, 2000).

Mais especificamente, Shaheb (2021) descrevem a densidade do solo como principal ferramenta para analisar-se índices como drenagem, porosidade, saturação, entre outros. Os autores demonstraram que quanto maior a densidade do solo, maior a sua compactação, menor a porosidade e mais problemas associados ao crescimento radicular e desenvolvimento de plantas podem aparecer em determinado solo.

Já Neves *et al.* (2006) consideram esses parâmetros como importantes indicadores de qualidade do solo baseando-se no fato de que quanto maior sua agregação e estabilidade, maior a resistência à erosão hídrica.

Estabilidade de agregados, por sua vez, refere-se à habilidade que os agregados de solo têm de resistir à ruptura quando submetidos a forças externas. Entende-se que agregados desejáveis para um solo sem erosão seriam os estáveis contra movimentações de água e incidência de chuvas, enquanto aqueles que se rompem podem ser desfavoráveis em relação à qualidade do solo, por selar sua superfície e obstruir os poros vazios (Pereira, 2020).

Com isso, Neves *et al.* (2006) afirmam que fatores que atuam como agentes estabilizadores do solo são os que proporcionam estabilidade aos agregados, sendo estes: os teores de argilominerais, óxidos de ferro e alumínio, matéria orgânica, atividade de microrganismos, textura e também o manejo do solo.

Face ao exposto, faz-se premente a adoção de métodos práticos e objetivos de avaliação da qualidade das pastagens, visando-se representar a situação em que as mesmas se encontram e conduzi-las à adoção de práticas de manejo que minimizem os impactos ambientais, enquanto contribuem para a preservação dos recursos naturais e, por sua vez, conciliem a larga produção de alimentos com o combate ao aquecimento global.

O presente trabalho teve como objetivo propor um método expedito de análise perceptiva de cenários em pastagens degradadas contrapondo a percepção do avaliador com a resposta da

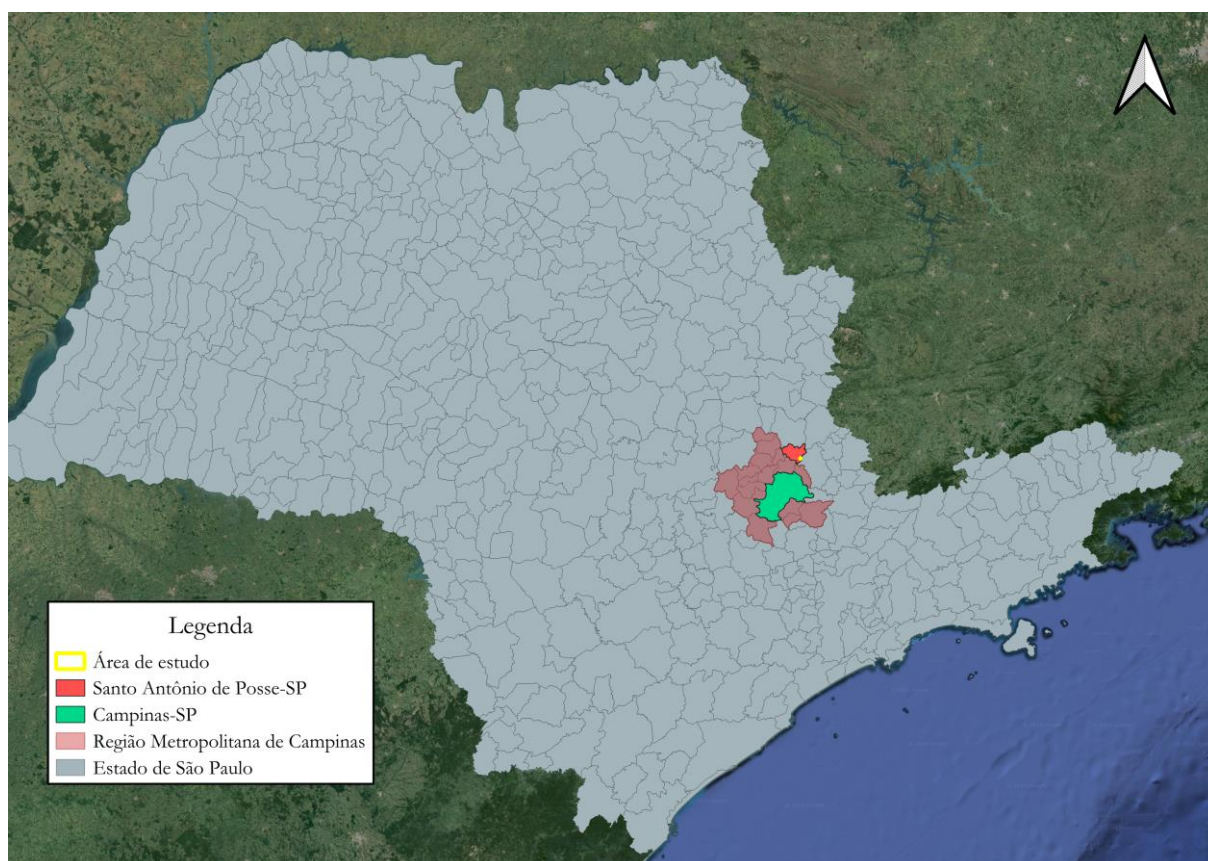
análise da qualidade da pastagem por meio do diâmetro médio geométrico dos agregados (DMG) e índices físicos do solo.

## 2 METODOLOGIA

### 2.1 Localização e diagnóstico da área de estudo

A área de estudo pertence a uma propriedade rural particular localizada no município de Santo Antônio de Posse, no estado de São Paulo (SP). A cidade dista aproximadamente 150 quilômetros da capital do Estado, São Paulo, e compõe a Região Metropolitana de Campinas (RMC).

**Figura 1** – Localização da área de estudo.



**Fonte:** Malha Municipal do IBGE (2022), Estado de São Paulo.

Santo Antônio de Posse apresenta uma população estimada de 23.244 habitantes e uma área total de 154.133 km<sup>2</sup>, segundo dados de 2022 do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). De acordo com a classificação climática de Köppen-Geiger, apresenta clima subtropical úmido (Cwa), também conhecido como subtropical de altitude (o município está a 670 metros de altitude), que predomina na parte central do Estado, caracterizado por estação chuvosa no verão e seca no inverno.

Wissen Editora, 2026 | ISBN 978-65-85923-89-7 | DOI: <http://www.doi.org/10.52832/wed.197>

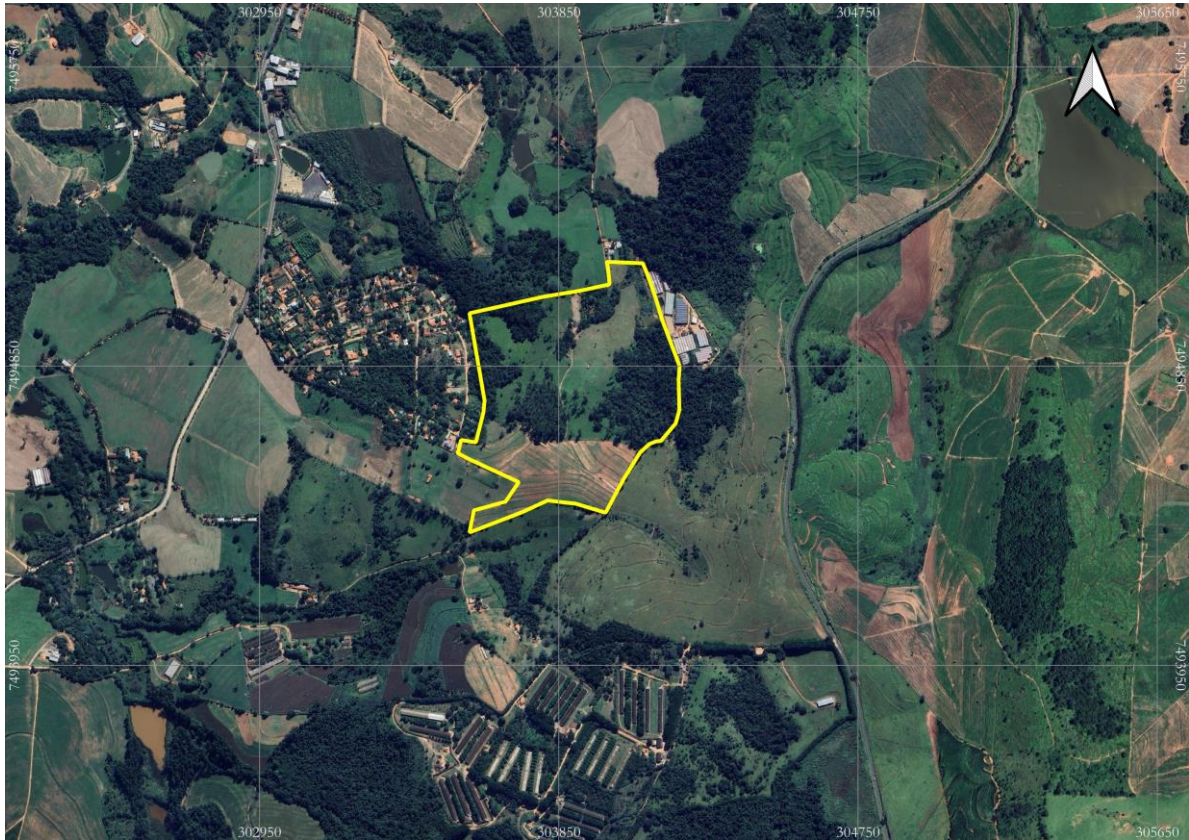
A precipitação anual média da região é de cerca de 116 mm de água com uma máxima média de 274 mm e mínima média de 30 mm (CEPAGRI, 2024). Sua vegetação é caracterizada pelo contato entre Savana e Floresta Estacional, classificada como área antrópica dominante em tensão ecológica (IBGE, 2019). O município é cortado pela Rodovia SP-107, sua principal via de acesso.

Segundo o Mapa Pedológico do Estado de São Paulo, disponibilizado pelo Instituto Agrônomo de Campinas (IAC) em 2000, o município de Santo Antônio de Posse apresenta 2 tipos de solo: Latossolo vermelho-amarelo e Argissolo vermelho-amarelo. Por meio do mesmo mapa, constata-se que a área de estudo abrange apenas o Argissolo vermelho-amarelo, extrato caracterizado por solos com argila de atividade baixa, geralmente bem drenados, minerais e não hidromórficos, podendo ocorrer em áreas relevo suave e ondulado (EMBRAPA, 2006). Deve-se ressaltar que os teores de matéria orgânica dos solos não são considerados elevados no estado de São Paulo, em geral (IAC, 2000).

Na região há predominância de empreendimentos rurais voltados para agricultura e agropecuária, conforme ilustra a Figura 2, sendo a mancha urbana da cidade significativamente baixa. A propriedade em estudo apresenta ambas as atividades agrícolas citadas, desenvolvida em arrendamento, em uma área total de aproximadamente 34 hectares. Deste total da propriedade, cerca de 15 ha compõem áreas de pastagem. A principal via de acesso à área de estudo é a Avenida José Henrique Maldonado Lopes.

Pode-se aferir um histórico de uso e ocupação do solo expressamente voltado para a produção agrícola, com culturas diversas, como limão, algodão, café, além da pecuária como uso mais recente, de acordo com informação concedida pelo proprietário.

**Figura 2** – Ocupação do solo na propriedade em estudo, delimitada em amarelo, e seu entorno.



Fonte: Google Earth Pro, 2024.

## 2.2 Avaliação do cenário da pastagem e determinação dos tratamentos

Por meio de observação das áreas de pastagem em campo e da revisão da literatura, realizou-se a análise do cenário da área de estudo com o objetivo de determinar níveis perceptivos de degradação da pastagem de maneira a compor os diferentes tratamentos para avaliação dos agregados e atributos físicos do solo. A metodologia utilizada foi adaptada de Riverson *et al.* (1987) que propôs uma avaliação da qualidade das estradas não pavimentadas por meio de cenários. Nesse viés, também foi utilizado adaptações da metodologia utilizada na análise de paisagem proposta por Peche Filho *et al.* (2014).

Após a escolha da área de estudo, determinou-se os fatores visuais de degradação do pasto e, após devidas ponderações, atribuiu-se pesos em função das suas significâncias. Assim, foram definidos diferentes Pontos de Observação (POs) dentre os limites das áreas de pastagem do local.

Posteriormente, atribuiu-se notas para cada PO, em função das observações em campo, que ocorreram em período de estiagem, quanto à severidade de cada fator de degradação. Classificou-se cada ponto de observação em diferentes tratamentos, que por sua vez estiveram

relacionados à sua nota final atribuída. Deve-se ressaltar que, para subsidiar as atribuições de notas para cada aspecto, foram determinadas descrições sucintas e autoexplicativas das situações que as notas representam.

### 2.3 Determinação da densidade e porosidade total do solo

Foram coletadas amostras indeformadas de solo pelo do método do anel volumétrico, composto pela inserção de anéis de metal em solo a profundidade de 0-10 centímetros, utilizando-se as práticas usuais metodológicas em acordo ao recomendado pela EMBRAPA (1997), para determinação das devidas massas e volumes dos mesmos, que permitirão a determinação dos índices físicos escolhidos neste estudo. Foram determinados os seguintes três: Densidade do solo ( $D_s$ ), Densidade de partículas ( $D_p$ ) e Porosidade total ( $P_t$ ). Os cálculos pertinentes foram realizados por meio das Equações 01 e 02.

- Densidade do solo ( $D_s$ ): relação entre a massa de solo seca da amostra ( $m_s$ ) e o volume total ( $V$ ) da amostra (Equação 01).

$$D_s = m_s/V \text{ (g/cm}^3\text{)} \quad [1]$$

- Densidade das partículas ( $D_p$ ): relação entre a massa de solo seco ( $m_s$ ) e o volume seco ( $V_s$ ) da amostra. Utilizou-se o método do Picnômetro (HEINRICHS, 2010).
- Porosidade total ( $P_t$ ): relação entre a densidade do solo ( $D_s$ ) e a densidade das partículas ( $D_p$ ) (Equação 02).

$$P_t = (D_s/D_p) \quad [2]$$

### 2.4 Determinação do diâmetro médio geométrico dos agregados do solo

No método utilizado para determinação do diâmetro médio geométrico (DMG), coletou-se e secou-se, utilizando as práticas comuns recomendadas (EMBRAPA, 1997), amostras indeformadas de solo.

Uma porção de solo coletado foi introduzido em uma sequência de peneiras de malhas decrescentes (6,3 / 4,75 / 2,36 / 1,18 / 0,6 / 0,3 e > 0,30 milímetro) a fim de reter-se diferentes classes de agregados, após devida agitação mecânica, obtendo-se a massa de agregados de cada classe. Por meio da Equação 03, calcula-se o Diâmetro Médio Geométrico dos agregados de cada amostra de solo.

$$DMG = (\exp(\sum_{i=1}^n (w_i \times \log x_i))) / (\sum_{i=1}^n w_i) \quad [3]$$

Sendo  $x_i$  o diâmetro médio das classes de agregados;  $w_i$  a proporção da massa de agregados de cada classe em relação ao total;  $w_p$  a massa de agregados de cada classe.

**Figura 3** – Amostras indeformadas em estufa.



**Fonte:** Arquivos do autor, 2024.

**Figura 4** – Agitação do conjunto de peneiras com agregados de solo coletado.



**Fonte:** Arquivos do autor, 2024.

Os ensaios foram realizados no Laboratório de Solos do Instituto de Ciência e Tecnologia de Sorocaba (ICTS) da Universidade Estadual Paulista (UNESP).

## 2.5 Caracterização físico-química e da granulometria do solo

A caracterização dos componentes e da granulometria do solo e foi realizada de acordo com a metodologia de referência para laboratórios de análises de solos com proficiência (IAC, 2001), e têm seus métodos especificados a seguir.

- pH em cloreto de cálcio;
- Acidez Total em tampão SMP (Shoemaker, Mac Lean e Pratt);
- Fósforo com extração em resina trocadora de íons;
- Matéria Orgânica: Walkley Black/Colorimétrico;
- Potássio com extração em resina trocadora de íons;
- Cálcio e Magnésio com extração por cloreto de potássio;
- Alumínio com extração por cloreto de potássio;
- Enxofre em fosfato de cálcio;
- Sódio com extração por cloreto de amônio.

## 2.6 Métodos estatísticos

O experimento foi analisado por meio de um delineamento inteiramente casualizado, aplicando-se uma análise de variância e posterior teste de médias (Tukey) para cada tratamento estudado. O software de análises estatísticas utilizado foi o ASSISTAT v.7.7 beta.

# 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

## 3.1 Avaliação do cenário da pastagem e determinação dos tratamentos

Conforme a metodologia proposta, temos a definição dos aspectos visuais indicadores de degradação da pastagem de maior significância, conforme revela o Quadro 1. Para cada aspecto, foi atribuído um padrão de notas variando de 1 a 5 e suas respectivas referências descritivas da situação em que ele se encontra para os valores de 1, 3 e 5. Atribuiu-se um peso específico para cada aspecto, determinado de acordo com sua significância na qualidade da pastagem.

**Quadro 1** – Quadro referência para avaliação do cenário da pastagem.

Aspecto	Peso	Nota	Situação	Descrição de Referência
Vigor e qualidade da forragem	1	1	Bom	Pasto com bom vigor aparente e cor bem definida
		3	Médio	Pasto com vigor médio e cor moderadamente definida
		5	Baixo	Pasto com baixo vigor e cor fraca
Presença de espécies invasoras, cupins e formigas	2	1	Baixa	Ausência de invasoras, cupins ou formigas
		3	Moderada	Baixa presença de invasoras, cupins e formigas
		5	Alta	Alta presença de invasoras, cupins e formigas
Cobertura do solo	2	1	Boa	Solo bem recoberto pela forragem
		3	Moderada	Solo moderadamente recoberto pela forragem, com poucas faixas expostas
		5	Baixa	Solo visivelmente exposto, com menos forragem
Processos erosivos no solo	3	1	Baixos	Ausência de processos erosivos
		3	Moderados	Presença de indicadores de processos erosivos hídricos
		5	Presentes	Presença de processos erosivos

**Fonte:** Autores, 2026.

Por meio do padrão de notas estipulado, pôde-se determinar classificação de quatro tipos de tratamentos qualitativos em função da nota total recebida pela parcela analisada, conforme Quadro 2.

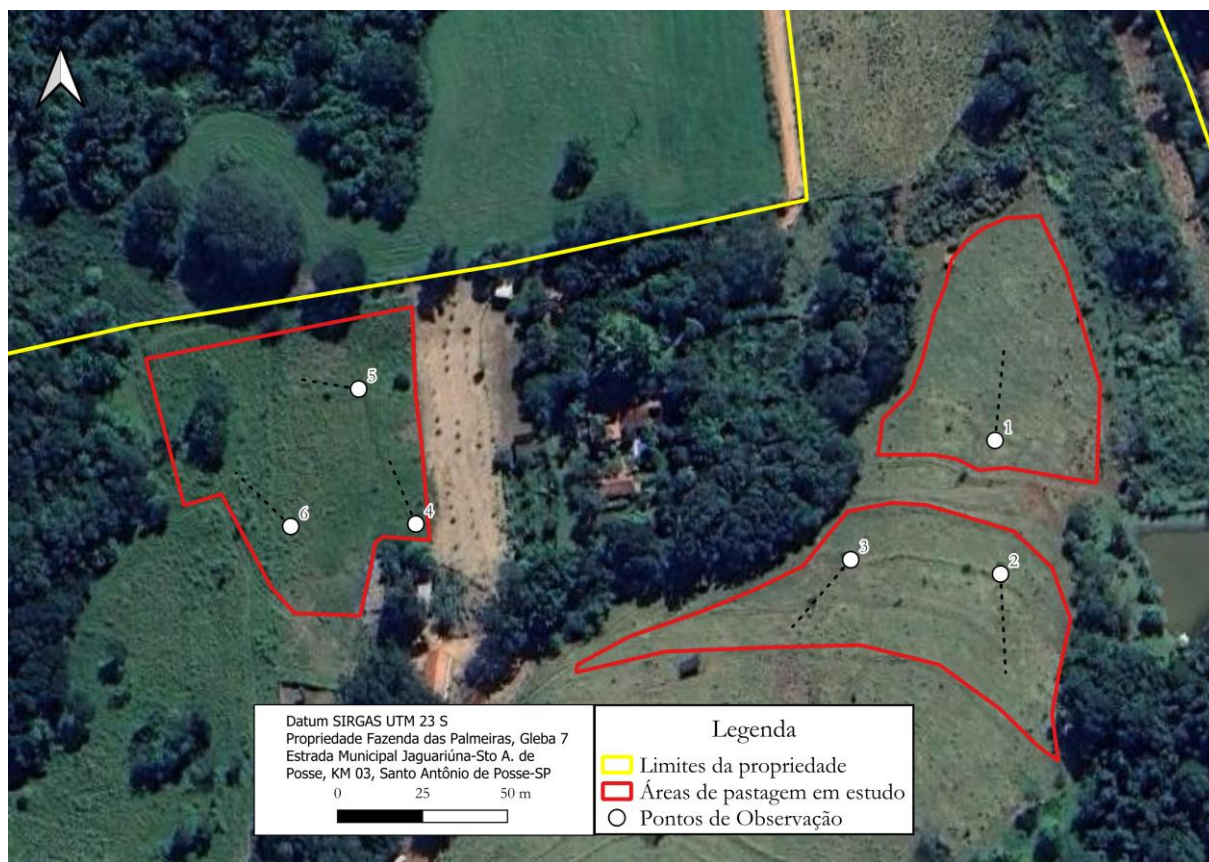
**Quadro 2** – Quadro referência para avaliação do cenário da pastagem.

Nota	Tratamento
8-13	Pastagem muito boa (Pmb)
14-21	Pastagem boa (Pb)
22-30	Pastagem mediantemente degradada (Pmd)
31-40	Pastagem degradada (Pd)

**Fonte:** Autores, 2026.

Posteriormente, utilizando-se do conhecimento tácito do proprietário da propriedade e dos autores, foi possível estipular, a princípio, seis Pontos de Observação (POs) dentro dos limites da Wissen Editora, 2026 | ISBN 978-65-85923-89-7 | DOI: <http://www.doi.org/10.52832/wed.197>

área de estudo, conforme ilustra a Figura 5, os quais inserem-se em três zonas de pastagem relativamente distintas.

**Figura 5** – Localização dos Pontos de Observação das áreas de pastagem do estudo.

Fonte: Autores, 2026.

Aplicando-se, finalmente, o Quadro 1 resultante dos métodos propostos neste estudo, em conjunto com as devidas classificações do Quadro 2, pôde-se chegar ao resultado da avaliação expedita do cenário da pastagem em estudo, exposto na Tabela 1.

**Tabela 1** – Localização dos Pontos de Observação das áreas de pastagem do estudo.

Ponto de Observação		PO-1		PO-2		PO-3		PO-4		PO-5		PO-6	
Aspecto	Peso	Nota	Nota total	Nota	Nota total	Nota	Nota total	Nota	Nota total	Nota	Nota total	Nota	Nota total
Vigor e qualidade da forragem	1	3	3	3	3	3	3	3	3	5	5	4	4
Presença de espécies invasoras, cupins e formigas	2	2	4	4	8	4	8	3	6	4	8	4	8
Cobertura do solo	2	2	4	3	6	3	6	3	6	5	10	4	8
Processos erosivos no solo	3	1	3	2	6	3	9	2	6	5	15	3	9
<b>Nota final atribuída</b>		14		23		26		21		38		29	
<b>Tratamento</b>		Pb		Pmd		Pmd		Pmd		Pd		Pmd	

Nota: A Nota total representa a Nota multiplicada pelo respectivo Peso.

**Fonte:** Autores, 2026.

Cabe ressaltar, novamente, que as avaliações são feitas com base na percepção do observador em campo. Algumas das vistas dos POs, representadas pelas Figuras 6 e 7, elucidam as notas atribuídas e, conseqüentemente, os tratamentos designados.

**Figura 6** – Vista do Ponto de Observação 1.



Fonte: Arquivos do autor, 2024.

**Figura 7** – Vista do Ponto de Observação 5.



Fonte: Arquivos do autor, 2024.

No PO-1, Figura 6, é possível observar ausência de quaisquer processos erosivos, assim como boa cobertura do solo e inexistência de espécies invasoras ou cupins. Nesse caso, a pastagem pode ser considerada “boa”, definição alinhada ao que propôs EMBRAPA (2014) sobre a qualidade das pastagens. Deve-se ressaltar que, em função do vigor aparente e qualidade da forragem, que receberam nota média, a pastagem não foi classificada como “muito boa”.

Já, por exemplo, para o PO-5, Figura 7, diversos fatores de degradação do pasto coexistem e podem ser identificados, como afloramentos rochosos e baixa cobertura do solo.

Por meio da tabela de resultados apresentada, foi possível contabilizar uma área considerada Pb, quatro Pmd e uma Pd, diferenciadas em função dos padrões de qualidade de pastagem estipulados no presente estudo. Não se constatou classificação de área considerada como pastagem “muito boa” (Pmb).

### 3.1 Atributos físicos e agregados do solo

A mensuração dos atributos físicos e agregados do solo procedeu-se por tratamentos específicos, em função da classificação definida para os POs da área de estudo, a qual deu-se por meio da ponderação da severidade da degradação da pastagem, conforme explicitado anteriormente.

Optou-se pela utilização de três tratamentos, baseados na classificação resultante da seção anterior, representados por: 1-pastagem boa (Pb), uma vez que não se obteve cenário classificado como pastagem muito boa (Pmb); 2-pastagem degradada (Pd), classificada para um dos POs (n° 5) e 3-remanescentes florestal (Rm), área adjacente aos limites da área de estudo, utilizado como valor de referência de parâmetros ambientais para comparações com os demais tratamentos.

Os remanescentes naturais foram identificados por imagens de satélite e observação em campo, que expuseram determinada região da propriedade em estudo a qual abrigava fisionomias vegetais florestais de relativa baixa ou nenhuma perturbação ao longo dos anos. A Figura 8 apresenta as quatro repetições realizadas de forma aleatória para a coleta de solo em cada tratamento considerado para determinação dos atributos físicos e agregados do solo.

**Figura 8** – Tratamentos e pontos de amostragem considerados para a análise dos índices físicos e agregados do solo na área de estudo.



Fonte: Autores, 2026.

Aplicando-se a metodologia citada para determinação da densidade do solo, porosidade e diâmetro médio geométrico (DMG), obteve-se o resultado exposto na Tabela 2, para a profundidade de 0 – 10 cm.

O raio ( $r$ ) encontrado para os anéis volumétricos foi de 2,40 cm. A altura ( $h$ ) foi de 5,17 cm e seu volume ( $V$ ) calculado foi de 90,55 cm<sup>3</sup>. O valor da Densidade de partículas ( $D_p$ ) determinado foi de 2,65 g/cm<sup>3</sup>, extraído a partir do método do Picnômetro (CETEM, 2010).

**Tabela 2** – Resultados dos índices físicos e agregados do solo.

Parâmetros	DMG (mm)				Ds (g/cm <sup>3</sup> )				Pt (cm <sup>3</sup> /cm <sup>3</sup> )			
	Médi a	Máx	Mín	CV (%)	Médi a	Máx	Mín	CV (%)	Médi a	Máx	Mín	CV (%)
<b>Pb</b>	2,08b	2,17	2	3,26	1,50a	1,54	1,46	2,19	0,43b	0,45	0,42	2,51
<b>Pd</b>	1,48c	1,76	1,14	17,26	1,54a	1,63	1,49	3,36	0,41b	0,44	0,39	4,59
<b>Rn</b>	2,57a	2,77	2,19	8,71	1,32b	1,4	1,23	5,45	0,50 <sup>a</sup>	0,54	0,47	5,69

Nota: Pb - Pastagem boa; Pd - Pastagem degradada; Rn - Remanescente natural; DMG - Diâmetro Médio Geométrico; Ds - Densidade do solo; Pt - Porosidade total; As médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado Teste de Tukey significativo ao nível de 5% de probabilidade.

**Fonte:** Autores, 2026.

Analisando-se os resultados do DMG, nota-se diferenças dos diâmetros médios geométricos dos agregados entre os três tratamentos. O remanescente natural apresentou média superior a pastagem boa, que, por sua vez, superou o valor da média da pastagem degradada, sendo todos considerados diferentes estatisticamente segundo teste de médias.

Já os valores de densidade do solo e porosidade total apresentaram maior proximidade entre as médias das pastagens, sendo a boa ligeiramente inferior à degradada para a densidade e superior para porosidade total. Suas médias não variaram estatisticamente, segundo teste de médias aplicado.

A superioridade do DMG médio do remanescente natural em relação às pastagens está associada à quantidade de matéria orgânica presente no solo, uma vez que a mesma se situa em porções rasas do solo, utilizadas, por sua vez, para análise dos agregados nesse estudo. Isso pôde ser constatado pois, como observado na literatura, os decompositores desse material geram produtos, como as hifas, que contribuem para a união dos agregados, aumentando, em geral, a estabilidade dos agregados (Melo, 2009).

Torres (2012) afirma que o pisoteio dos animais de pastejo é capaz de provocar alterações na estrutura do solo e suas propriedades, influenciando negativamente para a agregação saudável do solo. Lima *et al.* (2009) obtiveram resultados semelhantes aos encontrados no presente estudo para um solo sob pastagem, sendo o DMG médio de 2,12 mm em camadas superiores do solo. O primeiro autor sugere, ainda, que numa pastagem degradada, a agregação é reduzida pela pouca cobertura do solo, relacionada à incidência de ciclos de umedecimento e secagem e falta de proteção para processos erosivos hídricos, os quais desestabilizam os agregados da camada superior.

Nesse sentido, considerando-se que o pisoteio por parte dos animais numa área de pastagem pode vincular-se à sua compactação (Torres, 2012), pode-se extrair as implicações

relativas aos seus atributos físicos, uma vez que esta também contribui para o aumento da densidade do solo e redução da porosidade (Shaheb, 2021).

Desta forma, Bergamin *et al.* (2002) apresentaram resultados elevados de porosidade total para vegetações nativas, que representam que o sistema esteja em equilíbrio, possuindo elevada cobertura do solo e matéria orgânica e sem nenhuma atividade antrópica que cause significativas alterações físicas no solo.

Já Lima *et al.* (2009) encontraram valores próximos aos estipulados para esse estudo, para camadas superficiais de solo, sendo a densidade da pastagem de 1,56 g/cm<sup>3</sup> e a do remanescente de vegetação secundária de 1,42 g/cm<sup>3</sup>. Os mesmos autores também encontraram, para tais condições, os valores de 0,46 e 0,40 cm<sup>3</sup>/cm<sup>3</sup> de porosidade total para pastagens e remanescentes naturais, respectivamente.

Ao observar as porcentagens dos coeficientes de variação (CV) para os resultados obtidos, extrai-se valor de 17,26% para o DMG do tratamento “Pastagem degradada”, sendo considerado índice “médio” para esse coeficiente, segundo Warrick e Nielson (1980). Todos os outros valores se mantiveram abaixo de 10%, sendo considerados índices “baixos” segundo os mesmos autores, indicando maior homogeneidade e representatividade dos conjuntos de dados amostrados. Pode-se dizer que, de forma geral, os coeficientes de variação apresentaram bons resultados para a representatividade dos dados estudados neste trabalho.

Os valores encontrados para o diâmetro médio geométrico, a densidade e a porosidade total do solo aproximam-se dos valores encontrados na literatura para as mesmas condições de solo e profundidade. Os valores do DMG das pastagens degradadas e boas apresentaram diferenças estatísticas entre suas médias, fato que pode ser explicado em função da maior presença de aspectos de degradação do solo que, por sua vez, apresenta maior densidade e menor porosidade total, podendo indicar maior compactação.

A proximidade dos valores encontrados neste estudo com aqueles estudados na literatura indica que os parâmetros estudados representam bons indicadores das condições em que o solo de pastagem se encontra, induzindo a observações e conclusões que aproximam os dados encontrados da realidade de tratamento da área em estudo.

Como cada tratamento foi definido por meio de uma análise expedita do cenário da pastagem da propriedade em estudo, é possível afirmar que os mesmos apresentaram boa representatividade em função dos resultados das análises dos índices físicos e agregados dos solos. O método utilizado para a análise do cenário atingiu as expectativas de definição de cada porção de área, aproximando as condições perceptivas dos aspectos de degradação de maior significância

numa pastagem com seus aspectos físicos determinados por meio do DMG, densidade e porosidade total do solo.

Acredita-se que, caso fossem comparados solos de pastagem classificada como “muito boa” com área de pasto classificada como “degradada”, as diferenças nos valores físicos estudados seriam ainda maiores, resultando em dados ainda mais conclusivos que os encontrados neste trabalho.

#### 4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Por meio da metodologia aplicada e dos resultados obtidos, foi possível determinar um método expedito de avaliação do cenário da pastagem da área de estudo em função dos aspectos perceptivos de degradação, o qual mostrou-se objetivo quanto a diferenciação de tratamentos de qualidade da pastagem.

A análise do diâmetro médio geométrico dos agregados do solo (DMG) mostrou-se coerente com os cenários estabelecidos pela metodologia expedita de avaliação perceptiva proposta.

Por sua vez, os atributos físicos, representados pela densidade e porosidade total do solo divergiram do resultado da avaliação dos cenários de qualidade da pastagem. As áreas de pastagem classificadas como “boa” e “degradada” não apresentaram diferenças estatisticamente significativas. Mesmo assim, os valores dos atributos físicos se aproximaram, em geral, de valores referenciados para as classificações propostas.

A proposta metodológica apresentada encontra-se alinhada à adoção de métodos práticos e objetivos de avaliação da qualidade das pastagens, no âmbito da gestão de áreas degradadas. Tal método permite que as áreas sob análise possam ser conduzidas à adoção de práticas de manejo que minimizem os impactos ambientais, contribuindo para a preservação dos recursos naturais, conciliando a produção de alimentos com o combate ao aquecimento global.

#### REFERÊNCIAS

AMÉZQUITA, M. C.; IBRAHIM, M.; LLANDERAL, T.; BUURMAN, P.; AMÉZQUITA, E. Carbon sequestration in pastures, silvo-pastoral systems and forests in four regions of the Latin American tropics. **Journal of Sustainable Forestry**, v. 21, n. 1, p. 31–49, 2004. DOI: 10.1300/J091v21n01\_02.

BERGAMIN, E. M. *et al.* Alterações causadas pela pastagem e sistema agroflorestal na densidade do solo e porosidade total em Argissolo Vermelho distrófico na Amazônia. *In: REUNIÃO BRASILEIRA DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA*, 14., 2002, Cuiabá. Anais. Cuiabá: Universidade Federal de Cuiabá, 2002.

CARVALHO, M. O papel da pastagem na recuperação do solo no montado. **Pastagens e Forragens**, v. 35/38, p. 1–21, 2018.

CEPAGRI. Centro de Pesquisas Meteorológicas e Climáticas Aplicadas a Agricultura. **Clima dos Municípios Paulistas**. Disponível em: [http://www.cpa.unicamp.br/outras-informacoes/clima\\_muni\\_539.html](http://www.cpa.unicamp.br/outras-informacoes/clima_muni_539.html). Acesso em: 12 de maio, 2024.

CERRI, C. C. *et al.* Brazilian greenhouse gas emissions: the importance of agriculture and livestock. **Scientia Agricola**, v. 66, n. 6, p. 831–843, 2009.

CENTRO DE TECNOLOGIA MINERAL. **Densidade do solo**. In: LIMA, J. R. (Org.). Capítulo 2: Densidade Final. Disponível em: <http://mineralis.cetem.gov.br:8080/bitstream/cetem/1019/1/Cap%202%20Densidade%20Final.pdf>. Acesso em: 12 de maio, 2024.

COSTA, C.; SOUZA, R. F.; SILVA, M. A.; PEREIRA, J. Efeitos da degradação ambiental sobre a biodiversidade. **Revista Brasileira de Ecologia**, v. 24, n. 3, p. 317–325, 2016. DOI: 10.1590/S0103-90162016000300002.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Manual de métodos de análise de solo**. 2. ed. rev. e atual. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1997. 212 p.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. Disponível em: <https://www.agrolink.com.br/downloads/sistema-brasileiro-de-classificacao-dos-solos2006.pdf>. Acesso em: 2 de maio, 2024.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Diagnóstico das pastagens no Brasil**. DIAS-FILHO, M. B. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2014. 36 p.

IAC. Instituto Agronômico de Campinas. Informações técnicas. **Mapa pedológico do Estado de São Paulo**. 2000. Disponível em: <http://www.iac.sp.gov.br/publicacoes/agronomico/pdf/mapa.pdf>. Acesso em: 20 de maio, 2024.

IAC. Instituto Agronômico de Campinas. **Ensaio de proficiência para laboratórios de análise**. 2001. Disponível em: <http://lab.iac.sp.gov.br/>. Acesso em: 29 de maio, 2024.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Cartas 1:250.000 - Vegetação**. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/informacoes-ambientais/vegetacao/22453-cartas-1-250-000.html?=&t=downloads>. Acesso em: 2 de maio, 2024.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Infográfico e dados gerais do município**. Disponível em: <http://cidades.ibge.gov.br/painel/painel.php?lang=&codmun=354800&search=|santo-antonio-de-posse>. Acesso em: 15 de maio, 2024.

LOSS, A.; PEREIRA, M. G.; ANJOS, L. H. C. dos. Impactos do manejo do solo na estrutura e dinâmica da água em sistemas agrícolas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 38, n. 4, p. 1198–1210, 2014. DOI: 10.1590/S0100-06832014000400022.

MELO, F. V. *et al.* A importância da meso e macrofauna do solo na fertilidade e como bioindicadores. **Boletim Informativo da SBCE**, jan.-abr. 2009.

NEVES, C. S. V. J. Efeito do manejo do solo e da matéria orgânica solúvel em água quente na estabilidade de agregados de um latossolo argiloso. **Ciência Rural**, v. 36, n. 5, p. 1410–1415, set. 2006.

PECHE FILHO, A. *et al.* Metodologia IAC para análise de paisagem. *In*: XI CONGRESSO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE DE POÇOS DE CALDAS. **Anais**. Poços de Caldas, MG, 2014.

PEREIRA, M. G. *et al.* **Práticas de morfologia e física do solo**. Seropédica: Editora da UFRRJ, 2020. p. 82.

RIVERSON, J. D.; SINHA, K. C.; SCHOELER, C. F. Evaluation of subject rating of unpaved country roads in Indiana. *Transportation Research Record*, n. 1128, p. 53–61, 1987.

SHAHEB, M. R. A review on the effect of soil compaction and its management for sustainable crop production. **Journal of Biosystems Engineering**, v. 46, n. 3, p. 1–20, nov. 2021. DOI: 10.1007/s42853-021-00117-7.

SINGER, M.; EWING, S. Soil quality. *In*: SUMNER, M. E. (Ed.). **Handbook of soil science**. Boca Raton: CRC Press, 2000. p. 271–298.

TORRES, J. L. R.; RODRIGUES JÚNIOR, D. J.; SENE, G. A.; JAIME, D. G.; VIEIRA, D. M. S. Resistência à penetração em área de pastagem de capim-tifton, influenciada pelo pisoteio e irrigação. **Bioscience Journal**, v. 28, n. 1, p. 232–239, 2012.

WARRICK, A. W.; NIELSEN, D. R. Spatial variability of some physical properties of the soil. *In*: HILLEL, D. (Ed.). **Applications of soil physics**. New York: Academic Press, 1980. cap. 13, p. 319–344.

# CAPÍTULO 4

## ETNOORNITOLOGIA DOS SERTÕES: UMA REVISÃO PRELIMINAR SOBRE AVES EXPLORADAS POR POVOS DA CAATINGA E DO CERRADO BRASILEIRO

### ETHNOORNITHOLOGY OF THE BRAZILIAN *SERTÕES*: A PRELIMINARY REVIEW OF BIRDS USED BY PEOPLES OF THE CAATINGA AND THE CERRADO

**Wedson Medeiros Silva Souto**   

Doutor em Ciências Biológicas (Zoologia) pela Universidade Federal da Paraíba (UFPB), Docente do Departamento de Biologia da Universidade Federal do Piauí (UFPI), Teresina-PI, Brasil

**Cleiciane Maria de Oliveira**   

Mestra em Desenvolvimento e Meio Ambiente (UFPI), Docente da Prefeitura Municipal de Timon-MA, Timon-MA, Brasil

**José Augusto Aragão-Silva**   




Doutorando em Desenvolvimento e Meio Ambiente (UFPI), Professor da Prefeitura Municipal de Esperantina-PI e da Rede Estadual de Ensino do Piauí, Esperantina-PI, Brasil

**Isac Santana Menezes**   

Mestrando em Desenvolvimento e Meio Ambiente (UFPI), Licenciado em Ciências Biológicas pela Universidade Federal do Delta do Parnaíba (UFDPAr), Teresina-PI, Brasil

**Anderson Guzzi**   


Doutor em Zoologia pela Universidade Estadual de São Paulo (UNESP), Docente da UFDPAr, Parnaíba-PI, Brasil

**André Bastos da Silva**   

Doutor em Desenvolvimento e Meio Ambiente (UFPI), Docente substituto da Universidade Estadual do Maranhão, campus Coelho Neto-MA e da Prefeitura Municipal de Teresina-PI, Teresina-PI, Brasil

**Davi Lima Pantoja Leite**   


Doutor em Ecologia pela Universidade de Brasília (UNB), Docente do Departamento de Biologia da Universidade Federal do Piauí (UFPI), Teresina-PI, Brasil

**Rômulo Romeu Nóbrega Alves**   

Doutor em Ciências Biológicas (Zoologia) pela UFPB, Docente da Universidade Estadual da Paraíba (UEPB) Campus I, Campina Grande-PB, Brasil

**Felipe Silva Ferreira**   

Doutor em Ciências Biológicas (Zoologia) pela UFPB, Docente da Universidade Federal do Vale do São Francisco (UNIVASF) campus Senhor do Bonfim-BA, Brasil

DOI: 10.52832/wed.197.1132 

**Resumo:** O presente capítulo apresenta uma revisão preliminar sobre a exploração de aves por populações humanas nos biomas Caatinga e Cerrado do Brasil, com enfoque nas interações culturais e nas categorias de uso associadas à avifauna. O objetivo foi sistematizar informações disponíveis na literatura sobre espécies de aves utilizadas por comunidades locais, identificando padrões de uso, diversidade taxonômica envolvida e implicações socioculturais e conservacionistas. Para isso, foi realizada uma revisão bibliográfica baseada em bases de dados científicas e literatura especializada, reunindo estudos etnoornitológicos e etnozoológicos conduzidos em diferentes regiões desses biomas. A análise permitiu identificar um conjunto expressivo de espécies exploradas em múltiplas categorias de uso, incluindo alimentação, comércio, manutenção como animais de estimação, usos medicinais e ornamentais. Os resultados evidenciam que as aves figuram entre os grupos faunísticos mais frequentemente mencionados nas pesquisas sobre uso da fauna, refletindo sua importância cultural, econômica e simbólica para comunidades rurais e tradicionais. Observou-se também que fatores socioculturais, disponibilidade local de espécies e práticas de caça influenciam diretamente os padrões de exploração da avifauna. Apesar da relevância desses usos, muitos estudos ainda apresentam lacunas quanto à sistematização dos dados e à avaliação de impactos sobre as populações naturais. Compreender as relações entre pessoas e aves nesses ecossistemas é fundamental para subsidiar estratégias de conservação que integrem conhecimento científico e saberes tradicionais.

**Palavras-chave:** Conhecimento tradicional. Caça. Etnozoologia. Biodiversidade. Conservação faunística.

**Abstract:** This chapter presents a preliminary review of bird exploitation by human populations in the Caatinga and Cerrado biomes of Brazil, focusing on cultural interactions and categories of use associated with avifauna. The study aimed to systematize available information on bird species used by local communities, identifying patterns of use, taxonomic diversity involved, and sociocultural and conservation implications. To achieve this, a literature review was conducted based on scientific databases and specialized sources, compiling ethno-ornithological and ethnozooological studies carried out in different regions of these biomes. The analysis identified a considerable number of bird species used in multiple categories, including food, trade, pet keeping, medicinal applications, and ornamental purposes. The results indicate that birds are among the most frequently cited faunal groups in studies on wildlife use, highlighting their cultural, economic, and symbolic importance for rural and traditional communities. Sociocultural factors, local species availability, and hunting practices were found to directly influence patterns of avifauna exploitation. Despite the relevance of these practices, many studies still show gaps regarding data systematization and the assessment of impacts on natural populations. Understanding the relationships between people and birds in these ecosystems is therefore essential to support conservation strategies that integrate scientific knowledge and traditional ecological knowledge.

**Keywords:** Traditional knowledge. Hunting. Ethnozoology. Biodiversity. Wildlife conservation.

## 1 INTRODUÇÃO

As relações entre sociedades humanas e a fauna silvestre constituem um campo de investigação amplamente explorado pela etnobiologia, especialmente em regiões tropicais onde comunidades locais mantêm estreita dependência de recursos naturais para subsistência, práticas culturais e manutenção de sistemas tradicionais de conhecimento (Oliveira; Doria; Messias, 2021; Souza; Lins Neto; Ferreira, 2022). Nesse contexto, diferentes grupos taxonômicos são utilizados

de variadas formas, incluindo alimentação, medicina tradicional, comércio, ornamentação e criação como animais de estimação (Oliveira; Doria; Messias, 2021; Souza; Lins Neto; Ferreira, 2022). Entre esses grupos, as aves ocupam posição particularmente relevante, devido à sua ampla distribuição, diversidade de espécies e múltiplos atributos ecológicos, culturais e econômicos que favorecem sua interação com populações humanas (Aragão-Silva *et al.*, 2023; Develey, 2021; Hughes *et al.*, 2023; Pereira *et al.*, 2025).

O uso de aves por populações humanas tem sido documentado em diferentes partes do mundo, abrangendo práticas de caça para consumo alimentar, captura para manutenção em cativeiro e exploração comercial em mercados formais e informais (Hughes *et al.*, 2023; Nijman, 2010). Essas interações refletem tanto necessidades de subsistência quanto valores simbólicos e culturais associados às espécies, como beleza do canto, coloração da plumagem e importância em práticas medicinais tradicionais (Oliveira; Doria; Messias, 2021; Souza; Lins Neto; Ferreira, 2022). Em muitas regiões tropicais, essas práticas fazem parte de sistemas complexos de conhecimento ecológico local, transmitidos entre gerações e profundamente integrados aos modos de vida das comunidades (Oliveira; Doria; Messias, 2021).

Apesar da importância sociocultural dessas interações, a exploração de aves também representa uma das principais pressões antrópicas sobre a biodiversidade (Cruz *et al.*, 2022; Hughes *et al.*, 2023; Nijman, 2010). Por exemplo, a captura para comércio de animais silvestres, especialmente de espécies canoras e ornamentais, tem sido amplamente documentada como fator relevante na redução populacional de diversas espécies em escala global (Cruz *et al.*, 2022; Wyatt *et al.*, 2022). Esse comércio pode ocorrer por meio de cadeias complexas que envolvem caçadores locais, intermediários e mercados urbanos, configurando redes de comércio frequentemente difíceis de monitorar e controlar (Aragão-Silva *et al.*, 2023; Salas-Picazo *et al.*, 2023). Por consequência, o tráfico de fauna silvestre constitui uma das maiores ameaças à conservação de vertebrados, sendo particularmente intenso em regiões tropicais, onde a biodiversidade é elevada e as condições socioeconômicas frequentemente favorecem o aproveitamento desses recursos naturais (Gluszek *et al.*, 2021; Hughes *et al.*, 2023).

No Brasil, as aves figuram entre os grupos mais frequentemente explorados no contexto do uso da fauna silvestre, seja para consumo, comércio ou manutenção em cativeiro (Cruz *et al.*, 2022; Pereira *et al.*, 2025; Rocha *et al.*, 2025). A diversidade da avifauna brasileira, uma das maiores do mundo, associada à riqueza cultural das populações tradicionais, contribui para a ampla variedade de formas de uso registradas em diferentes regiões do país (Cruz *et al.*, 2022; Silva, Samantha *et al.*, 2022; Souto *et al.*, 2017). Em particular, espécies pertencentes às ordens Passeriformes, Psittaciformes e Columbiformes frequentemente aparecem como alvos de captura

devido ao valor ornamental, ao canto ou ao uso alimentar (Cruz *et al.*, 2022; Sodré Neto; Fraga; Schiavetti, 2022). Essas espécies são amplamente registradas em estudos etnozoológicos e em levantamentos sobre comércio de fauna realizados em diferentes regiões brasileiras (Pereira *et al.*, 2025; Souto *et al.*, 2017; Souza; Lins Neto; Ferreira, 2022).

Na região Nordeste do Brasil, especialmente nos domínios da Caatinga e nas áreas de transição com o Cerrado, as relações entre populações humanas e a avifauna apresentam características próprias, moldadas por condições ambientais semiáridas, diversidade de habitats e forte presença de comunidades rurais (Souza; Lins Neto; Ferreira, 2022). Nessas regiões, as aves podem desempenhar múltiplos papéis no cotidiano das populações locais, incluindo fontes de alimento, animais de estimação e elementos presentes em práticas culturais e medicinais (Oliveira; Doria; Messias, 2021; Souza; Lins Neto; Ferreira, 2022). Esses estudos revelam padrões complexos de interação entre sociedade e biodiversidade, frequentemente relacionados a contextos socioeconômicos, tradições culturais e disponibilidade local de espécies (Souza; Lins Neto; Ferreira, 2022).

Apesar do crescente número de estudos sobre comércio ilegal e uso da fauna silvestre, ainda existem lacunas importantes relacionadas à sistematização das informações sobre espécies de aves exploradas em determinados contextos socioculturais e ecológicos, especialmente em regiões semiáridas brasileiras (Develey, 2021; Pereira *et al.*, 2025; Souto *et al.*, 2017). Compilar e analisar dados disponíveis na literatura sobre essas interações permite compreender padrões de uso, identificar espécies mais frequentemente exploradas e avaliar possíveis implicações para a conservação da avifauna regional (Aragão-Silva *et al.*, 2023). Esse tipo de abordagem também contribui para integrar conhecimentos etnobiológicos e perspectivas de conservação, fornecendo subsídios para estratégias de manejo e políticas públicas voltadas à proteção da biodiversidade (Aragão-Silva *et al.*, 2023; Souto *et al.*, 2017).

Diante desse cenário, o presente capítulo teve como objetivos: (1) compilar e analisar os estudos disponíveis na literatura sobre o uso e exploração de aves por populações humanas nos domínios da Caatinga e do Cerrado, dois domínios fitogeográficos contemplados com diversos estudos ornitológicos ao longo dos últimos anos; (2) identificar as principais espécies e famílias de aves mencionadas nesses contextos de uso; e (3) avaliar aspectos relacionados ao status de conservação das espécies exploradas, discutindo possíveis implicações dessas interações para a conservação da avifauna regional.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 Coleta de dados

Seguindo adaptação de Alves *et al.* (2013) e Aragão Silva *et al.* (2023), a presente pesquisa foi conduzida por meio de uma revisão bibliográfica sistematizada da literatura científica que documenta o uso e a exploração de aves por populações humanas em áreas associadas aos domínios da Caatinga e do Cerrado no Brasil. A abordagem metodológica seguiu procedimentos para revisões sobre uso da fauna silvestre, baseados na compilação e análise de estudos publicados em diferentes fontes científicas.

A coleta de dados foi realizada por meio de buscas artigos científicos, teses e dissertações, capítulos de livros nas seguintes bases de dados acadêmicas: Google Scholar, Science Direct, Scopus, Web of Science e Portal de Periódicos da CAPES. As buscas foram conduzidas utilizando combinações de palavras-chave em português, inglês e espanhol relacionadas ao tema da pesquisa. Entre os principais descritores: Caça+consumo+caatinga+Brasil; Caça+consumo+cerrado+brasil; Caça+zooterápicos+caatinga+Brasil; Caça+zooterápicos+cerrado+Brasil; Caça+comércio+caatinga+Brasil; Caça+comércio+cerrado+Brasil. Esses termos foram combinados com operadores booleanos (AND/+, OR) para ampliar a abrangência da busca e recuperar estudos potencialmente relevantes.

### 2.2 Critérios de inclusão e exclusão

Os estudos recuperados durante a busca bibliográfica foram submetidos a critérios de seleção previamente definidos, com o objetivo de garantir a consistência das informações utilizadas na análise. Foram incluídos na revisão apenas trabalhos que apresentavam registros explícitos de espécies de aves utilizadas por populações humanas, independentemente da finalidade do uso. Assim, foram considerados estudos que documentavam usos relacionados a: (1) consumo alimentar (caça ou bushmeat); (2) criação em cativeiro ou manutenção como animais de estimação; (3) comércio de aves silvestres; (4) usos medicinais ou zoterapêuticos; (5) usos culturais ou simbólicos. Devido ao escopo geográfico da pesquisa, foram incluídos estudos realizados em áreas associadas aos domínios da Caatinga e do Cerrado, bem como em regiões de transição entre esses domínios.

Foram excluídos da análise trabalhos que abordavam exclusivamente aspectos ecológicos ou comportamentais das espécies sem menção ao uso humano, bem como estudos em que não era possível identificar as espécies citadas ao nível taxonômico de espécie. Trabalhos duplicados ou que apresentavam informações redundantes em relação a outras publicações analisadas também foram desconsiderados. Trabalhos que apresentavam dados duplicados ou que consistiam exclusivamente

em revisões de estudos previamente analisados também foram excluídos da amostragem. Após a etapa inicial de busca, todos os estudos identificados foram avaliados com base em título, resumo e palavras-chave. Aqueles considerados potencialmente relevantes foram posteriormente analisados integralmente para verificar sua adequação aos objetivos da pesquisa.

A aplicação desses critérios permitiu selecionar apenas estudos diretamente relacionados ao uso da avifauna, procedimento considerado fundamental para aumentar a confiabilidade de revisões sistematizadas sobre exploração de fauna silvestre.

### **2.3 Identificação, atualização de nomenclatura e *status* de conservação das espécies**

A nomenclatura taxonômica das espécies seguiu as diretrizes do Comitê Brasileiro de Registros Ornitológicos (CBRO) (Pacheco *et al.*, 2021) e o Catalogue of Life (Bánki *et al.*, 2025). Verificamos o status de conservação das espécies por meio da Red List da União Internacional para a Conservação da Natureza (IUCN), versão 2025 (IUCN, 2025).

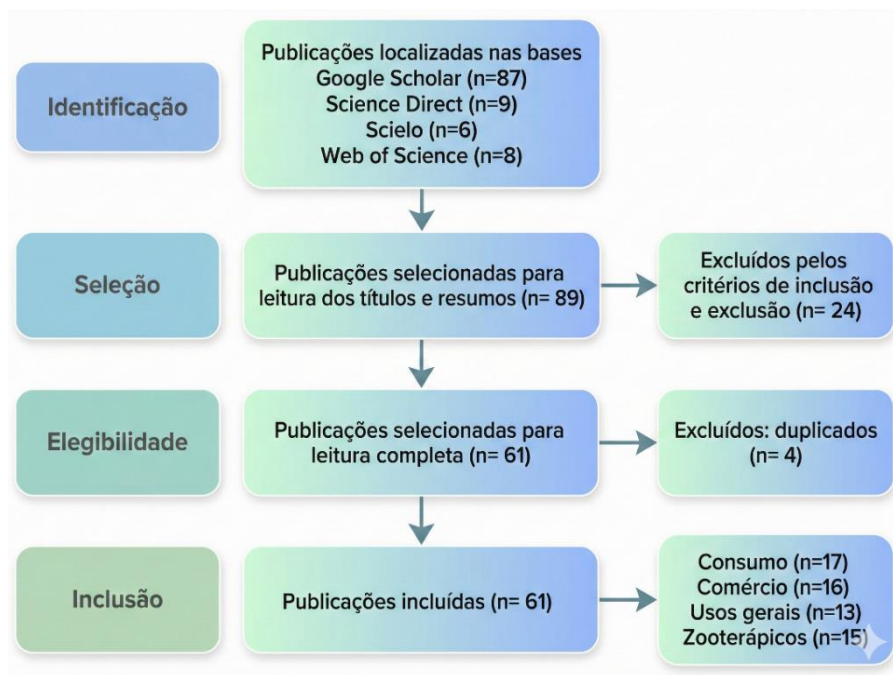
### **2.4 Análise dos dados**

A análise dos dados obtidos na revisão bibliográfica foi conduzida por meio de abordagem qualitativa e descritiva (Singh, 2026). Inicialmente foi realizada a sistematização das informações presentes nos estudos selecionados, incluindo número total de trabalhos analisados, localização geográfica das pesquisas, tipos de uso registrados e espécies de aves mencionadas em cada estudo. Posteriormente, foram analisados padrões gerais relacionados à riqueza de espécies exploradas e à representatividade das diferentes famílias taxonômicas entre as aves utilizadas pelas populações humanas. Também foram avaliados aspectos relacionados às formas de uso registradas nos estudos, permitindo identificar tendências gerais na exploração da avifauna e reconhecer grupos de espécies mais frequentemente associados a determinados tipos de uso.

## **3 RESULTADOS**

### **3.1 Totais de estudos e aspectos gerais de usos**

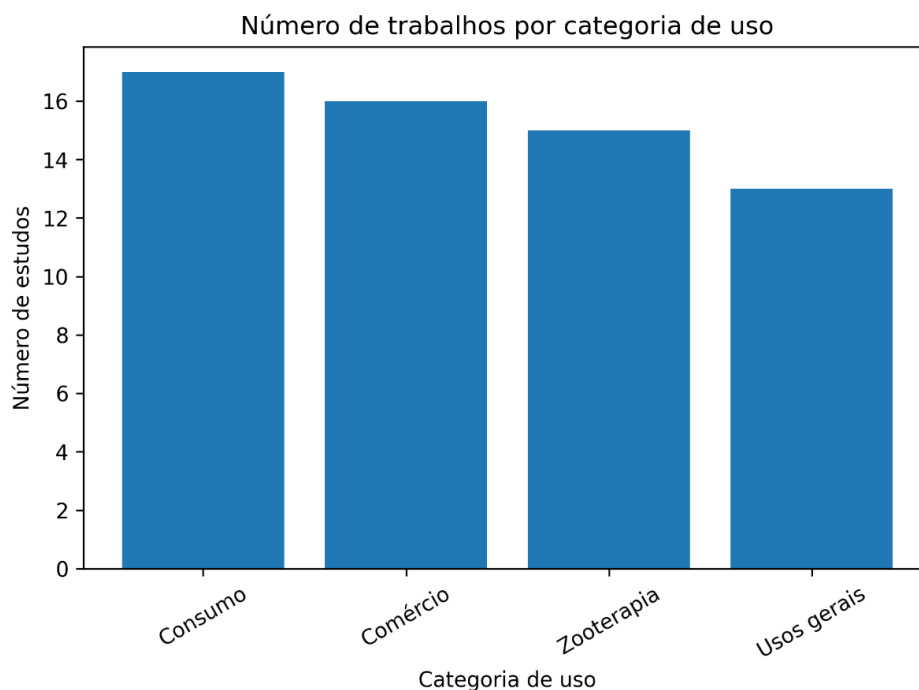
A busca bibliográfica identificou 89 trabalhos. Após a aplicação dos critérios de inclusão e exclusão, 28 estudos foram retirados da amostra, dos quais 24 não apresentavam nome das espécies e/ou número de citações por espécie, ou não contemplavam usos enquadrados em consumo, comércio, zooterapia e/ou usos gerais, enquanto 4 eram duplicatas. Ao final, foram incluídos 61 estudos na revisão (Figura 1).

**Figura 1** – Distribuição dos trabalhos incluídos e excluídos.

Fonte: Autores, 2026.

A organização desses 61 trabalhos por categoria de uso mostrou predomínio de estudos voltados ao consumo (27,86%; n = 17), seguidos de comércio (26,22%; n = 16), medicina tradicional/zooterapia (24,59%; n = 15) e usos gerais sem especificação detalhada (21,31%; n = 13). A Figura 1 apresenta o fluxo de seleção dos estudos, e a Figura 2 mostra a distribuição final das publicações por categoria. Em termos espaciais, os trabalhos concentram-se majoritariamente na Caatinga, com forte representação dos estados do Rio Grande do Norte e da Paraíba, enquanto o Cerrado aparece de forma muito mais discreta, correspondendo a 13,11% das publicações analisadas, isto é, aproximadamente oito estudos. Esse padrão reforça a assimetria regional do conhecimento disponível e indica que a exploração de aves em áreas de Cerrado ainda permanece subamostrada em comparação ao semiárido nordestino.

Considerando o conjunto dos estudos de fauna selecionados, as aves estiveram presentes em todos os trabalhos relacionados ao consumo e ao comércio, em 83,33% dos estudos de usos gerais (n = 10) e em 93,33% das publicações sobre zooterapia (n = 14). Esse resultado demonstra que a avifauna ocupa posição central entre os vertebrados explorados pelas populações humanas nas duas fitofisionomias analisadas.

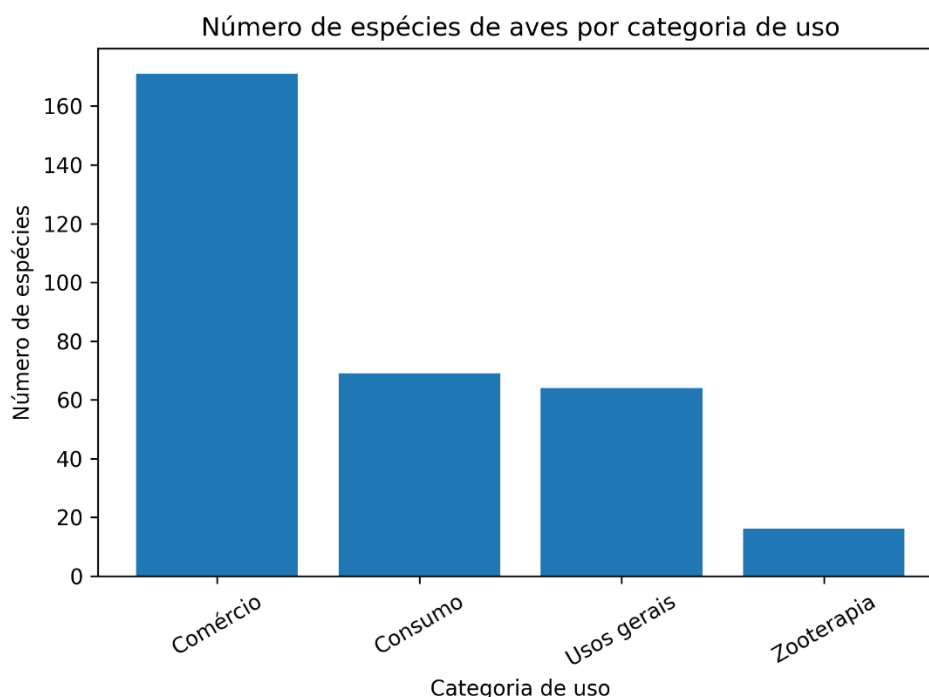
**Figura 2** – Distribuição dos trabalhos por categorias de uso.

**Fonte:** Autores, 2026.

Quando se considera o número de espécies associadas a cada categoria de uso a partir da Tabela 1, observa-se que o comércio concentrou a maior riqueza, com 171 espécies, seguido de consumo (69 espécies), usos gerais (64 espécies) e zooterapia (16 espécies). A Figura 3 sintetiza esse padrão. Esses dados indicam que, embora o maior número de trabalhos esteja voltado ao consumo, a exploração comercial alcança um conjunto taxonomicamente mais amplo de aves.

### 3.2 Riqueza de espécies exploradas

Nós registramos um total de 218 registros específicos de aves, distribuídos em 42 famílias (Tabela 1). As famílias mais representativas foram Thraupidae (53 espécies), Psittacidae (31), Icteridae (18), Columbidae (13) e Fringillidae (9). Em seguida apareceram Accipitridae e Tyrannidae, com 8 espécies cada, além de Aramidae (7) e Anatidae, Turdidae e Tinamidae, com 6 espécies cada. Esse panorama mostra que a exploração não se restringe a poucas linhagens, mas recai sobretudo sobre famílias com espécies canoras, ornamentais, cinegéticas ou amplamente distribuídas em ambientes abertos e antropizados.

**Figura 3** – Distribuição de espécies-alvo por categoria de uso.

**Fonte:** Autores, 2026.

A ave com maior número de citações foi *Zenaida auriculata* (21 estudos registrados), evidenciando seu destaque entre as espécies de maior interesse de uso. Em seguida apareceram *Patagioenas picazuro*, *Columbina picui*, *Paroaria dominicana* e *Sporophila americana*, todas com 15 citações. Também se destacaram *Columbina minuta*, *Cyanocorax cyanopogon*, *Nothura boraquira*, *Leptotila verreauxi*, *Columbina talpacoti* e *Crypturellus tataupa*, todas com 13 trabalhos que registraram usos. Esses resultados mostram forte presença de columbídeos, traupídeos, tinamídeos e espécies tradicionalmente valorizadas por canto, criação em cativeiro, caça ou usos múltiplos.

A análise dos usos associados às espécies mais potencialmente exploradas reforça esse padrão. Diversas espécies de Columbidae e Tinamidae aparecem ligadas simultaneamente a comércio, consumo e usos gerais, enquanto espécies de Psittacidae e Thraupidae apresentam maior peso em comércio e manutenção em cativeiro. Algumas espécies, como *Amazona aestiva*, *Nothura boraquira* e *Cariama cristata*, apresentam espectro de uso ainda mais amplo, surgindo em três ou quatro categorias. Nossos resultados evidenciam que a riqueza de aves exploradas é alta e taxonomicamente diversa, mas com claro predomínio de grupos funcionalmente distintos: aves canoras e ornamentais, aves cinegéticas de médio porte e espécies culturalmente valorizadas em contextos rurais.

**Tabela 1 – Lista de aves usadas por povos da Caatinga e Cerrado.**

Devido a extensão, esta Tabela está disponível em:

[Tabela 1 reorganizada aves caatinga cerrado explorada FINAL.xlsx](#)

Link alternativo: <https://ufpi.short.gy/tabela1>

Formato: **XLSX** (para Microsoft Office™ Excel 2016 ou Superior. Compatível com LibreOffice Calc).

Fonte: Autores, 2026.

### 3.3 Aspectos da conservação

A análise do status de conservação das espécies listadas na Tabela 1 mostrou forte predominância da categoria Least Concern – LC, com 192 espécies. Em seguida ocorreram 13 espécies Near Threatened – NT, 10 Vulnerable – VU e 3 Endangered – EN. Embora a maioria das espécies esteja enquadrada em LC, esse resultado não deve ser interpretado como ausência de preocupação conservacionista. Em primeiro lugar, a classificação global pode ocultar reduções populacionais locais ou regionais. Em segundo, a exploração humana não atua isoladamente, somando-se à perda e fragmentação de habitats, à captura seletiva e à pressão contínua em paisagens rurais e semiáridas.

Entre as espécies que exigem maior atenção estão aves amplamente conhecidas do tráfico e da captura para cativeiro, como *Amazona aestiva* (NT) e *Anodorhynchus leari* (EN), além de outros psitacídeos e passeriformes valorizadas por canto e beleza. Também apareceram espécies vulneráveis ligadas a ambientes específicos ou a pressões históricas de captura, como *Spinus yarrellii* (VU), *Sporophila cinnamomea* (VU), *Sporophila falcirostris* (VU), *Sporophila frontalis* (VU) e *Guaruba guarouba* (VU). No geral, a maioria (n = 199; 91,28%) das espécies é ocorrência natural nas na Caatinga ou Cerrado, exceto por *Numida meleagris* (Linnaeus, 1758) e *Serinus canaria* (Linnaeus, 1758) (ambas exóticas ao Brasil), *Brotogeris chrysoptera* (Linnaeus, 1766), *Cyanerpes caeruleus* (Linnaeus, 1758), *Derophtus accipitrinus* (Linnaeus, 1758), *Guaruba guarouba* (Gmelin, 1788), *Icterus chryscephalus* (Linnaeus, 1766), *Patagioenas fasciata* (Say, 1823), *Penelope marail* (Statius Muller, 1776), *Pionites leucogaster* (Kuhl, 1820), *Sporophila castaneiventris* (Cabanis, 1849), *Sporophila crassirostris* (Gmelin, 1789), *Sporophila schistacea* (Lawrence, 1862) (espécies amazônicas), *Pteroglossus incriptus* (Swainson, 1822), *Turdus fumigatus* (Lichtenstein, 1823) (Amazônia e Mata atlântica), *Saltator fuliginosus* (Daudin, 1800), *Sporophila falcirostris* (Temminck, 1820), *Sporophila frontalis* (Verreaux, 1869) (Mata atlântica), *Stephanophorus diadematus* (Temminck, 1823) (Mata atlântica e campos sulinos),

Do ponto de vista ecológico, algumas famílias merecem atenção mesmo quando aparecem com frequência menor que as famílias dominantes. Psittacidae reúne espécies longevas, de baixa

fecundidade relativa e muito visadas pelo comércio, o que tende a dificultar a reposição populacional após remoção de indivíduos. Tinamidae e Cracidae, por sua vez, incluem aves terrestres e cinegéticas particularmente sensíveis à caça recorrente. Ramphastidae e outras aves frugívoras de maior porte também demandam cautela, pois a redução de suas populações pode afetar processos ecológicos como dispersão de sementes. Mesmo em Columbidae, grupo com várias espécies abundantes e amplamente distribuídas, a pressão continuada pode causar empobrecimento local quando a captura se concentra em agregações ou períodos reprodutivos. A combinação entre alta riqueza de espécies exploradas, predomínio de usos comerciais, forte pressão sobre grupos canoros e ornamentais e presença de táxons NT, VU e EN demonstra a necessidade de ações conservacionistas urgentes.

#### 4 DISCUSSÃO

A exploração de aves por populações humanas nos domínios da Caatinga e do Cerrado constitui um fenômeno amplamente documentado na literatura científica e envolve uma elevada diversidade de espécies. A identificação de 218 espécies pertencentes a 42 famílias evidencia a amplitude das interações entre populações humanas e a avifauna nesses ambientes, refletindo tanto a elevada diversidade de aves presente nos ecossistemas brasileiros quanto a diversidade de formas de uso associadas a esses organismos (Alves; Lima; Araujo, 2012; Aragão-Silva *et al.*, 2023; Develey, 2021). Esse padrão tem sido observado em diferentes contextos etnozoológicos, nos quais aves frequentemente aparecem entre os vertebrados mais utilizados pelas populações humanas devido à facilidade de captura, ampla distribuição e múltiplos atributos culturais associados a estes animais (Oliveira; Doria; Messias, 2021; Souza; Lins Neto; Ferreira, 2022).

Entre os principais resultados obtidos neste estudo destaca-se o predomínio de espécies pertencentes às famílias Thraupidae, Psittacidae, Icteridae e Columbidae, grupos frequentemente associados ao comércio de aves, à criação em cativeiro ou à caça para consumo alimentar. Esse padrão taxonômico também tem sido registrado em diferentes regiões tropicais, nas quais aves canoras e ornamentais figuram entre os grupos mais frequentemente capturados e comercializados devido tanto à tradição cultural quanto ao elevado valor dessas aves nos mercados ilegais locais (Cruz *et al.*, 2022; D’Cruze *et al.*, 2024; Leupen *et al.*, 2022; Nijman, V., 2010; Nijman, Vincent *et al.*, 2022). Espécies com canto elaborado, coloração marcante ou comportamento social evidente tendem a apresentar maior valor cultural e econômico, tornando-se alvos preferenciais de captura para manutenção em cativeiro ou comercialização em mercados formais e informais (Azeredo; Alves, 2024; Santos, Marilucia Campos *et al.*, 2022).

A predominância de Thraupidae, particularmente de espécies dos gêneros *Sporophila* e *Paroaria*, reflete a forte tradição cultural associada à criação de aves canoras em diversas regiões do Brasil. Essas espécies são amplamente valorizadas por seu canto e frequentemente aparecem em registros de captura e comércio de aves silvestres (Santos, Marilucia Campos *et al.*, 2022, p. 202; Sodré Neto; Fraga; Schiavetti, 2022; Souto *et al.*, 2017). Estudos sobre tráfico de fauna no Brasil indicam que aves canoras representam uma parcela significativa dos indivíduos apreendidos em operações de fiscalização ambiental, evidenciando a forte demanda existente por essas espécies no comércio ilegal (Azeredo; Alves, 2024; Cruz *et al.*, 2022; Nascimento; Czaban; Alves, 2015; Sodré Neto; Fraga; Schiavetti, 2022). A captura seletiva de indivíduos com melhor desempenho vocal pode intensificar os impactos sobre as populações naturais, sobretudo quando associada a pressões adicionais como perda de habitat, fragmentação ambiental e comércio ilegal persistente (Develey, 2021).

As espécies de Psittacidae também apresentaram elevada representatividade entre as aves registradas na revisão. Papagaios, araras e periquitos figuram historicamente entre os grupos mais explorados no comércio de fauna silvestre, sendo capturados tanto para mercados locais quanto para redes de comércio mais amplas (Berkunsky *et al.*, 2017). A popularidade dessas aves como animais de estimação está associada a características como inteligência, comportamento social e capacidade de vocalização, atributos que aumentam significativamente seu valor comercial (Azeredo; Alves, 2024; Chan *et al.*, 2021). Entretanto, muitas espécies desse grupo apresentam estratégias reprodutivas caracterizadas por baixas taxas de reposição populacional e ciclos de vida relativamente longos, fatores que podem aumentar sua vulnerabilidade frente à captura intensiva (Berkunsky *et al.*, 2017).

Outro grupo amplamente representado na revisão foi a família Columbidae, composta por espécies frequentemente associadas à caça para consumo alimentar. Pombas e rolinhas apresentam ampla distribuição geográfica, elevada abundância em ambientes abertos e comportamento relativamente previsível, características que podem facilitar sua captura por caçadores locais (Cambrone *et al.*, 2023; Oliveira; Doria; Messias, 2021; Souza; Lins Neto; Ferreira, 2022). Em diversos contextos rurais, essas aves constituem uma fonte complementar de proteína animal, especialmente em regiões semiáridas onde a disponibilidade de recursos alimentares pode ser limitada (Souza; Lins Neto; Ferreira, 2022). Isto reforça o papel da caça de aves como estratégia de subsistência em determinadas comunidades humanas, embora a intensidade dessa prática possa variar consideravelmente entre diferentes regiões e contextos socioeconômicos (Aragão-Silva *et al.*, 2023; Oliveira; Doria; Messias, 2021).

Nossos resultados também evidenciam a diversidade de formas de uso associadas às aves registradas na literatura. Embora o maior número de estudos analisados esteja relacionado ao consumo alimentar, a maior riqueza de espécies foi associada ao comércio de aves, indicando que essa atividade envolve um conjunto taxonomicamente mais amplo de espécies (Azeredo; Alves, 2024; Nijman, Vincent *et al.*, 2022). Em outras áreas tropicais foram observados resultados semelhantes em diferentes contextos de comércio de fauna silvestre, nos quais a captura para mercados de animais de estimação frequentemente envolve grande diversidade de espécies, especialmente entre passeriformes e psitacídeos (Fiennes; Anasari; Hardianto, 2023; Gluszek *et al.*, 2021; Salas-Picazo *et al.*, 2023). A crescente utilização de plataformas digitais e redes sociais para comercialização de animais silvestres tem contribuído para ampliar a escala e a complexidade dessas redes de comércio, dificultando sua fiscalização e monitoramento por órgãos ambientais (Fiennes; Anasari; Hardianto, 2023; Salas-Picazo *et al.*, 2023; Sardari *et al.*, 2022; Souto *et al.*, 2017).

Em termos de conservação, a predominância de espécies classificadas como Least Concern (LC) na Lista Vermelha da IUCN pode sugerir, à primeira vista, baixo risco de impacto populacional decorrente da exploração humana. No entanto, essa interpretação deve ser considerada com cautela, pois avaliações globais de conservação nem sempre refletem adequadamente pressões regionais ou locais sobre determinadas populações (Develey, 2021; Hughes *et al.*, 2023). Em diversos casos, populações locais podem sofrer declínios significativos mesmo quando a espécie permanece amplamente distribuída em escala global (Berkunsky *et al.*, 2017; Sánchez-Mercado *et al.*, 2020, p. 202; Souto *et al.*, 2017). Além disso, a exploração de aves raramente ocorre de forma isolada, estando frequentemente associada a outros fatores de pressão ambiental, como perda de habitat, expansão agrícola e fragmentação de ecossistemas naturais (Azeredo; Alves, 2024; Develey, 2021).

Algumas das espécies registradas na revisão encontram-se atualmente classificadas em categorias de ameaça mais elevadas, incluindo Near Threatened (NT), Vulnerable (VU) e Endangered (EN). Entre elas destacam-se espécies tradicionalmente associadas ao comércio de aves canoras ou ornamentais, como *Spinus yarrellii* e diferentes espécies do gênero *Sporophila*, amplamente conhecidas por sua vulnerabilidade à captura para manutenção em cativeiro (Cruz *et al.*, 2022; Develey, 2021; Souto *et al.*, 2017). A exploração dessas espécies tem sido apontada como um dos principais fatores responsáveis pelo declínio populacional de diversos passeriformes em diferentes regiões do mundo, especialmente em contextos onde o comércio de aves canoras possui forte valor cultural (Azeredo; Alves, 2024; Souto *et al.*, 2017).

Além do mais, considerando a dimensão continental do Brasil, a presença de um número relevante de espécies de outros domínios fitogeográficos usados por povos da Caatinga e do

Cerrado, demonstram, conforme destacado por Charity e Ferreira (2020), o quão é capilarizado as rotas de tráfico e comércio no Brasil, imputando um desafio constante para ações conservacionistas e uma ameaça persistente a diversas populações silvestres da avifauna. Além dos impactos diretos sobre populações naturais, a exploração de aves pode gerar efeitos ecológicos indiretos importantes. Muitas espécies desempenham papéis essenciais na manutenção do funcionamento dos ecossistemas, atuando como dispersoras de sementes, controladoras de populações de insetos ou participantes de redes tróficas complexas (Mariano-Neto; Santos, 2023). A remoção sistemática de indivíduos dessas populações pode resultar em alterações na estrutura e no funcionamento das comunidades ecológicas, potencialmente desencadeando efeitos em cascata sobre outros componentes da biodiversidade (Hughes *et al.*, 2023; Mariano-Neto; Santos, 2023; Souto *et al.*, 2017).

Outro aspecto relevante refere-se à dimensão sociocultural associada ao uso da avifauna. Em muitos contextos, práticas como a criação de aves canoras ou a caça de determinadas espécies fazem parte de tradições culturais profundamente enraizadas nas comunidades locais (Azeredo; Alves, 2024; Oliveira; Doria; Messias, 2021; Souza; Lins Neto; Ferreira, 2022). Essas práticas podem representar importantes formas de transmissão de conhecimento ecológico tradicional e constituem elementos relevantes da identidade cultural de diversos grupos sociais (Souza; Lins Neto; Ferreira, 2022). Nesse sentido, estratégias de conservação que busquem reduzir impactos sobre populações de aves devem considerar não apenas os aspectos ecológicos da exploração, mas também os contextos sociais e culturais em que essas práticas ocorrem (Santos, Surane S. N.; Martins; Martins, 2020; Sodré Neto; Fraga; Schiavetti, 2022).

Na América Latina, de um modo geral, a combinação tanto do comércio de aves silvestres tanto em mercados físicos quanto em plataformas digitais e redes sociais tem ampliado a escala e a complexidade das cadeias de exploração da fauna (Salas-Picazo *et al.*, 2023; Souto *et al.*, 2017; Wyatt *et al.*, 2022). Pesquisas recentes demonstram que ambientes online podem facilitar a negociação e circulação de animais silvestres, ampliando as possibilidades de comercialização e dificultando o monitoramento por órgãos ambientais (Azeredo; Alves, 2024; Charity; Ferreira, 2020; Salas-Picazo *et al.*, 2023). Esse fenômeno evidencia a necessidade de aprofundar o conhecimento sobre as espécies exploradas, os contextos socioculturais de uso e as implicações dessas práticas para a conservação da biodiversidade (Azeredo; Alves, 2024; Fiennes *et al.*, 2024).

Diante desse cenário, a integração entre conhecimentos etnobiológicos e estratégias de conservação torna-se fundamental para promover abordagens mais eficazes de gestão da fauna silvestre. Estudos que documentam padrões de uso da biodiversidade, como o presente trabalho, fornecem subsídios importantes para compreender a dimensão humana das interações com a fauna

e para identificar espécies ou grupos taxonômicos que podem demandar maior atenção em programas de conservação (Silva, Cleverton *et al.*, 2021). Além disso, tais estudos contribuem para orientar políticas públicas voltadas ao manejo sustentável da fauna e ao fortalecimento de estratégias de educação ambiental em regiões onde a exploração de aves constitui prática cultural e economicamente relevante (Borges; Oliveira; Alves, 2022).

## 5 CONCLUSÕES

Esta pesquisa evidencia que a exploração de aves por populações humanas nos domínios da Caatinga e do Cerrado constitui um fenômeno amplo e multifacetado, envolvendo elevada diversidade taxonômica e múltiplas formas de uso. A compilação de estudos disponíveis na literatura revelou que as aves como um recurso natural popularmente demandado por comunidades humanas nessas regiões, sendo associadas principalmente a atividades de consumo alimentar, comércio (especialmente como carne de caça e/ou pets), manutenção em cativeiro e usos medicinais tradicionais. Esse panorama reforça a importância da avifauna não apenas como componente ecológico dos ecossistemas semiáridos e savânicos brasileiros, mas também como elemento relevante nas dimensões socioculturais e econômicas das populações locais.

Diante desse cenário, torna-se evidente que a compreensão das interações entre populações humanas e a avifauna requer abordagens integradas que considerem simultaneamente dimensões ecológicas, sociais e culturais. Estudos que sistematizam informações sobre uso da fauna, como o presente capítulo, contribuem para preencher lacunas de conhecimento e fornecer bases mais sólidas para o desenvolvimento de estratégias de conservação e manejo sustentável da biodiversidade. Ao documentar a diversidade de espécies exploradas e os contextos em que essas interações ocorrem, tais pesquisas possibilitam identificar grupos taxonômicos mais suscetíveis à exploração e orientar ações prioritárias de conservação.

Por fim, a consolidação de conhecimentos sobre o uso de aves na Caatinga e no Cerrado destaca a importância de ampliar esforços de pesquisa, especialmente em regiões ainda pouco estudadas e em contextos em que mudanças socioeconômicas e tecnológicas podem alterar padrões tradicionais de exploração da fauna. Investigações futuras que integrem abordagens etnobiológicas, ecológicas e conservacionistas serão fundamentais para compreender a dinâmica dessas interações e promover estratégias que conciliem a conservação da avifauna com a valorização dos conhecimentos e práticas culturais das populações humanas que coexistem com esses ecossistemas.

## Declaração de uso de Inteligência Artificial

Este trabalho utilizou Inteligência Artificial (Google™ Gemini Pro) exclusivamente para auxílio na geração ou refinamento de figuras, as quais estavam inicialmente em baixa resolução (< 96dpi) e foram convertidas para 300 dpi, além de melhorias visuais.

## Agradecimentos e Financiamento

Agradecemos especialmente à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico pelas bolsas de Mestrado e Doutorado concedidas, respectivamente, a I.S.M. e a J.A.A.S.

## REFERÊNCIAS

- ALVES, R. R. N.; LIMA, J. R. F.; ARAUJO, H. F. P. The live bird trade in Brazil and its conservation implications: an overview. **Bird Conservation International**, v. 1, n. 1, p. 1–13, 2012. doi:10.1017/S095927091200010X.
- ALVES, R. R. N. *et al.* Primates in Traditional Folk Medicine: World Overview. *In*: ALVES, R. R. N.; ROSA, I. L. (org.). **Animals in Traditional Folk Medicine**. Berlin, Germany: Springer-Verlag, 2013. p. 135–169. doi: [https://doi.org/10.1007/978-3-642-29026-8\\_8](https://doi.org/10.1007/978-3-642-29026-8_8).
- ARAGÃO SILVA, J. A. *et al.* Use of wild vertebrates for consumption and bushmeat trade in Brazil: a review. **Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine**, [s. l.], v. 19, n. 1, p. 64, 2023. doi: <https://doi.org/10.1186/s13002-023-00628-x>.
- AZEREDO, L. M. M.; ALVES, R. R. N. Understanding the drivers of the live bird trade in Brazil. **Ethnobiology and Conservation**, [s. l.], v. 13, 7 jan. 2024. doi: 10.15451/ec2024-01-13.05-1-19.
- BÁNKI, O. *et al.* Current threats faced by Neotropical parrot populations. **Biological Conservation**, [s. l.], v. 214, p. 278–287, 1 out. 2017. <https://doi.org/10.1016/J.BIOCON.2017.08.016>.
- BORGES, A. K. M.; OLIVEIRA, T. P. R.; ALVES, R. R. N. Marine or freshwater: the role of ornamental fish keeper's preferences in the conservation of aquatic organisms in Brazil. **PeerJ**, [s. l.], v. 10, p. e14387, 2022. doi: <https://doi.org/10.7717/peerj.14387>.
- CAMBRONE, C. *et al.* Identifying global research and conservation priorities for Columbidae: a quantitative approach using random forest models. **Frontiers in Ecology and Evolution**, [s. l.], v. 11, 2023. doi: 10.3389/fevo.2023.1141072.
- CHAN, D. T. C. *et al.* Global trade in parrots – Influential factors of trade and implications for conservation. **Global Ecology and Conservation**, [s. l.], v. 30, p. e01784, 2021. doi: <https://doi.org/10.1016/j.gecco.2021.e01784>.

CHARITY, S.; FERREIRA, J. M. **Wildlife Trafficking in Brazil**. Cambridge, UK: TRAFFIC International, 2020.

CRUZ, C. E. F. *et al.* Wild animals housed at the IBAMA triage center in Southern Brazil, 2005–2021: a glimpse into the endless conflicts between man and other animals. **Ethnobiology and Conservation**, [s. l.], v. 11, n. 28, p. 1–29, 2022. doi: <https://doi.org/10.15451/ec2022-09-11.28-1-29>.

D'CRUZE, N. *et al.* Wildlife trade at Belén and Modelo market, Peru: defining a baseline for conservation monitoring. **Frontiers in Conservation Science**, [s. l.], v. 5, p. 1464332, 2024. doi: <https://doi.org/10.3389/fcosc.2024.1464332>.

DEVELEY, P. F. Bird Conservation in Brazil: Challenges and practical solutions for a key megadiverse country. **Perspectives in Ecology and Conservation**, [s. l.], v. 19, n. 2, p. 171–178, abr. 2021. doi: <https://doi.org/10.1016/j.pecon.2021.02.005>.

FIENNES, S.; ANASARI, S. D.; HARDIANTO, N. TikTok facilitating songbird trade in Indonesia. **Oryx**, [s. l.], v. 57, n. 4, p. 420–421, 2023. doi: <https://doi.org/10.1017/S0030605323000510>.

FIENNES, S. *et al.* Rethinking extinction “crises”: The case of Asian songbird trade. **Cambridge Prisms: Extinction**, [s. l.], v. 2, p. e15, 2024. doi: <https://doi.org/10.1017/ext.2024.20>.

GLUSZEK, S. *et al.* Emerging trends of the illegal wildlife trade in Mesoamerica. **Oryx**, [s. l.], v. 55, n. 5, p. 708–716, 2021. doi: <https://doi.org/10.1017/S0030605319001133>.

HUGHES, L. J. *et al.* The ecological drivers and consequences of wildlife trade. **Biological Reviews**, [s. l.], v. 98, n. 3, p. 775–791, 2023. doi: <https://doi.org/10.1111/brv.12929>.

IUCN. **The IUCN Red List of Threatened Species (version 2025-1)**. 2025. Disponível em: <http://www.iucnredlist.org/>. Acesso em: 9 jul. 2025.

LEUPEN, B. T. C. *et al.* A Brief Overview of the Online Bird Trade in Vietnam. **Asian Journal of Conservation Biology**, [s. l.], v. 11, n. 2, p. 176–188, 2022. doi: <https://doi.org/10.53562/ajcb.71823>.

MARIANO-NETO, E.; SANTOS, R. A. S. Changes in the functional diversity of birds due to habitat loss in the Brazil Atlantic Forest. **Frontiers in Forests and Global Change**, [s. l.], v. 6, 2023. doi: [10.3389/ffgc.2023.1041268](https://doi.org/10.3389/ffgc.2023.1041268).

NASCIMENTO, C. A. R.; CZABAN, R. E.; ALVES, R. R. N. Trends in illegal trade of wild birds in Amazonas state, Brazil. **Tropical Conservation Science**, [s. l.], v. 8, n. 4, p. 1098–1113, 2015. doi: <https://doi.org/10.1177/194008291500800416>.

NIJMAN, V. An overview of international wildlife trade from Southeast Asia. **Biodiversity and Conservation**, [s. l.], v. 19, p. 1101–1114, 2010. doi: <https://doi.org/10.1007/s10531-009-9758-4>.

NIJMAN, V. *et al.* Disentangling the Legal and Illegal Wildlife Trade—Insights from Indonesian Wildlife Market Surveys. **Animals**, [s. l.], v. 12, n. 5, p. 628, 2022. doi: <https://doi.org/10.3390/ani12050628>.

Wissen Editora, 2026 | ISBN 978-65-85923-89-7 | DOI: <http://www.doi.org/10.52832/wed.197>

OLIVEIRA, M. Á.; DORIA, C. R. C.; MESSIAS, M. R. A comparison of zootherapy practices between urban and rural hunters in the southwestern Brazilian Amazon. **Etnobiologia**, [s. l.], v. 19, n. 2, p. 135–153, 2021. Disponível em: <https://www.revistaetnobiologia.mx/index.php/etno/article/view/428>. Acesso em: 14 mar. 2026.

PACHECO, J. F. *et al.* Annotated checklist of the birds of Brazil by the Brazilian Ornithological Records Committee—second edition. **Ornithology Research**, [s. l.], v. 29, n. 2, p. 94–105, 26 jun. 2021. doi: <https://doi.org/10.1007/s43388-021-00058-x>.

PEREIRA, C. S. *et al.* Uso e comércio de aves silvestres como pets em um ecótono piauiense: implicações etnoconservacionistas. **Revista Semiárido De Visu**, [s. l.], v. 13, n. 3, p. 1225–1249, 2025. doi: <https://doi.org/10.31416/rsdv.v13i3.1626>.

ROCHA, V. M. S. *et al.* Aspectos etnoornitológicos no entorno de uma Unidade de Conservação na região de Altos – PI. **Contribuciones a las Ciencias Sociales**, [s. l.], v. 18, n. 12, p. 1–20, 2025. doi: <https://doi.org/10.55905/revconv.18n.12-212>.

SALAS-PICAZO, R. I. *et al.* The role of social media groups on illegal wildlife trade in four Mexican states: A year-long assessment. **Global Ecology and Conservation**, [s. l.], v. 45, p. e02539, set. 2023. doi: <https://doi.org/10.1016/j.gecco.2023.e02539>.

SÁNCHEZ-MERCADO, A. *et al.* Illegal trade of the Psittacidae in Venezuela. **Oryx**, [s. l.], v. 54, n. 1, p. 77–83, 27 jan. 2020. doi: <https://doi.org/10.1017/S003060531700120X>.

SANTOS, M. C. *et al.* Survey of avifauna housed in the wild animal triage centers in the state of Bahia, period 2009 to 2019, emphasizing trafficking. **Ciência Rural**, [s. l.], v. 52, n. 7, p. e20210451, 2022. doi: <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20210451>.

SANTOS, S. S. N.; MARTINS, C. S. G.; MARTINS, F. Is the knowledge about the wild birds influenced by the socioeconomic conditions of the human populations? **Ethnobiology and Conservation**, [s. l.], 13 maio 2020. doi: 10.15451/ec2020-05-9.14-1-19.

SARDARI, P. *et al.* Evidence on the role of social media in the illegal trade of Iranian wildlife. **Conservation Science and Practice**, [s. l.], v. 4, n. 7, p. e12725, 2022. doi: <https://doi.org/10.1111/csp2.12725>.

SILVA, C. *et al.* Hunting and Trade of Columbidae in Northeast Brazil. **Human Ecology**, [s. l.], v. 49, n. 1, p. 91–98, 2021. doi: <https://doi.org/10.1007/s10745-021-00216-1>.

SILVA, S. *et al.* The use of Passeriformes in the eastern Amazonia of Brazil: culture encourages hunting and profit encourages trade. **Oryx**, [s. l.], v. 56, n. 2, p. 218–227, 2022. doi: <https://doi.org/10.1017/S0030605320000551>.

SINGH, K. **Social Research Methods and Applications: Qualitative, Quantitative, and Mixed Methods Approaches**. 1. ed. London: Routledge, 2026. doi: 10.4324/9781003593225.

SODRÉ NETO, A. I.; FRAGA, R. E.; SCHIAVETTI, A. Tradition and trade: culture and exploitation of avian fauna by a rural community surrounding protected areas in the south of Bahia's State, Northeastern Brazil. **Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine**, [s. l.], v. 18, n. 1, p. 1–12, 8 mar. 2022. doi: <https://doi.org/10.1186/s13002-022-00515-x>.

Wissen Editora, 2026 | ISBN 978-65-85923-89-7 | DOI: <http://www.doi.org/10.52832/wed.197>

SOUTO, W. M. S. *et al.* Singing for Cages: The Use and Trade of Passeriformes as Wild Pets in an Economic Center of the Amazon—NE Brazil Route. **Tropical Conservation Science**, [s. l.], v. 10, p. 1–19, 2017. doi: <https://doi.org/10.1177/1940082917689898>.

SOUZA, J. M.; LINS NETO, E. M. F.; FERREIRA, F. S. Influence of the sociodemographic profile of hunters on the knowledge and use of faunistic resources. **Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine**, [s. l.], v. 18, n. 1, p. 38, 2022. doi: <https://doi.org/10.1186/s13002-022-00538-4>.

WYATT, T. *et al.* Wildlife trafficking via social media in Brazil. **Biological Conservation**, [s. l.], v. 265, p. 109420, jan. 2022. doi: <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2021.109420>.




# CAPÍTULO 5

## PRÁTICAS DE CAÇA E USOS DA FAUNA SILVESTRE EM ÁREAS RURAIS NO NORTE DO PIAUÍ, NORDESTE DO BRASIL




### HUNTING PRACTICES AND WILDLIFE USES IN RURAL AREAS OF NORTHERN PIAUÍ, NE BRAZIL

**José Augusto Aragão-Silva**   

Doutorando em Desenvolvimento e Meio Ambiente (UFPI), Professor da Prefeitura Municipal de Esperantina-PI e da Rede Estadual de Ensino do Estado do Piauí (SEDUC), Esperantina- PI, Brasil

**Felipe Silva Ferreira**   

Doutor em Ciências Biológicas (Zoologia) pela Universidade Federal da Paraíba, Brasil (UFPB)  
Docente da Universidade Federal do Vale de São Francisco (UNIVASF), Petrolina- PE, Brasil

**André Bastos da Silva**   

Doutor em Desenvolvimento e Meio Ambiente (UFPI), Docente substituto da Universidade Estadual do Maranhão, campus Coelho Neto-MA e da Prefeitura Municipal de Teresina-PI, Teresina-PI, Brasil

**Isac Santana Menezes**   


Mestrando em Desenvolvimento e Meio Ambiente (UFPI), Licenciado em Ciências Biológicas pela Universidade Federal do Delta do Parnaíba (UFDPAr), Teresina-PI, Brasil

**Francisco Eduardo dos Santos Sousa**   

Doutorando em Desenvolvimento e Meio Ambiente (UFPI)  
Teresina-PI, Brasil

**Wedson Medeiros Silva Souto**   

Doutor em Ciências Biológicas (Zoologia) pela Universidade Federal da Paraíba (UFPB),  
Docente do Departamento de Biologia da Universidade Federal do Piauí (UFPI), Teresina-PI, Brasil

DOI: 10.52832/wed.197.1133 

**Resumo:** A caça ou captura de vertebrados silvestres é uma prática disseminada em maior ou menor escala em todos os biomas do Brasil. No semiárido nordestino (bioma Caatinga) os animais silvestres e seus subprodutos têm sido utilizados para variados fins. Nesta pesquisa investigamos aspectos gerais da caça e usos da fauna silvestre por caçadores rurais do norte piauiense, nordeste do Brasil. Coletamos dados sobre caça e usos da fauna silvestre entre janeiro e outubro de 2022 com 52 caçadores selecionados. A seleção ocorreu de forma oportunista e através da técnica bola de neve para entrevistas semiestruturadas e observação-participante. Registramos um total de 70 espécies citadas para usos gerais, distribuídas entre aves (n=43), mamíferos (n=22) e répteis (n=05). As espécies selecionadas distribuíram-se como fonte de alimento (n=36), relações conflituosas (n=26), pets (n=14) e comércio de carne de caça (n=08). Identificamos que a caça era exercida predominantemente em caráter esportivo e/ou cultural em detrimento da caça de subsistência ou comercial. Detectamos uma cadeia de comércio de carne de caça otimizada pelo uso de recursos de comunicação e transportes nas transações comerciais entre os atores da cadeia. Nossos resultados revelaram que as populações locais do norte piauiense utilizam com frequência os recursos faunísticos, utilizando espécies animais para diferentes propósitos. Nesse contexto, faz-se necessário implementar estratégias de conservação e manejo da fauna silvestre que possam mitigar os impactos da caça sobre as espécies-alvo e também considerar o contexto socioeconômico e cultural das comunidades que dependem dos recursos faunísticos.

**Palavras-chave:** Caça. Comunidades rurais. Etnozoologia. Biodiversidade. Conservação da vida selvagem.

**Abstract:** Hunting or capturing wild vertebrates is a widespread practice, to a greater or lesser extent, in all biomes of Brazil. In the semi-arid Northeast (Caatinga biome), wild animals and their byproducts have been used for various purposes. In this research, we investigated general aspects of hunting and the uses of wildlife by rural hunters in northern Piauí, Northeast Brazil. We collected data on hunting and the uses of wildlife between January and October 2022 from 52 selected hunters. The selection was opportunistic and used the snowball sampling technique for semi-structured interviews and participant observation. We recorded a total of 70 species cited for general uses, distributed among birds (n=43), mammals (n=22), and reptiles (n=5). The selected species were distributed as a food source (n=36), in conflictual relationships (n=26), as pets (n=14), and in the trade of game meat (n=8). We identified that hunting was predominantly practiced for sport and/or cultural purposes, to the detriment of subsistence or commercial hunting. We detected a game meat trade chain optimized by uses of communication and transportation resources in commercial transactions between the actors in the chain. Our results revealed that local populations in northern Piauí frequently use wildlife resources, employing animal species for different purposes. In this context, it is necessary to implement wildlife conservation and management strategies that can mitigate the impacts of hunting on target species as well as encompassing the socioeconomic and cultural context of the communities that depend on wildlife resources.

**Keywords:** Hunting. Rural communities. Ethnozoology. Biodiversity. Wildlife Conservation.

## 1 INTRODUÇÃO

As relações entre a fauna silvestre e as sociedades humanas investigadas no campo da Etnobiologia continuam exercendo importantes papéis socioeconômicos, culturais e ecológicos, em especial, nas regiões tropicais e neotropicais ao redor do mundo (Alves; Van Vliet, 2018; Alves *et al.*, 2018; Ingram *et al.*, 2025; Souza *et al.*, 2022; Islas *et al.*, 2024). No contexto atual, diferentes

espécies de vertebrados silvestres são utilizadas para múltiplas finalidades, incluindo consumo alimentar, comércio, práticas de zooterapia, vestuário, mágico-religioso e, ainda, para fins de estimação (e.g., Alves; Van Vliet, 2018; Policarpo *et al.*, 2019; Souto *et al.*, 2017; Oliveira *et al.*, 2017; Aragão-Silva *et al.*, 2023). A carne de caça, por exemplo, é uma importante fonte alternativa de proteína e fornece nutrientes essenciais à manutenção da subsistência alimentar e geração de renda a populações urbanas, rurais e comunidades tradicionais nos trópicos e neotrópicos (Fa *et al.*, 2022; Nielsen *et al.*, 2018; Dobson *et al.*, 2019; Ingram *et al.*, 2021; Mannion *et al.*, 2025; Barboza *et al.*, 2016).

Apesar da importância socioeconômica e sociocultural das interações com a fauna silvestre, o crescimento nas demandas de consumo e exploração comercial, acrescido dos processos de urbanização e crescimento das populações humanas impacta diretamente a conservação da biodiversidade e segurança alimentar nos neotrópicos (Ripple *et al.*, 2016; Osuri *et al.*, 2020; Hughes *et al.*, 2023; Brahma; Hazarika; Ali, 2025; Benítez-López *et al.*, 2017). Nas últimas décadas, as pressões de caça intensificaram-se, sobretudo, para atender demandas de exploração comercial em mercados físicos urbanos e perirurbanos, bem como o comércio online impulsionadas pelo crescente uso de mídias sociais e modernos meios de comunicação (i.e. smartphones) e transporte (i.e. motocicletas) (McNamara *et al.*, 2019; Nguyen; Jones, 2022; El Bizri *et al.*, 2024; Chaves *et al.*, 2019; Fiennes; Anasari; Hardianto, 2023).

No Brasil, as publicações etnozoológicas que investigam as práticas de caça e usos da fauna silvestre aumentaram consideravelmente nos últimos anos, com destaque para as regiões nordeste (i.e., Barboza *et al.*, 2016; Teixeira *et al.*, 2014; Mendonça *et al.*, 2016; Souto *et al.*, 2019; Policarpo *et al.*, 2019) e norte do país (i.e., Chaves *et al.*, 2019; 2021; El Bizri *et al.*, 2020; Oliveira *et al.*, 2021). Apesar do crescimento no número de estudos sobre aspectos da caça, comércio ilegal e usos da fauna silvestre, ainda existem lacunas importantes relacionadas à sistematização das informações sobre espécies exploradas, padrões de usos em determinados contextos socioculturais e ecológicos, especialmente em regiões semiáridas brasileiras (Aragão Silva *et al.*, 2023; Fernandes-Ferreira; Alves, 2017; Souza *et al.*, 2024).

Nesse contexto, esta pesquisa é pioneira na compreensão das interações cinegéticas e padrões de uso da fauna silvestre pelas comunidades locais de áreas rurais do norte piauiense. A compreensão de como as comunidades rurais organizam e interagem com a fauna silvestre é essencial para integrar conhecimentos etnobiológicos, fornecendo subsídios para estratégias de manejo e políticas públicas voltadas à proteção da biodiversidade faunística (Aragão Silva *et al.*, 2023; Souto *et al.*, 2017; Soares *et al.*, 2018). Diante deste cenário, o presente capítulo teve como objetivos: (1) registrar aspectos gerais da dinâmica de caça, incluindo motivações, frequência e

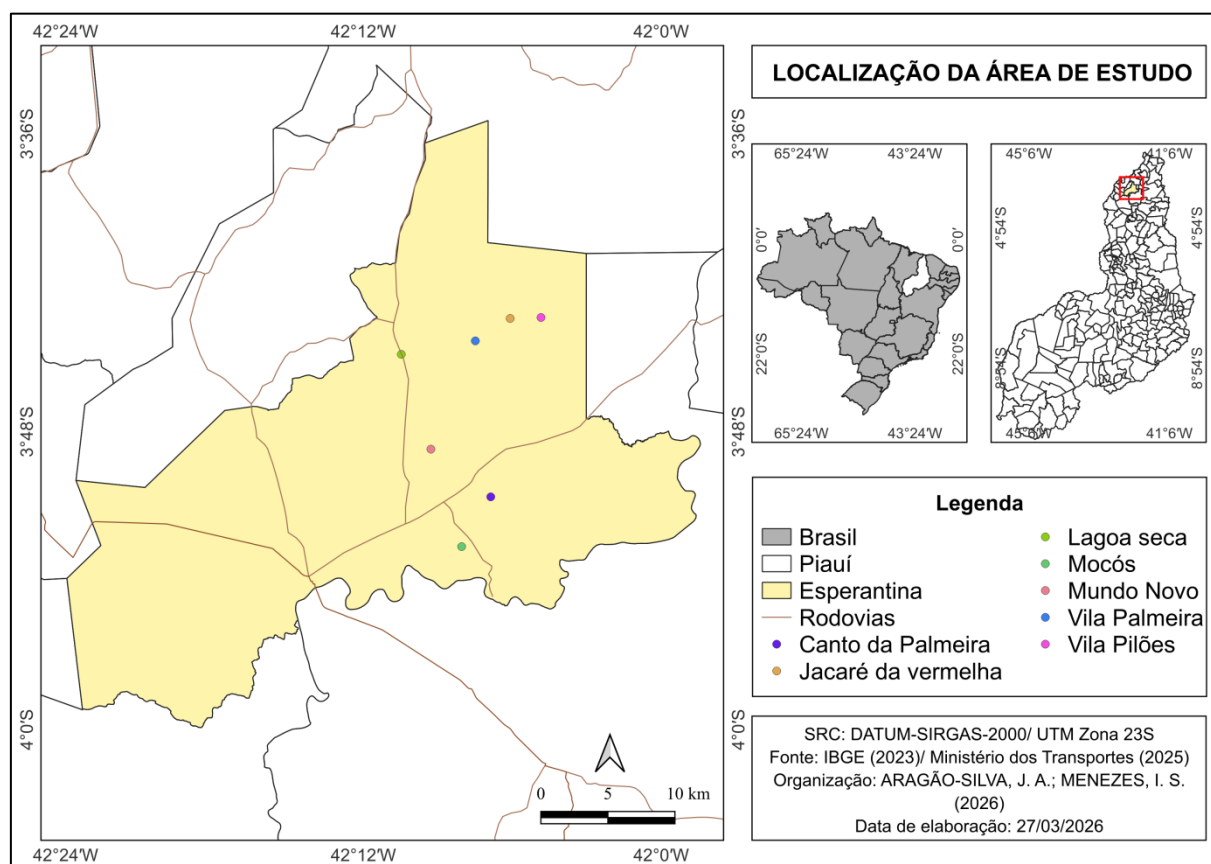
padrões de consumo e comércio local em áreas rurais de Esperantina, localizada no Norte do Estado do Piauí, na região geográfica imediata de Barras; (2) documentar as espécies-alvo dos caçadores e seus respectivos usos locais e (3) avaliar aspectos relacionados ao status de conservação das espécies exploradas, discutindo possíveis implicações para a conservação da fauna silvestre regional.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 Área de estudo

Nosso estudo foi realizado em sete comunidades rurais do município de Esperantina, localizado na mesorregião do norte piauiense, Nordeste do Brasil (Figura 1). Essas comunidades foram selecionadas por serem de fácil acesso a partir da sede do município e por possuírem um histórico de exploração da caça, de acordo com frequentes observações preliminares a esta pesquisa em visitas para selecionar os pontos de coleta. O município dista 180 km da capital do estado, Teresina. Possui área territorial total de 908,748 km<sup>2</sup> e uma população estimada em 40.970 habitantes, dos quais cerca de 60% vivem na zona urbana (IBGE, 2022).

**Figura 1** – Mapa de localização da área de estudo, comunidades rurais no município de Esperantina, norte do Piauí, nordeste do Brasil.



Fonte: Autores, 2026.

O município está inserido no território dos Cocais, possui uma vegetação de transição entre o ecótono Cerrado-Caatinga e Mata de Cocais com extensas áreas de babaçuais (IBGE, 2022). O clima do município é tropical com estação seca de inverno (Aw), caracterizado por um período seco de sete meses e temperaturas elevadas durante praticamente todo o ano (Medeiros; Cavalcanti; Duarte, 2020). As principais atividades econômicas do município são a agricultura familiar com extração vegetal, comércio atacadista e varejista e funções públicas (IBGE, 2022).

## 2.2 Coleta de dados

A coleta de dados foi realizada no período de janeiro a outubro de 2022. Inicialmente foram realizadas visitas às comunidades para estabelecer relações de confiança (*rappport*) entre o pesquisador e as comunidades locais, assegurando a confiabilidade das informações e identificação dos possíveis informantes-chaves (Bernard, 1988). A inclusão dos participantes baseou-se inicialmente numa amostragem oportunística, seguido pela técnica bola-de-neve (Bailey, 1994), em que cada participante nomeou sucessivos participantes até saturação da amostra.

As informações sobre caça e usos da fauna silvestre foram obtidas por meio de entrevistas, com aplicação de formulários semiestruturados, complementados por entrevistas livres e conversas informais (Albuquerque *et al.*, 2014). Também foram aplicadas atividades de turnê-guiada para monitoramento das atividades de caça, através da técnica de observação participante do tipo não-membro (Stebins, 1987).

Os formulários foram aplicados a 52 caçadores que aceitaram voluntariamente e consentiram verbalmente em participar e foram divididos em duas partes. A primeira continha informações sobre o perfil socioeconômico (idade, escolaridade, renda, tamanho familiar, tempo de moradia na comunidade); e a segunda, perguntas relacionadas a aspectos gerais da caça e usos da fauna silvestre, como motivações para a prática, frequência e turno de caça, formas de deslocamento e espécies-alvo preferidas, aspectos do consumo e cadeia de comércio de carne de caça e conhecimento sobre implicações de conservação das espécies-alvo.

### 2.3 Aspectos éticos e legais da pesquisa

O presente estudo segue as diretrizes da Declaração de Helsinque e Tóquio para Pesquisa com Seres Humanos. A aprovação ética para o estudo foi obtida pela Comissão Nacional de Ética em Pesquisa (CONEP) sob nº CAAE: 50585621.8.0000.5214. Nesta pesquisa a exigência do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) impressos foi dispensada, conforme a Resolução 510/2016 do Conselho Nacional de Saúde (CNS), dado que a pesquisa contempla tema sensível e com risco de exposição da amostra.

### 2.4 Identificação das espécies e nomenclatura taxonômica

As espécies cinegéticas foram identificadas com base em registros feitos durante as entrevistas, incluindo acesso a fotografias de espécimes e/ou partes em posse dos caçadores e atividades de visitas guiadas. Utilizamos também do auxílio de biólogos especialistas na fauna silvestre regional da área de estudo (Wedson Medeiros Silva Souto e André Bastos da Silva). A ordenação sistemática e nomenclatura científica dos táxons seguiu Pacheco *et al.* (2021) para avifauna; Abreu *et al.* (2024) para mastofauna e Costa *et al.* (2021) para herpetofauna. O status de conservação das espécies foi verificado através da Red List da União Internacional para a Conservação da Natureza (IUCN, 2025), versão 2025-1 e lista Nacional do Ministério do Meio Ambiente (MMA, 2022).

## 2.5 Análise de dados

O perfil socioeconômico dos caçadores entrevistados e os aspectos gerais da caça e usos da fauna silvestre foram categorizados e analisados por meio de estatística descritiva. Para verificar a importância relativa de cada espécie mencionada, calculamos o índice de Valor de Uso (UV) adaptado de Phillips e Gentry (1993) por Rossato *et al.* (1999). O VU foi calculado da seguinte forma:  $VU = \sum U/n$ , onde  $U$  é o número de citações por espécie; e  $n$  é o número de informantes ou entrevistados. Esse índice é amplamente utilizado em pesquisas etnobiológicas (Alves *et al.*, 2009; Albuquerque *et al.*, 2014; Oliveira *et al.*, 2017).

## 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 3.1 Perfil sociodemográfico

Todos os 52 caçadores participantes da pesquisa eram homens com idade média de  $\pm 52,1$  anos, variando entre 19 e 74 anos. A quase maioria deles ( $n=23$ ; 44,20%) declararam receber benefício assistencial (“*Bolsa Família*”) como complemento à renda familiar mensal. A maioria ( $n=46$ ; 88,4%) declararam realizar atividades relacionadas ao campo, como plantio e cultivo de roça. No geral, a maioria dos entrevistados possuía acesso aos serviços básicos em suas residências, como acesso à internet ( $n=40$ ; 76,9%), uso de veículos automotores (especialmente motocicletas) ( $n=48$ ; 92,3%). A tabela 1 resume os principais aspectos socioeconômicos dos caçadores entrevistados.

**Tabela 1-** Aspectos socioeconômicos de caçadores entrevistados em áreas rurais do município de Esperantina, norte do Piauí, nordeste do Brasil.

Aspectos socioeconômicos	Total	%
<b>Faixa etária</b>		
Menos de 41 anos de idade	13	25,0
$\geq 41$ e $< 60$ anos	18	34,6
$\geq 60$ anos	21	40,4
<b>Nível de Escolaridade</b>		
Muito baixo (Não escolarizado)	20	38,5
Baixo (Ensino Fundamental Completo ou Incompleto)	21	40,4
Médio-Alto (Ensino Médio Completo ou Incompleto)	11	21,1
<b>Ocupação/ Atividades complementares</b>		
Fazendeiro	29	55,8
Aposentado	17	32,7

Pesquisas em Meio Ambiente e Impactos Ambientais | Souto *et al.*

Construção Civil	02	3,80
Pescador artesanal	01	1,90
Atividade comercial	01	1,90
Agente Comunitário de Saúde	01	1,90
<b>Tamanho familiar</b>		
01 a 03 pessoas	21	40,3
04 a 05 pessoas	29	55,7
≥ 07 pessoas	02	3,80
<b>Renda familiar</b>		
≤ 1 Salário mínimo* (BRL 1.212,00 na coleta de dados)	22	42,3
> 1 e ≤ 2 Salários mínimos	29	55,8
> 2 Salários mínimos	01	1,90
<b>Recebe “Bolsa família”</b>		
Sim	23	44,2
Não	29	55,7
<b>Atividade agrícola (Plantio e cultivo de roça)</b>		
Sim	46	88,4
Não	06	11,5
<b>Acesso à internet na residência</b>		
Sim	40	76,9
Não	12	23,0
<b>Veículo(s) motorizado(s) em casa</b>		
Sim	52	100
Motocicleta	48	92,3
Carro	-	-
Ambos	04	7,60
Não	-	-

---

Fonte: Autores, 2023.

### 3.2 Aspectos gerais da prática cinegética

A maioria dos caçadores entrevistados (n=39; 75,0%) afirmou ter iniciado a prática da caça ainda na infância, geralmente com o uso de estilingues ou baladeiras. A maior parte deles (n=30; 57,7%) afirmou que aprenderam a caçar por influência do pai ou membros familiares mais

próximos (i.e., avô, tio, irmão, primo). Outros 16 (30,8%) relataram ter começado a exercer a atividade por iniciativa própria e apenas 6 (11,5%) por influência de amigos e vizinhos.

Em relação às motivações para a prática da caça, 29 (55,8%) caçadores afirmaram que exerciam a atividade mais por um caráter esportivo e/ou lazer, outros 14 (26,9%) relataram caçar para subsistência alimentar e apenas 09 (17,3%) por ambos os motivos. Registramos também que oito caçadores relataram caçar para fins comerciais. Com relação à frequência de caça, a maioria dos caçadores (n=29; 55,8%) relatou caçar em média duas de vezes ou mais por semana e/ou quinzenalmente e outros 23 (44,2%) caçavam em média uma vez na semana.

Em relação aos turnos de caça, a maioria (n=27; 51,9%) relatou preferência pela caça diurna (manhã e/ou tarde), associada principalmente ao uso da técnica da “espera”, para captura de espécies tais como: *Penelope superciliaris* (jacupemba) *Crypturellus* sp. (nambus) e *Leptotilla* sp. (juritis). Outros 11 caçadores (21,1%) relataram preferência pela caça noturna (noite e/ou madrugada) para captura de espécies de mamíferos, tais como: *Dasypus novencinctus* (tatu-verdadeiro) e *Euphractus sexcinctus* (tatu-peba), *Cuniculus paca* (paca), *Tamandua tetradactyla* (tamanduá-mirim) e apenas 14 (26,9%) relataram preferência por ambos os turnos de caça.

### 3.3 Aspectos gerais do consumo da carne de caça

Todos os caçadores entrevistados declararam consumir a carne de caça na área em estudo. A maioria (n=39; 75%) relatou consumir devido a aspectos socioculturais e/ou sabor da carne (n=22; 42,3%), seguido por segurança alimentar e/ou sabor da carne (n=14; 26,9%) e subsistência alimentar e/ou aspecto cultural (n=3; 5,7%). Outros 4 (7,6%) afirmaram consumir apenas por razões culturais, 4 (7,6%) apenas para subsistência alimentar e apenas 1 (2, 0%) exclusivamente pela preferência do sabor da carne.

Em relação ao consumo da carne de caça pelos menos 31 caçadores (59,6%) afirmaram realizar o consumo em média uma vez por semana e/ou quinzenalmente, outros 21 (40,4%) relataram consumir duas vezes ou mais na semana. Quanto ao compartilhamento, à maioria dos caçadores (n=41; 78,8%) relataram dividir a carne obtida entre os próprios companheiros de caça e com parentes, amigos e vizinhos mais próximos com os quais mantem relações sociais.

### 3.4 Riqueza de espécies caçadas e padrões de uso da fauna silvestre

Identificamos um total de 70 espécies caçadas para diferentes usos locais, pertencentes a 20 ordens e 36 famílias. O grupo das aves destacou-se com maior riqueza de espécies citadas (n=43; 61,4%), seguido por mamíferos (n=22; 31,4%) e répteis (n=5; 7,1%). As espécies mencionadas distribuíram-se nas seguintes categorias de uso: consumo alimentar (n=35 spp.), caça de controle

(n=26), animal de estimação (*pets*) (n=14) e comércio de carne de caça (n=8). Do total de espécies mencionadas, tivemos 21 citadas para mais de uma categoria de uso (Tabela 2).

O VU das espécies citadas para consumo variou de 0,02 a 0,83 (Tabela 2). Entre as espécies com maiores VU registradas tivemos: *Penelope superciliaris* (jacupemba) (VU=0,83), *Leptotila* sp. (jurití) (VU=0,73), *Crypturellus parvirostris* (inhambu-chororó) (VU=0,71), *Euphractus sexcinctus* (tatupeba) (VU=0,65), *Dasyptus novemcinctus* (tatu-verdadeiro) (VU=0,62), *Crypturellus tataupa* (inhambu-chintã) e *Nothura boraquira* (codorna-do-nordeste) (ambos VU=0,60) e *Cuniculus paca* (paca) (VU=0,46).

**Tabela 2** - Lista de espécies de vertebrados terrestres silvestres citadas por categorias de uso em áreas rurais do município de Esperantina, norte do Piauí, nordeste do Brasil.

Classe/Ordem/Família/Espécie – Nome local (português), nome em inglês	Tipo de Uso/Nº citações/ Valor de Uso (VU)				Status de Conservação		
	Consumo	Conflito (controle )	<i>Pets</i>	Comércio carne	Nº Citações Total	IUC N (2025 -1)	MM A (2022 )
<b>AVES</b>							
Anseriformes							
Anatidae							
<i>Dendrocygna viduata</i> (Linnaeus, 1766) – Irerê, White-faced whistling duck	8; 0,15				8	LC	NL
<i>Amazonetta brasiliensis</i> (Gmelin, 1789) - Marreca-ananaí, Brazilian Teal	7; 0,13				7	LC	NL
Pelecaniformes							
Ardeidae							
<i>Tigrisoma lineatum</i> (Boddaert, 1783) - Socó- boi, Rufescent Tiger-Heron	5; 0,10				5	LC	NL
Suliformes							
Phalacrocoracidae							
<i>Nannopterum brasilianum</i> (Gmelin, 1789) – Biguá, Neotropic Cormorant	2; 0,04				2	LC	NL
Gruiformes							
Aramidae							
<i>Aramus guarouna</i> (Linnaeus, 1766) – Carão, Limpkin	3; 0,06				3	LC	NL
<i>Porphyrio martinica</i> (Linnaeus, 1766) - Frango-d'água-azul, Purple Gallinule	15; 0,29	3; 0,06			18	LC	NL
<i>Aramides</i> sp. - Saracura/Siricorá	21; 0,40				21	-	-
Galiformes							
Cracidae							
<i>Penelope superciliaris</i> (Temminck, 1815) – Jacupemba, Rusty-margined Guan	44; 0,83			4; 0,08	47	NT	NL
<i>Penelope jacucaca</i> (Spix, 1825) – Jacu- verdadeiro, White-browed Guan	12; 0,23				12	VU	VU
<i>Ortalis superciliaris</i> (Gray, 1867) - aracuã-de- sobrancelhas, Buff-browed Chachalaca	20; 0,38				20	LC	NL
Tinamiformes							
Tinamidae							
<i>Crypturellus parvirostris</i> (Wagler, 1827) - inhambu-chororó, Small-billed Tinamou	37; 0,71			2; 0,04	39	LC	NL

<i>Crypturellus tataupa</i> (Temminck, 1815) - Inhambu-chintã, Tataupa Tinamou	31; 0,60		31	LC	NL
<i>Crypturellus undulatus</i> (Temminck, 1815) – Jaó, Undulated Tinamou	28; 0,54		29	LC	NL
<i>Nothura boraquira</i> (Spix, 1825) – Codorna- do-nordeste, White-bellied Nothura	31; 0,60		31	LC	NL
<i>Rhynchotus rufescens</i> (Temminck, 1815) - Perdiz, Red-winged Tinamou	2; 0,04		2	LC	NL
Columbiformes					
Columbidae					
<i>Leptotila sp.</i> (Bonaparte, 1855) – Juriti	38; 0,73	1; 0,02	41	-	-
<i>Zenaida auriculata</i> (Des Murs, 1847) – Avoante, Eared Dove	26; 0,50	2; 0,04	28	LC	NL
<i>Patagioenas picazuro</i> (Temminck, 1813) – Pomba-asa-branca, Picazuro Pigeon	5; 0,10		5	LC	NL
<i>Columbina talpacoti</i> (Temminck, 1811) - Rolinha-roxa, Ruddy Ground-Dove	7; 0,13		7	LC	NL
<i>Columbina squammata</i> (Lesson, 1831) – Rolinha-fogo-apagou, Scaled Dove	6; 0,12		6	LC	NL
Accipitriformes					
Accipitridae					
<i>Geranospiza caerulescens</i> (Vieillot, 1817) - Gavião-pernilongo, Crane Hawk	8; 0,15		8	LC	NL
<i>Urubitinga urubitinga</i> (Gmelin, 1788) - Gavião-preto, Great Black Hawk	8; 0,15		8	LC	NL
<i>Rupornis magnirostris</i> (Gmelin, 1788) - Gavião-carijó, Roadside Hawk	14; 0,27		14	LC	NL
<i>Rostrhamus sociabilis</i> (Vieillot, 1817) – Gavião-caramujeiro, Snail Kite	1; 0,02		1	LC	NL
Piciformes					
Picidae					
<i>Campephilus melanoleucos</i> (Gmelin, 1788) - Pica-pau-de-topete-vermelho, Crimson- crested Woodpecker	3; 0,06		3	LC	NL
Falconiformes					
Falconidae					
<i>Micrastur semitorquatus</i> – Falcão- relógio, Collared Forest-Falcon	1; 0,02		1	LC	LC
Psittaciformes					
Psittacidae					
<i>Eupsittula aurea</i> (Gmelin, 1788) - Periquito- rei, Peach-fronted Parakeet	4; 0,08		4	LC	NL
<i>Diopsittaca nobilis</i> (Linnaeus, 1758) - Maracanã-pequena, Red-shouldered Macaw		1; 0,02	1	LC	NL
<i>Amazona aestiva</i> (Linnaeus, 1758) – Papagaio-verdadeiro, Turquoise-fronted Parrot		2; 0,04	2	NT	NL
Passeriformes					
Corvidae					
<i>Cyanocorax cyanopogon</i> (Wied, 1821) – Gralha- cançã, White-naped Jay	1; 0,02	11; 0,21	12	LC	NL
Thraupidae					
<i>Paroaria dominicana</i> (Linnaeus, 1758) - Cardeal-do-nordeste, Red-cowled Cardinal		4; 0,08	4	LC	NL
<i>Sicalis flaveola</i> (Linnaeus, 1766) - Canário-da- terra, Saffron Finch		3; 0,06	3	LC	NL
<i>Ramphocelus carbo</i> (Pallas, 1764) - Pipira- vermelha, Silver-beaked Tanager		2; 0,04	2	LC	NL

<i>Sporophila angolensis</i> (Linnaeus, 1766) – Curió, Chestnut-bellied Seed-Finch	2; 0,04		2	LC	NL
<i>Sporophila lineola</i> (Linnaeus, 1758) – Bigodinho, Lined Seedeater	2; 0,04		2	LC	NL
<i>Sporophila nigricollis</i> (Vieillot, 1823) – Baiano, Yellow-bellied Seedeater	1; 0,02		1	LC	NL
Icteridae					
<i>Cacicus cela</i> (Linnaeus, 1758) – Xexéu, Yellow-rumped Cacique	7; 0,13		7	LC	NL
<i>Gnorimopsar chopi</i> (Vieillot, 1819) – Pássaro-preto, Chopi Blackbird	1; 0,02		1	LC	NL
<i>Icterus pyrrhopterus</i> (Vieillot, 1819) – Encontro, Variable Oriole	2; 0,04		2	LC	NL
<i>Agelaioides fringillarius</i> (Spix, 1824) – Asa-de-telha-pálido, Pale Baywing	1; 0,02		1	LC	NL
Turdidae					
<i>Turdus leucomelas</i> (Vieillot, 1818) - Sabiá-barranco, Pale-breasted Thrush	3; 0,06		3	LC	NL
<i>Turdus rufigentris</i> (Vieillot, 1818) - Sabiá-laranjeira, Rufous-bellied Thrush	2; 0,04		2	LC	NL
Cardinalidae					
<i>Cyanoloxia brissonii</i> (Lichtenstein, 1823) – Azulão, Ultramarine Grosbeak	1; 0,02		1	LC	NL
<b>MAMÍFEROS</b>					
Cetartiodactyla					
Cervidae					
<i>Subulo gouazoubira</i> (Fischer, 1814) (Fischer, 1814) - Veado-catingueiro, Gray brocket deer	13; 0,25	1; 0,02	14	LC	NL
<i>Mazama nemorivaga</i> (Cuvier, 1817) - Veado-roxo, Amazonian Brown Brocket Deer	11; 0,21		11	LC	NL
Cingulata					
Dasypodidae					
<i>Dasypus novemcinctus</i> (Linnaeus, 1758) – Tatu-verdadeiro, Nine- banded armadillo	32; 0,62	3; 0,06	39	LC	NL
Chlamyphoridae					
<i>Euphractus sexcinctus</i> (Linnaeus, 1758) - Tatu-peba, Six-banded armadillo	34; 0,65	5; 0,10	50	LC	NL
Pilosa					
Myrmecophagidae					
<i>Tamandua tetradactyla</i> (Linnaeus, 1758) – Tamanduá-mirim, Southern Tamandua	20; 0,38		21	LC	NL
Rodentia					
Dasyproctidae					
<i>Dasyprocta prymnolopha</i> (Wagler, 1831) - Cutia-de-dorso-preto, Black-rumped agouti	17; 0,33	2; 0,04	19	LC	NL
Cuniculidae					
<i>Cuniculus paca</i> (Linnaeus, 1766) – Paca, Spotted paca	24; 0,46		29	LC	NL
Caviidae					
<i>Hydrochoerus hydrochaeris</i> (Linnaeus, 1766) – Capivara, Capybara	4; 0,08		9	LC	NL
<i>Kerodon rupestris</i> (Wied-Neuwied, 1820) – Mocó, Rock Cavy	4; 0,08		4	LC	NL
<i>Galea spixii</i> (Wagler, 1831) – Preá, Spix's Yellow-toothed Cavy	4; 0,08		4	LC	NL
Erethizontidae					
<i>Coendou prehensilis</i> (Linnaeus, 1758) – Ouriço-cacheiro, Brazilian Porcupine	9; 0,17		10	LC	NL

Carnivora						
Canidae						
<i>Cerdocyon thous</i> (Linnaeus, 1766) – Raposa, Crab-eating fox	18; 0,35		28	LC	NL	
Felidae						
<i>Puma concolor</i> (Linnaeus, 1771) - Suçuarana, Cougar	2; 0,04	14; 0,27	17	LC	NL	
<i>Herpailurus yagouaroundi</i> (É. Geoffroy Saint- Hilaire, 1803) Gato-mourisco, Jaguarundi		14; 0,27	14	LC	NL	
<i>Leopardus wiedii</i> (Schinz, 1821) - Gato- maracajá, Margay		22; 0,42	22	NT	VU	
<i>Leopardus pardalis</i> (Lineu, 1758) – Jaguatirica, Ocelot		2; 0,04	2	LC	NL	
<i>Leopardus emiliae</i> (Thomas, 1914)- Gato-do- mato, Eastern Tigrina		3; 0,06	3	-	-	
Mephitidae						
<i>Conepatus semistriatus</i> (Boddaert, 1785) – Cangambá, Molina's Hog-nosed Skunk		6; 0,12	6	LC	NL	
Didelphimorphia						
Didelphidae						
<i>Didelphis albiventris</i> (Lund, 1840) - Gambá- de-orelha-branca, White-eared Opossum		13; 0,25	13	LC	NL	
Procyonidae						
<i>Procyon cancrivorus</i> (Cuvier, 1798) – Guaxinim, Crab-eating Raccoon		6; 0,12	8	LC	NL	
Primates						
Cebidae						
<i>Sapajus libidinosus</i> (Spix, 1823) - Macaco- prego, Bearded Capuchin		3; 0,06	4	NT	NL	
Atelidae						
<i>Alouatta ululata</i> (Elliot, 1912) – Guariba, Red-handed Howler Monkey	2; 0,04		2	EN	EN	
<b>REPTÉIS</b>						
Squamata						
Teiidae						
<i>Salvator merianae</i> (Duméril & Bibron, 1839) – Teiú, Black-and-white Tegu	14; 0,27	17; 0,33	61	LC	NL	
Boidae						
<i>Boa constrictor</i> (Linnaeus, 1758) – Jiboia, Red- tailed boa		9; 0,17	10	LC	NL	
Colubridae						
<i>Spilotes pullatus</i> (Lineu, 1758) – Cobra-caninana, Rat snake		1; 0,02	1	LC	NL	
Iguanidae						
<i>Iguana iguana</i> (Linnaeus, 1758) – Iguana, Iguana		1; 0,02	1	LC	NL	
Testudinata						
Testudinidae						
<i>Chelonoidis carbonaria</i> (Spix, 1824) – Jabuti- piranga, Red-Footed Tortoise		2; 0,04	4	LC	NL	

**Legenda:** LC – Least Concern, NT- Near Threatened, VU- Vulnerable, EN- Endangered, NL- Não listado.

**Fonte:** Autores, 2026.

Registramos 14 espécies animais citadas para fins de estimação ou *pets*, sendo 13 de aves e apenas um réptil (*Chelonoidis denticulatus*). Entre as principais espécies de aves citadas para criação como *pets* destacamos *Cacicus cela* (xexeu), *Paroaria dominicana* (cardeal-do-nordeste), *Turdus leucomelas* (sabiá-barranco), *Sicalis flaveola* (canário-da-terra) e *Sporophila lineola* (bigode). Entre os grupos

animais citados em relações conflituosas, destacamos as aves com a maior riqueza de espécies citadas (n=11 spp.; 42,3%), seguidas por mamíferos (n=11; 42,3%) e répteis (n=4; 15,4 %). Entre as espécies com maiores valores de uso (VU) citados destacamos *Leopardus wiedii* (Gato-maracajá) (VU=0,42), *Cerdocyon thous* (raposa) (VU=0,35), *Salvator merianae* (teju) (VU=0,33), *Rupornis magnirostris* (Gavião-carijó) (VU=0,27), *Herpailurus yagouaroundi* (Gato-mourisco) (VU=0,27), *Puma concolor* (Onça-suçuarana) (VU=0,27) (Tabela 2).

Em relação ao comércio de carne de caça tivemos apenas oito espécies citadas pelos entrevistados (Quadro 1). O grupo dos mamíferos e aves teve maior citação de espécies (n=04; 50%) cada, com destaque para as espécies de tatus *Dasybus novemcinctus* e *Euphractus sexcinctus*, *Subulo gouazoubira* (veado catingueiro) e *Penelope superciliaris* (Jacupemba) (Tabela 2). Segundo os entrevistados, as espécies eram vendidas por inteiro ou quilograma (kg), com os preços variando de acordo com a espécie comercializada. No geral, os preços de venda das espécies de mamíferos eram maiores quando comparados às aves, a exemplo das espécies *Dasybus novemcinctus*, *Euphractus sexcinctus* e *Subulo gouazoubira* com preços em média três vezes maiores que as aves (Quadro 1).

Identificamos que as vendas de carne de caça abasteciam clientes das próprias comunidades, cidades vizinhas, donos de bares e restaurantes mais por um item de luxo do que subsistência. Constatamos que a venda da carne de caça era usada principalmente como complemento da renda principal das populações locais, uma vez que a maioria entrevistados possuía uma renda fixa consolidada através de uma profissão ou aposentadoria. Identificamos que a comercialização da carne de caça era facilitada por recursos tecnológicos (i.e., telefones celulares) que eram usados para se comunicar com clientes finais e oferecer a carne de caça. O uso de motocicletas, operando em “*delivery*” foi também frequentemente relatado para entrega da carne e outros subprodutos aos clientes finais da cadeia de comércio.

**Quadro 1-** Aspectos da cadeia de comércio e espécies de vertebrados silvestres exploradas para venda da carne de caça em comunidades rurais da Esperantina, norte do Piauí, Brasil.

Classe/Ordem/Família/ Espécie– Nome local (Português)	Número de citações	Formas de comercialização	Preços praticados (R\$/Unid./kg)	Atores e clientes finais da cadeia
<b>AVES</b>				
Galiformes				
Cracidae				
<i>Penelope superciliaris</i> (Temminck, 1815) – Jacupemba	04	Animal inteiro/ Unidade	15,00 – 30,00	1, 2, 3

Tinamiformes				
Tinamidae				
<i>Crypturellus parvirostris</i> (Wagler, 1827) - inhambu-chororó	02	Animal inteiro/ Unidade	5,00 – 15,00	2, 3
Columbiformes				
Columbidae				
<i>Leptotila</i> sp. – Juriti	01	Animal inteiro/ Unidade	4,00 – 8,00	2
<i>Zenaida auriculata</i> (Des Murs, 1847) – Avoante	02	Animal inteiro/ Unidade	2,50 – 5,00	2, 3
<b>MAMÍFEROS</b>				
Cingulata				
Dasypodidae				
<i>Dasypus novemcinctus</i> (Linnaeus, 1758) - Tatu verdadeiro	03	Animal inteiro/kg	15,00 –100,00	1, 2
Chlammyphoridae				
<i>Euphractus sexcinctus</i> (Linnaeus, 1758) – Tatu-peba	03	Animal inteiro/kg	15,00 –100,00	1, 2
Cetartiodactyla				
Cervidae				
<i>Subulo gouazoubira</i> (Fischer, 1814) – Veado-catingueiro	01	kg	50,00	1, 2
Rodentia				
Dasyproctidae				
<i>Dasyprocta prymnolopha</i> (Wagler, 1831) – Cutia-de-dorso-preto	02	Animal inteiro/ Unidade	25,00 – 30,00	1, 2

**Legenda:** Principais clientes finais da cadeia de comércio: 1- Pessoas das próprias comunidades; 2- Pessoas da cidade; 3- Donos de bares/restaurantes/mercadinhos da cidade e comunidades vizinhas.

**Fonte:** Autores, 2026.

### 3.5 Aspectos conservacionistas da fauna cinegética

Das 70 espécies citadas na área em estudo tivemos cinco delas listadas em categorias de ameaça na lista internacional da IUCN e três delas na lista nacional do MMA (Tabela 2). Entre as espécies listadas em categorias de ameaça destacamos as espécies de aves: *Penelope superciliares* (NT), *Penelope jacucaca* (VU) e *Amazona aestiva* (NT) e as espécies de mamíferos: *Alouatta ululata* (guariba-

da-caatinga; EN); *Leopardus wiedii* (Gato-maracajá; NT) e *Sapajus libidinosus* (macaco-prego; NT) (Tabela 2).

#### 4 DISCUSSÃO

O perfil socioeconômico dos caçadores registrado nas áreas em estudo é semelhante ao observado em outros estudos etnobiológicos no nordeste brasileiro (i.e., Souto *et al.*, 2019; Borges *et al.*, 2021; Oliveira *et al.*, 2018; Silva *et al.*, 2020). A ocupação da maioria dos caçadores associada a atividades agrícolas (plantio e cultivo), juntamente com aspectos da baixa renda e baixo nível educacional formal reflete a necessidade de uma alternativa de subsistência e fonte de alimento no ambiente desafiador do semiárido brasileiro (bioma caatinga) (Alves *et al.*, 2012a, Barboza *et al.*, 2016; Mendonça *et al.*, 2016).

A constatação da atividade de caça associada predominantemente a uma forma de transmissão familiar transgeracional vertical e horizontal refletem que a transmissão de conhecimentos cinegéticos e usos da fauna silvestre são passados ao longo das gerações, favorecendo o fortalecimento dos vínculos familiares para a manutenção da caça (Bezerra *et al.*, 2013; Alves *et al.*, 2009; Barry *et al.*, 2024). Segundo Alves *et al.* (2009), os saberes e práticas cinegéticas são transmitidos entre gerações, desde a primeira infância, e podem ser mantidos ao longo da vida adulta.

O predomínio masculino nas atividades de caça verificado na área em estudo corrobora estudos neotropicais anteriores que registraram a prática de caça como sendo uma atividade predominantemente - mas não exclusivamente - masculina (i.e., Souza; Alves, 2014; Oliveira *et al.*, 2017; Barboza *et al.*, 2016; Souto *et al.*, 2019; Silva *et al.*, 2022). Entretanto, é importante ressaltar o registro na literatura da participação de mulheres nas atividades cinegéticas, desempenhando importantes papéis, seja em rituais de caça, preparo do alimento e da carne de caça ou apoio aos caçadores em atividades complementares (e.g. Teixeira *et al.*, 2020; Santos *et al.*, 2019b; Reyes-García *et al.*, 2020; Figueiredo; Barros, 2016). Nesse contexto, mais pesquisas são necessárias para melhor compreensão do papel do gênero nas práticas de caça e preferências de consumo por determinadas espécies no contexto familiar no norte do Piauí.

A predominância da motivação para caçar associada a um caráter mais esportivo e/ou entretenimento reflete o prestígio social e a sensação de prazer associado à perseguição dos animais, e/ou realização de torneios esportivos conforme já registrado na literatura (i.e., Souto, 2014; Souto *et al.*, 2019; Castilho *et al.*, 2019; El Bizri *et al.*, 2015). A prática da caça esportiva é amplamente difundida nos tempos atuais, incluindo compartilhamento de vídeos e aceitação pelo público consumidor de mídia *online* e disputas por meio de troféus de caça (El Bizri *et al.*, 2015; 2024; Eliason

*et al.*, 2024). Nas últimas décadas, estudos têm sugerido mudanças substanciais no cenário de caça no Brasil e em outros países da América do Sul que deixou de ser uma atividade majoritariamente voltada à subsistência alimentar, estando associada cada vez mais a um caráter esportivo e/ou comercial (Islas *et al.*, 2024; El Bizri *et al.*, 2015; Souto *et al.*, 2019). Tais mudanças certamente impõem novos desafios à conservação da biodiversidade, pois podem afetar o equilíbrio dos ecossistemas e levar ao declínio na riqueza de espécies, sobretudo, aves, mamíferos e répteis (Benítez-López *et al.*, 2019; Di Minin *et al.*, 2021; Ripple *et al.*, 2016).

A preferência pelo turno de caça diurna ou noturna observada na área em estudo pode ter relação com aspectos ecológicos das espécies-alvo, tipo de técnica e habilidades do caçador. Há na literatura registros de que os caçadores realizam suas jornadas de caça de acordo com os horários de maior atividade das espécies e a depender dos tipos de métodos de caça que faz uso (Alves *et al.*, 2009; Van Vliet *et al.*, 2015a; Barbosa; Aguiar; Alves, 2020). A caça noturna, por exemplo, é uma estratégia geralmente realizada em grupo com auxílio de cães e espingardas para a captura de mamíferos (i.e., capivaras, tatus, pacas e veados) e aves como filhotes no ninho com uso de lanternas (Borges *et al.*, 2021; Souto *et al.*, 2019; Bowler *et al.*, 2020; Barbosa *et al.*, 2020).

Constatamos uma frequência regular de consumo de carne de caça pelos caçadores locais, com a maioria deles relatando consumir menos carne pelo menos semanalmente ou quinzenalmente. Segundo Barboza *et al.*, (2016), geralmente indivíduos pertencentes a comunidades tradicionais consomem carne de caça de forma periódica, seja semanalmente ou quinzenalmente, mesmo quando não estão diretamente envolvidos na atividade de caça, contribuindo assim para a sustentação de um comércio local. A maior frequência pela caça semanal pode ter relação direta com as motivações principais para a caça registradas, tais como a subsistência alimentar e a prática esportiva e/ou recreativa, corroborando a literatura registrada em outras regiões tropicais e neotropicais do mundo (Fa *et al.*, 2022; Sackey *et al.*, 2025; Ingram *et al.*, 2025; Arobaya *et al.*, 2025).

O compartilhamento da carne de caça verificado entre os caçadores reflete as interações socioculturais associadas ao consumo da carne. Outros estudos neotropicais realizados registraram que frequentemente a carne de caça é partilhada de alguma forma com parentes e vizinhos, conferindo a este alimento certo prestígio social e significado especial que promove a prática da reciprocidade entre os membros da comunidade (Mauss; 2003; Trinca; Ferrari, 2006; Menasche *et al.*, 2008). Nesse contexto, segundo Nolin (2010) e Koster E Leckie (2014) o compartilhamento da carne de caça é tido como uma norma de sociabilidade comum em sociedades pequenas e mais isoladas, pois cria e mantém laços sociais entre os indivíduos nos processos de consumo de alimentos, confirmando relacionamentos existentes.

O predomínio da motivação cultural para o consumo associada ao sabor da carne reflete as preferências das comunidades pelas espécies-alvo em função de fatores como a abundância e disponibilidade ecológica e também aspectos socioculturais (*i.e.*, Morsello *et al.*, 2015; Landim *et al.*, 2023; Chaves *et al.*, 2020). A apreciação pelo sabor da carne é uma característica essencial para o consumo de várias espécies da fauna silvestre (Rosa *et al.*, 2019). A espécie *Cuniculus paca* (paca), por exemplo, é uma das mais preferidas em termos de palatabilidade nos neotrópicos (e.g. Valsecchi & Amaral, 2009; Torres *et al.*, 2021; Oliveira *et al.*, 2023; Santos *et al.*, 2019b; Chaves *et al.*, 2019). No semiárido brasileiro, estudos evidenciam a preferência das comunidades locais pela carne de mamíferos mais por uma questão de preferência do gosto (sabor da carne) do que uma real necessidade alimentar (Barboza *et al.*, 2016; Chaves *et al.*, 2020).

A predominância por espécies de aves caçadas na área em estudo reflete a diversidade de usos associados a esses organismos (Alves *et al.*, 2016a; Borges *et al.*, 2021; Mendonça *et al.*, 2016; Loss *et al.*, 2014) e a elevada riqueza de aves no semiárido brasileiro (bioma caatinga), onde pelo menos 548 espécies já foram descritas, contra 83 de mamíferos e 224 de répteis (Garda *et al.*, 2018). Além disso, outros aspectos como a composição das espécies-alvo, ampla distribuição, facilidade de captura e atributos socioculturais podem favorecer a exploração das espécies de aves por populações do semiárido brasileiro em diferentes contextos etnozoológicos (Alves *et al.* 2012a; Fernandes-Ferreira *et al.*, 2012; Loss *et al.*, 2014; Souto *et al.*, 2017; Borges *et al.*, 2021; Alves *et al.*, 2016a).

Entre os principais resultados obtidos nesse estudo destacamos a preferência pelo consumo alimentar de aves Columbiformes, Tinamiformes e Cracídeos, grupos esses frequentemente relatados como preferidos em termos de recurso alimentar em diferentes regiões dos trópicos e neotrópicos (Loss *et al.*, 2014; Mendonça *et al.*, 2016; Silva *et al.*, 2020; Teixeira *et al.*, 2014; Barbosa *et al.*, 2014). Estudos realizados no semiárido *stricto sensu* do Nordeste brasileiro tem destacado uma maior diversidade de espécies de pequeno porte (*i.e.*, pombas e rolinhas) caçadas pelas comunidades locais para diferentes usos ao longo de todo o ano (Alves *et al.*, 2016a; Da Silva *et al.*, 2020; Mendonça *et al.*, 2016; Lima *et al.*, 2018; Oliveira *et al.*, 2017). A presença de características como a ampla distribuição geográfica, comportamento previsível e a abundância em ambientes abertos podem facilitar a captura desses grupos de aves (Da Silva *et al.*, 2020; Alves *et al.*, 2012a; Oliveira *et al.*, 2017; Stafford; Preziosi; Sellers, 2017).

A importância cinegética dos mamíferos como principal alvo dos caçadores da área em estudo pode ser justificada, sobretudo, pelo fornecimento de maior retorno energético (biomassa corporal) (Barboza *et al.*, 2016; Cawthorn; hoffman, 2015; Mesquita; Barreto, 2015; Almeida *et al.*, 2023; Glaub; Hall, 2017). Além disso, aspectos como o maior custo-benefício, valor comercial

elevado e a ampla percepção de que a carne ou produtos desses animais são mais saborosos ou limpos em comparação aos animais domésticos favorecem sua maior exploração pelos caçadores (Santos *et al.*, 2019ab; Van Vliet *et al.*, 2015a; Rocha *et al.*, 2025; Silva Neto *et al.*, 2017; Chaves *et al.*, 2020; Rocha *et al.*, 2025). A carne de tatus (*i.e.*, *Dasyurus novemcinctus* e *Euphractus sexcinctus*), por exemplo, foi relatada pela maioria dos caçadores da área em estudo como uma das mais preferidas, sobretudo pelo sabor da carne, frequentemente comparada ao sabor do frango doméstico. Nossos resultados corroboram dados da literatura científica que apontam os mamíferos da ordem Cingulata (tatus) como as principais fontes alternativas de proteína animal em regiões do Nordeste brasileiro e neotrópicos (Lima *et al.*, 2018; Barboza *et al.*, 2016; Cawthorn; Hoffman, 2015; Van Vliet *et al.*, 2015a; Souto *et al.*, 2019). Não é incomum a carne desses animais ser considerada saborosa e a principal iguaria entre as carnes de caça do Brasil (Barboza *et al.*, 2016; Souto *et al.*, 2019; Souza; Alves, 2014).

A preferência pelas aves das famílias Thraupidae, Fringillidae e Icteridae (ordem Passeriformes) com mais espécies citadas como *pets* também têm sido frequentemente registrado em diferentes regiões tropicais, nas quais as aves canoras estão entre as mais capturadas para comercialização (*i.e.*, Silva *et al.*, 2022; Alves *et al.*, 2016b; Nijman *et al.*, 2022; Oliveira *et al.*, 2020; Paudel *et al.*, 2025). Sabe-se que no Brasil o hábito de criar animais silvestres em cativeiro é uma atividade presente no cotidiano de boa parte da população brasileira, tanto de áreas urbanas quanto rurais (Alves *et al.*, 2016a; Bezerra *et al.*, 2011; Souto, 2014; Souto *et al.*, 2017; Oliveira *et al.*, 2020). A predominância de espécies do gênero *Sporophila* entre as mais exploradas como *pets*, reflete a tradição cultural associação à criação de aves canoras em diferentes do Brasil. Espécies desse gênero como o *Sporophila angolensis* (curió) e *Sporophila lineola* (bigodinho) se destacam por serem valorizadas pelo seu amplo repertório de cantos e frequentemente aparecem em registros de captura e comércio de aves silvestres entre passarineiros na Amazônia oriental (Silva *et al.*, 2022) e em área ecotonal Caatinga–Cerrado no Piauí (Souto *et al.*, 2017; Oliveira *et al.*, 2018; 2020). Outro fator importante é a aproximação que muitas pessoas estabelecem com espécimes de aves e até répteis, introduzindo-os no convívio familiar diário como *pets* e estabelecendo uma forte conexão emocional (Alves *et al.*, 2012a; 2019).

A ênfase em aves e mamíferos com mais espécies citadas em relações conflituosas com caçadores locais reflete principalmente sua maior disponibilidade, importância cultural e impactos percebidos como alimento, danos, e perigo aos meios de subsistência das comunidades locais (Mendonça *et al.*, 2011; Medeiros *et al.*, 2020; McMahon *et al.*, 2024). A literatura tem registrado que espécies de felinos, carnívoros e aves granívoras são frequentemente perseguidas e/ou mortas seja por causarem riscos à saúde das pessoas, prejuízos a criações domésticas e/ou destruição de

lavouras e plantações (i.e., Mendonça *et al.*, 2011; Alves *et al.*, 2012ab; Torres *et al.*, 2018; Barbosa *et al.*, 2011; Medeiros *et al.*, 2020).

A maior exploração de espécies de aves e mamíferos no comércio de carne de caça também é frequentemente registrada nos estudos neotropicais (i.e. El Bziri *et al.*, 2020a, Van Vliet *et al.*, 2014; 2017; Santos *et al.*, 2018b; Souto *et al.*, 2019; Mcnamara *et al.*, 2019). Embora a maior parte das espécies estejam associadas ao consumo alimentar, a venda de parte da carne de caça capturada, por exemplo, fornece complemento a renda das famílias e conecta cadeias de comércio ilegal em diferentes mercados nas regiões tropicais e neotropicais, incluindo o Brasil (Aragão Silva *et al.*, 2023; Hughes *et al.*, 2023; Lemos *et al.*, 2025; Santos *et al.*, 2018b). O comércio da carne de espécies de tatus, como *Dasybus novemcinctus* e *Euphractus sexcinctus*, por exemplo, tem sido registrado no semiárido nordestino, onde o animal é frequentemente comercializado inteiro (Souto *et al.*, 2019). Essa carne é considerada uma das mais saborosas e figura entre as preferidas dos caçadores neotropicais (i.e., Souto *et al.*, 2019; Barboza *et al.*, 2016; Santos *et al.*, 2018b). No contexto atual, a utilização de modernos meios de comunicação (e.g. *smartphones*) e transporte (e.g. motocicletas) tem facilitado à venda da carne de caça e abastecimento de demandas locais de centros urbanos nas regiões do Brasil (Oliveira *et al.*, 2020; Van Vliet *et al.*, 2015ab; 2017; Wyatt *et al.*, 2022).

Em termos de conservação, a predominância de espécies classificadas como Least Concern (LC) na Lista Vermelha da IUCN 2025 pode sugerir, a princípio, um baixo risco de impacto populacional decorrente da exploração humana. No entanto, essa interpretação deve ser considerada com cautela, pois avaliações globais de conservação nem sempre refletem adequadamente pressões regionais ou locais sobre determinadas populações (Develey, 2021; Hughes *et al.*, 2023; CITES, 2025). Vale ressaltar que diversas espécies não ameaçadas de extinção, tais como *Penelope superciliaris*, *Subjulo sp.*, *Cuniculus paca*, *Leptotila verreauxi* foram reportadas pelos caçadores como em processo de declínio. Arelado a isso, espécies de aves e mamíferos registradas em nossa pesquisa são alvo constante de conflitos com caçadores causados por ataques a animais domésticos ou danos a lavouras imputando um desafio constante para as ações conservacionistas.

Nesse contexto, não podemos assegurar que os atuais níveis de exploração da fauna silvestre sejam suportáveis pelas populações silvestres. A exploração excessiva juntamente com a perda de habitat constitui uma das principais ameaças à fauna silvestre nos trópicos, levando a superexploração de várias espécies, e até mesmo extinções e extirpações (Young *et al.*, 2016; Benitez-Lopez *et al.*, 2017; Ripple *et al.*, 2016). Nesse contexto, é necessário implementar ações integradas de conservação e proteção ambiental que considerem não apenas a dimensão ecológica, mas também a dimensão humana na conservação animal e os contextos sociais e culturais associados a prática de caça.

## 5 CONCLUSÕES

Esta pesquisa é a primeira a avaliar as práticas de caça e usos da fauna silvestre terrestre em áreas rurais do norte piauiense. Nossos resultados apontaram que a caça continua a fazer parte do cotidiano das comunidades locais, embora associada majoritariamente a um caráter mais esportivo ou cultural em detrimento da caça de subsistência ou comercial. Identificamos diferentes tipos de uso da fauna silvestre pelos caçadores locais, com destaque para o grupo das aves e mamíferos com mais espécies citadas, em especial, para consumo alimentar, conflito e comércio. Além disso, evidenciamos uma mudança na dinâmica da cadeia de comércio de carne de caça com a incorporação de novos recursos tecnológicos e meios de transporte que tem reduzido à participação de intermediadores na cadeia de comércio local.

Considerando o cenário de caça e o alto grau de dependência das populações locais do norte piauiense em relação aos recursos faunísticos, é provável que as práticas de caça continuem a existir por um longo período de tempo, pois é uma atividade muito dinâmica cujos impactos na fauna silvestre não são facilmente medidos. Nesse contexto, mais pesquisas são necessárias para medir a pressão de caça na região e avaliar o impacto dessa atividade na fauna local. Além disso, fazem-se necessárias ações estratégicas de conservação e manejo da fauna silvestre que possam mitigar os impactos sobre as espécies-alvo de caça. Bem como, é essencial envolver ativamente as comunidades locais em programas de educação ambiental, visando conscientizá-las sobre a importância de conservação das espécies ameaçadas e adoção de práticas sustentáveis no uso dos recursos faunísticos.

### Agradecimentos

Agradecemos à Universidade Federal do Piauí (UFPI) pelo apoio logístico concedido durante as visitas de campo e realização da pesquisa. Agradecimentos especiais a todos os moradores das Comunidades da área em estudo pela receptividade e colaboração ao longo do desenvolvimento da pesquisa.

## REFERÊNCIAS

ABREU, E. F. *et al.* Lista de Mamíferos do Brasil (2024-1) [Data set]. **Zenodo**. 2024. doi: <https://doi.org/10.5281/zenodo.14536925>.

ALBUQUERQUE, U. P. *et al.* **Methods and techniques in ethnobiology and ethnoecology**. New York: Human Press Springer, p. 480. 2014.

ALVES, M. M.; LOPES, S. F.; ALVES, R. R. N. Wild vertebrates kept as *pets* in the semiarid region of Brazil. **Tropical Conservation Science**, [s. l.], v. 9, n.1, p. 354-368, 2016a. Disponível

Wissen Editora, 2026 | ISBN 978-65-85923-89-7 | DOI: <http://www.doi.org/10.52832/wed.197>

em: <https://journals.sagepub.com/doi/pdf/10.1177/194008291600900119>. Acesso em: 18 mar. 2026.

ALMEIDA, M. C. S.; FERREIRA, F. S.; BELTRÃO-MENDES, R. Game mammals and their uses by local hunters in an Atlantic Forest region of Northeast Brazil. **Etnobiología**, [s. l.], v. 21, n. 1, p. 31-47, 2023. Disponível em: <https://www.revistaetnobiologia.mx/index.php/etno/article/download/522/483>. Acesso em: 18 mar. 2026.

ALVES, R. R. N. *et al.* A review on human attitudes towards reptiles in Brazil. **Environmental Monitoring and Assessment**, [s. l.], v. 184, n. 11, p. 6877-6901, 2012b. doi: 10.1007/s10661-011-2465-0.

ALVES, R. R. N. *et al.* Game mammals of the caatinga biome. **Ethnobiology and Conservation**, [s. l.], v. 5, n. 5, p.1-51, 2016b. doi: <https://doi.org/10.15451/ec2016-7-5.5-1-51>

ALVES, R. R. N. *et al.* Keeping reptiles as pets in Brazil: Ethnozoological and conservation aspects. **Journal for Nature Conservation**, [s. l.], v. 49, p. 9–21, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.jnc.2019.02.002>.

ALVES, R. R. N. *et al.* **The Importance of Hunting in Human Societies**, In: ALVES, R. R. N.; ALBUQUERQUE, U. P (Eds.), *Ethnozoology animals in our lives*. Elsevier, United Kingdom, pp. 98-119. 2018.

ALVES, R. R. N.; ALBUQUERQUE, U. P. **Ethnozoology: Animals in our lives**. 1 st. ed. Amsterdam: Academic Press, Elsevier Inc., 552 p. 9780128099148, 2018.

ALVES, R. R. N.; GONÇALVES, M. B. R.; VIEIRA, W. L. S. Caça, uso e conservação de vertebrados no semiárido brasileiro. **Tropical Conservation Science**, [s. l.], v.5, n.3, p. 394–416, 2012a. Disponível em: <https://journals.sagepub.com/doi/pdf/10.1177/194008291200500312>. Acesso em: 18 mar. 2026.

ALVES, R. R. N. *et al.* Hunting strategies used in the semi-arid region of northeastern Brazil. **Journal of ethnobiology and ethnomedicine**, [s. l.], v. 5, n. 1, p. 1-16, 2009. doi: 10.1186/1746-4269-5-12.

ALVES, R. R. N.; OLIVEIRA, T. P. R.; MEDEIROS, M. F. T. Trends in medicinal uses of edible wild vertebrates in Brazil. **Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine**, [s. l.], v. 2017, 2017. doi: <https://doi.org/10.1155/2017/4901329>.

ALVES, R. R. N.; SOUTO, W. M. S. Etnozoologia: Conceitos, Considerações Históricas e Importância. In: **A Etnozoologia no Brasil: Importância, Status Atual e Perspectivas**. Edited by Alves, R. R. N.; Souto, W. M. S., Mourão, J. S. Recife: NUPPEA; p. 19–40, 2010.

ALVES, R. R. N.; VAN VLIET, N. Wild Fauna on the Menu. In: ALVES, R. R. N., ALBUQUERQUE, U. P. (Ed.). **Ethnozoology animals in our lives**. United Kingdom: Elsevier, p. 540, 2018.

ARAGÃO-SILVA, J. A. *et al.* Use of wild vertebrates for consumption and bushmeat trade in Brazil: a review. **Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine**, [s. l.], v. 19, n. 1, p. 64, 2023. <https://doi.org/10.1186/s13002-023-00628-x>.

Wissen Editora, 2026 | ISBN 978-65-85923-89-7 | DOI: <http://www.doi.org/10.52832/wed.197>

AROBAYA, A.Y.S. *et al.* Hunting for livelihoods by farmers in the lowland forests of Papua's Bird's Head Peninsula, Indonesia. **Biodiversitas: Journal of Biological Diversity**, [s. l.], v. 26, n. 5, 2025. doi: 10.13057/biodiv/d260534.

BAILEY, K. **Methods of social research**. Free Press, New York, 1994.

BARBOSA, J. A. A.; NOBREGA, V. A.; ALVES, R. R. N. Hunting practices in the semiarid region of Brazil. **Indian Journal of Traditional Knowledge**, [s. l.], v.10, n. 3, p. 486–490, 2011. Disponível em: [https://www.academia.edu/download/80503300/IJTK\\_20103\\_20486-490.pdf](https://www.academia.edu/download/80503300/IJTK_20103_20486-490.pdf). Acesso em: 18 mar. 2026.

BARBOSA, J. A. A.; AGUIAR, J. O.; ALVES, R. R. N. Hunting strategies used in protected areas in the Atlantic rainforest of northeastern Brazil. **Indian J Tradit Knowl**, [s. l.], v. 9, n. 3, p. 509–18, 2020. Disponível em: <https://pdfs.semanticscholar.org/32b5/e2c84bbb382130f401dfec04744ded9ce030.pdf>. Acesso em: 18 mar. 2026.

BARBOSA, E. *et al.* Atividades cinegéticas direcionadas à avifauna em áreas rurais do Município de Jaçanã, Rio Grande do Norte, Brasil. **Biotemas**, [s. l.], v. 27, p. 175-190, 2014. <https://doi.org/10.5007/2175-7925.2014v27n3p175>.

BARBOZA, R. R. D. *et al.* The role of game mammals as *bushmeat* In the Caatinga, northeast Brazil. **Ecology and Society**, [s. l.], v. 21, n. 2, p. 1-11, 2016. doi: <http://dx.doi.org/10.5751/ES-08358-210202>.

BARRY, S. H. *et al.* Cultural transmission among hunter-gatherers. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, [s. l.], v. 121, n. 48, p. e2322883121, 2024. doi: <https://doi.org/10.1073/pnas.2322883121>.

BENÍTEZ-LÓPEZ, A. *et al.* The impact of hunting on tropical mammal and bird populations. **Science**, [s. l.], v. 356, n. 1, p. 80–83, 2017. doi: <https://doi.org/10.1126/science.aaj1891>.

BERNARD, H. R. **Research methods in cultural anthropology**. 2. ed. USA: SAGE Publication, 1988, 520p.

BEZERRA, D. M. M. *et al.* Birds and people in semiarid northeastern Brazil: symbolic and medicinal relationships. **Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine**, [s. l.], v. 9, n. 1, p. 1-11, 2013. doi: 10.1186/1746-4269-9-3.

BEZERRA, D. M. M.; ARAUJO, H. F. P.; ALVES, R. R. N. The Use of Wild Birds by Rural Communities in the Semi-arid Region of Rio Grande do Norte State, Brazil. **Bioremediation, Biodiversity and Bioavailability**, [s. l.], v. 5, n. 1, p. 117–120, 2011. Disponível em: <https://www.cabidigitallibrary.org/doi/full/10.5555/20113361002>. Acesso em: 18 mar. 2026.

BORGES, A. K. M.; RIBEIRO, B. D. P.; ALVES, R. R. D. N. Hunting, capture and wildlife use by communities in a semi-arid region of Northeastern Brazil. **Human Dimensions of Wildlife**, [s. l.], v. 28, n. 2, p. 189–197, 2021. doi: <https://doi.org/10.1080/10871209.2021.2018738>.

BOWLER, M. *et al.* LED flashlight technology facilitates wild meat extraction across the tropics. **Frontiers in Ecology and the Environment**, [s. l.], v. 18, n. 9, p. 489-495, 2020. doi: 10.1002/fee.2242.

Wissen Editora, 2026 | ISBN 978-65-85923-89-7 | DOI: <http://www.doi.org/10.52832/wed.197>

BRAHMA, B.; HAZARIKA, A.; ALI, N. Bushmeat consumption: A legal and ecological perspective on biodiversity threats. **ZOO'S PRINT**, [s. l.], v. 40, n. 6, p. 07–09-07–09, 2025. Disponível em: <http://zoosprint.org/index.php/zp/article/download/7974/7222>. Acesso em: 18 mar. 2026.

CASTILHO, L. C. *Et al.* Hunting of mammal species in protected areas of the southern Bahian Atlantic Forest, Brazil. **Oryx**, [s. l.], v. 53, n. 4, p. 687-697, 2019. doi: 10.1017/S0030605317001247.

CAWTHORN, D.; HOFFMAN, L. C. The bushmeat and food security nexus: A global account of the contributions, conundrums and ethical collisions. **Research International**, [s. l.], v. 76, n. 4, p. 906 - 925, 2015. doi: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2015.03.025>.

CHAVES, L. S.; ALVES, R. R. N.; ALBUQUERQUE, U. P. Hunters' preferences and perceptions as hunting predictors in a semi-arid ecosystem. **Science of the Total Environment**, [s. l.], v. 726, p. 138494, 2020. doi: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.138494>.

CHAVES, W. A. *et al.* Impacts of rural to urban migration, urbanization, and generational change on consumption of wild animals in the Amazon. **Conservation Biology**, [s. l.], v. 35, n. 4, p.1186-1197, 2021. doi: <https://doi.org/10.1111/cobi.13663>.

CHAVES, W. A.; MONROE, M. C.; SIEVING, K. E. Wild meat trade and consumption in the Central Amazon, Brazil. **Human Ecology**, [s. l.], v. 47, p. 733-746, 2019. doi: <https://doi.org/10.1007/s10745-019-00107-6>.

CITES. Convention on international trade in endangered species of wild fauna and flora, 2025. Disponível em: <https://cites.org/eng>. Acesso em: 10. jan. 2025.

COSTA, H. C.; GUEDES, T. B; BÉRNILS, R. S. R. Lista de répteis do Brasil: padrões e tendências. **Herpetologia Brasileira**, [s. l.], v. 10, n. 3, p. 122-171, 2021. doi: <https://doi.org/10.5281/zenodo.5838949>.

DA SILVA, J. S. *et al.* Use of game fauna by Fulni-ô people in Northeastern Brazil: implications for conservation. **Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine**, [s. l.], v. 16, n. 1, p. 18, 2020. doi: <https://doi.org/10.1186/s13002-020-00367-3>.

DEVELEY, P. F. Bird Conservation in Brazil: Challenges and practical solutions for a key megadiverse country. **Perspectives in Ecology and Conservation**, [s. l.], v. 19, n. 2, p. 171–178, abr. 2021. <https://doi.org/10.1016/j.pecon.2021.02.005>.

DI MININ, E. *et al.* Consequences of recreational hunting for biodiversity conservation and livelihoods. **One Earth**, [s. l.], v. 4, n. 2, p. 238-253, 2021. doi: <https://doi.org/10.1016/j.oneear.2021.01.014>.

DOBSON, A. D. M. *et al.* A framework for assessing impacts of wild meat hunting practices in the tropics. **Human Ecology**, [s. l.], v. 47, p.449–464, 2019. <https://doi.org/10.1007/s10745-019-0075-6>.

EL BIZRI, H. R. *et al.* Urban wild meat consumption and trade in central Amazonia. **Conservation Biology**, [s. l.], v. 34, n. 2, p. 438-448, 2020a. doi: <https://doi.org/10.1111/cobi.13420>.

Wissen Editora, 2026 | ISBN 978-65-85923-89-7 | DOI: <http://www.doi.org/10.52832/wed.197>

EL BIZRI, H. R. *et al.* The thrill of the chase: uncovering illegal sport hunting in Brazil through YouTube™ posts. **Ecology and Society**, [s. l.], v. 20, n. 3, 2015. doi: <http://dx.doi.org/10.5751/ES-07882-200330>.

ELIASON, S. L. Some Observations on Trophy Hunting and the Quest for Big Game Animals in American Society. **Society & Animals**, [s. l.], v. 1, n. aop, p. 1-17, 2024. Disponível em: <https://brill.com/view/journals/soan/aop/article-10.1163-15685306-bja10211/article-10.1163-15685306-bja10211.xml>. Acesso em: 18 mar. 2026.

FA, J. E.; FUNK, S. M.; NASI, R. **Hunting wildlife in the tropics and subtropics**. Cambridge University Press, 2022.

FERNANDES-FERREIRA, H. *et al.* Hunting of Herpetofauna in Montane, Coastal, and dryland areas of northeastern Brazil. **Herpetological Conservation and Biology**, [s. l.], v. 8, n. 4, p. 652–666, 2013. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/268577526\\_Hunting\\_of\\_Herpetofauna\\_in\\_Montane\\_Coastal\\_and\\_Dryland\\_Areas\\_of\\_Northeastern\\_Brazil](https://www.researchgate.net/publication/268577526_Hunting_of_Herpetofauna_in_Montane_Coastal_and_Dryland_Areas_of_Northeastern_Brazil). Acesso em: 18 mar. 2026.

FERNANDES-FERREIRA, H. *et al.* Hunting, use and conservation of birds in Northeast Brazil. **Biodiversity and Conservation**, [s. l.], v. 21, p. 221-244, 2012. doi: 10.1007/s10531-011-0179-9.

FERNANDES-FERREIRA, H.; ALVES, R. R. N. The researches on the hunting in Brazil: a brief overview. **Ethnobiology and Conservation**, [s. l.], v. 6, 2017. doi: 10.15451/ec2017-07-6.6-1-6.

FIENNES, S.; ANASARI, S. D.; HARDIANTO, N. TikTok facilitating songbird trade in Indonesia. **Oryx**, [s. l.], v. 57, n. 4, p. 420–421, 2023. <https://doi.org/10.1017/S0030605323000510>.

FIGUEIREDO, R. A. A.; BARROS, F. B. Caçar, preparar e comer o ‘bicho do mato’: práticas alimentares entre os quilombolas na Reserva Extrativista Ipaú-Anilzinho (Pará). **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Ciências Humanas**, [s. l.], v. 11, n. 3, p. 691-713, 2016. <https://doi.org/10.1590/1981.81222016000300009>.

GARDA, A. A. *et al.* Os animais vertebrados do Bioma Caatinga. **Ciência e Cultura**, [s. l.], v. 70, n. 4, p. 29-34, 2018. doi: <http://dx.doi.org/10.21800/2317-66602018000400010>.

GLAUB, M., & HALL, C. Evolutionary Implications of Persistence Hunting: An Examination of Energy Return on Investment for !Kung Hunting. **Human Ecology**, [s. l.], v. 45, p. 393-401, 2017. <https://doi.org/10.1007/s10745-017-9908-3>.

HUGHES, L. J. *et al.* The ecological drivers and consequences of wildlife trade. **Biological Reviews**, [s. l.], v. 98, n. 3, p. 775–791, 2023. <https://doi.org/10.1111/brv.12929>.

IBGE. **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. Panorama do município de Esperantina (PI). Cidades e Estados. 2022. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pi/esperantina/panorama>. Acesso em: 29 mar. 2024.

INGRAM, D. J. *et al.* Wild meat is still on the menu: Progress in wild meat research, policy, and practice from 2002 to 2020. **Annual Review of Environment and Resources**, [s. l.], v. 46, p. 221–254, 2021. <https://doi.org/10.1146/annurev-environ-041020-063132>.

- INGRAM, D. J. *et al.* Regional patterns of wild animal hunting in African tropical forests. **Nature Sustainability**, [s. l.], v. 8, n. 2, p. 202-214, 2025. <https://doi.org/10.1038/s41893-024-01494-5>.
- ISLAS, C. A.; VERDADE, L. M.; SEIXAS, C. S. Indications of changes in hunting culture in the Central-South Region of Brazil in the last 25 years: a systematic literature review. **Biota Neotropica**, [s. l.], v. 24, n. 1, p. e20231531, 2024. doi: <https://doi.org/10.1590/1676-0611-BN-2023-1531>.
- IUCN. International Union for Conservation of Nature. **The IUCN Red List of Threatened Species** (versão 2025-1), 2025. Disponível em: <https://www.iucnredlist.org>. Acesso em: 26 fev. 2025.
- KOSTER, J. M.; LECKIE, G. Food sharing networks in lowland Nicaragua: an application of the social relations model to count data. **Social Networks**, [s. l.], v. 38, p. 100-110, 2014. doi: <https://doi.org/10.1016/j.socnet.2014.02.002>.
- LANDIM, A. S. *et al.* Food taboos and animal conservation: a systematic review on how cultural expressions influence interaction with wildlife species. **Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine**, [s. l.], v. 19, n. 1, p. 31, 2023. doi: <https://doi.org/10.1186/s13002-023-00600-9>.
- LEMOS, L. P. *et al.* Including the urbanization gradient in people-centered wildlife conservation in Amazonia. **Conservation Biology**, [s. l.], v. 39, n. 3, p. e70049, 2025. doi: 10.1111/cobi.70049.
- LIMA, J. R. F.; SANTOS, S. S.; LUCENA, R. F. P. Uso de recursos faunísticos em uma comunidade rural do semiárido da Paraíba-Brasil. **Revista Etnobiologia**, [s. l.], v. 16, n. 3, p. 36–53, 2018. Disponível em: <https://revistaetnobiologia.mx/index.php/etno/article/download/120/119>. Acesso em: 18 mar. 2026.
- LOSS, A. T. G.; NETO, E. M. C.; FLORES, F. M. Aves silvestres utilizadas como recurso trófico pelos moradores do povoado de Pedra Branca, Santa Teresinha, Bahia, Brasil. **Gaia Scientia**, [s. l.], v. 2, p. 1–14, 2014. Disponível em: [https://www.researchgate.net/profile/Eraldo-Neto/publication/263862349\\_Ethnotaxonomy\\_of\\_birds\\_by\\_the\\_inhabitants\\_of\\_Pedra\\_Branca\\_Village\\_Santa\\_Teresinha\\_municipality\\_Bahia\\_state\\_Brazil/links/561418ec08aed47facee10b1/Ethnotaxonomy-of-birds-by-the-inhabitants-of-Pedra-Branca-Village-Santa-Teresinha-municipality-Bahia-state-Brazil.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Eraldo-Neto/publication/263862349_Ethnotaxonomy_of_birds_by_the_inhabitants_of_Pedra_Branca_Village_Santa_Teresinha_municipality_Bahia_state_Brazil/links/561418ec08aed47facee10b1/Ethnotaxonomy-of-birds-by-the-inhabitants-of-Pedra-Branca-Village-Santa-Teresinha-municipality-Bahia-state-Brazil.pdf). Acesso em: 18 mar. 2026.
- MCNAMARA, J. *et al.* Characterising wildlife trade market supply-demand dynamics. **PloS one**, [s. l.], v.11, n. 9 p.e0162972, 2016. doi:10.1371/journal.pone.0162972.
- MANNION, N. *et al.* Hunting motivations, behaviour and forest access: Characterising wildlife hunting practices in a multi-ethnic, forested landscape of Brunei Darussalam, Southeast Asia. **People and Nature**, [s. l.], v. 1, n.13, p. 1-13, 2025. doi: 10.1002/pan3.70069.
- MAUSS, M. Ensaio sobre a dádiva. Forma e razão da troca nas sociedades arcaicas. In: MAUSS, M. **Sociologia e Antropologia**. São Paulo: Cosac Naify. p. 183-294, 2003.

MCCMAHON, B. J. *et al.* Pássaros e pessoas: do conflito à coexistência. **Ibis**, [s. l.], v. 166, n. 1, p. 23-37, 2024.

MEDEIROS, R. B. N. *et al.* Conflitos entre criadores da raça Moxotó e animais silvestres no Semiárido pernambucano. **Medicina Veterinária (UFRPE)**, Recife, v.14, n.4, p. 228-236, 2020. doi: <https://doi.org/10.26605/medvet-v14n4-2525>.

MEDEIROS, R. M.; CAVALCANTI, E. P.; DUARTE, J. F. M. Classificação climática de köppen para o estado do Piauí–Brasil. **Revista Equador**, [s. l.], v. 9, n. 3, p. 82-99, 2020. Disponível em: <https://www.periodicos.ufpi.br/index.php/revistaequador/article/download/7770/5959>. Acesso em: 18 mar. 2026.

MENASCHE, R.; MARQUES, F. C.; ZANETTI, C. Self-consumption and food security: family agriculture based on eating knowledge and practices. **Revista de Nutrição**, Campinas, v. 21, p. 145-158, 2008. Disponível em: [https://www.academia.edu/download/44445897/Self-consumption\\_and\\_food\\_security\\_famil20160405-18273-1a93tlx.pdf](https://www.academia.edu/download/44445897/Self-consumption_and_food_security_famil20160405-18273-1a93tlx.pdf). Acesso em: 18 mar. 2026.

MENDONÇA, L. E. T. *et al.* Conflitos entre pessoas e animais silvestres no semiárido paraibano e suas implicações para conservação. **Sitientibus Série Ciências Biológicas**, [s. l.], v. 11, n. 2, p. 185-199, 2011. doi: <https://doi.org/10.13102/scb107>.

MENDONÇA, L. E. *et al.* Bushmeat consumption and its implications for wildlife conservation in the semi-arid region of Brazil. **Reg. Environ. Change**, [s. l.], v. 16, p.1649–1657, 2016. doi: <https://doi.org/10.1007/s10113-015-0901-3>.

MENDONÇA, L. E. T. Use of mammals in a semi-arid region of Brazil: an approach to the use value and data analysis for conservation. **Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine**, [s. l.], v. 15, p. 1-14, 2019. doi: <https://doi.org/10.1186/s13002-019-0313-4>.

MESQUITA, G. P; BARRETO, G. P. Evaluation of mammals hunting in indigenous and rural localities in Eastern Brazilian Amazon. **Ethnobiology and Conservation**, [s. l.], v.4, p.1-14, 2015. doi:10.15451/ec2015-1-4.2-1-14.

MMA. **Lista Nacional de Espécies Ameaçadas de Extinção**. 2022. Disponível em: <https://in.gov.br/en/web/dou/-/portaria-mma-n-148-de-7-de-junho-de-2022-406272733>. 2022. Acessado em: 20 Jul. 2022.

NGUYEN, M.; JONES, T. E. Predictors of support for biodiversity loss countermeasure and bushmeat consumption among Vietnamese urban residents. **Conservation Science and Practice**, [s. l.], v. 4, n. 12, p. e12822, 2022. doi: <https://doi.org/10.1111/csp2.12822>.

NIELSEN, M. R. *et al.* The Importance of Wild Meat in the Global South. **Ecol. Econ.** [s. l.], v.146, p. 696–705, 2018. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2017.12.018>.

NIJMAN, V. *et al.* Disentangling the Legal and Illegal Wildlife Trade—Insights from Indonesian Wildlife Market Surveys. **Animals**, [s. l.], v. 12, n. 5, p. 628, 2022. <https://doi.org/10.3390/ani12050628>.

NOLIN, D. A. Food-sharing networks in Lamalera, Indonesia. **Human Nature**, [s. l.], v. 21, p. 243–68, 2010. doi:10.1007/s12110-010-9091-3.

OLIVEIRA, M. A. *et al.* A comparison of zootherapy practices between urban and rural hunters in the southwestern Brazilian Amazon. **Etnobiología**, [s. l.], v. 19, n. 2, p. 135-153, 2021.

Disponível em: <https://www.revistaetnobiologia.mx/index.php/etno/article/view/428>. Acesso em: 18 mar. 2026.

OLIVEIRA, M. A. *et al.* Comparing hunting practices of urban and rural inhabitants in Western Amazonia: the role of religion, wealth, and livelihoods. **Research square**, [s. l.], 2023.

<https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-2837952/v1>.

OLIVEIRA, W. S. L. D. *et al.* Interactions between people and game mammals in a Brazilian semi-arid area. **Indian Journal of Traditional Knowledge**, [s. l.], v.16, n. 2, p. 221-228, 2017.

Disponível em: <https://www.vliz.be/imisdocs/publications/310333.pdf>. Acesso em: 18 mar. 2026.

OLIVEIRA, W. S. L. *et al.* Illegal trade of songbirds: an analysis of the activity in an area of northeast Brazil. **Journal of ethnobiology and ethnomedicine**, [s. l.], v. 16, n. 1, p. 1-14, 2020.

doi: <https://doi.org/10.1186/s13002-020-00365-5>.

OLIVEIRA, W. S. L.; LOPES, S. F.; ALVES, R. R. N. Understanding the motivations for keeping wild birds in the semiarid region of Brazil. **Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine**, [s. l.], v. 14, n. 1, p. 41, 11 dez. 2018. doi: <https://doi.org/10.1186/s13002-018-0243-6>.

OSURI, A. M. *et al.* Hunting and forest modification have distinct defaunation impacts on tropical mammals and birds. **Frontiers in Forests and Global Change**, v. 2, p. 87, 2020. doi: <https://doi.org/10.3389/ffgc.2019.00087>.

PACHECO, J. F. *et al.* Annotated checklist of the birds of Brazil by the Brazilian Ornithological Records Committee – second edition. **Ornithology Research**, [s. l.], v. 29, 2 ed., 2021.

Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s43388-021-00058-x>. Acesso em: 18 mar. 2026.

PAUDEL, P. K.; SHRESTHA, D.; DESHAR, R. Global patterns and drivers of wildlife hunting and trade: A review. **Ecological Frontiers**, [s. l.], 2025. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ecofro.2025.06.005>.

PHILLIPS, O.; GENTRY, A. H. The useful plants of Tambopata, Peru: I. Statistical hypotheses tests with a new quantitative technique. **Economic Botany**, [s. l.], v. 47, n. 1, p. 15-32, 1993.

Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/BF02862203>. Acesso em: 18 mar. 2026.

POLICARPO, I. S. *et al.* Mammalian fauna used in folk medicine among hunters in a semiarid region of Brazil. **Environment, Development and Sustainability**, [s. l.], v. 21, n. 3, p. 1533-1542, 2019. doi: <https://doi.org/10.1007/s10668-018-0098-y>.

REYES-GARCÍA, V. *et al.* “Hunting Otherwise” Women’s hunting in two contemporary forager-horticulturalist societies. **Human Nature**, [s. l.], v. 31, p. 203-221, 2020. doi: <https://doi.org/10.1007/s12110-020-09375-4>.

RIPPLE, W.J. *et al.* Bushmeat hunting and extinction risk to the world's mammals. **Royal Society Open Science**, [s. l.], v. 3, n.10, 2016. doi: <https://doi.org/10.1098/rsos.160498>.

Wissen Editora, 2026 | ISBN 978-65-85923-89-7 | DOI: <http://www.doi.org/10.52832/wed.197>

ROCHA, E. C.; SÁ, A. A. S.; VALE, V. S. The Effect of Habitat Amount on Species Richness and Composition of Medium-and Large-Sized Mammals in the Cerrado Biome, Brazil. **Diversity**, [s. l.], v. 17, n. 2, p. 83, 2025. doi: <https://doi.org/10.3390/d17020083>.

RODRIGUES, A. M. D.; CARVALHO, A. S.; BRITO, J. S. **Análise do Comércio de Animais Silvestres em Teresina-PI**. II Congresso de Pesquisa e Inovação da Rede Norte Nordeste de Educação Tecnológica. **Anais**. João Pessoa, PB, Brazil: Rede Norte Nordeste de Educação Profissional e Tecnológica/ Secretaria de Educação Tecnológica (SETEC), 2007.

ROSA, P. P. *et al.* Analysis of the perception and behavior of consumers regarding capybara meat by means of exploratory methods. **Meat science**, v. 152, p. 81-87, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2019.02.011>.

ROSSATO, S. C.; LEITÃO-FILHO H.; BEGOSSI A. Ethnobotany of caiaças of the Atlantic Forest coast (Brazil). **Economic Botany**, [s. l.], v. 53, p. 387–395, 1999. doi: <https://doi.org/10.1007/BF02866716>.

SACKEY, H. N. K. *et al.* Bushmeat consumption frequency and preferences among rural households in a West African savanna landscape: Implications for food security and conservation. **People and Nature**, [s. l.], 2025. doi: <https://doi.org/10.1002/pan3.70213>.

SANTOS, M. K. P.; RUIZ-MIRANDA, C. R.; SAMPAIO, D. T. Comércio de Caça na Região da Estação Ecológica Raso da Catarina, Bahia, Brasil. **Biodiversidade Brasileira- Bio-Brasil**, [s. l.], v.1, p. 53-68, 2018b. doi: <https://doi.org/10.37002/biodiversidadebrasileira.v8i1.758>.

SANTOS, S. *et al.* Traditional knowledge and use of mammals in a rural community in the sertaneja depression (Paraíba state, northeast Brazil). **Indian Journal of Traditional Knowledge**, [s. l.], v. 18, n. 1, p. 94 –103, 2019a. Disponível em: [https://www.researchgate.net/profile/Suellen-Santos-5/publication/330687001\\_Traditional\\_knowledge\\_and\\_use\\_of\\_mammals\\_in\\_a\\_rural\\_community\\_in\\_the\\_sertaneja\\_depression\\_Paraiba\\_state\\_northeast\\_Brazil/links/6037e991299bf1cc26ef9eb8/Traditional-knowledge-and-use-of-mammals-in-a-rural-community-in-the-sertaneja-depression-Paraiba-state-northeast-Brazil.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Suellen-Santos-5/publication/330687001_Traditional_knowledge_and_use_of_mammals_in_a_rural_community_in_the_sertaneja_depression_Paraiba_state_northeast_Brazil/links/6037e991299bf1cc26ef9eb8/Traditional-knowledge-and-use-of-mammals-in-a-rural-community-in-the-sertaneja-depression-Paraiba-state-northeast-Brazil.pdf). Acesso em: 18 mar. 2026.

SANTOS, S. L.; ALVES, R. R. N.; MENDONÇA, L. E. T. Fauna silvestre utilizada em comunidades rurais no semiárido paraibano. **Biodiversidade Brasileira-Bio Brasil**, [s. l.], v.2, p.149-162, 2018a. doi: <https://doi.org/10.37002/biodiversidadebrasileira.v8i2.733>.

SANTOS, S. S. *et al.* Use of mammals in a semi-arid region of Brazil: an approach to the use value and data analysis for conservation. **Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine**, [s. l.], v. 15, p. 1-14, 2019b. doi: <https://doi.org/10.1186/s13002-019-0313-4>.

SILVA, J. S. *et al.* Use of game fauna by Fulni-ô people in Northeastern Brazil: Implications for conservation. **Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine**, [s. l.], v. 16, n. 1, p. 1–11, 2020. doi: <https://doi.org/10.1186/s13002-020-00367-3>.

SILVA NETO, B. C. *et al.* Assessment of the hunting of mammals using local ecological knowledge: an example from the Brazilian semiarid region. **Environ Dev Sustain**, [s. l.], p.1-25, 2017. doi: <https://doi.org/10.1007/s10668-016-9827-2>.

SILVA, S. *et al.* The use of Passeriformes in the eastern Amazonia of Brazil: culture encourages hunting and profit encourages trade. **Oryx**, [s. l.], v. 56, n. 2, p. 218-227, 2022. doi: <https://doi.org/10.1017/S0030605320000551>.

SOARES, V. *et al.* Local knowledge, use, and conservation of wild birds in the semi-arid region of Paraíba state, northeastern Brazil. **Journal of ethnobiology and ethnomedicine**, [s. l.], v. 14, n. 1, p. 77, 2018. <https://doi.org/10.1186/s13002-018-0276-x>.

SOUTO, W. M. S.; LIMA, R. N.; SOUSA, B. F. C. F. Illegal bushmeat hunting and trade dynamics in a major road-hub region of the Brazilian Mid North. **Indian Journal of Traditional Knowledge**, [s. l.], v. 18, n. 2, p. 402–411, 2019. Disponível em: <https://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&profile=ehost&scope=site&authtype=crawler&jrnl=09725938&AN=137998060&h=P%2BaE6t22Jmj2HMNZVWBZHKS40rgVxm%2B0AzL2dEI6werljMoOLw8XIU6OEmzG8q1L5gzx0qqwD0UExlKooEQqhw%3D%3D&crl=c>. Acesso em: 18 mar. 2026.

SOUTO, W. M. S. *et al.* Singing for Cages: The use and Trade of passeriformes as Wild Pets in Economic Center of the Amazon- NE Brazil Route. **Tropical Conservation Science**, [s. l.], v.10, 1-19, 2017. doi: <https://doi.org/10.1177/1940082917689898>.

SOUZA, J. B.; ALVES, R. R. N. Hunting and Wildlife use in an Atlantic Forest Remnant of Northeastern Brazil. **Tropical Conservation Science**, [s. l.], v.7, n.1, p. 145-160, 2014. Disponível em: <https://journals.sagepub.com/doi/abs/10.1177/194008291400700105>. Acesso em: 18 mar. 2026.

SOUZA, J. M.; LINS NETO, E. M. F; FERREIRA, F. S. Influence of the sociodemographic profile of hunters on the knowledge and use of faunistic resources. **Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine**, [s. l.], v. 18, n. 1, p. 38, 2022. doi: <https://doi.org/10.1186/s13002-022-00538-4>.

SOUZA, J. *et al.* Influence of Sociodemographic Profile on Interactions Between Human Populations and Fauna in the Semi-Arid Region of Northeast Brazil and Its Relationship with Conservation. **Wild**, [s. l.], v. 1, n. 1, p. 4, 2024. doi: <https://doi.org/10.3390/wild1010004>.

STEBINS, R. A. Fitting in: the researcher as learner and participant. **Quality & Quantity**, [s. l.], v. 21, n. 1, p. 103-108, 1987. Disponível em: <https://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&profile=ehost&scope=site&authtype=crawler&jrnl=00335177&asa=N&AN=9978017&h=rgsD8YCp65tMerRCmYcmGWy7tDpwmqStyx4tY5wHx%2F5fxqge6%2BdgdM%2FxA4YQDtj0NvauFUP2%2FmRa157EBfk79g%3D%3D&crl=c>. Acesso em: 18 mar. 2026.

STAFFORD, C.; PREZIOSI, R.; SELLERS, W. A Cross-Site Analysis of Neotropical Bird Hunting Profiles. **Tropical Conservation Science**, [s. l.], v.10, 2017. <https://doi.org/10.1177/1940082917736894>.

TEIXEIRA, J. V. S. *et al.* Wild animals used as food source in the region of the Serra do Conduru State Park – PESC, Bahia, Brazil. **Research Square**, [s. l.], p. 1- 25, 2020b. doi: <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-88907/v1>.

TEIXEIRA, P. H. R. *et al.* Local knowledge and exploitation of the avian fauna by a rural community in the semiarid zone of northeastern Brazil. **Journal of ethnobiology and ethnomedicine**, [s. l.], v. 10, n. 1, p. 1-10, 2014. doi: 10.1186/1746-4269-10-81.

TORRES, D. F.; OLIVEIRA, E. S.; ALVES, R. R. N. Conflicts Between Humans and Terrestrial Vertebrates: A Global Review. **Tropical Conservation Science**, [s. l.], n. 11, p. 1-15, 2018. doi: <https://doi.org/10.1177/1940082918794084>.

TORRES, P. C. *et al.* Forest cover and social relations are more important than economic factors in driving hunting and bushmeat consumption in post-frontier Amazonia. **Biological Conservation**, [s. l.], v. 253, p. 108823, 2021. doi: <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2020.108823>.

TRINCA, C. T.; FERRARI, S. F. Caça em assentamento rural na amazônia matogrossense. **Diálogos em ambiente e sociedade no Brasil**, [s. l.], v. 1, 2006. Disponível em: <https://www.bing.com/ck/a?!&&p=8d9e6194407b23a94b8d4e5438ec82821585d57fb0c88771d4b5209e69b03720jmltdHM9MTc3Mzc5MjAwMA&ptn=3&ver=2&hsh=4&fclid=26f026c5-05a2-634b-0327-329904346211&psq=Ca%0c3%0a7a+em+assentamento+rural+na+amaz%0c3%0b4nia+matogrossense.+Di%0c3%0a1logos+em+ambiente+e+sociedade+no+Brasil&u=a1aHR0cHM6Ly9saXZyb3pbGxhLmNvbS9kb2MvMTE3MDU5MS9jYSVDMyVBN2EtZW0tYXNzZW50YW1lbnRvLXJlcmFsLW5hLWFtYXolQzMIQjRuaWEtbWF0b2dyb3NzZW5zZQ>. Acesso em: 18 mar. 2026.

VALSECCHI, J.; AMARAL, P. V. Perfil da caça e dos caçadores na Reserva do Desenvolvimento Sustentável Amanã. Amazonas, Brasil. **Uakari**, [s. l.], v.5, p. 33–48. 2009. Disponível em: <https://www.bing.com/ck/a?!&&p=9de287c668538d0c729dd23db127588dce4a11f9a104d3fd3ff7951ebba954bbjmltdHM9MTc3Mzc5MjAwMA&ptn=3&ver=2&hsh=4&fclid=26f026c5-05a2-634b-0327-329904346211&psq=Perfil+da+ca%0c3%0a7a+e+dos+ca%0c3%0a7adores+na+Reserva+do+Desenvolvimento+Sustent%0c3%0avel+Aman%0c3%0a3.+Amazonas%2c+Brasil.+Uakari&u=a1aHR0cHM6Ly9tYW1pcmF1YS5vcmcuYnIvd3AtY29udGVudC91cGxvYWRzLzIwMjUvMTEvUGVvZmlsLWRhLUNhY2EtZS1kb3MtQ2FjYWRvcmVzLW5hLVJlc2VydmdEtZGUtRGVzZW52b2x2aW1lbnRvLVN1c3RlbnRhdmVsLUFTYXV5hLUFTYXpvc2VzLUJyYXNpbC5wZGY>. Acesso em: 18 mar. 2026.

VAN VLIET, N. *et al.* Bushmeat networks link the forest to urban areas in the trifrontier region between Brazil, Colombia, and Peru. **Ecology and Society**, [s. l.], v. 20, n. 3, 2015b. doi: <http://dx.doi.org/10.5751/ES-07782-200321>.

VAN VLIET, N. *et al.* Is urban bushmeat trade in Colombia really insignificant? **Oryx**, [s. l.], v. 51, n. 2, p. 305–314, 2017. doi: <https://doi.org/10.1017/S0030605315001118>.

VAN VLIET, N. *et al.* Ride, shoot, and call: wildlife use among contemporary urban hunters in Três Fronteiras, Brazilian Amazon. **Ecology and Society**, [s. l.], v. 20, n. 3, p. 1–12, 2015a. doi: <http://dx.doi.org/10.5751/ES-07506-200308>.

VAN VLIET, N. *et al.* The uncovered volumes of bushmeat commercialized in the Amazonian trifrontier between Colombia, Peru & Brazil. **Ethnobiology and Conservation**, [s. l.], v. 3, n. 2014, p. 1–11, 2014. doi: <http://www.ethnobiococonservation.com/index.php/ebc/article/download/58/56>.

Wissen Editora, 2026 | ISBN 978-65-85923-89-7 | DOI: <http://www.doi.org/10.52832/wed.197>



WYATT, T. *et al.* Wildlife trafficking via social media in Brazil. **Biological Conservation**, [s. l.], v. 265, p. 109420, jan. 2022. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2021.109420>.

YOUNG, H.S.; MCCAULEY, D. J.; GALETTI, M.; DIRZO, R. Patterns, causes, and consequences of anthropocene defaunation. **Annu Rev Ecol Evol Syst**, [s. l.], v.47, n.1, p. 333–358, 2016. doi: 10.1146/annurev-ecolsys-112414-054142.

# CAPÍTULO 6

## GERENCIAMENTO AMBIENTAL EM ESTÁDIOS DE FUTEBOL: UM RELATO SOBRE RESÍDUOS SÓLIDOS

### ENVIRONMENTAL MANAGEMENT IN FOOTBALL STADIUMS: A REPORT ON SOLID WASTE

**Vitor Barreto dos Santos**   

Graduado em Gestão Ambiental, Universidade Federal de Pelotas (UFPEL), Pelotas-RS, Brasil

**Kethlin Giovanna da Silva Ramos**   




Graduanda em Gestão Ambiental, Universidade Federal de Pelotas (UFPEL), Pelotas-RS, Brasil

**Maraiza Mendes Feijó**   

Mestranda em Ciências Ambientais, Universidade Federal de Pelotas (UFPEL), Pelotas-RS, Brasil

**Guilherme Gonçalves Wachholz**   

Graduando em Gestão Ambiental, Universidade Federal de Pelotas (UFPEL), Pelotas-RS, Brasil

**Célia Cristina Machado de Carvalho Vaz**   

Graduanda em Gestão Ambiental, Universidade Federal de Pelotas (UFPEL), Pelotas-RS, Brasil

**Stefani Curtinaz Mesquita**   




Graduanda em Gestão Ambiental, Universidade Federal de Pelotas (UFPEL), Pelotas-RS, Brasil

**Wesley Kabke**   


Graduando em Gestão Ambiental, Universidade Federal de Pelotas (UFPEL), Pelotas-RS, Brasil

**Roberta Machado Karsburg**   

Doutora em Ciências com ênfase em Manejo e Conservação do Solo e da Água, Docente do curso de Gestão Ambiental, Universidade Federal de Pelotas (UFPEL), Pelotas-RS, Brasil

**Eduarda Medran Rangel**   

Doutora em Ciência e Engenharia de Materiais, Docente do curso de Gestão Ambiental, Universidade Federal de Pelotas (UFPEL), Pelotas-RS, Brasil

DOI: 10.52832/wed.197.1134 

**Resumo:** A crescente preocupação com os impactos ambientais gerados por grandes eventos esportivos tem despertado a necessidade de melhorias nos processos de gestão de resíduos sólidos em espaços de grande circulação, como estádios de futebol. Neste contexto, este trabalho tem como objetivo verificar os processos de geração e gestão de resíduos sólidos durante eventos esportivos no Estádio denominado A, em Pelotas/RS, tomando como base três jogos do Campeonato Brasileiro Série D em 2025. Para isso, foram estabelecidos os seguintes objetivos específicos: estudar os conceitos de gestão, planejamento e gerenciamento ambiental; identificar a legislação e as normas vigentes para gerenciamento de resíduos sólidos em um estádio de futebol; identificar os processos administrativos e procedimentos operacionais relacionados ao gerenciamento ambiental de resíduos sólidos; e propor a implementação de um Sistema de Gestão Ambiental (SGA) para este fim. A pesquisa adotou abordagem qualitativa com observação sistemática dos padrões de descarte, coleta e destinação dos resíduos. Os resultados evidenciam problemas recorrentes na infraestrutura disponível, com concentração de lixeiras em áreas específicas e ausência significativa em setores de maior movimentação de público. A análise comparativa entre os eventos, realizados sob diferentes condições climáticas e com variação no número de espectadores, demonstra que os desafios na gestão de resíduos persistem independentemente desses fatores. Identificou-se como principais dificuldades a falta de coleta seletiva, a distribuição inadequada de coletores e a ausência de integração entre os setores responsáveis. Como contribuição, o estudo propõe diretrizes para um modelo de gestão adaptado ao estádio, enfatizando a necessidade de melhorias na infraestrutura de coleta, implementação de sistemas de triagem e desenvolvimento de ações educativas. É possível concluir que é necessária uma mudança comportamental do público e estrutural do local, salientando a importância da adequação às diretrizes da Política Nacional de Resíduos Sólidos, oferecendo subsídios para a implementação de práticas mais sustentáveis, reforçando ações com práticas de educação ambiental.

**Palavras-chave:** Destinação final. Esporte. Lazer. Reciclagem.

**Abstract:** The growing concern about the environmental impacts generated by large sporting events has highlighted the need for improvements in solid waste management processes in high-traffic spaces, such as football stadiums. In this context, this study aims to analyze the processes of solid waste generation and management during sporting events at Stadium A, located in Pelotas, Rio Grande do Sul, Brazil, based on three matches of the 2025 Brazilian Série D Championship. To this end, the following specific objectives were established: to examine the concepts of environmental management, planning, and administration; to identify the current legislation and regulations applicable to solid waste management in football stadiums; to analyze administrative processes and operational procedures related to environmental management of solid waste; and to propose the implementation of an Environmental Management System (EMS) for this purpose. The study adopted a qualitative approach based on systematic observation of waste disposal, collection, and final destination patterns. The results indicate recurring deficiencies in the available infrastructure, with a concentration of waste bins in specific areas and a significant lack in sectors with higher public circulation. Comparative analysis of events held under different climatic conditions and varying attendance levels demonstrates that waste management challenges persist regardless of these factors. The main difficulties identified include the absence of selective waste collection, inadequate distribution of collection points, and a lack of integration among the responsible sectors. As a contribution, this study proposes guidelines for a management model adapted to the stadium, emphasizing the need to improve collection infrastructure, implement waste sorting systems, and develop educational initiatives. It can be concluded that both behavioral

Wissen Editora, 2026 | ISBN 978-65-85923-89-7 | DOI: <http://www.doi.org/10.52832/wed.197>

changes among spectators and structural improvements at the venue are necessary, highlighting the importance of compliance with the National Solid Waste Policy guidelines. These measures provide support for the implementation of more sustainable practices and reinforce environmental education actions.

**Keywords:** Final disposal. Sport. Leisure. Recycling.

## 1 INTRODUÇÃO

A gestão ambiental envolve um conjunto de ações organizadas com o intuito de minimizar os impactos negativos ao meio ambiente, conforme abordado por Dey (2020), sendo essencial compreender seus princípios para aplicá-los de forma eficaz.

O crescimento populacional e o consumo são temas centrais para entender os desafios ambientais, sociais e econômicos do mundo atual. O aumento da população, aliado ao desejo crescente de consumir mais, está explorando de forma demasiada os recursos naturais, gerando resíduos e impactando a sustentabilidade do planeta (Sharma *et al.*, 2024).

Os momentos de lazer e interação social desempenham um papel significativo no aumento do consumo, especialmente em contextos urbanos pois segundo Waliaula e Mbogo (2021), os momentos de socialização influenciam diretamente os hábitos de consumo, uma vez que os indivíduos são motivados pelo desejo de pertencimento, reconhecimento social e prazer. Isso é ainda mais evidente com o uso das redes sociais, que amplificam o comportamento de consumo ao exibir estilos de vida que inspiram ou pressionam outros a consumir para manter certo padrão social.

Os estádios de futebol são locais com amplo público, periodicidade de eventos e elevado consumo, gerando além do lazer a geração de resíduos sólidos. Essa crescente produção de resíduos sólidos em eventos de grande porte, como jogos de futebol em estádios, tem gerado preocupações ambientais significativas, especialmente em países com sistemas de gestão de resíduos ainda em desenvolvimento (Pereira; Camilotto; Conto, 2019).

A geração intensiva de resíduos nesses locais representa não apenas um desafio logístico, mas também uma oportunidade para implementar práticas inovadoras de sustentabilidade. Este trabalho surge da observação de lacunas no gerenciamento de resíduos sólidos em estádios no Brasil, muitas vezes associado à falta de estratégias integradas que priorizem a classificação, reciclagem e reaproveitamento dos materiais descartados. Como observado por Guerrero, Maas e Hogland (2015), a eficiência da gestão de resíduos depende da interação de diversos agentes e do bom funcionamento das etapas operacionais.

Pesquisas internacionais destacam a importância de soluções eficientes para lidar com resíduos em estádios, como a classificação, reciclagem e reutilização, as quais, além de protegerem

o meio ambiente, resultam em economia financeira significativa (Than, 2019). Além disso, práticas eficazes de gerenciamento de resíduos sólidos, como a redução de resíduos, reciclagem, compostagem e gerenciamento adequado de aterros sanitários, evidenciam a relevância de sistemas integrados (Dey, 2020). No entanto, a implementação de tais sistemas é muitas vezes limitada por fatores contextuais e pela interação de múltiplas partes interessadas, cuja influência no planejamento e na execução de políticas é crucial para o sucesso ou fracasso dos sistemas de gestão (Guerrero; Maas; Hogland, 2015). Dessa forma, existe a necessidade de investigar como os estádios de futebol no Brasil podem adotar práticas sustentáveis de gerenciamento de resíduos sólidos, alinhadas à Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), instituída pela Lei nº 12.305/2010. Essa política estabelece diretrizes para a gestão integrada e o gerenciamento ambientalmente adequado dos resíduos, promovendo a responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos. Conforme salientam Pereira, Camilotto e Conto (2019), os estádios, por reunirem grandes públicos e concentrarem consumo intensivo em curtos períodos de tempo, tornam-se espaços estratégicos para aplicação de práticas ambientais sustentáveis.

Neste contexto, o objetivo geral desta pesquisa é analisar o gerenciamento ambiental de resíduos sólidos em um estádio de futebol, identificando práticas e estratégias que possam ser otimizadas ou implementadas com base nos princípios da sustentabilidade. Para alcançar esse objetivo principal, este estudo estabelece etapas como; estudar os conceitos de gestão, planejamento e gerenciamento ambiental, identificar a legislação e as normas vigentes para gerenciamento de resíduos sólidos em um estádio de futebol, identificar os procedimentos operacionais relacionados ao gerenciamento ambiental de resíduos sólidos em um estádio de futebol, analisando como as práticas de segregação, acondicionamento, coleta e destinação dos resíduos são realizadas na prática e propor quais ferramentas de Gestão Ambiental podem ser utilizadas para melhorar o processo de gerenciamento de resíduos sólidos no estádio de futebol.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

Este estudo adotou uma abordagem metodológica de natureza qualitativa, com foco na compreensão aprofundada dos processos de gestão de resíduos sólidos em estádios de futebol, tomando como local de análise o Estádio A, localizado na cidade de Pelotas (RS). Foram combinadas quatro estratégias complementares de investigação: pesquisa qualitativa exploratória, pesquisa bibliográfica, pesquisa documental e estudo de caso. A opção por múltiplos métodos teve como objetivo aumentar a confiabilidade dos resultados e captar as diferentes dimensões do fenômeno estudado, equilibrando teoria e prática.

A pesquisa qualitativa traz consistência a pesquisa, sendo estruturada segundo os fundamentos propostos por Minayo (2014), que destaca sua pertinência para estudos voltados à compreensão de fenômenos sociais complexos, contextualizados em suas dinâmicas próprias. No contexto deste estudo, essa abordagem foi essencial para interpretar os comportamentos dos torcedores em relação ao descarte de resíduos. A coleta de dados qualitativos foi realizada por meio de observação participante sistemática, durante três partidas oficiais da temporada de 2025, em dias distintos e com públicos variados, para captar possíveis diferenças nos padrões de geração e descarte de resíduos. Durante a observação, foram registrados por meio de anotações detalhadas os comportamentos dos torcedores em relação ao descarte de resíduos e as condições da infraestrutura disponível no estádio, complementados por registros fotográficos que documentaram situações específicas de descarte, pontos críticos de acúmulo de resíduos e a interação do público com os equipamentos de coleta. Esses registros permitiram capturar tanto os aspectos comportamentais quanto às condições estruturais que influenciam na gestão dos resíduos durante os eventos esportivos.

A pesquisa bibliográfica, nos moldes descritos por Gil (2008), teve como objetivo fundamentar teoricamente o estudo e possibilitar o diálogo com a literatura científica existente sobre gestão de resíduos sólidos, sustentabilidade em eventos esportivos e políticas públicas relacionadas. Para isso, foi realizada uma revisão sistemática da literatura, nas bases Google Acadêmico, Scopus, SciELO e Web of Science, utilizando os descritores “gestão de resíduos em estádios”, “resíduos sólidos urbanos”, “eventos esportivos sustentáveis” e “Política Nacional de Resíduos Sólidos”. O recorte temporal de 2015 a 2024 foi definido por contemplar o período de consolidação e aplicação prática da PNRS (Lei n. 12.305/2010), bem como os desdobramentos de grandes eventos esportivos realizados no Brasil (como a Copa do Mundo de 2014 e os Jogos Olímpicos de 2016), que estimularam a produção acadêmica sobre o tema.

A pesquisa documental seguiu os procedimentos descritos por Lakatos e Marconi (2003), voltando-se à análise de documentos normativos e institucionais. Foram consultadas legislações relevantes (PNRS, resoluções estaduais e municipais sobre resíduos sólidos e eventos), regulamentos internos do clube e do estádio, bem como documentos operacionais de gestão de resíduos, incluindo planilhas de controle, relatórios de prestação de serviços, cronogramas de limpeza e contratos com empresas terceirizadas. Essa análise permitiu identificar diretrizes formais, práticas estabelecidas e eventuais lacunas entre o que é normativamente exigido e o que de fato é praticado. A interpretação seguiu uma abordagem hermenêutica, buscando compreender os significados e implicações das práticas registradas à luz das normas e princípios da sustentabilidade.

O relato de caso, conforme abordado por Das e Singh (2021), configura-se como uma abordagem metodológica que privilegia a descrição detalhada e contextualizada de uma experiência concreta, permitindo ao pesquisador documentar e refletir sobre situações reais a partir de sua vivência direta. Esta estratégia é particularmente adequada para pesquisas que buscam compreender processos e dinâmicas em ambientes naturais, preservando a riqueza e complexidade do fenômeno estudado.

O Estádio A foi selecionado por sua representatividade como arena esportiva de porte médio no cenário gaúcho e por sua relevância histórica e simbólica na cidade de Pelotas. A escolha também se justificou pela viabilidade de acesso e pela disposição da gestão do clube em colaborar com a pesquisa. Com isso, a metodologia adotada proporcionou um equilíbrio entre o rigor acadêmico e a aplicabilidade prática, permitindo a identificação de aspectos estruturais, operacionais e comportamentais que influenciam a sustentabilidade dos eventos esportivos no contexto local.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados apresentam uma análise integrada dos dados coletados sobre a gestão de resíduos sólidos no Estádio A, articulando as evidências observacionais com os referenciais teóricos e normativos que fundamentam este estudo. A discussão está organizada na forma de relatos que dialogam com a literatura e com as políticas públicas, considerando tanto os aspectos operacionais internos quanto as dinâmicas comportamentais dos torcedores.

Os resultados demonstram como fatores estruturais, culturais e operacionais se inter-relacionam no cotidiano do estádio, criando desafios específicos que demandam soluções contextualizadas. A discussão avança progressivamente desde o diagnóstico dos problemas atuais até a proposição de um Sistema de Gestão Ambiental adaptado à realidade do Estádio A, mantendo como eixo central a compatibilização entre a tradição esportiva do local e as exigências contemporâneas de sustentabilidade.

Dentro do estádio foram identificados os seguintes resíduos: alimentos e embalagens (salgadinhos industrializados, churrasquinho, pastel frito, pipoca, amendoim, cachorro-quente); bebidas (garrafas PET, copos de isopor, copos plásticos descartáveis); e outros materiais, como ingressos, panfletos, bitucas de cigarro e embalagens diversas.

Relato 1: O primeiro jogo observado ocorreu em 18 de maio de 2025 e a partida contou com apenas 258 torcedores — menos de 1,5% da capacidade do estádio — em razão das condições climáticas adversas, com chuva constante e temperatura média de 12°C. Os poucos presentes concentraram-se nas áreas cobertas, o que resultou em acúmulo significativo de resíduos nesses

locais. A equipe de limpeza, composta por cinco funcionários, iniciou os trabalhos somente após a saída total do público, utilizando vassouras, pás e sacos plásticos pretos de 100 litros, sem qualquer procedimento de triagem ou segregação. Essa prática de manejo indiferenciado contraria os princípios da Política Nacional de Resíduos Sólidos (Lei nº 12.305/2010), que estabelece a obrigatoriedade da segregação na fonte.

Relato 2: O segundo jogo monitorado ocorreu em 8 de junho de 2025, com condições climáticas favoráveis e público de 903 torcedores. O entorno do estádio apresentou intensa movimentação do comércio informal. Embora alguns comerciantes mantivessem lixeiras próprias, a maioria dos torcedores descartava resíduos no chão, mesmo quando coletores estavam próximos. Na Avenida ao redor do Estádio, um terreno baldio converteu-se em ponto de descarte irregular. Dentro do estádio, observou-se maior diversidade de resíduos, com concentração nas arquibancadas centrais e corredores de acesso. A operação de limpeza repetiu o padrão do jogo anterior, sem triagem ou segregação. A comparação entre os dois jogos revela padrões consistentes de inadequação, sugerindo que fatores culturais e estruturais têm peso mais determinante que as circunstâncias climáticas no comportamento do público.

Relato 3: O terceiro jogo, realizado em 6 de julho de 2025, contou com 868 torcedores e evidenciou a persistência dos problemas já identificados. O comércio informal nas ruas gerou acúmulo expressivo de resíduos plásticos. Após a partida, o descarte irregular concentrou-se na entrada principal, onde coletores disponíveis foram ignorados — fenômeno que corrobora o conceito de "cegueira ambiental". No interior do estádio, a ausência de lixeiras no setor oeste contrastava com a subutilização dos coletores no setor leste, criando "desertos de descarte adequado". A equipe de limpeza enfrentou dificuldades adicionais com resíduos leves, como copos de isopor, e materiais de pequeno porte acumulados entre os assentos. Todo o material foi novamente acondicionado sem triagem, inviabilizando qualquer possibilidade de reciclagem.

A análise comparativa dos três jogos revela padrões preocupantes e recorrentes, que demandam intervenção sistêmica. A persistência dos mesmos problemas — desde a distribuição inadequada de lixeiras até a ausência de coleta seletiva — sugere que soluções pontuais terão efeito limitado. Conforme propõe a literatura, é necessária uma abordagem integrada que combine: redesenho completo da infraestrutura de coleta, com posicionamento estratégico baseado nos fluxos reais de público; campanhas educativas continuadas que explorem os canais de comunicação do clube; parcerias formais com catadores e comércio local; e capacitação adequada das equipes operacionais.

Foram identificados aspectos ambientais recorrentes durante os jogos, com potencial para gerar impactos negativos significativos, tais como: contaminação do solo por plásticos e

microplásticos, entupimento de bueiros e galerias pluviais, risco de incêndio por bitucas de cigarro, atração de vetores, proliferação de bactérias e fungos, contaminação de lençóis freáticos e poluição visual.

A FIFA, em sua estratégia de sustentabilidade para a Copa do Mundo de 2022, estruturou suas ações em consonância com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da ONU, priorizando 11 ODS a partir da análise de impactos e da definição de políticas alinhadas aos direitos humanos e à sustentabilidade. Dentre as ações, destacaram-se iniciativas voltadas à igualdade de gênero (ODS 5), educação de qualidade (ODS 4), redução das desigualdades (ODS 10), infraestrutura sustentável (ODS 9 e 11) e ação climática (ODS 13).

Com base nas observações, foram identificadas potencialidades para melhoria no Estádio A, relacionando desafios existentes a possíveis ações alinhadas aos ODS. Entre os desafios, destacam-se: falta de infraestrutura para coleta seletiva, descarte inadequado pelos torcedores, ausência de parcerias com cooperativas de reciclagem, inexistência de um Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos (PGRS) específico e baixa capacitação da equipe de limpeza. Como potencialidades, apontam-se: o grande volume de materiais recicláveis gerados, o engajamento potencial da torcida em campanhas de conscientização, a localização privilegiada do estádio para coleta por catadores, a existência de áreas subutilizadas que poderiam abrigar pontos de triagem e a disponibilidade de funcionários interessados em treinamentos.

Dentre as soluções propostas, destacam-se: implementação de sistema de copos retornáveis com identidade visual do clube; instalação de coletores específicos para bitucas e lixeiras segregadas por tipo de resíduo; desenvolvimento de campanhas de educação ambiental com participação de ídolos da equipe; ampliação do número de lixeiras na proporção de uma para cada 150 pessoas; capacitação continuada das equipes de limpeza; e estabelecimento de parcerias formais com cooperativas de reciclagem.

Foram identificadas quatro ferramentas de Gestão Ambiental com potencial para auxiliar no processo de tornar o estádio mais sustentável: Educação Ambiental (EA), ESG (*Environmental, Social and Governance*), Sistema de Gestão Ambiental (SGA) e Logística Reversa (LR). A Educação Ambiental não formal, conforme Paraskeva-Hadjichambi *et al.* (2020), pode contribuir para a formação da Cidadania Ambiental, capacitando os envolvidos a atuarem como agentes de mudança. O Estádio A poderia adotar estratégias inspiradas em iniciativas como as do Curitiba, promovendo programas como "Torcedor Ambiental Mirim" e "Torcedor Ambiental Sênior".

A adoção de práticas ESG tem se mostrado relevante no contexto esportivo, contribuindo para a valorização institucional dos clubes, atração de patrocinadores e alinhamento ao tripé da sustentabilidade. Experiências como a do Atlético Mineiro, com o projeto "Energia do Galo",

demonstram como inovações ambientais podem gerar benefícios econômicos e sociais simultaneamente. O Sistema de Gestão Ambiental, fundamentado em normas como a ISO 14001, permite monitorar operações, reduzir impactos e garantir conformidade legal. O exemplo do Botafogo, que reduziu em 30% a geração de copos plásticos após certificação e parceria com fornecedor de copos reutilizáveis, evidencia os resultados possíveis. A Logística Reversa, por sua vez, inspirada em práticas adotadas pela FIFA em megaventos, pode viabilizar o reaproveitamento de materiais, a compostagem de resíduos orgânicos e o fechamento do ciclo produtivo por meio de parcerias com cooperativas.

A integração dessas quatro ferramentas — EA, ESG, SGA e LR — constitui um caminho estratégico para transformar o Estádio A em referência em sustentabilidade no cenário esportivo regional. Para concretizar essa visão, sugere-se a criação de um Comitê de Sustentabilidade multissetorial, o estabelecimento de metas de redução de impactos, a busca por certificações reconhecidas e a comunicação transparente dos resultados obtidos.

#### 4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho teve como objetivo geral analisar o gerenciamento ambiental de resíduos sólidos no Estádio A em Pelotas/RS. A partir da observação sistemática de três partidas do Campeonato Brasileiro Série D de 2025 e da análise crítica da estrutura existente, constatou-se a ausência de um plano eficaz e integrado de gestão de resíduos, demonstrando a urgência na implementação de ferramentas de Gestão Ambiental adaptadas ao contexto do clube. Embora existam iniciativas pontuais e alguma infraestrutura, faltam planejamento estratégico, coordenação entre setores e ações educativas consistentes. A análise revela que estádios como o Estádio A têm potencial para se tornarem agentes de sustentabilidade, desde que institucionalizem práticas alinhadas à Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) e aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), particularmente o ODS 12 (Consumo Responsável) e ODS 11 (Cidades Sustentáveis).

Ao estudar os conceitos de gestão, planejamento e gerenciamento ambiental, a pesquisa demonstrou que a sustentabilidade em ambientes esportivos requer integração entre planejamento estratégico, ações operacionais e engajamento dos *stakeholders*. O caso do Estádio A mostrou que, mesmo com limitações estruturais, é possível avançar na adoção de boas práticas através de metas claras e articulação entre setores, sendo esses conceitos fundamentais para impulsionar políticas sustentáveis locais. Quanto ao identificar a legislação e normas vigentes, esta pesquisa destaca a importância crucial da PNRS (Lei nº 12.305/2010) para a gestão ambientalmente adequada de resíduos. No estádio estudado, a falta de coleta seletiva, planos de gerenciamento e ações educativas

representa a perda de oportunidades estratégicas de modernização e engajamento social. No que tange ao identificar processos administrativos e operacionais, constatou-se a falta de padronização nos procedimentos de gestão de resíduos. A coleta ocorre de forma improvisada, com infraestrutura insuficiente, sinalização inadequada e desconexão entre setores, impactando negativamente a eficiência operacional, a experiência do torcedor e a imagem institucional. Fica evidente que a gestão eficaz exige não só melhorias físicas, mas principalmente comprometimento institucional, capacitação de equipes e fortalecimento da governança ambiental interna.

Inclusive esta pesquisa sugere um sistema integrado que combine ações estruturais (melhoria de pontos de coleta), operacionais (protocolos de triagem) e educativas (campanhas de conscientização), incluindo parcerias com cooperativas de reciclagem. Esta proposta, baseada na realidade observada e em boas práticas nacionais e internacionais, permitiria ao Estádio A transformar-se em referência regional em sustentabilidade, fortalecendo seus vínculos com a comunidade e contribuindo efetivamente para os ODS, enquanto cumpre sua responsabilidade socioambiental como equipamento esportivo e cultural relevante para a cidade de Pelotas.

Finalizando o diagnóstico evidenciou a necessidade urgente de intervenções no sistema de gestão de resíduos do Estádio A. A combinação de melhorias na infraestrutura, processos operacionais eficientes e programas de conscientização ambiental através de ferramentas de Gestão Ambiental pode transformar significativamente o cenário atual, reduzindo os impactos ambientais dos eventos esportivos. Os dados coletados fornecem subsídios técnicos para a elaboração de um Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos específico para o estádio, alinhado às melhores práticas de sustentabilidade em arenas esportivas e à PNRS.

## REFERÊNCIAS

ABRELPE – Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais.

**Panorama dos resíduos sólidos no Brasil 2022.** São Paulo: ABRELPE, 2023. Disponível em: <https://abrelpe.org.br>. Acesso em: 20 fev. 2025.

ARQUIVOS FUTEBOL BRASIL. **Estádios do Brasil: Estádio Bento Freitas, Pelotas/RS.** 2023. Disponível em: <https://arquivosfutebolbrasil.com.br/blog/2023/08/01/estadios-do-brasil-estadio-bento-de-freitas-pelotas-rs/>. Acesso em: 5 jul. 2025.

ATLÉTICO MINEIRO. **Programa ESG. Belo Horizonte,** 2023. Disponível em: <https://atletico.com.br/esg/>. Acesso em: 22 jul. 2025.

BOTAFOGO. **Relatório de Sustentabilidade 2023.** Rio de Janeiro, 2023. Disponível em: <https://static.botafogo.com.br/upload/downloads/f910dbb59251424e850a7e1da648717e.pdf>. Acesso em: 15 jun. 2025.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente (MMA). **Publicações sobre gestão de resíduos sólidos**. Brasília: MMA, 2024.

BRASIL. **Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) – Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010**. Estabelece diretrizes para a gestão integrada e o gerenciamento de resíduos sólidos. Diário Oficial da União, Brasília, 2010.

DAS, A.; SINGH, I. How to Write a Case Report? Indian Dermatology Online Journal, v. 12, n. 5, p. 683-686, set. 2021. **Medknow**. <http://dx.doi.org/10.4103/2229-5178.325856>.

DEY, S. Solid waste management. In: SILVA, A.; KUMAR, R. (Org.). Concise Handbook of Waste Treatment Technologies. **Londres: Elsevier, 2020**. Cap. 10, p. 135–150. DOI: 10.4135/9781412974592.n135.

**ENCICLOPÉDIA do futebol brasileiro**. Rio de Janeiro: Areté, 2004.

EXAME. **Sustentabilidade: estádios brasileiros se destacam por práticas em prol do meio ambiente**. São Paulo, 2023. Disponível em: <https://exame.com/esporte/sustentabilidade-estadios-brasileiros-se-destacam-por-praticas-em-prol-do-meio-ambiente/>. Acesso em: 8 jul. 2025.

FGF – Federação Gaúcha de Futebol. **Campeonato Gaúcho e Clubes Filiados**. 2024. Disponível em: <https://www.fgf.com.br>. Acesso em: 10 jul. 2025.

FIFA. **Contribution to the UN Sustainable Development Goals (SDGs)**. 2022. Disponível em: <https://publications.fifa.com/en/final-sustainability-report/sustainability-at-the-fifa-world-cup/alignment-with-the-un-sdgs>. Acesso em: 22 jul. 2025.

FIFA – Fédération Internationale de Football Association. **Relatório Anual sobre Futebol Global**. 2024. Disponível em: <https://www.fifa.com>. Acesso em: 15 mar. 2025.

FIFA. **Waste management and circular economy**. 2023. Disponível em: <https://inside.fifa.com/sustainability/waste-management-circular-economy>. Acesso em: 30 jun. 2025.

FUTEBOL INTERIOR. Disponível em: <https://www.futebolinterior.com.br>. Acesso em: 8 jul. 2025.

GE BRASIL. Disponível em: <https://www.gebrasil.com.br>. Acesso em: 3 jul. 2025.

GUERRERO, L.; MAAS, G.; HOGLAND, W. Solid waste management challenges for cities in developing countries. **Waste Management**, v. 33, n. 1, p. 220-232, 2015.

MANUAL DE GESTÃO AMBIENTAL PARA EVENTOS SUSTENTÁVEIS. UNEP (United Nations Environment Programme), 2023.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS (ONU). **Objetivos de Desenvolvimento Sustentável**. 2015. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/sdgs>. Acesso em: 12 jul. 2025.

OSÓRIO, S. A. G.; AMARAL, M. G. **A História dos Bra-Péis**. Pelotas: Editora Signus, 2008.

PARASKEVA-HADJICHAMBI, D.; GOLDMAN, D.; HADJICHAMBIS, A. Ch.; PARRA, G.; LAPIN, Katharina; KNIPPELS, Marie-Christine; VAN DAM, F. Educating for Environmental Citizenship in Non-formal Frameworks for Secondary Level Youth. **Environmental Discourses In Science Education**, p. 213-235, 2020. [http://dx.doi.org/10.1007/978-3-030-20249-1\\_14](http://dx.doi.org/10.1007/978-3-030-20249-1_14).

PEREIRA, G. S.; CAMILOTTO, S.; CONTO, S. M. Práticas ambientais nos estádios de futebol da Copa do Mundo de 2014. **Revista Eletrônica de Administração e Turismo**, Pelotas, v. 13, n. 1, p. 1769-1786, jan. 2019.

THANH, N. Problema global do lixo – Abordando os problemas de gerenciamento de resíduos em estádios. **Revista Internacional de Ciências do Esporte e Educação Física**, v. 15, n. 3, p. 123-135, 2019.

WALIAULA, S.; MBOGO, F. Leisure, English Premier League soccer spectatorship and social identities in Nairobi and Eldoret, Kenya. **Soccer&Society**, v. 23, n. 8, p. 909-919, 10 set. 2021. <http://dx.doi.org/10.1080/14660970.2021.1977281>.




# CAPÍTULO 7

## VALORIZAÇÃO DE RESÍDUOS VERDES DE HORTO URBANO POR MEIO DE PIRÓLISE: PRODUÇÃO DE BIOCHAR E POTENCIAL DE MITIGAÇÃO CLIMÁTICA


VALORIZATION OF URBAN NURSERY GREEN WASTE THROUGH PYROLYSIS:  
BIOCHAR PRODUCTION AND CLIMATE-MITIGATION POTENTIAL

**João Gabriel Chaib**   

Discente de Doutorado em Ciências Ambientais, Instituto de Ciência e Tecnologia de Sorocaba (ICTS), UNESP Sorocaba, Sorocaba-SP, Brasil

**Nídia de Sá Caetano**   

Doutora em Engenharia Química pela Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto (FEUP), Portugal. Professora Coordenadora do Departamento de Engenharia Química do Instituto Superior de Engenharia do Porto (ISEP), Instituto Politécnico do Porto, e investigadora sénior do Laboratório de Engenharia de Processos, Ambiente, Biotecnologia e Energia (LEPABE), Universidade do Porto, Porto, Portugal

DOI: 10.52832/wed.197.1135 

**Resumo:** A gestão de resíduos verdes urbanos constitui um desafio crescente, em especial quando parte significativa dessa biomassa é destinada a aterros ou descartada sem qualquer forma de valorização. Neste contexto, a pirólise lenta desponta como rota termoquímica capaz de transformar resíduos de hortos em biochar, reduzindo passivos ambientais e contribuindo para estratégias de economia circular e mitigação climática. Este capítulo avaliou a pirólise de resíduos verdes de um horto urbano, produzindo biochar a partir de uma mistura representativa de galhos, folhas e ervas. Os ensaios foram conduzidos em forno tubular vertical, em atmosfera inerte, variando temperatura de patamar, tempo de residência e taxa de aquecimento, de acordo com um Delineamento Composto Central. Determinaram-se os rendimentos das frações sólida, líquida e gasosa, bem como o poder calorífico superior do biochar. A análise estatística indicou a temperatura como principal fator de controle do rendimento sólido, com influência complementar do tempo de patamar e da taxa de aquecimento. A partir dos rendimentos médios e dos dados de geração de resíduos do horto, estimou-se, de forma exploratória, o potencial de estocagem de carbono no biochar e as emissões de CO<sub>2</sub> equivalente potencialmente evitadas em comparação com a destinação em aterros. Os resultados demonstram que a pirólise de resíduos verdes urbanos é tecnicamente viável e oferece oportunidades integradas de gestão de resíduos, aproveitamento energético e mitigação das mudanças climáticas.

**Palavras-chave:** Resíduos verdes urbanos. Pirólise. Biochar. Mitigação das Mudanças Climáticas. Economia circular.

**Abstract:** The management of urban green waste is an increasingly pressing challenge, especially when a significant portion of this biomass is landfilled or discarded without any form of valorization. In this context, slow pyrolysis emerges as a thermochemical route capable of converting nursery green waste into biochar, reducing environmental liabilities and contributing to circular economy and climate mitigation strategies. This chapter evaluated the pyrolysis of green waste from an urban nursery, producing biochar from a representative mixture of branches, leaves and herbs. The experiments were carried out in a vertical tubular furnace under inert atmosphere, varying peak temperature, residence time and heating rate according to a Central Composite Design. The yields of the solid, liquid and gaseous fractions were determined, as well as the Higher Heating Value of the biochar. Statistical analysis indicated that temperature was the main factor controlling solid yield, with complementary influences from residence time and heating rate. Based on average yields and the nursery's waste generation data, the potential carbon storage in biochar and the associated avoided CO<sub>2</sub> emissions were estimated in comparison with landfilling. The results show that the pyrolysis of urban green waste is technically feasible and offers integrated opportunities for waste management, energy recovery and climate change mitigation.

**Keywords:** Urban green waste. Pyrolysis. Biochar. Climate Change mitigation. Circular economy.

## 1 INTRODUÇÃO

Os grandes desafios ambientais do século XXI impõem a urgência de buscar soluções alinhadas com o Desenvolvimento Sustentável e com a transição para a Economia Circular (Geissdoerfer *et al.*, 2020). Neste cenário, a gestão de resíduos e a valorização de recursos emergem como pautas globais prioritárias (UNEP, 2021). Em ambientes urbanos e rurais, a manutenção de espaços verdes, hortos e parques gera um volume expressivo de resíduos verdes, frequentemente descartados em aterros sanitários ou manejados de forma inadequada, o que representa tanto um passivo ambiental quanto o desperdício de um potencial recurso material e energético (Mani *et al.*, 2022).

A gestão de resíduos de podas e de espécies vegetais em propriedades periurbanas ou urbanas é particularmente desafiadora, devido ao grande volume gerado e à dificuldade de manejo ou destinação adequada (Malheiro, 2014). A falta de locais apropriados para a disposição desses resíduos, combinada com o custo elevado das técnicas de tratamento convencionais, impõe um problema recorrente às administrações municipais. Ao mesmo tempo, a biomassa de origem urbana constitui um recurso ambientalmente sustentável, com a vantagem de apresentar baixo custo associado à matéria-prima: resíduos de podas e de jardinagem podem ser aproveitados para fins energéticos e ambientais, sobretudo quando submetidos a processos de pré-tratamento e conversão adequados (Cortez *et al.*, 2008).

No Brasil, a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS, Lei 12.305/2010) estabelece uma hierarquia que prioriza a não geração, a redução, a reciclagem, o tratamento e, apenas em última instância, a disposição final (Brasil, 2010). Resíduos de poda, classificados como Resíduos Sólidos Classe II (não perigosos), quando destinados diretamente a aterros podem acelerar sua degradação ambiental e reduzir a vida útil dessas estruturas (ABNT NBR 10.004/2004; Cortez *et al.*, 2008). Dessa forma, a adoção de rotas tecnológicas que promovam a valorização termoquímica da biomassa e evitem sua simples decomposição em aterros é estratégica para políticas de mitigação ambiental, manejo urbano e agricultura sustentável.

Especificamente em Portugal, a problemática dos resíduos verdes está também ligada à prevenção de catástrofes ambientais, como os incêndios rurais. A legislação nacional (Portugal, 2018) exige maior diligência na limpeza de terrenos, ampliando ainda mais a disponibilidade de biomassa lignocelulósica que necessita de rotas de valorização ambientalmente adequadas. Nesse contexto, resíduos verdes de hortos urbanos configuram um fluxo contínuo de biomassa cuja gestão sustentável pode reduzir riscos ambientais, emissões associadas à disposição convencional e, simultaneamente, gerar produtos de valor agregado.

A pirólise destaca-se como uma rota termoquímica promissora para o aproveitamento dessa biomassa. Trata-se de um processo realizado sob elevadas temperaturas e em ausência de oxigênio, que decompõe a matéria-prima em três frações: bio-óleo (líquida), gases não condensáveis (gasosa) e biochar (fração sólida carbonácea) (Bridgwater, 2012). Entre esses produtos, o biochar tem recebido atenção crescente, tanto pela possibilidade de uso energético quanto, principalmente, por aplicações ambientais. Seu uso remete à Terra Preta de Índio na Amazônia, solo enriquecido historicamente por materiais carbonizados, conhecido por sua elevada fertilidade e estabilidade de longo prazo (Pronatura, 2012).

Atualmente, o biochar é valorizado por propriedades físico-químicas como alta porosidade, grande área superficial, alcalinidade e elevado teor de carbono fixo, que o tornam um material estável e recalcitrante, com potencial para sequestro de carbono, melhoria da qualidade do solo e uso em processos de remediação (Lehmann; Joseph, 2015). Ainda, diversos autores destacam o biochar como uma tecnologia de emissões negativas, capaz de estabilizar carbono biogênico por longos períodos e reduzir as emissões de CO<sub>2</sub> e CH<sub>4</sub> associadas à decomposição convencional de resíduos orgânicos em aterros ou em pilhas a céu aberto, contribuindo para o combate às mudanças climáticas (Woolf *et al.*, 2010; Lehmann; Joseph, 2015).

Entretanto, a qualidade e as propriedades finais do biochar variam de forma significativa em função tanto da matéria-prima quanto dos parâmetros operacionais da pirólise, como temperatura final e taxa de aquecimento (Basso *et al.*, 2013). No caso de resíduos verdes urbanos, compostos por misturas de galhos, folhas e material herbáceo, essa variabilidade é ainda mais relevante, exigindo a determinação de condições de processo que maximizem o rendimento da fração sólida e resultem em um biochar com características adequadas às aplicações ambientais pretendidas.

Diante desse contexto, este trabalho teve como objetivos principais: (i) produzir e avaliar biochar obtido por pirólise lenta de resíduos verdes de um horto urbano, investigando a influência da temperatura de patamar, do tempo de patamar e da taxa de aquecimento nos rendimentos das frações (sólida, líquida e gasosa) e no poder calorífico superior do biochar; e (ii) estimar, de forma exploratória, o potencial de estocagem de carbono e a correspondente redução de emissões de gases de efeito estufa associada à valorização desses resíduos por pirólise, em comparação com sua destinação convencional em aterros. A abordagem proposta busca demonstrar a viabilidade da pirólise como rota de valorização de resíduos verdes, contribuindo simultaneamente para a gestão sustentável de resíduos urbanos e para estratégias de mitigação das mudanças climáticas no contexto da economia circular.

## 2 METODOLOGIA

### 2.1 Área de estudo e origem da biomassa

A biomassa utilizada neste estudo foi coletada no Horto da Boavista, empreendimento de jardinagem localizado no município do Porto, Portugal. O horto executa serviços de manutenção e implantação de áreas verdes públicas e privadas, gerando um volume contínuo de resíduos de podas, capinas e limpeza de jardins. Em estimativa interna, o empreendimento reporta a geração de aproximadamente 15 m<sup>3</sup> de resíduos verdes por mês (cerca de 400 kg), parte dos quais é encaminhada para ecocentros municipais, enquanto o excedente enfrenta limitações de destinação e tende a ser encaminhado como lixo comum, com risco de disposição final em aterros.

Essa realidade torna o Horto da Boavista um caso representativo dos desafios de gestão de resíduos verdes urbanos, ao mesmo tempo em que oferece uma oportunidade concreta de testar rotas de valorização termoquímica da biomassa gerada nas atividades de manutenção paisagística (Malheiro, 2014; UNEP, 2021)

### 2.2 Coleta, pré-tratamento e preparação física da biomassa

A biomassa foi coletada diretamente nas pilhas de armazenamento temporário do horto, imediatamente após a execução das atividades de jardinagem. O material fresco foi inicialmente submetido à triagem manual para remoção de impurezas (solo, pedras, plásticos e outros contaminantes físicos) e, em seguida, separado em três frações principais: galhos, folhas e ervas, representativas da composição típica dos resíduos verdes gerados no empreendimento, conforme ilustra a Figura I.

Após a triagem e separação, cada fração foi triturada em equipamento mecânico, de modo a reduzir o tamanho de partícula e minimizar variações granulométricas durante os ensaios. O material triturado foi então submetido à secagem ao ar, em ambiente coberto e bem ventilado, até atingir umidade adequada para o armazenamento e manuseio, evitando crescimento microbiano e perdas de massa associadas à degradação biológica. A redução do teor de umidade antes dos ensaios é prática usual em processos termoquímicos, pois diminui o consumo energético na etapa de aquecimento inicial (Cortez *et al.*, 2008; Silva, 2007).

**Figura 1** – a-c. Separação da biomassa em frações: (a) galhos; (b) folhas; (c) ervas, provenientes dos resíduos verdes do Horto da Boavista.



Fonte: Arquivos do autor, 2018.

A composição heterogênea dos resíduos verdes influencia diretamente o comportamento termoquímico durante a pirólise. Por isso, a caracterização detalhada de cada fração e a definição de uma mistura representativa são etapas essenciais para interpretar os resultados e extrapolá-los para a realidade operacional do horto.

### 2.3 Caracterização físico-química da biomassa

Antes dos ensaios de pirólise, as frações de galhos, folhas e ervas foram caracterizadas quanto aos principais parâmetros de interesse energético e termoquímico:

- teor de umidade;
- teor de cinzas;
- teor de materiais voláteis;
- teor de lignina;
- poder calorífico superior (PCS).

Os ensaios seguiram procedimentos laboratoriais padronizados para determinação de umidade por secagem em estufa, cinzas por calcinação em mufla, lignina por digestão ácido-hidrolítica e PCS por calorimetria em bomba. Esses parâmetros permitem avaliar o grau de lignificação, o conteúdo mineral e o potencial energético das biomassas, aspectos diretamente relacionados ao rendimento e à qualidade dos produtos da pirólise (Bridgwater, 2012; Lehmann & Joseph, 2015).

## 2.4 Processo de pirólise

A pirólise foi conduzida em forno tubular vertical de leito fixo, ilustrado na Figura II, aquecido eletricamente e equipado com controlador programável de temperatura e tempo. As amostras de biomassa foram acondicionadas em cesto de material refratário, posicionado na zona quente do reator. Antes do início de cada ensaio, o sistema foi purgado com gás inerte ( $N_2$ ) para remoção do oxigênio residual do interior do tubo, evitando reações de combustão indesejadas. Durante todo o processo manteve-se fluxo contínuo de  $N_2$  como gás de arraste, configurando atmosfera inerte adequada à decomposição térmica da biomassa.

**Figura 2** – Forno pirólítico tubular vertical de leito fixo utilizado no processo de pirólise deste experimento



**Fonte:** Arquivos do autor, 2018.

Optou-se por uma pirólise lenta, por ser a rota mais indicada quando o objetivo principal é a maximização do rendimento em fase sólida e a obtenção de um biochar com maior grau de carbonização e estabilidade, além de permitir análise mais detalhada dos efeitos térmicos sobre o material (Lehmann & Joseph, 2015).

Os ensaios foram realizados variando-se as seguintes condições operacionais:

- Temperatura final: entre 300 e 450 °C;
- Taxa de aquecimento: entre 10 e 20 °C por minuto;
- Tempo de patamar na temperatura final: entre 10 e 20 minutos.

Esses intervalos permitem observar a transição entre regimes de pirólise com maior retenção de massa (temperaturas mais baixas e tempos menores) e condições em que predominam estruturas mais aromatizadas e carbonizadas (temperaturas e tempos mais elevados), conforme descrito em estudos de degradação térmica de biomassas lignocelulósicas (Bridgwater, 2012).

As frações de galhos, folhas e ervas foram combinadas em uma mistura representativa dos resíduos do horto (40% de galhos, 25% de folhas e 35% de ervas, em base úmida), de forma a reproduzir, nos ensaios, a composição média observada nas atividades reais de manutenção.

Para avaliar, de forma sistemática, a influência da temperatura de patamar, do tempo de patamar e da taxa de aquecimento sobre os rendimentos de biochar, bio-óleo e gases, bem como sobre as propriedades do biochar, foi utilizado um Delineamento Composto Central (DCC). Esse planejamento permite estimar efeitos lineares, quadráticos e de interação entre as variáveis independentes, com eficiência estatística superior à variação de um fator por vez (Basso et al., 2013).

Os níveis codificados dos fatores avaliados no DCC estão apresentados na Tabela 1. A combinação desses níveis resultou em 20 ensaios de pirólise, incluindo pontos centrais repetidos, que orientaram a realização dos experimentos.

**Tabela 1** – Fatores e níveis avaliados no Delineamento Composto Central (DCC)

FATOR	NÍVEL BAIXO	PONTO CENTRAL	NÍVEL ALTO
TEMPERATURA FINAL (°C)	300	375	450
TEMPO DE PATAMAR (MIN)	10	15	20
TAXA DE AQUECIMENTO (°C/MIN)	10	15	20

Fonte: Autores, 2025.

Ao término de cada ensaio, o forno foi resfriado até temperatura ambiente antes da abertura do sistema, evitando choque térmico no tubo e combustão do material em contato com o ar. As três frações resultantes foram quantificadas da seguinte forma:

- Fração sólida (biochar): recuperada diretamente do cesto e pesada em balança analítica;
- Fração líquida (bio-óleo + água condensada): coletada em sistema de condensação acoplado a kitasato mantido em banho de água e gelo, previamente pesado;
- Fração gasosa: estimada por balanço de massa, a partir da diferença entre a massa inicial de biomassa alimentada e as massas das frações sólida e líquida.

Essa abordagem segue práticas consolidadas em estudos de pirólise de biomassa, permitindo avaliar o balanço global da reação e comparar o desempenho das condições operacionais quanto à distribuição de produtos (Lehmann; Joseph, 2015).

## 2.5 Caracterização do biochar

O biochar obtido nos ensaios de pirólise teve sua fração sólida quantificada e caracterizada quanto ao poder calorífico superior (PCS), determinado em calorímetro adiabático, seguindo os mesmos procedimentos adotados na caracterização da biomassa. O PCS foi utilizado como indicador do potencial energético residual e, em conjunto com os rendimentos sólidos, como base para a estimativa do potencial de estocagem de carbono no material.

Propriedades como pH, teor de cinzas, materiais voláteis e carbono fixo, frequentemente relatadas em estudos de biochar por influenciarem alcalinidade, enriquecimento mineral e grau de carbonização, são discutidas neste trabalho à luz da literatura especializada (Basso *et al.*, 2013; Lehmann; Joseph, 2015), por estarem diretamente relacionadas ao desempenho ambiental esperado do material.

## 2.6 Análise estatística e modelagem

Os resultados de rendimento das frações de pirólise e de poder calorífico superior do biochar foram analisados por regressão múltipla e ANOVA, com construção de superfícies de resposta, no software JMP® (v.14). Essa abordagem permitiu avaliar os efeitos principais e as interações entre temperatura de patamar, tempo de patamar e taxa de aquecimento, bem como identificar tendências preditivas para o rendimento de biochar e para o PCS. Modelos desse tipo são amplamente utilizados em estudos de pirólise, dada a natureza complexa da degradação térmica de biomassas lignocelulósicas (Bridgwater, 2012).

## 2.7 Estimativa do potencial de estocagem de carbono e emissões evitadas

A partir dos rendimentos sólidos médios obtidos nos ensaios de pirólise (Tabela 3), foi estimada a massa de biochar produzida por unidade de massa de biomassa seca. Considerou-se, para fins de extrapolação, a geração média de resíduos verdes pelo Horto da Boavista, de aproximadamente 15 m<sup>3</sup> por mês (aproximadamente 400 kg), dos quais cerca de dois terços (200 kg mês) não dispõe de destinação adequada e pode, em cenário de referência, ser encaminhada para disposição final em aterros.

Com base nessa fração de resíduos e no rendimento sólido médio, estimou-se a produção potencial anual de biochar caso essa parcela fosse destinada à pirólise. Para converter a massa de biochar em massa de carbono estabilizado, adotou-se um teor médio de carbono fixo reportado na literatura para biochars produzidos a partir de resíduos lignocelulósicos em condições semelhantes, considerando-se que essa fração permanece estável em horizontes de tempo da ordem de décadas a séculos (Woolf *et al.*, 2010; Lehmann; Joseph, 2015). A massa de carbono assim obtida foi

convertida em dióxido de carbono equivalente (CO<sub>2</sub>e) utilizando o fator estequiométrico 44/12 (1 t C = 3,67 t CO<sub>2</sub>).

As estimativas resultantes representam um cenário simplificado de potencial de estocagem de carbono e de emissões de gases do efeito estufa (GEE) evitadas, assumindo que, na ausência da rota de pirólise, a biomassa seria degradada com retorno rápido desse carbono à atmosfera, na forma de CO<sub>2</sub> e CH<sub>4</sub>, durante a decomposição em aterros ou em pilhas de resíduos verdes.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1 Caracterização físico-química das biomassas

A Tabela 2 apresenta a caracterização físico-química das três frações de biomassa utilizadas no estudo.

**Tabela 2** – Caracterização físico-química da biomassa utilizada.

PARÂMETRO	GALHOS	FOLHAS	ERVAS
UMIDADE (%)	46	59	74
CINZAS (%)	1,01	3,32	8,23
LIGNINA (%)	38	19	3
PCS (CAL/G)	4529	4809	4056

Fonte: Autores, 2025.

As três frações de biomassa avaliadas (galhos, folhas e ervas) apresentaram comportamentos distintos durante a pirólise, resultado direto de suas composições físico-químicas (umidade, cinzas, lignina e PCS).

O elevado teor de umidade observado nas ervas (74%) promoveu maior consumo energético inicial para evaporação, retardando o início das reações de degradação térmica. Em contraste, galhos, com maior teor de lignina (38%), mostraram maior estabilidade térmica e tendência à formação de maior quantidade de carbono fixo.

A literatura corrobora essa tendência: ligninas mais concentradas favorecem biochars estruturalmente mais recalcitrantes (Lehmann; Joseph, 2015), enquanto a fração herbácea, mais rica em hemicelulose, apresenta degradação mais precoce e maior geração de voláteis (Bridgwater, 2012).

#### 3.2 Rendimento das frações da pirólise

A partir dos 20 ensaios desenhados para o experimento proposto, foram determinadas estatísticas descritivas dos resultados, apresentadas no Tabela 3. Observa-se que o rendimento sólido médio foi de 53,57%, com variação entre 30,56% e 78,26%, enquanto o rendimento líquido

apresentou média de 18,53% e maior dispersão. O poder calorífico superior (PCS) do biochar manteve-se em faixa relativamente estreita, com média de 5.397 cal/g.

**Tabela 3** – Estatísticas descritivas dos resultados dos ensaios de pirólise (n = 20).

PARÂMETRO	MÉDIA	DESVIO-PADRÃO	MÍNIMO	MÁXIMO
RENDIMENTO SÓLIDO (%)	53,57	17,81	30,56	78,26
RENDIMENTO LÍQUIDO (%)	18,53	13,33	-2,73	40,87
PODER CALORÍFICO SUPERIOR (CAL/G)	5.397	343	4.877	5.816

Fonte: Autores, 2025.

Os rendimentos das frações sólida (biochar), líquida (bio-óleo + água condensada) e gasosa variaram de acordo com as condições operacionais impostas pelo Delineamento Composto Central (temperatura de patamar, tempo de patamar e taxa de aquecimento). De modo geral, verificou-se que temperaturas mais baixas (em torno de 300 °C), combinadas a tempos de patamar menores, favoreceram maior retenção de massa na forma de biochar, enquanto temperaturas de 450 °C e tempos mais longos promoveram maior devolatilização da biomassa, com incremento nas frações líquida e gasosa.

Esse comportamento é consistente com o modelo termoquímico clássico da degradação lignocelulósica: hemiceluloses degradam em temperaturas mais baixas, celulose em faixas intermediárias e lignina ao longo de um intervalo mais amplo, com contribuição importante para a formação da matriz carbonosa do biochar (Bridgwater, 2012). Assim, nas condições mais brandas, parte significativa da estrutura ainda permanece na forma sólida, ao passo que, à medida que se eleva a temperatura, intensifica-se a quebra de cadeias e a formação de produtos voláteis.

A taxa de aquecimento também influenciou os rendimentos, embora de forma menos pronunciada que a temperatura. Condições com aquecimento mais rápido tenderam a aumentar a fração gasosa e reduzir a condensação de vapores, enquanto taxas intermediárias proporcionaram melhor equilíbrio entre formação de biochar e bio-óleo, em linha com observações de Basso et al. (2013) para biomassas lignocelulósicas semelhantes

### 3.3 Propriedades energéticas do biochar

O poder calorífico superior (PCS) do biochar apresentou valores superiores aos da biomassa original, refletindo o enriquecimento em carbono e a remoção de grupos oxigenados durante a pirólise. Conforme mostra a Tabela 3, o PCS médio foi de 5.397 cal/g, com variação entre 4.877 e 5.816 cal/g, e desvio-padrão relativamente baixo (343 cal/g), indicando que, apesar

da variação nas condições operacionais, o produto sólido manteve desempenho energético consistente.

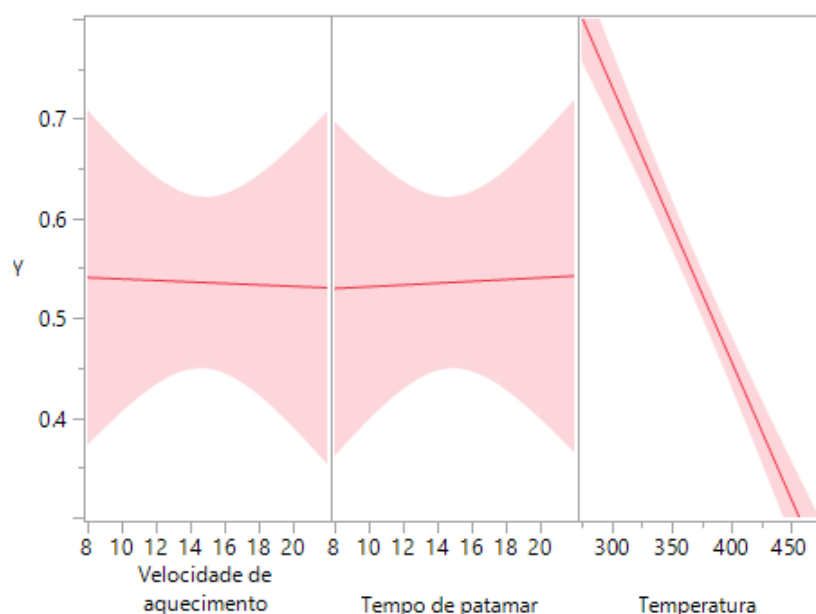
Nas condições de maior severidade térmica, especialmente nas combinações com temperatura de patamar mais elevada, observou-se incremento do PCS, associado à maior aromatização da matriz carbônica e à concentração de carbono estrutural, em concordância com o comportamento descrito para biochars produzidos a partir de resíduos lignocelulósicos (Cortez *et al.*, 2008; Lehmann; Joseph, 2015).

Embora o foco deste trabalho seja a valorização ambiental de resíduos verdes, os valores de PCS obtidos sugerem que o biochar gerado também possui potencial para aplicações energéticas específicas, seja como componente em misturas combustíveis, seja como insumo em tecnologias térmicas que se beneficiem de materiais carbonáceos estáveis.

### 3.4 Modelagem estatística: efeitos principais e interações

A análise por regressão múltipla e ANOVA, realizada no software JMP® a partir do Delineamento Composto Central, permitiu avaliar a significância dos fatores operacionais e de suas interações sobre o rendimento de biochar e sobre o PCS. Os modelos ajustados apresentaram coeficientes de determinação satisfatórios e resíduos distribuídos de forma aleatória, indicando ajuste estatisticamente adequado às respostas experimentais. A Figura 3 apresenta os efeitos principais da velocidade de aquecimento, do tempo de patamar e da temperatura de patamar sobre o rendimento em biochar, evidenciando visualmente a maior influência da temperatura em relação aos demais fatores.

**Figura 3** – Efeitos principais da velocidade de aquecimento, do tempo de patamar e da temperatura de patamar sobre o rendimento em biochar (Y), obtidos a partir do modelo ajustado no software JMP®.



Fonte: Arquivos do autor, 2018.

De maneira geral, a temperatura de patamar destacou-se como o fator mais influente sobre o rendimento sólido, com efeito negativo à medida que se aproxima da faixa superior de 450 °C. O tempo de patamar apresentou efeito complementar, reforçando a perda de massa em condições mais severas e contribuindo para o aumento relativo das frações líquida e gasosa. A taxa de aquecimento exerceu impacto secundário, mas relevante na distribuição entre frações voláteis: taxas mais elevadas tenderam a aumentar a fração gasosa e reduzir a condensação de vapores, enquanto taxas intermediárias favoreceram melhor equilíbrio entre biochar e bio-óleo.

As superfícies de resposta obtidas indicam uma região de operação em que é possível maximizar o rendimento de biochar sem comprometer de forma significativa o PCS, situada em combinações de temperatura intermediária (em torno de 375 °C), tempos de patamar moderados e taxas de aquecimento entre 10 e 15 °C min<sup>-1</sup>. Esses resultados são consistentes com estudos anteriores de pirólise lenta de biomassas lignocelulósicas (Bridgwater, 2012; Basso *et al.*, 2013), reforçando a robustez do modelo e a adequação das faixas de operação selecionadas.

### 3.5 Potencial de valorização ambiental e mitigação climática

Com base nos rendimentos sólidos médios obtidos (Tabela 3) e nos dados de geração de resíduos do Horto da Boavista, é possível estimar de forma mais detalhada o potencial de estocagem de carbono associado à adoção da pirólise como rota de tratamento. Considerando a fração de resíduos verdes atualmente sem destinação adequada, da ordem de 200 kg mês<sup>-1</sup> (mistura de 40% de galhos, 25% de folhas e 35% de ervas, em base úmida), e os teores de umidade médios dessas frações, obtém-se aproximadamente 82 kg de biomassa seca por meses disponíveis para pirólise.

Aplicando o rendimento sólido médio de 53,57%, a conversão dessa biomassa resultaria em cerca de 44 kg de biochar seco por mês, o que corresponde a aproximadamente 0,53 t/ano de biochar para a parcela de resíduos hoje com risco de encaminhamento a aterros. Considerando um teor de carbono de 65% em massa para biochars produzidos a partir de resíduos lignocelulósicos em faixas de temperatura semelhantes – valor compatível com Ippolito *et al.* (2020) e Lehmann & Joseph (2015), para as classes de qualidade propostas para biochars com alto teor de carbono –, essa produção equivaleria a cerca de 0,34 t C/ano estabilizados no biochar.

A conversão dessa massa de carbono em dióxido de carbono equivalente, utilizando o fator estequiométrico 44/12, indica um potencial de remoção da ordem de 1,2 a 1,3 t CO<sub>2</sub>e por ano para o cenário analisado (aproximadamente 0,10 t CO<sub>2</sub>eq/mês). Em termos específicos, esse valor corresponde a cerca de 1,3 t CO<sub>2</sub>e por tonelada de biomassa seca processada, coerente com

estimativas apresentadas por Woolf *et al.* (2010) e Cao *et al.* (2022) para biochars obtidos de resíduos agrícolas.

Cabe destacar que essa estimativa é conservadora, pois considera apenas o carbono retido no biochar e desconsidera emissões evitadas adicionais, como a formação de CH<sub>4</sub> em condições anaeróbias em aterros – gás cujo potencial de aquecimento global em 100 anos é aproximadamente 28 vezes superior ao do CO<sub>2</sub>, conforme o IPCC (2021). Ainda assim, os resultados ilustram que, mesmo em escala local, a implementação da pirólise para a fração de resíduos verdes sem destinação adequada pode contribuir simultaneamente para reduzir o envio de resíduos a aterros, gerar um insumo de interesse agrônômico e promover uma remoção líquida de carbono atmosférico alinhada às estratégias de mitigação climática e economia circular (Lehmann *et al.*, 2021).

À luz dos resultados obtidos neste estudo, a remoção anual de carbono associada ao sistema de pirólise de resíduos verdes do horto urbano foi estimada em cerca de 0,34 t C/ano, conforme explicitado anteriormente. A título de comparação, e apenas como referência de ordem de grandeza, esse valor é da mesma magnitude que o incremento médio anual de carbono em aproximadamente um hectare de floresta amazônica primária manejada, considerando um fluxo médio de 0,43 t C/hectare por ano para o bioma Amazônia, conforme reportado na Terceira Comunicação Nacional do Brasil à Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (Brasil, MCTI, 2016). Trata-se de uma aproximação ilustrativa, baseada em valores médios agregados, cujo objetivo é contextualizar o potencial de mitigação climática do sistema avaliado; não se configura, portanto, como uma equivalência climática estrita, uma vez que as dinâmicas de carbono em florestas primárias e em sistemas de manejo de resíduos com produção de biochar são distintas, sujeitas a incertezas e riscos específicos.

#### 4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados obtidos neste estudo demonstram que a pirólise lenta se apresenta como uma rota tecnicamente viável e ambientalmente estratégica para a valorização de resíduos verdes urbanos, historicamente tratados como passivos e frequentemente destinados a aterros. Ao cumprir os objetivos propostos, que visaram caracterizar a biomassa, avaliar o processo de pirólise em diferentes condições operacionais e analisar o biochar produzido, o trabalho confirma que essa tecnologia pode converter resíduos heterogêneos em um produto sólido estável, com propriedades compatíveis com aplicações ambientais e agrônômicas.

A análise dos fatores operacionais evidencia que a temperatura de patamar é o principal determinante do rendimento e da qualidade do biochar, enquanto tempo de residência e taxa de aquecimento atuam de forma complementar na distribuição entre as frações sólida, líquida e gasosa.

Esse entendimento é fundamental para o dimensionamento de processos em escala real, onde condições mais brandas priorizam retenção de massa e condições mais severas aumentam a qualidade energética e a aromaticidade do biochar.

Sob uma perspectiva mais ampla, o processo de pirólise não apenas gera um material com reconhecida estabilidade e potencial de uso no solo, mas também produz frações líquida e gasosa com conteúdo energético significativo. Em cenários industriais, esses coprodutos podem ser recuperados como combustíveis ou insumos térmicos, compensando parte da energia requerida no processo e ampliando o balanço ambiental positivo da tecnologia. Assim, a pirólise constitui uma rota integrada de aproveitamento de biomassa, alinhada aos princípios da economia circular e da gestão sustentável de resíduos.

Do ponto de vista climático, a conversão termoquímica de resíduos verdes representa importantes contribuições para a mitigação: reduz emissões associadas à decomposição convencional em aterros e estabiliza parte do carbono biogênico em uma forma recalcitrante. Embora estimativas quantitativas detalhadas não tenham sido o foco central deste trabalho, a literatura demonstra que o biochar pode atuar como tecnologia de emissões negativas, operando como sumidouro de carbono de longo prazo – uma característica especialmente relevante no contexto urbano, onde soluções de baixo custo e alta aplicabilidade fazem-se necessárias.

Em síntese, o estudo confirma o potencial da pirólise como ferramenta complementar de gestão de resíduos verdes, capaz de integrar ganhos ambientais, energéticos e climáticos. Sugere-se, para trabalhos futuros, a ampliação das análises físico-químicas do biochar, a investigação de cenários energéticos que considerem o uso dos coprodutos da pirólise e avaliações de ciclo de vida que permitam quantificar, de forma integrada, os benefícios ambientais líquidos desta rota tecnológica.

## REFERÊNCIAS

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10004:2004 – Resíduos sólidos – Classificação**. Rio de Janeiro, 2004.

BASSO, A. S. *et al.* Assessing the potential of biochar for increasing water holding capacity of sandy soils. **GCB Bioenergy**, v. 5, p. 132-143, 2013.

BRASIL. **Lei n. 12.305, de 2 de agosto de 2010**. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos. Diário Oficial da União, Brasília, 3 ago. 2010.

BRIDGWATER, A. V. Review of fast pyrolysis of biomass and product upgrading. **Biomass and Bioenergy**, v. 38, p. 68-94, 2012.

CORTEZ, L. A. B.; LORA, E. E. S.; GOMEZ, E. O. **Biomassa para energia**. Campinas: Editora UNICAMP, 2008.

GEISSDOERFER, M. *et al.* Circular business models: a review. **Journal of Cleaner Production**, v. 277, 2020.

LEHMANN, J.; JOSEPH, S. (Org.). **Biochar for environmental management: science, technology and implementation**. 2. ed. London: Routledge, 2015.

LEHMANN, J. *et al.* Biochar in climate change mitigation. **Nature Geoscience**, v. 14, p. 883-892, 2021.

MALHEIRO, I. C. **Projeção de um protótipo de pirolisador para pequena escala de produção**. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Ambiental) – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Sorocaba, 2014.

MANI, S. *et al.* Thermochemical conversion of large-size woody biomass for carbon-negative hydrogen production. **Bioresource Technology**, v. 363, 2022.

PORTUGAL. **Decreto-Lei n.º 10/2018, de 14 de fevereiro**. Diário da República, n.º 32/2018, Série I, p. 967-968, 2018.

PRONATURA. **Conquistadors, cannibals and climate change: a brief history of biochar**. Paris: Pro-Natura International, 2012. Disponível em: <<http://www.pronatura.org>>. Acesso em: 22 nov. 2018.




UNEP – UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME. **Emissions Gap Report 2021**. Nairobi: UNEP, 2021.

WOOLF, D. *et al.* Sustainable biochar to mitigate global climate change. **Nature Communications**, v. 1, art. 56, 2010.




# CAPÍTULO 8

## ESTUDO DE BIOCHAR DE CAPIM NAPIER E AVALIAÇÃO DE SUA CAPACIDADE DE ADSORÇÃO DE METAIS

### STUDY OF NAPIER GRASS BIOCHAR AND EVALUATION OF ITS METAL ADSORPTION CAPACITY

**Flávia Toqueti**   




Doutoranda em Ciências Ambientais, Instituto de Ciência Tecnológica de Sorocaba, (UNESP), Sorocaba, Brasil

**Marina Piacenti da Silva**   




Departamento de Física e Meteorologia, Faculdade de Ciências, UNESP, Brasil

**Maria Lúcia Pereira Antunes**   




Doutora e Mestre em Ciências pelo Instituto de Física (USP), Bacharel e Licenciatura em Física (USP), Livre Docente ICTS - Instituto de Ciência Tecnológica de Sorocaba (Unesp/ Sorocaba) - Departamento de Engenharia Ambiental

**Carolina Letícia Zilli Vieira**   

Departamento de Saúde Ambiental, Escola de Saúde Pública Harvard T.H. Chan, Boston, MA, EUA

**Hulder Henrique Zapparoli**   


Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho - Campus de Bauru, Bauru, Brasil

**Paola Ferreira da Silva**   

Instituto de Biociências de Botucatu, Universidade Estadual Paulista (UNESP), Brasil

**Emerson Leandro da Silva**   

Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Materiais, Universidade Estadual Paulista (UNESP), Bauru, SP, Brasil

DOI: 10.52832/wed.197.1136 

**Resumo:** A crescente pressão humana sobre os sistemas terrestres, evidenciada pela violação de fronteiras planetárias como água e poluição ambiental, exige soluções mitigadoras que integrem desenvolvimento social e resiliência ecológica. O biochar, um material rico em carbono produzido pela pirólise de biomassa, é um potencial mitigador de baixo custo, estudado por sua capacidade de adsorção de poluentes e por gerar energia limpa. Este trabalho teve como objetivo produzir e avaliar o biochar a partir do Capim Napier (*Pennisetum purpureum*) utilizando uma tecnologia social, o Fogão Tipo Anila, que gera energia com baixas emissões, em contraste com a produção laboratorial. O biochar produzido no Fogão Anila a uma temperatura média de 257°C foi comparado com o mesmo produto obtido em laboratório. A caracterização por Análise Térmica Diferencial Simultânea (TG-DTA), Termogravimetria Derivada (DTG), Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV), Espectrometria por Energia Dispersiva de Raios X (EDS-MEV) e Espectroscopia na região do Infravermelho com método de refletância total atenuada (FTIR-ATR) confirmou que, nessa temperatura, o material obtido a partir do Fogão Anila possui os mesmos grupos funcionais e porosidade ativa do biochar produzido em laboratório, características cruciais para a adsorção. Submetido a testes de adsorção de Chumbo em solução aquosa (quantificação por Espectrometria de Emissão Óptica com Plasma Acoplado Indutivamente - ICP-OES), o biochar de capim Napier se mostrou eficaz. O material proveniente do capim colhido fresco e seco ao sol por quatro dias (CVS-Anila) apresentou a melhor performance, removendo 67,68 % do metal. Os resultados deste trabalho mostram que o biochar produzido a partir de capim Napier seco ao sol e queimado a 257°C mostra-se uma excelente tecnologia social para a mitigação de contaminação local por metais, pois também pode ser obtido em fogão convencional, contribuindo para a melhoria global avanço sobre as fronteiras planetárias.

**Palavras-chave:** Biochar. Capim Napier (*Pennisetum purpureum*). Fogão Anila. Chumbo. Adsorção.

**Abstract:** The increasing human pressure on Earth's systems, evidenced by the violation of planetary boundaries such as water and environmental pollution, demands mitigating solutions that integrate social development and ecological resilience. Biochar, a carbon-rich material produced by the pyrolysis of biomass, is a potential low-cost mitigating agent, studied for its ability to adsorb pollutants and generate clean energy. This study aimed to produce and evaluate biochar from Napier grass (*Pennisetum purpureum*) using a social technology, the Anila Stove, which generates energy with low emissions, in contrast to laboratory production. The biochar produced in the Anila Stove at an average temperature of 257°C was compared with the same product obtained in the laboratory. Characterization by Simultaneous Differential Thermal Analysis (TG-DTA), Derivative Thermogravimetry (DTG), Scanning Electron Microscopy (SEM), Energy Dispersive X-ray Spectrometry (EDS-SEM), and Infrared Spectroscopy with attenuated total reflectance method (FTIR-ATR) confirmed that, at this temperature, the material obtained from the Anila Stove has the same functional groups and active porosity as the biochar produced in the laboratory, crucial characteristics for adsorption. Subjected to lead adsorption tests in aqueous solution (quantification by Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectrometry - ICP-OES), Napier grass biochar proved effective. The material from freshly harvested grass dried in the sun for four days (CVS-Anila) showed the best performance, removing 67.68% of the metal. The results of this work show that biochar produced from sun-dried Napier grass burned at 257°C proves to be an excellent social technology for mitigating local metal contamination, as it can also be obtained using a conventional stove, contributing to global improvement and advancing beyond planetary boundaries.

**Keywords:** Biochar. Napier grass (*Pennisetum purpureum*). Anila stove. Lead. Adsorption.

## 1 INTRODUÇÃO

A poluição global é uma ameaça existencial que transgrediu os limites planetários e é responsável por cerca de 9 milhões de mortes anuais, sendo 92% dessas mortes em países de baixa e média renda, evidenciando a injustiça ambiental (Filippelli; Taylor, 2018).

O conceito de Fronteiras Planetárias define os limites ambientais da Terra, sendo que sua violação pelas ações humanas coloca o planeta sob risco de alterações abruptas e irreversíveis (Steffen, Will *et al.*, 2015). Nele, nove processos-chave para a estabilidade do sistema terrestre desde o Holoceno foram identificados: mudança climática, acidificação dos oceanos, destruição do ozônio estratosférico, o limite do fluxo bioquímico (incluindo os ciclos de nitrogênio e fósforo), uso global de água doce, mudança na terra, perda de biodiversidade, carga de aerossóis atmosféricos e poluição química, delimitando um "espaço operacional seguro para a humanidade" (Rockström *et al.*, 2009). Fato crítico é que seis dessas fronteiras já foram extrapoladas, sendo as mais recentes a água verde (água de chuva para consumo direto) e a poluição ambiental (Jabot, 2023), evidenciando a urgência da crise global.

No contexto da poluição ambiental, os efeitos antrópicos pelo uso excessivo de fármacos e antimicrobianos, possui alto impacto em solos e corpos d'água, pois aumenta a concentração de dejetos, transformando ecossistemas aquáticos em reservatórios de resistência a antibióticos (Masindi *et al.*, 2018). Este cenário agrava a crise de água doce, um recurso vital para ecossistemas, agricultura e desenvolvimento socioeconômico (Bunsen *et al.*, 2021), sendo a escassez hídrica classificada entre os cinco principais riscos globais pelo Fórum Econômico Mundial (Schwab; Zahidi, 2020).

Neste contexto, também a agricultura impacta decisivamente os sistemas terrestres, ocupando cerca de 40% da superfície e exigindo expansão de área e intensificação para suprir a demanda crescente por alimentos e biocombustíveis, frequentemente às custas de ecossistemas como as florestas (Campbell, 2017). O uso de substâncias sintéticas agrava essa pressão, pois pesticidas poluem corpos d'água por escoamento e lixiviação (Barreto *et al.*, 2020). Fertilizantes introduzem metais pesados como Níquel (Ni), Cromo (Cr), Cádmiio (Cd), Zinco (Zn) e Chumbo (Pb) no solo e águas, devido ao uso repetido de fosfatados (Souza *et al.*, 2018). Essa contaminação química é complementada por descargas industriais, culminando no transporte e acumulação de metais por vias antrópicas, desequilibrando os sistemas terrestres e tornando urgente o controle de poluentes perigosos, requerindo prevenção e mitigação imediatas (Persson, 2022).

Os metais pesados como arsênio (As), chumbo (Pb), níquel (Ni), cádmio (Cd), mercúrio (Hg), cromo (Cr), selênio (Se), zinco (Zn) e cobalto (Co) merecem atenção especial devido à sua toxicidade, mesmo em baixas concentrações, e à facilidade de entrada no corpo humano via

alimentos, água e ar (Hussainy *et al.*, 2015). Fontes como incineração de resíduos, transporte (especialmente a queima de gasolina), contribuem com a emissão de chumbo (Pb) e aterros liberam esses e outros poluentes. Esses resíduos indesejados causam a contaminação ambiental com metais, pesticidas e lixo. Tais liberações irresponsáveis ameaçam diretamente a saúde humana, a biosfera e a sustentabilidade, ligando intrinsecamente a poluição à perda de biodiversidade (Souza *et al.*, 2018).

A população mundial atingiu 8 bilhões em 2022 e pode chegar a 10 bilhões em 2059 (United Nations, 2022), com grande parte desse crescimento concentrado em regiões de alta pobreza (Goujon, 2022). Para associar o desenvolvimento à preservação ambiental, é crucial desenvolver novas técnicas de mitigação e tratamento ambiental, como o uso do biochar (carvão pirogênico). Produzido pela combustão incompleta da biomassa, o biochar é estudado como uma opção para melhorar a fertilidade do solo pois, devido à sua alta aromaticidade e lenta degradação, atua como um importante sumidouro de carbono orgânico a longo prazo, desempenhando um papel significativo no ciclo do carbono (Meng *et al.*, 2022).

O biochar tem grande potencial de expansão, impactando o sistema de vida humana e planetária em diversos aspectos, como rendimento agrícola, purificação de água e ar, e como combustível alternativo (Sakhiya, *et al.*, 2020), a partir de subprodutos valiosos como bio-óleo e gás combustível. A conversão da biomassa em biochar e biocombustíveis é realizada por diferentes processos termoquímicos, como a hidro-carbonização térmica (HTC), torrefação, pirólise e gaseificação (Qambrani *et al.*, 2017). A HTC envolve imersão da matéria-prima em água, aquecida entre 180°C e 250°C sob pressão (Titirici *et al.*, 2007). A torrefação aquece a biomassa lentamente (entre 200°C e 300°C) em atmosfera sem oxigênio e pressão ambiente (Tumuluru *et al.*, 2011). Já a pirólise é outro processo de degradação térmica da matéria orgânica que ocorre em várias faixas de temperatura (Batista, 2018).

Devido a essas múltiplas aplicações, o *biochar* é considerado uma tecnologia ambiental efetiva para proteger as fronteiras planetárias (Lehmann, 2007). A pirólise de baixa temperatura pode até mesmo converter a bioenergia em uma fonte negativa de carbono, auxiliando na mitigação da poluição ambiental e melhorando os ciclos de nutrientes e umidade do solo (Lehmann, 2007; Xiao, 2018).

Para desenvolver um biochar "inteligente" e de aplicações múltiplas, é essencial explorar o potencial do material e a relação entre sua estrutura e a aplicação em ambientes sustentáveis (Xiao, 2018). Nesse sentido, o uso do capim Napier (*Pennisetum purpureum*) é uma estratégia promissora, devido ao seu alto rendimento (225–300 t ha<sup>-1</sup>), crescimento rápido e capacidade de extrair metais pesados como Cd e Zn do solo (Qin, 2022). Contudo, há uma lacuna na pesquisa sobre suas propriedades de adsorção de metais em água após a pirólise. Este estudo foca justamente em

preencher essa lacuna, explorando o grande potencial de produção *in loco* do biochar de capim Napier e estudando as potencialidades do biochar como tecnologia social, comparando o material obtido em laboratório com o produzido no Fogão Anila, uma metodologia simples e de baixo custo para a remediação de chumbo (Pb) em água de populações menos favorecidas.

O objetivo principal foi produzir e caracterizar biochar a partir de capim Napier em ambas as metodologias, avaliando sua morfologia, porosidade e composição química. Como foco de aplicação, o estudo visou comparar a capacidade de adsorção de chumbo (Pb) em água por esses materiais e, como meta final, validar a utilização do biochar do Fogão Anila para atender às necessidades socioambientais de remediação de chumbo (Pb) em água por populações menos favorecidas.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O biochar tem sua origem na Terra Preta de Índio amazônicas, terras antropogênicas conhecidas por seu alto teor de matéria orgânica e nutrientes como carbono (C), fósforo (P), cálcio (Ca), magnésio (Mg), zinco (Zn) e manganês (Mn), resultado de antigas práticas de gerenciamento de resíduos (Moreno-Riascos *et al.*, 2020). Formado por carbono estruturado e altamente poroso, o biochar possui uma extensa área de superfície, o que o torna um excelente adsorvente. Esta característica confere-lhe fundamental importância na mitigação e controle de substâncias tóxicas no meio ambiente (Hussainy *et al.*, 2015).

Geralmente é produzido pelo processo de pirólise (degradação térmica) da biomassa em condições de oxigênio limitado e, normalmente a temperaturas abaixo de 700°C (Conz, 2016). A variação das condições de sua produção, como temperatura e tempo de residência, define a qualidade da pirólise. Biochars de qualidade são formados abaixo de 500°C com longos tempos de residência (Conz *et al.*, 2015). Embora a maioria dos biochars seja alcalina, temperaturas de pirólise mais baixas (por exemplo, <400°C) podem resultar em carvões com pH < 7, onde também se observa menor redução da matéria volátil (Wang, 2020).

Com grande área de superfície e boa estrutura de poros, o biochar tem excelente potencial adsorvedor, mitigando ameaças ambientais (Hu, 2021), através de interações eletrostáticas, troca iônica e elétrons deslocalizados (Dowiejuah; Abubakar, 2020). Produzido por pirólise de biomassa orgânica e lignocelulósica de baixo custo, como resíduos agrícolas (capins, palhas) e lodo de esgoto, o biochar é uma alternativa *win-win* aos adsorventes caros, auxiliando no gerenciamento de resíduos, na redução do volume e potencial poluidor e na promoção da resiliência ambiental (Tan *et al.*, 2015; Sakhiya *et al.*, 2020; Batista, 2018).

A pirólise é o método mais utilizado para produzir *biochar* devido à simplicidade, alto

Wissen Editora, 2026 | ISBN 978-65-85923-89-7 | DOI: <http://www.doi.org/10.52832/wed.197>

rendimento e custo-benefício, e pode aumentar o pH, capacidade de troca catiônica, retenção de nutrientes e porosidade e a capacidade de retenção de água do solo (Kumar *et al.*, 2023). As condições do processo são cruciais, definindo as propriedades e a capacidade adsorptiva do *biochar* resultante (Batista, 2018). Este processo gera materiais com densidade de média a alta energia, como o biochar (~18 MJ/kg) e o bio-óleo (~17 MJ/kg) (Milian-Luperón *et al.*, 2020).

A pirólise é classificada como lenta, rápida, carbonização ou gaseificação. A pirólise lenta, caracterizada por baixas taxas de aquecimento e longos tempos de residência é a que gera os maiores rendimentos de biochar (approx 35%), sendo ideal para pequenas propriedades rurais (Qambrani, 2017). Em contraste, a pirólise rápida utiliza tempos de residência curtos, temperaturas moderadas (500–1000 °C) e rápidas taxas de aquecimento (>2 °C s<sup>-1</sup>) resultando principalmente em bio-óleo (aprox. 75%) e apenas 12% de biochar (Qambrani, 2017).

Existem diversos projetos de reatores de pirólise, com princípios de funcionamento que variam em disponibilidade de O<sub>2</sub>, pressão, calor e tempo de residência, o que altera as proporções de produtos finais (Qambrani, 2017). Reatores incluem fornos e “*retorts*” para pirólise lenta, e micro-ondas para pirólise rápida. A classificação dos reatores é frequentemente alinhada com o produto final desejado - óleo, carvão ou gás - e características operacionais, como o modo de funcionamento – batelada ou contínuo, método e fonte de aquecimento, pressão e material de construção (Garcia-Nunez *et al.*, 2017).

Entre os reatores de pirólise lenta, o forno tradicional é utilizado para produzir carvão de toras de madeira, e os retorts são usados para condensar vapores e otimizar gases. Já os conversores são ideais para a produção em larga escala de carvão e bio-óleo a partir de pequenas partículas de biomassa (Garcia-Nunez *et al.*, 2017). A pirólise por micro-ondas é rápida, limpa e modular, ideal para gerenciamento de resíduos *in loco*, mas é mais onerosa devido ao uso de eletricidade, tornando-a mais cara que os sistemas tradicionais (Garcia-Nunez *et al.*, 2017).

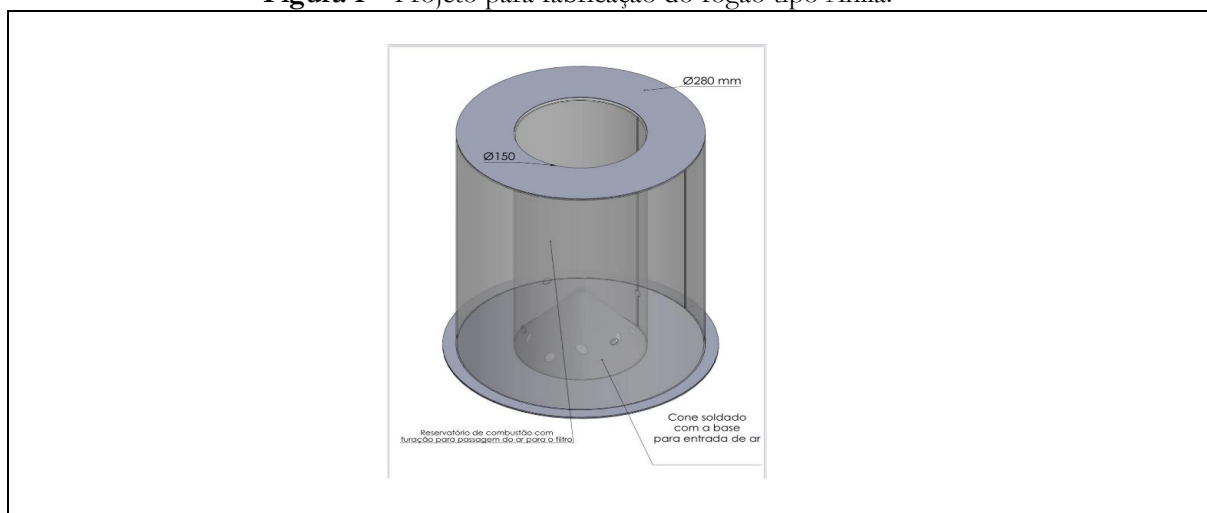
Embora biochars possam ser produzidos industrialmente com baixas emissões, é desafiador fazê-lo *in loco* em áreas rurais de forma limpa, já que métodos comuns, como fornos de cava, emitem muitos gases (Smebye, 2017). Alternativamente, fogões pirolíticos sociais, como os TLUDs e os Fogões Anila, produzem biochar enquanto cozinham. Esses fogões queimam os gases derivados da pirólise na chama, garantindo uma queima limpa e reduzindo as emissões em cerca de 75% comparado ao fogo aberto (Smebye, 2017).

O Fogão Anila, desenvolvido na Índia como tecnologia alternativa, utiliza material orgânico para gerar energia e produzir biochar, combatendo a poluição doméstica. Seu uso é indicado para aliviar a poluição dentro das casas, pois a inalação de fumaça de fogos de cozinha é a principal causa de morte de mais de 2 milhões de crianças menores de 5 anos anualmente (Meyer, 2009).

Assim, este fogão social melhora a qualidade de vida ao oferecer cozimento limpo e produzir *biochar in loco* para remediação.

Na Figura 1 observa-se o projeto do fogão pirolítico Anila, onde a segunda queima é produzida através da combustão dos gases produzidos durante a pirólise da biomassa.

**Figura 1** – Projeto para fabricação do fogão tipo Anila.



Fonte: adaptada de Meyer, 2009.

Biochars produzidos a partir de diversas biomassas, são estudados por sua eficiência na adsorção de metais em água como como cobre (Cu), chumbo (Pb), íons de cromo (Cr) e mercúrio (Hg) (Serra, 2019). Estudos demonstraram que biochars de bambu, casca de amendoim e bagaço de cana-de-açúcar atingiram taxas de remoção de 4% a 16% para Cu (II), 11% a 18% de eficiência para Cd (II) e 18% a 35% para Pb (II). A adsorção de Cd e Pb é influenciada pela estrutura do poro, enquanto a remoção de Cu depende dos grupos funcionais da superfície do biochar (Zhou, 2013).

O biochar apresenta ótimo desempenho na remoção de metais tóxicos, como íons de cobre, que forma complexos entre  $\text{Cu}^{2+}$  e grupos funcionais OH e COOH em sua superfície, alcançando eficiências de até 97%, variando conforme sua biomassa e propriedades físico-químicas (Duwiejuah, 2020). Embora muitos estudos se concentrem na adsorção de um único metal, metais como Cu, Cd, Pb e Zn, coexistem em águas contaminadas, tornando-se necessário o desenvolvimento de um bio absorvente capaz de remover diferentes metais tóxicos simultaneamente (Duwiejuah, 2020). Isso torna o biochar uma opção econômica e atraente para a adsorção de múltiplos metais e remediação de águas.

Sendo assim, devido a esses múltiplos benefícios, a *International Biochar Initiative* (IBI) foi criada em 2006 para promover padrões ambientais e éticos, fomentando sistemas viáveis para a fertilidade

do solo e mitigação climática (IBI, 2014).

A adoção de fogões produtores de biochar possui promissores impactos sociais e na saúde dos usuários, devido à redução na demanda de combustível e na poluição do ar interno, além de melhorar os rendimentos das colheitas (Scholz *et al.*, 2014). A flexibilidade da tecnologia permite aos usuários escolher se o biochar será queimado para energia de cozimento adicional ou removido para aplicação no solo, filtragem de água ou saneamento, ampliando o acesso a diferentes usos e benefícios (Scholz *et al.*, 2014).

Embora haja foco nas propriedades químicas e termodinâmicas do biochar, faltam estudos sobre seus aspectos econômicos e socioculturais, essenciais para sua implementação como tecnologia social (Otte; Vik, 2017). O sucesso requer pesquisas interdisciplinares que integrem fatores técnicos e sociais (Otte; Vik, 2017). Além disso, o escopo de projetos de biochar é definido pela disponibilidade local de biomassa, sendo uma questão sensível em países em desenvolvimento com solos degradados e recursos limitados, devendo a disponibilidade de material sempre ser levada em consideração (Scholz *et al.*, 2014).

Neste sentido, o capim Napier (*Pennisetum purpureum*), introduzido no Brasil em 1920, é uma gramínea perene africana que apresenta rápido crescimento e alta produtividade, em torno de 30 toneladas por hectare (t/ha), com potencial de produção no país de até 1,2 Gt de biochar de capim Napier por ano (Ferreira, 2019). Este capim possui significativo potencial como precursor de biochar de boa qualidade. Quando pirolisado entre 400°C e 600°C, o material resultante demonstra excelente estabilidade de carbono, alta porosidade, capacidade de troca catiônica e abundância de grupos funcionais de superfície (Adesemuyi, 2020).

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

O fogão utilizado neste trabalho foi produzido na Metalúrgica Irmãos Quessada, em Bauru-SP, a partir de chapa de ferro de 3/16" (4,75mm), cortada a laser, dobrada e soldada de acordo com o projeto para fabricação do fogão tipo Anila que pode ser visto na Figura 1, respeitando as dimensões de seu projeto original (Meyer, 2009). Para seu aquecimento durante a produção do *biochar*, utilizou-se lenha seca de eucalipto, e sua temperatura durante o uso e funcionamento foi medida através de termômetro digital com sensor termopar tipo K.

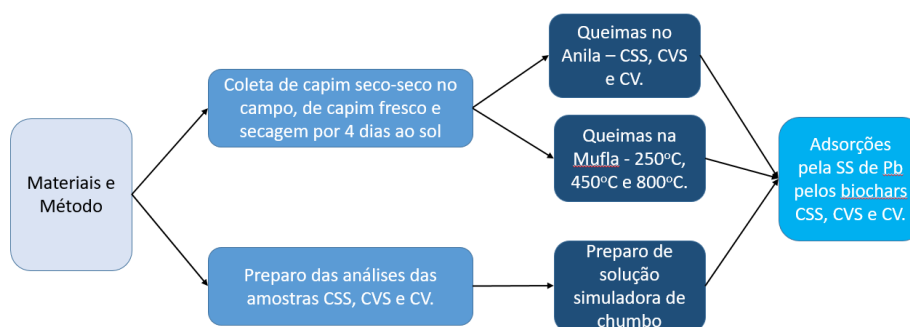
O capim Napier (*Pennisetum purpureum*) foi coletado no Sítio Casa do Jatobá em Arealva/SP, Brasil. Esta propriedade rural há mais de treze anos vem recebendo manejo agroecológico. Foram coletados e testados 3 tipos de capim Napier: o capim seco há muitos dias no campo - amostra denominada CSS, o capim verde e fresco recém coletado do campo - amostra denominada CV e o

capim verde e fresco porém exposto ao sol por 4 dias consecutivos para secagem - amostra denominada CVS.

Para avaliar as propriedades físico-químicas e morfológicas do biochar a partir do capim Napier, as amostras de CSS, CVS e CV foram submetidas a diferentes processos de pirólise: o primeiro, seguindo uma metodologia descrita na literatura e produzida em laboratório; e o segundo utilizando a queima das amostras em fogão Anila. Para as amostras preparadas em laboratório utilizou-se os capins coletados no Sítio Casa do Jatobá em Arealva/SP conforme descrito acima.

A Figura 2 apresenta um fluxograma da metodologia utilizada para o preparo e análise dos materiais obtidos.

**Figura 2** – Fluxograma do procedimento experimental para o preparo e análise das amostras.



Fonte: a própria autora, 2025.

Primeiramente, as amostras de Capim napier foram picadas com tesoura, acomodadas em cadinhos de porcelana e secas na mufla a 105°C por 24 horas. Após a secagem, os *biochars* foram preparados a partir das amostras de CSS, CVS e CV por pirólise em forno tubular com aquecimento a 3 temperaturas diferentes: 250°C, 450°C e 800°C, a uma faixa de 5°C min<sup>-1</sup>, baseado na metodologia descrita por Jesus *et al.* (2019). Estes materiais foram denotados como CSS-250-Lab, CSS-450-Lab, CSS-800-Lab, CVS-250-Lab, CVS-450-Lab, CVS-800-Lab, CV-250-Lab, CV-450-Lab e CV-800-Lab.

Para a queima no fogão Anila utilizou-se lenha de eucalipto seca, localmente comercializada, a qual foi cortada com moto serra na medida adequada para utilização no fogão Anila, aproximadamente 13 cm. Em seguida, abriu-se o fogão em sua parte de baixo para a inserção das amostras CSS, CVS e CV a serem queimadas na câmara interna, sendo feita sua distribuição de forma homogênea, fechando em seguida. Após as amostras inseridas, se acomodou a lenha no tubo de combustão central, colocando pedaços mais grossos embaixo, médios ao meio e mais finos na parte superior, junto a gravetos e finas ramas para iniciar o fogo. Em sequência, adicionou-se querosene e o fogo foi aceso, aguardando a total combustão da lenha e do capim na câmara interna

Wissen Editora, 2026 | ISBN 978-65-85923-89-7 | DOI: <http://www.doi.org/10.52832/wed.197>

do fogão, processo que durou aproximadamente 1 hora e com temperatura média de 257°C aferida com termômetro termopar. A queima de cada amostra foi feita individualmente e estes materiais foram denotados como CSS-257-anila, CVS-257-anila, CV-257-anila. O material resultante de cada uma das 12 queimas foram posteriormente passados por peneira de 8 mesh.

### 3.1 Caracterização dos materiais

Todas as caracterizações foram feitas para os materiais obtidos: *biochar* de capim Napier (CSS, CVS e CV) obtidos em laboratório nas temperaturas de 250°C, 450°C e 800°C, e os obtidos por meio da queima em fogão Anila a 257°C.

A análise termogravimétrica - análise térmica diferencial simultânea (TG-DTA) e a Termogravimetria derivada (DTG) são métodos para determinar a resistência térmica dos materiais e seu comportamento pirolítico. Para as análises de TG-DTA foram utilizados os materiais passados por malha 18 mesh. As curvas TG-DTA e DTG foram obtidas pelo equipamento STA 499 F3 (Netzsch), ajustado para uma razão de aquecimento de 10°C/min, usando um fluxo de ar seco de 70 ml/min em cadinho de  $\alpha$ -alumina. A faixa de temperatura foi de 27°C a 800°C e utilizou-se a massa amostral de aproximadamente 5,0 mg.

O FTIR-ATR foi realizado com o propósito de investigar os grupos funcionais presentes nas diferentes amostras de biochar de capim Napier. O equipamento utilizado foi um espectrômetro Vertex 70 (Bruker) com faixa de comprimento de onda entre 4000 a 400  $\text{cm}^{-1}$ , resolução de 4  $\text{cm}^{-1}$  e 32 varreduras realizadas com as amostras sob um cristal de diamante como suporte. Para realizar as medidas por esta técnica, uma pequena quantidade das amostras peneiradas em malha 18 mesh dos biochars obtidos foi depositada em toda a superfície do cristal com o auxílio de uma espátula. Entre as medidas de cada uma das diferentes amostras, o cristal foi higienizado com álcool etílico absoluto, para remoção de qualquer resquício da amostra anterior.

As micrografias obtidas por MEV foram feitas em um microscópio eletrônico de varredura do tipo EVO LS15 da Carl Zeiss, com filamento de tungstênio com voltagem de 4 kV. Primeiramente, pequenas porções das amostras de *biochar* foram colocadas em microtubos tipo eppendorf, juntamente com etanol e agitados/misturados em banho-maria por 10 min. Em seguida, as amostras foram depositadas em stubs sobre uma fita de cobre e metalizadas com ouro. As imagens foram feitas com ampliações de 500x e 1000x em duas regiões diferentes de cada amostra.

### 3.2 Avaliação do potencial de remoção de chumbo

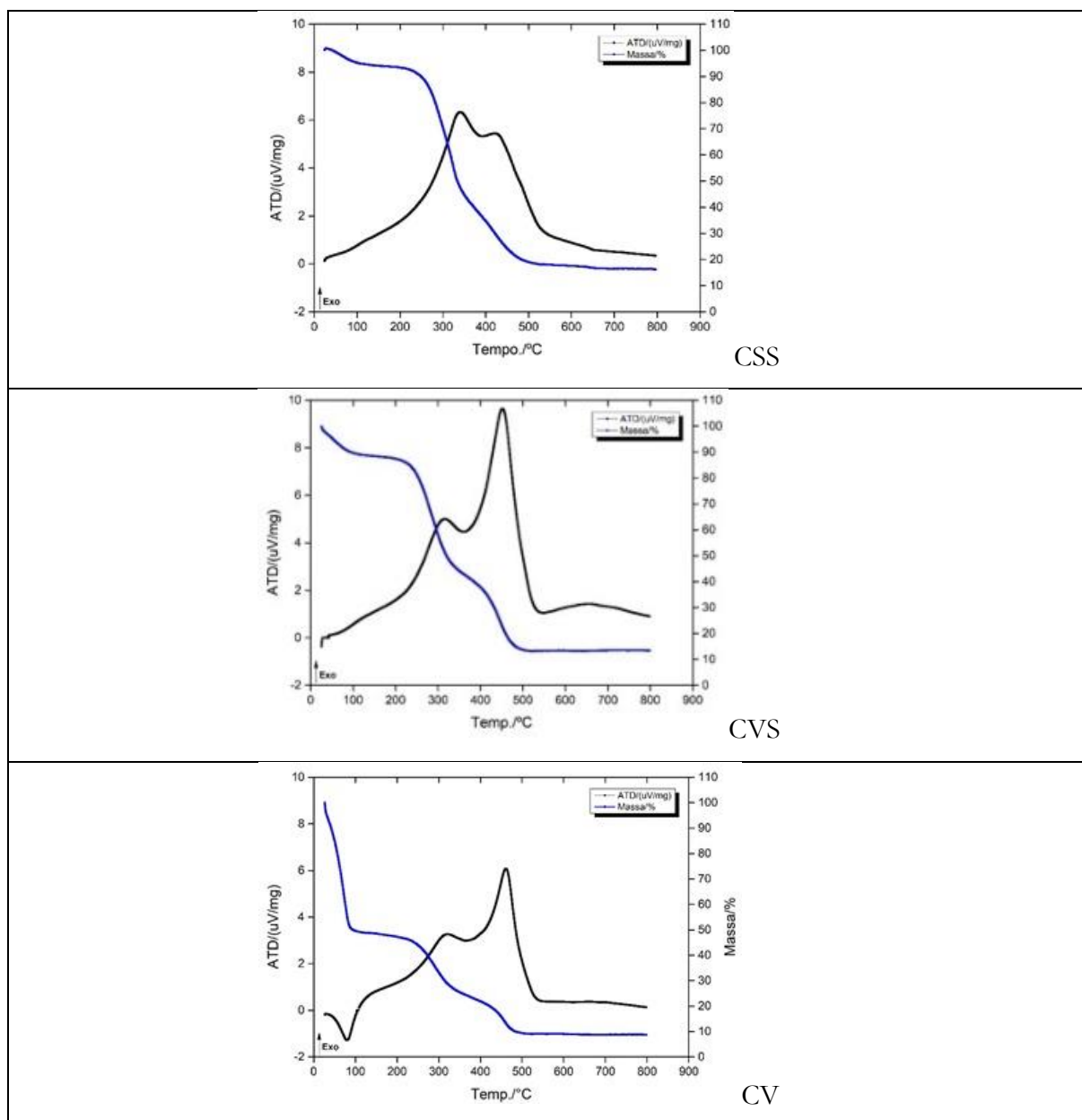
Uma solução simuladora (SS) foi preparada contendo uma concentração conhecida de íons de chumbo e submetida a estudo adsorptivo para remoção desse metal. A SS simuladora foi produzida utilizando padrão de referência monoelementar (SpecSol Certificate) de Chumbo (Pb) com concentração de 100 mg.L<sup>-1</sup>. O estudo de adsorção foi realizado em sistemas de bateladas, com volumes reacionais fixos de 0,025 L e valor de pH fixo em 6 (De Jesus, 2019; Adesemuyi, 2020), pois resultados evidenciam que em pHs com valores acima de 6 é possível alcançar máxima adsorção (Silva, 2020).

As massas dos adsorventes as amostras CSS, CVS e CV preparadas no fogão Anila, em todas as bateladas, foi de 0,50 g. O sistema permaneceu sob agitação contínua durante todo processo, média de 300 rpm, sendo utilizado agitador magnético, em temperatura ambiente, por 60 minutos. Posteriormente, os adsorventes CSS, CVS e CV (Anila) foram separados do sobrenadante com o auxílio de filtro de papel quantitativo faixa preta em funil de vidro, armazenados em tubos falcon para posterior análise.

Após esta etapa, o percentual de remoção das amostras de capim CSS, CVS e CV a partir da pirólise em fogão Anila, foi avaliado por meio da técnica de Espectrometria de Emissão Ótica por Plasma Acoplado Indutivamente (ICP-OES) sendo a concentração de chumbo (Pb) determinada através da curva de sensibilidade pré-determinada para o metal analisado. A curva analítica foi confeccionada utilizando o padrão de referência monoelementar (SpecSol). Duas amostras de água Milli-Q também foram preparadas no mesmo volume e acidez (amostra branco).

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Em A Figura 3 apresenta as curvas TG-DTA para os biochars de CSS, CVS e CV, onde foram observados três principais estágios de degradação para estes materiais. No estágio 1 de degradação, entre 30°C e 100°C, a perda de massa deveu-se principalmente à eliminação de água. Esta perda de massa inicial foi mais evidente na amostra de CV, ou capim verde sem processo de secagem natural. No estágio 2, entre 250°C e 350°C, a perda de massa ocorreu devido a remoção de materiais voláteis pela degradação de hemicelulose e celulose e na etapa 3, entre 350°C e 500°C, a perda de massa deveu-se à degradação da matéria orgânica (Reza, 2020).

**Figura 3** – Curvas de TG-DTA e % de massa das amostras.

Fonte: a própria autora, 2025.

Nas curvas TG-DTA da amostra CSS observou-se, no estágio 1 (de 30 a 100°C) a perda de água, uma faixa estável de 100°C até 250°C, seguida de duas etapas de perda de massa. Uma ocorreu entre 220°C e 350°C ( $\Delta m = 50\%$ ), associada ao evento exotérmico da curva DTA em 340°C. A seguinte etapa de perda de massa ( $\Delta m = 30\%$ ) ocorreu entre 350-700°C ( $\Delta m = 28\%$ ), relacionada à oxidação da matéria carbonácea e decomposição do material associado ao evento exotérmico na curva DTA em 422°C.

As curvas TG-DTA da amostra CVS apresentaram perfil térmico muito similar ao apresentado pela amostra CSS. No estágio 1, de 30 a 100°C ocorreu a perda de água ( $\Delta m = 9,6\%$ ), seguida de um patamar de estabilidade até 206°C. A partir desta temperatura observou-se uma

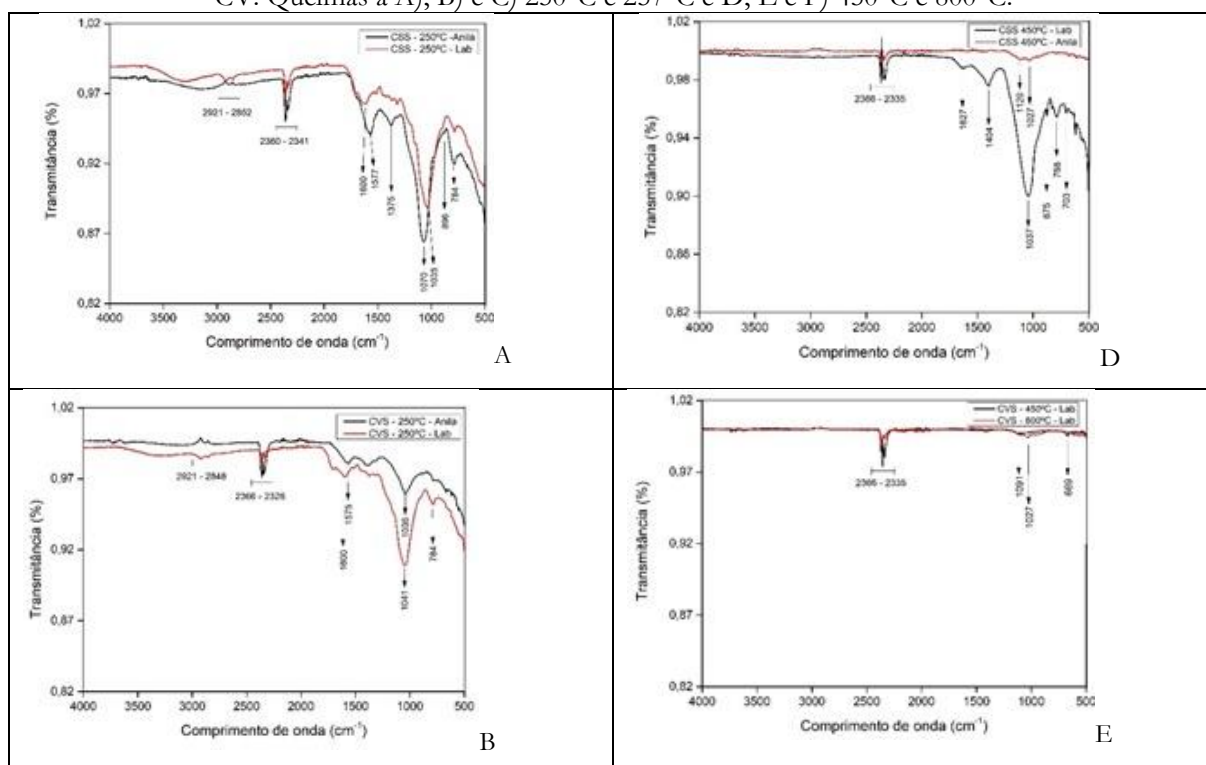
Wissen Editora, 2026 | ISBN 978-65-85923-89-7 | DOI: <http://www.doi.org/10.52832/wed.197>

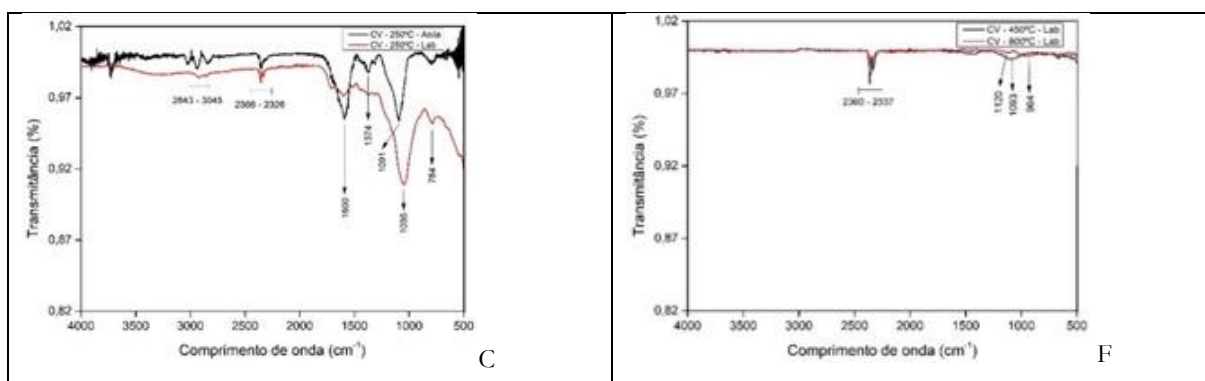
perda de massa até 360°C ( $\Delta m = 45\%$ ), associada ao evento exotérmico da curva DTA em 317°C. A última perda de massa ( $\Delta m = 29,6\%$ ) ocorreu entre 360-548°C, estando relacionada à oxidação da matéria carbonácea e decomposição do material associado aos eventos exotérmicos na curva DTA em 452°C.

Já a curva da amostra CV mostrou que no estágio 1, de 30 a 100°C ocorreu uma acentuada perda de água ( $\Delta m = 48\%$ ), resultando em um evento endotérmico na curva DTA em 80°C. Esta grande perda de massa inicial era esperada pois esta amostra CV não foi seca inicialmente como as amostras de CSS e CVS. Após a desidratação, observou-se para CV um patamar de estabilidade entre 100°C e 220°C, seguido de outras duas etapas de perda de massa, ocorrendo entre 220°C e 350°C ( $\Delta m = 21\%$ ), associadas ao evento exotérmico da curva DTA em 320°C. A seguinte etapa de perda de massa ( $\Delta m = 16\%$ ) ocorre entre 350-540°C e está relacionada à oxidação da matéria carbonácea e decomposição do material. Esta última etapa de perda de massa resultou em um evento exotérmico na curva DTA em 461°C.

Para determinar os constituintes químicos, grupos funcionais e estrutura química do biochar de capim Napier em função dos diferentes tipos de preparo, realizou-se a espectroscopia de infravermelho de transformada de Fourier (FTIR) para as amostras CSS, CVS e CV preparadas na mufla à temperaturas de 250°C, 450°C e 800°C e as amostras CSS, CVS e CV preparadas no fogão Anila, com temperatura média de 257°C, as quais podem ser observadas na Figura 4:

**Figura 4** – Espectros de Infravermelho de Transformada de Fourier (FTIR) para as amostras CSS, CVS e CV. Queimas a A), B) e C) 250°C e 257°C e D, E e F) 450°C e 800°C.





Fonte: Autores, 2025.

Nos espectros dos biochars CSS, CVS e CV obtidos a 250°C em laboratório e a 257°C em fogão Anila observou-se picos semelhantes o que indica que nessa temperatura de queima, independentemente de ser no laboratório ou no fogão Anila, os biochars apresentam grupos funcionais semelhantes, referentes às vibrações do grupo metileno (2921 cm<sup>-1</sup>, 2852 cm<sup>-1</sup>, 2848 cm<sup>-1</sup>, 2843 cm<sup>-1</sup>, 3045 cm<sup>-1</sup>), estiramento assimétrico de CO<sub>2</sub> (2360 cm<sup>-1</sup> - 2341 cm<sup>-1</sup>), alongamento do anel C=C (1600 cm<sup>-1</sup>, 1577 cm<sup>-1</sup>, 1575 cm<sup>-1</sup>), dobramento C-H em grupo metila e metileno (1375 cm<sup>-1</sup>, 1374 cm<sup>-1</sup>), dobramento C-O de alcóois e fenóis (1070 cm<sup>-1</sup>, 1091 cm<sup>-1</sup>), éter alifático C-O ou alongamento álcool C-O (1035 cm<sup>-1</sup>), carbonatos (896 cm<sup>-1</sup>) e vibrações C-X (Fluoreto, Cloreto, Brometo, Iodeto em 784 cm<sup>-1</sup>) (Cui., 2019; Paiva, 2014; Adeniyi *et al.*, 2021; Yadav, 2016).

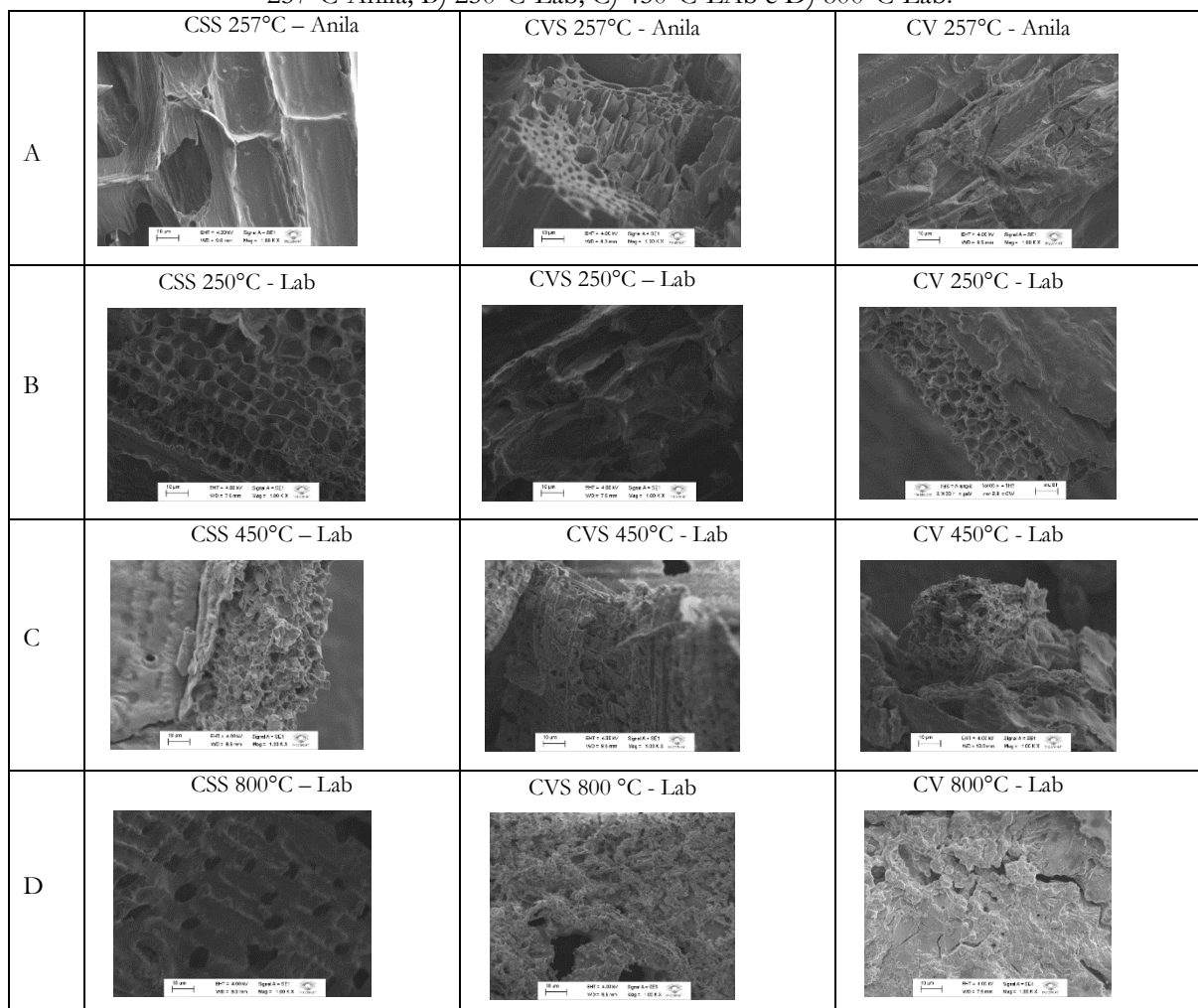
Em comparação aos espectros dos biochars de CSS, CVS e CV preparados a 450°C e 800°C em laboratório, observou-se que em altas temperaturas, os materiais perdem a maioria de seus grupos funcionais. Nestas amostras, foram observadas apenas a banda de absorção correspondente ao estiramento assimétrico de CO<sub>2</sub> (2360 cm<sup>-1</sup> - 2337 cm<sup>-1</sup>), e sinais discretos para as bandas referentes às vibrações de C=C (1404 cm<sup>-1</sup>), estiramento de éter alifático C-O ou alongamento álcool C-O (1120 cm<sup>-1</sup> - 1093 cm<sup>-1</sup>), grupos carboxílicos (964 cm<sup>-1</sup>), carbonatos (875 cm<sup>-1</sup>), e vibrações C-X (Fluoreto, Cloreto, Brometo, Iodeto em 703 cm<sup>-1</sup> e 788 cm<sup>-1</sup>) (Pavia, 2014; Adeniyi *et al.*, 2021; Yadav, 2016).

Observou-se apenas uma exceção no biochar CSS 450°C que manteve alguns grupos funcionais, apesar da elevada temperatura de queima. Pode-se justificar este fato por haver sido coletado em campo, tendo sido seco de maneira aleatória, sem que tenha tido condições de secagem controladas, estando exposto às condições que desconhecemos.

Morfologicamente, as imagens de MEV demonstraram que os biochars de CSS, CVS e CV para as diferentes temperaturas de queima (257°C-Anila e 250°C, 450°C e 800°C Lab) revelaram uma superfície rugosa com poros pequenos e uniformemente distribuídos. Nas imagens com ampliação de 1 kx, observadas na Figura 5, foi possível observar que os biochars 257°C-Anila e

250°C-Lab mostraram estruturas mais definidas, as quais, à partir do aumento de temperatura foram diminuindo, como resultado da destruição dos compostos orgânicos lignocelulósicos por volatilização, resultando assim na perda de compostos orgânicos (Adesemuyi, 2020).

**Figura 5** – Imagens de microscopia eletrônica de varredura para as amostras CSS, CVS e CV. A) 257°C-Anila; B) 250°C-Lab; C) 450°C-Lab e D) 800°C-Lab.



Fonte: Autores, 2025.

Estes resultados concordaram com o estudo de Adeniyi *et al.*, (2021), que também observou que à medida que a temperatura de queima aumenta, a estrutura do biochar torna-se mais uniforme, com a quantidade de poros diminuindo para biochars preparados a 600°C comparado com o preparado a 400°C (Adeniyi *et al.*, 2021).

Notou-se que as análises térmicas dos diferentes capins, indicaram que durante a queima de até aproximadamente 250°C os capins ainda possuem muitos grupos orgânicos, sendo que a 2ª etapa da queima de massa ocorreu entre 350-700°C ( $\Delta m = 28\%$ ), estando relacionada à oxidação da matéria carbonácea e decomposição do material associado ao evento exotérmico na curva DTA em 422°C.

Os grupos funcionais observados nos biochars produzidos a partir de 450°C e 800°C concordaram com o trabalho de Reza (2020), que demonstra o efeito da temperatura de pirólise em sua preparação. A composição química de biochars é altamente dependente de sua temperatura de queima. Compostos preparados a temperaturas na faixa de 400°C a 600°C, e até 800°C, como neste trabalho, perdem muitos grupos funcionais, demonstrando que temperaturas de pirólise menores favorecem a produção do biochar pois, a condensação de compostos alifáticos é mínima em temperaturas de pirólise mais baixas (Adeniyi *et al.*, 2021).

Pensando nos biochars produzidos como potenciais materiais adsorvedores, nossos resultados sugerem que os materiais produzidos em menores temperaturas de queima podem ter maior poder de adsorção devido à presença dos grupos funcionais como grupos carboxila, carbonila, hidroxila e amino, os quais possuem boa afinidade com cátions metálicos (Qiu, 2021), além disso, biochars produzidos em temperaturas baixas tem mais grupos funcionais que contém oxigênio e área de superfície maior, com mais microporos, o que melhora a capacidade de adsorção para metais pesados (Qiu, 2021).

A quantificação de chumbo (Pb) foi feita através da técnica de Espectrometria de Emissão Ótica por Plasma Acoplado Indutivamente (ICP-OES) e a concentração de chumbo (Pb) determinada através da curva de sensibilidade pré-determinada. O percentual de remoção (%) foi determinado utilizando-se a equação:  $(\%) = \frac{C_0 - C_e}{C_0} \cdot (100)$ , onde  $C_0$  e  $C_e$  são, respectivamente, as concentrações inicial e final dos metais na solução em  $\text{mg L}^{-1}$ .

As porcentagens de adsorção de Pb por cada uma das respectivas amostras, apontaram que a amostra CSS Anila teve porcentagem de 34,34% de adsorção, a CVS Anila apresentou 67,68% e a CV Anila adsorveu 61,62%, mostrando com clareza que as amostras de biochar preparadas à partir de capim verde foram as que mostraram maior eficiência na adsorção proposta e o biochar feito à partir do capim colhido fresco e seco a pleno sol (amostra CVS 257-Anila) por 4 dias teve melhor resultado para a adsorção de chumbo.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste trabalho foi preparado biochar por pirólise lenta de capim Napier no fogão Anila em propriedade rural e biochar preparado no laboratório em diferentes temperaturas, os quais tiveram sua estrutura e composição demonstradas, seguido de teste de porcentagem de adsorção para chumbo (Pb). A queima foi semelhante para as 3 amostras como demonstraram os gráficos de análise térmica TG/DTA, onde observaram-se três principais estágios de degradação sendo o estágio 1 relacionado à perda de água entre 30°C e 100°C, o estágio 2, entre 250°C e 350°C, ocorrendo a perda de massa devido a degradação de hemicelulose e celulose e a etapa 3, entre

350°C e 500°C, onde a perda de massa deveu-se à degradação da matéria orgânica. Sendo assim, a queima do fogão Anila seria semelhante para as 2 primeiras etapas, pois a temperatura média ficou em 257°C. O FTIR mostrou que as 3 amostras de biochar (CSS, CVS e CV) produzidas no laboratório na temperatura de 250°C apresentaram grupos funcionais semelhantes sendo que em 450°C apenas o CSS preservou os grupos funcionais e o CVS e CV perderam alguns grupos funcionais porém ficaram com espectros semelhantes. Esses grupos funcionais perdidos poderiam comprometer a adsorção de metais. Em 800°C os 3 biochars apresentaram espectroscopia semelhante apresentando perda de grupos funcionais. É importante considerar que o fogão Anila queima de 250°C a 300°C graus e que os resultados mostram que tanto o biochar produzido no fogão Anila a uma temperatura média de 257 °C quanto o feito na mufla em laboratório a 250°C, apresentam os mesmos grupos funcionais indicando que a adsorção de metais ocorreria de forma semelhante também, tendo sido constatado nas adsorções das amostras 257-Anila um percentual de remoção de chumbo de 34,34% para a amostra CSS 257-Anila, 61,61% para a amostra CV 257-Anila, e 67,68% para a amostra CVS 257-Anila, mostrando assim que o biochar feito de capim colhido fresco e seco a pleno sol (amostra CVS 257-Anila) por 4 dias teve melhor resultado para a adsorção de chumbo, demonstrando assim que o mesmo poderá ser feito também em fogão doméstico, na cidade, mesmo que seja utilizado gás de cozinha para a queima, demonstrando ser esta uma tecnologia social para a mitigação de contaminação local para a melhoria global.

Este biochar foi utilizado para a adsorção de chumbo (Pb) neste trabalho, entretanto, poderia ainda ser utilizado para outras aplicações, como remediação de solos, adsorção de diferentes contaminantes de água, gerenciamento de resíduos e consequente mitigação do avanço sobre as fronteiras planetárias. Com base nos resultados obtidos, sugerem-se as seguintes linhas de pesquisa para aprimoramento e aplicação da tecnologia: estudar a capacidade de adsorção do biochar utilizando solução multi-elementar simuladora contendo concentrações de íons metálicos a ser submetida a remoção de forma simultânea desses metais; avaliar as condições para a melhor capacidade adsorviva dos biochars com variação do valor do pH, variação da concentração dos adsorventes e a interpretação da cinética das adsorções, bem como o tempo de contato para atingir o equilíbrio adsorvivo; estudar outras potenciais aplicações do biochar de capim Napier como melhoria da qualidade dos solos, capacidade de retenção de água, adsorção de diferentes metais e outros contaminantes em solo e água.

Este biochar foi testado com a intenção de ser incorporado a processos de filtragem de água para consumo humano e animal, com vistas ao desenvolvimento de uma tecnologia social de baixo custo e alta eficiência para a melhoria da saúde integral.

Assim sendo, avançar com um estudo adsorptivo em meio monoelementar, visando investigar níveis de afinidade de metais diferentes, para interpretar os níveis de competitividade entre as espécies metálicas dispersas na solução será interessante para aprofundar o conhecimento em relação à eficiência do adsorvente para metais pesados.

## REFERÊNCIAS

ADENIYI, A. *et al.* Produção de biocarvão a partir de capim-elefante (*Pennisetum purpureum*) utilizando um gaseificador de biomassa de corrente ascendente com aquecimento por retorta. **Biocombustíveis**, v. 12, n. 10, p. 1283–1290, 2021.

ADENIYI, A. Um estudo sobre a co-conversão termoquímica de cama de aves e capim-elefante em biocarvão. **Tecnologias Limpas e Política Ambiental**, v. 24, n. 7, p. 2193–2202, 2022.

ADESEMUYI, M. Preparação e caracterização de biochars de capim-elefante e sua utilização para remoção aquosa de nitratos: Efeito da temperatura de pirólise. **Revista de Engenharia Química Ambiental**, n. 6, 2020.

BARRETO, M. Avaliação da pegada hídrica cinzenta para misturas de agrotóxicos aplicados a uma cultura de cana-de-açúcar no Brasil: uma comparação entre dois modelos. **Revista de Produção Mais Limpa**, v. 276, 2020.

BATISTA, E. M. C. C. Biochar como ligante macromolecular no solo visando aumentar a capacidade de retenção de água nos solos do nordeste do Brasil. **Universidade Federal do Paraná, Curitiba, Paraná, Brasil. Recuperado de <https://hdl.handle.net/1884/59431>**, 2018.

BUNSEN, S. et al. Global water security and water quality: addressing the challenges in the 21st century. **Current Opinion in Environmental Science & Health**, v. 23, p. 100276, out. 2021.

CAMPBELL, B. M. A produção agrícola como um dos principais impulsionadores do sistema terrestre excedendo os limites planetários. **Ecologia e sociedade**, 2017.

CONZ, R. F. **Caracterização de matérias-primas e biochars para aplicação na agricultura**. [s.l.] Universidade de São Paulo, 14 abr. 2016.

CUI, X. Transformação de fósforo em biomassa de áreas úmidas durante pirólise e tratamento hidrotermal. **ACS Sustainable Chemistry & Engineering**, p. 16520–16528, 2019.

DE JESUS, J. H. F. et al. Adsorção de compostos aromáticos por biocarvão: influência do tipo de precursor de biomassa tropical. **Celulose (Londres, Inglaterra)**, v. 26, n. 7, pág. 4291–4299, 2019.

DUWIEJUAH, Adam; ABUBAKAR, Mohammed. Adsorption of heavy metals by biochar: a review. **Materials Today: Proceedings**, v. 37, parte 2, p. 1188-1193, 2020. Disponível em: [Insira o link, por exemplo: <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.07.038>]. Acesso em: 26 nov. 2025.

FERREIRA, Daniel. Capim elefante (*Pennisetum purpureum*) como fonte de biomassa e bioenergia: características, potencial e uso. In: CHAVES, G. A. (ed.). **Biomassa vegetal no Brasil**. Curitiba: CRV, 2019. Cap. 4, p. 81-105.

FILIPPELLI, G. M.; MARK, P. Abordando os ônus da saúde ambiental global relacionados à poluição. **GeoSaúde**, p. 2–5, 2018.

GARCIA-NUNEZ, J. A. et al. Desenvolvimentos históricos de reatores de pirólise: Uma revisão. **Energia e combustíveis: um jornal da American Chemical Society**, v. 31, n. 6, pág. 5751-5775, 2017.

GOUJON, A. **8 bilhões e depois?** [s.l.] Conselho de População, 2022.

HU, Q. Indústria de biochar para economia circular. **Ciência do Ambiente Total**, v. 757, 2021.

HUSSAINY, A. *et al.* Adsorption of heavy metals from aqueous solution by biochar derived from agricultural waste: a review. **Environmental Earth Sciences**, v. 74, n. 4, p. 3089-3101, 2015.

IBI - INTERNATIONAL BIOCHAR INITIATIVE. **Why Biochar?**. Disponível em: <https://biochar-international.org/>. Acesso em: 26 nov. 2025.

JABOT, R. Para uma tradução contábil do Antropoceno: alimentando o debate sobre as fronteiras planetárias. **Revista de Contabilidade, Gestão e Política de Sustentabilidade**, p. 21–48, 2023.

KUMAR, A. *et al.* Aplicações multifacetadas do biocarvão na gestão ambiental: um perfil bibliométrico. **Biochar**, v. 5, n. 1, 2023.

LEHMANN, J.; JOSEPH, S. Biochar para a gestão ambiental: uma introdução. In: LEHMANN, Johannes; JOSEPH, S. (ed.). **Biochar para gestão ambiental: fundamentos e aplicações**. 2. ed. Abingdon: Routledge, 2015. Cap. 1, p. 1–13.

MASINDI, V.; MUEDI, K. L. Contaminação ambiental por metais pesados. **Metais pesados**, v. 10, p. 115-132, 2018.

MENG, L. Isótopos de carbono estáveis traçam o efeito dos combustíveis fósseis em frações de carbono negro particulado em um grande lago urbano na China. **Revista de Gestão Ambiental**, v. 318, 2022.

MEYER, D. Biochar—a survey. **Special assignment in energy and process engineering. Finland: Tampere University of Technology**, 2009.

MILIAN-LUPERÓN, L. Obtenção de bioprodutos por pirólise lenta de cascas de café e cacau como candidatos adequados para serem utilizados como emenda do solo e fonte de energia. **Revista Colombiana de Química**, v. 49, n. 2, p. 23–29, 2020.

MORENO-RIASCOS, S.; GHNEIM-HERRERA, T. Impact of biochar use on agricultural production and climate change. A review. **Agronomia colombiana**, v. 38, n. 3, p. 367–381, 2020.

OTTE, J.; VIK, R. A. From black box to integrated assessment: The potential of interdisciplinary studies to enhance the implementation of biochar technology. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 123, p. 113-124, out. 2017. Disponível em: [Insira o link, por exemplo: <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2016.03.003>]. Acesso em: 26 nov. 2025.

PAVIA, D. L. *et al.* **Introdução à espectroscopia**. South Melbourne, VIC, Austrália: Cengage Learning, 2014.

**Perspectivas da População Mundial - Divisão de População - Nações Unidas**. Disponível em: <https://population.un.org/wpp>. Acesso em: 11 jul. 2023.

PERSSON, L. Fora do espaço operacional seguro da fronteira planetária para novas entidades. **Ciência e tecnologia ambiental**, p. 1510–1521, 2022.

QAMBRANI, N. Propriedades de biochar e aplicações ecológicas para mitigação de mudanças climáticas, gerenciamento de resíduos e tratamento de águas residuais: uma revisão. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 79, p. 255–273, 2017.

QIN, J. Reciclagem de metais pesados e modificação de biocarvão derivado do capim Napier usando HNO<sub>3</sub>. **Journal of Environmental Management**, v. 318, 2022.

QIU, B. Biochar como um adsorvente de baixo custo para remoção aquosa de metais pesados: Uma revisão. **Revista de Pirólise Analítica e Aplicada**, v. 155, 2021.

REZA, M. Caracterização biochar de capim invasor *Pennisetum purpureum*: efeito da temperatura de pirólise. **Biochar**, n. 2, p. 239–251, 2020.

ROCKSTRÖM, J. Um espaço operacional seguro para a humanidade. **natureza**, p. 472–475, 2009.

SAKHIYA, A. K.; ANAND, A.; KAUSHAL, P. Produção, ativação e aplicações de biochar nos últimos tempos. **Biochar**, v. 2, n. 3, pág. 253–285, 2020.

SCHOLZ, S. B. et al. Biochar systems for smallholder farmers in developing countries: leveraging current knowledge and exploring future potential for climate-smart agriculture. **Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change**, Berlim, v. 19, n. 4, p. 573–592, abr. 2014. Disponível em: [Insira o link, por exemplo: <https://doi.org/10.1007/s11027-013-9491-4>]. Acesso em: 26 nov. 2025.

SCHWAB, Klaus; ZAHIDI, Saadia. **Relatório de competitividade global: edição especial 2020: moldando a recuperação econômica**. Genebra: Fórum Econômico Mundial, 2020. 202 p.

SERRA, Tiago. **Estudo da capacidade de adsorção de metais pesados por biochar**. 2019. Tese (Mestrado em Engenharia Química e Bioquímica) – Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa, Lisboa, 2019.

SILVA, M. P. DA [UNESP]; (UNESP), U. E. P. Remediação de metais pesados em esgoto sanitário através da aplicação de farinha da casca de banana e nanopartículas magnéticas. 2020.

SMEBYE, A. Avaliação do ciclo de vida de sistemas de produção de biocarvão em áreas rurais tropicais: Comparando fornos de cortina de chama com outros métodos de produção. **Biomassa e Bioenergia**, v. 101, p. 35–43, 2017.

SOUZA, A. K. R.; MORASSUTI, C. Y.; DEUS, W. B. DE. Poluição do ambiente por metais pesados e utilização de vegetais como bioindicadores. **Acta Biomédica Brasiliensia**, v. 9, n. 3, p. 95, 2018.

STEFFEN, Will *et al.* Planetary boundaries: Guiding human development on a changing planet. **Science**, v. 347, n. 6223, p. 1259855, 2015.

TAN, X. *et al.* Aplicação de biochar para a remoção de poluentes de soluções aquosas. **Chemosphere**, v. 125, p. 70-85, 2015.

TITIRICI, M.-M.; THOMAS, A.; ANTONIETTI, M. De volta ao preto: carbonização hidrotermal de material vegetal como um processo químico eficiente para tratar o problema do CO<sub>2</sub>. **New Journal of Chemistry**, n. 6, p. 787–789, 2007.

TUMULURU, J. S. *et al.* A review on biomass torrefaction process and product properties for energy applications. **Industrial Biotechnology**, New Rochelle, v. 7, n. 5, p. 384-401, out. 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.1089/ind.2011.0007>. Acesso em: 26/11/2025.

UNITED NATIONS. Department of Economic and Social Affairs, Population Division. **World Population Prospects 2022: Summary of Results**. Nova York: United Nations, 2022. Disponível em: <https://www.un.org/development/desa/pd/content/world-population-prospects-2022>. Acesso em: 26/11/2025.

XIAO, X. Insight sobre estruturas múltiplas e multiníveis de biochars e suas potenciais aplicações ambientais: uma revisão crítica. **Ciência e tecnologia ambiental**, p. 5027–5047, 2018.

YADAV, A. Biocarvão pirolisado a vácuo para alteração do solo. **Tecnologias Eficientes em termos de Recursos**, p. S177–S185, 2016.

WANG, L. Novas tendências na pirólise de biocarvão e estratégias de modificação: matéria-prima, condições de pirólise, preocupações com a sustentabilidade e implicações para a alteração do solo. **Uso e Manejo do Solo**, p. 358–386, 2020.

WANG, Z. Efeitos do biocarvão derivado da palha de algodão sob diferentes condições de pirólise sobre as propriedades de adsorção de Pb (II) em soluções aquosas. **Journal of Analytical and Applied Pyrolysis**, v. 157, 2021.




WATTS, N. O relatório de 2019 do The Lancet Countdown sobre saúde e mudanças climáticas: garantir que a saúde de uma criança nascida hoje não seja definida por uma mudança climática. **The Lancet**, v. 394, n. 10211.

ZHOU, Yanmei *et al.* Sorption of heavy metals on chitosan-modified biochars and its biological effects. **Chemical engineering journal**, v. 231, p. 512-518, 2013.




# CAPÍTULO 9

## O USO DE DADO PEDAGÓGICO COMO RECURSO DIDÁTICO PARA ENSINAR SOBRE EDUCAÇÃO AMBIENTAL E PANCS NO ENSINO BÁSICO

THE USE OF A PEDAGOGICAL DICE AS A TEACHING RESOURCE FOR  
ENVIRONMENTAL EDUCATION AND PANCS IN BASIC EDUCATION

**Maraiza Mendes Feijó**   




Mestranda em Ciências Ambientais, Universidade Federal de Pelotas (UFPEL), Pelotas-RS, Brasil

**Amanda Forquim Cetolin**   


Graduanda em Gestão Ambiental, Universidade Federal de Pelotas (UFPEL)-RS, Brasil

**Guilherme Gonçalves Wachholz**   

Graduando em Gestão Ambiental, Universidade Federal de Pelotas (UFPEL), Pelotas-RS, Brasil

**Kethlin Giovanna da Silva Ramos**   

Graduanda em Gestão Ambiental, Universidade Federal de Pelotas (UFPEL), Pelotas-RS, Brasil

**Eduarda Lemos Blank**   

Graduanda em Gestão Ambiental, Universidade Federal de Pelotas (UFPEL), Pelotas-RS, Brasil

**Célia Cristina Machado de Carvalho Vaz**   




Graduanda em Gestão Ambiental, Universidade Federal de Pelotas (UFPEL), Pelotas-RS, Brasil

**Stefani Curtinaz Mesquita**   


Graduanda em Gestão Ambiental, Universidade Federal de Pelotas (UFPEL), Pelotas-RS, Brasil

**Wesley Kabke**   


Graduando em Gestão Ambiental, Universidade Federal de Pelotas (UFPEL), Pelotas-RS, Brasil

**Roberta Machado Karsburg**   

Doutora em Ciências com ênfase em Manejo e Conservação do Solo e da Água, Docente do curso de Gestão Ambiental, Universidade Federal de Pelotas (UFPEL), Pelotas-RS, Brasil

**Eduarda Medran Rangel**   

Doutora em Ciência e Engenharia de Materiais, Docente do curso de Gestão Ambiental, Universidade Federal de Pelotas (UFPEL), Pelotas-RS, Brasil

DOI: 10.52832/wed.197.1137 

**Resumo:** O presente capítulo apresenta uma revisão bibliográfica de caráter narrativo, com abordagem qualitativa, associada ao desenvolvimento de um recurso pedagógico voltado ao ensino de Plantas Alimentícias Não Convencionais (PANCs) na educação básica. A proposta integra educação ambiental e alimentação sustentável, com ênfase no uso do dado pedagógico como recurso didático. O estudo parte da compreensão de que o sistema alimentar convencional está associado a impactos ambientais significativos, como perda de biodiversidade, degradação dos solos, uso intensivo de insumos químicos e aumento das emissões de gases de efeito estufa. Nesse contexto, as PANCs configuram-se como alternativas promissoras para a promoção de uma alimentação mais sustentável, diversificada e alinhada à valorização da biodiversidade local. Além de seu potencial nutricional e ambiental, essas plantas apresentam relevância no campo educativo, ao possibilitarem a articulação entre conhecimentos tradicionais, cultura alimentar e práticas sustentáveis. A revisão teórica integra estudos sobre alimentação sustentável, educação ambiental e metodologias lúdicas, destacando o uso de jogos como estratégias capazes de tornar o processo de ensino-aprendizagem mais dinâmico e significativo. O dado pedagógico é apresentado como um recurso didático acessível e interativo, com potencial para estimular a participação, a curiosidade e a construção coletiva do conhecimento. Conclui-se que a ampliação de práticas educativas participativas, aliada ao desenvolvimento de recursos didáticos acessíveis, pode fortalecer a educação ambiental como instrumento de transformação social e ambiental, contribuindo para a formação de sujeitos mais conscientes, críticos e comprometidos com a sustentabilidade.

**Palavras-chave:** Agrobiodiversidade. Consumo consciente. Jogos educativos. Metodologias ativas. Segurança alimentar.

**Abstract:** This chapter presents a narrative bibliographic review with a qualitative approach, combined with the development of a pedagogical resource aimed at teaching Unconventional Food Plants (UFPs) in basic education. The proposal integrates environmental education and sustainable food practices, with emphasis on the use of an educational dice as a didactic tool. The study is based on the understanding that the conventional food system is associated with significant environmental impacts, such as biodiversity loss, soil degradation, intensive use of chemical inputs, and increased greenhouse gas emissions. In this context, UFPs emerge as promising alternatives for promoting more sustainable, diversified diets aligned with the valorization of local biodiversity. In addition to their nutritional and environmental potential, these plants are relevant in educational contexts, as they enable the integration of traditional knowledge, food culture, and sustainable practices. The theoretical review brings together studies on sustainable food systems, environmental education, and playful methodologies, highlighting the use of games as strategies capable of making the teaching–learning process more dynamic and meaningful. The educational dice is presented as an accessible and interactive teaching resource, with the potential to stimulate participation, curiosity, and collective knowledge construction. It is concluded that expanding participatory educational practices, combined with the development of accessible teaching resources, can strengthen environmental education as an instrument of social and environmental transformation, contributing to the formation of more conscious, critical, and sustainability-oriented individuals.

**Keywords:** Agrobiodiversity. Conscious consumption. Educational games. Active learning methodologies. Food security.

## 1 INTRODUÇÃO

A intensificação dos sistemas agrícolas baseados na monocultura, mecanização e uso elevado de insumos químicos tem causado degradação do solo, contaminação hídrica, perda de biodiversidade e redução da resiliência dos ecossistemas. Essas práticas aumentam a emissão de gases de efeito estufa, aceleram a erosão do solo e ampliam a vulnerabilidade das culturas a pragas e doenças, agravando os impactos ambientais e climáticos (Yang *et al.*, 2024).

A homogeneização alimentar, com forte dependência de poucas espécies como arroz, trigo e milho, compromete a diversidade biológica e cultural, além de aumentar a vulnerabilidade dos sistemas alimentares frente às mudanças climáticas (Kumar, 2025). Sistemas intensivos também geram poluição por resíduos agroquímicos e sintéticos para a formação de patógenos resistentes, afetando a saúde humana e ambiental (Gržinić *et al.*, 2022).

Estratégias sustentáveis como agricultura de conservação, agroecologia, uso racional de recursos e tecnologias que economizam água mitigam esses impactos enquanto mantêm a produção alimentar (Çakmakçi; Salik; Çakmakçi, 2023).

A transição para sistemas agroalimentares mais diversificados e resilientes é urgente para garantir a segurança alimentar e a preservação dos ecossistemas diante das crises socioambientais atuais (Sandhu, 2021).

Neste contexto, a valorização de espécies vegetais negligenciadas pelos sistemas agrícolas convencionais tem sido apontada como uma alternativa relevante para a promoção da sustentabilidade, as plantas alimentícias não convencionais (PANCs) são espécies nativas, espontâneas ou pouco exploradas comercialmente, com alto potencial nutricional e funcional, frequentemente superiores a plantas convencionais. Elas são valorizadas por sua diversidade nos biomas brasileiros, facilidade de cultivo sem pesticidas e contribuição para dietas mais saudáveis e sustentáveis, embora seu consumo ainda seja restrito a uma parcela pequena da população devido ao desconhecimento e pouca divulgação (De Rossi; Giannoni, 2023). As Plantas Alimentícias Não Convencionais (PANCs) são espécies nativas, espontâneas ou pouco exploradas comercialmente, com alto potencial nutricional e funcional, incluindo proteínas, fibras, compostos fenólicos e carotenóides. Essas plantas têm sido tradicionalmente utilizadas por comunidades rurais e povos originários na alimentação, medicina popular e práticas culturais, mas ainda são pouco consumidas pela população em geral devido à falta de conhecimento e hábitos consolidados (Magro *et al.*, 2021).

O interesse crescente em PANCs está alinhado com a busca por alimentos naturais, saudáveis e sustentáveis, podendo contribuir para o desenvolvimento de novos produtos alimentares industrializados que valorizem esses recursos locais e incentivar o consumo dessas

plantas pode ajudar a combater a insegurança alimentar e a preservação de conhecimentos tradicionais enquanto promove a biodiversidade alimentar (Magro *et al.*, 2021; Milião *et al.*, 2022).

O resgate e a valorização das PANCs contribuem significativamente para a diversificação alimentar, conservação da biodiversidade e fortalecimento de sistemas produtivos sustentáveis. Essas plantas geralmente apresentam alta adaptação às condições climáticas locais, demandam menos insumos agrícolas e podem ser cultivadas em pequenas áreas, como hortas urbanas e sistemas agroecológicos, promovendo a soberania e segurança alimentar, especialmente em contextos urbanos e periurbanos (Uliana, 2025.)

Contudo, o uso das PANCs ainda é limitado pela falta de conhecimento popular sobre suas propriedades nutricionais e culinárias, indicando a necessidade de maior divulgação científica e cultural para ampliar seu consumo (De Rossi; Giannoni, 2023).

Nesse sentido, a educação ambiental é uma ferramenta essencial para promover a consciência crítica sobre os modelos de produção e consumo de alimentos, incentivando práticas sustentáveis e contextualizadas localmente (Ortega-Ramírez *et al.*, 2025). A educação ambiental tem um papel fundamental na formação de sujeitos críticos, participativos e comprometidos com a transformação socioambiental, conforme preconizado pelas políticas públicas brasileiras. Ela promove a conscientização, o conhecimento, atitudes e habilidades que incentivam mudanças comportamentais e a participação ativa em práticas sustentáveis, contribuindo para o desenvolvimento socioambiental sustentável (Sharma; Paço; Upadhyay, 2023).

Metodologias lúdicas em educação ambiental promovem a participação ativa e a construção coletiva do conhecimento, estimulando o interesse e o engajamento dos alunos. Abordagens que combinam ludicidade, participação e flexibilidade facilitam a sensibilização sobre temas ambientais, como a prevenção da exposição a pesticidas em comunidades rurais, por meio de escritórios participativos que envolvem crianças e seus responsáveis (Rodríguez-Miranda *et al.*, 2022).

Jogos didáticos e sérios têm se mostrado ferramentas eficazes na educação ambiental, promovendo a aprendizagem por meio da experimentação, interação e resolução de problemas reais. Esses jogos, que podem ser digitais (como jogos de computador e aplicativos móveis) ou físicos (como dado pedagógico, jogos de tabuleiro e RPGs), são projetados para aumentar o conhecimento, mudar atitudes e incentivar comportamentos pró-ambientais, como redução do consumo de energia e água, mobilidade sustentável e conservação dos recursos naturais (Tan; Nurul-Asna, 2023).

O uso de ferramentas pedagógicas de baixo custo tem se mostrado eficaz em diversos contextos educacionais, ampliando o acesso e democratizando o conhecimento, são ferramentas

simples e acessíveis promovem uma cultura educativa mais crítica e participativa ao facilitar a integração entre teoria e prática em diferentes áreas do conhecimento (Villacis *et al.*, 2025).

Sendo assim, o desenvolvimento de recursos pedagógicos para o ensino de PANCs se mostra uma estratégia eficaz para promover a alimentação sustentável e o reconhecimento da biodiversidade alimentar. Estratégias lúdicas, como dados pedagógicos, livros digitais e aplicativos móveis com inteligência artificial, facilitam o ensino interativo, estimulando a participação e o compartilhamento de conhecimentos sobre usos culinários, benefícios nutricionais e impactos ambientais das PANCs (Silva; Sales, 2025).

Nesse contexto, o objetivo deste capítulo é apresentar o uso de um dado pedagógico como recurso didático, ferramenta lúdica para o ensino de PANCs no âmbito da educação ambiental, destacando sua aplicação, suas potencialidades educativas e sua contribuição para a promoção da alimentação sustentável e da conservação da biodiversidade.

## 2 METODOLOGIA

O presente trabalho caracteriza-se como uma revisão bibliográfica de caráter narrativo, com abordagem qualitativa, voltada à análise de publicações científicas relacionadas à educação ambiental, alimentação sustentável, metodologias lúdicas e PANCs.

Paralelamente à revisão bibliográfica, foi desenvolvido um recurso didático em formato de dado pedagógico, com o objetivo de exemplificar a aplicação prática de metodologias lúdicas no ensino de PANCs, conforme as etapas apresentadas na Figura 1.

Figura 1- etapas da metodologia.



Fonte: OpenAI, 2026.

O dado foi confeccionado manualmente, utilizando papelão como material estrutural, além de cola, tesoura e figuras ilustrativas de diferentes espécies de PANCs. As imagens foram organizadas nas faces do dado, de modo a representar informações relacionadas às plantas, como nome popular e nome científico. O material foi elaborado com foco na simplicidade, baixo custo e fácil reprodução, visando sua aplicação em diferentes contextos de educação ambiental.

Na revisão narrativa, foi possível integrar diferentes perspectivas teóricas e abordagens conceituais ao combinar conceitos e modelos variados para oferecer uma compreensão mais ampla de um fenômeno, é uma ferramenta valiosa para articular múltiplas visões teóricas e conceituais, promovendo sínteses que podem orientar tanto a pesquisa quanto a prática (De Winnaar; Scholtz, 2019). A revisão narrativa foi escolhida por possibilitar a integração de diferentes perspectivas teóricas e abordagens conceituais, permitindo a construção de uma discussão ampla sobre o

potencial das PANCs no contexto da educação ambiental e o uso de recursos pedagógicos lúdicos no processo de ensino-aprendizagem.

A coleta de dados foi realizada por meio de busca em bases de dados científicas de acesso aberto, como *Google Scholar*, *Science Direct*, *Scopus* e *Web of Science*. Foram utilizados como descritores, em inglês, termos relacionados ao tema do estudo, tais como: "PANCs", "unconventional food plants", "environmental education", "sustainable food", "educational games", "playful methodologies", "educational games", "environmental education" and "sustainable food". A busca contemplou prioritariamente publicações científicas, com o objetivo de reunir referências atualizadas sobre os temas abordados, sendo também incluídas obras clássicas e documentos institucionais considerados relevantes para a fundamentação teórica da pesquisa.

Como critérios de inclusão, foram selecionados artigos científicos publicados em periódicos indexados, livros, capítulos de livros e documentos oficiais relacionados à temática do estudo. Foram excluídos materiais que não apresentavam relação direta com os objetivos do capítulo ou que não possuíam respaldo científico. Após a seleção das publicações, foi realizada a leitura exploratória e analítica dos textos, com o objetivo de identificar conceitos centrais, abordagens teóricas e contribuições relevantes para o tema. As informações obtidas foram organizadas em eixos temáticos, contemplando os impactos ambientais do sistema alimentar convencional, o potencial das PANCs para a alimentação sustentável, o papel da educação ambiental e o uso de metodologias lúdicas no processo educativo.

A partir dessa organização, foi elaborada a discussão teórica apresentada neste capítulo, buscando integrar os diferentes aportes conceituais encontrados na literatura e evidenciar o potencial de ferramentas pedagógicas lúdicas, como o dado pedagógico, no ensino de PANCs no contexto da educação ambiental.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise das publicações selecionadas evidencia que o atual modelo de produção e consumo de alimentos está diretamente associado a diversos impactos ambientais. A predominância de sistemas agrícolas baseados na monocultura (Figura 2), no uso intensivo de fertilizantes e agrotóxicos e na mecanização em larga escala contribui para a degradação do solo, a contaminação dos recursos hídricos e a redução da biodiversidade (Katherasala *et al.*, 2025). Além disso, a globalização das cadeias alimentares tem promovido a padronização das dietas, concentrando o consumo em poucas espécies vegetais, o que reduz a diversidade alimentar e aumenta a vulnerabilidade dos sistemas produtivos (Hamilton *et al.*, 2022).

**Figura 2-** Cultivo de monocultura (soja).

Fonte: <https://media.independente.com.br/images/2025/03/colheita-da-soja-1742897982.jpg>.

A valorização de plantas alimentícias não convencionais (PANCs) está intimamente ligada à promoção da segurança e soberania alimentar, especialmente em áreas urbanas e periurbanas, devido à sua facilidade de cultivo (Figura 3) e ao crescimento frequentemente espontâneo. As PANCs podem ser integradas em hortas domésticas, escolares e comunitárias, ampliando o acesso a alimentos frescos e diversificados, ao mesmo tempo que apoiam o conhecimento tradicional e a conservação da agrobiodiversidade, que são fundamentais para sistemas alimentares resilientes, apesar de sua riqueza nutricional e potencial para diversificar dietas, os PANCs (carboidratos, aminoácidos e outros nutrientes) permanecem subutilizados, em grande parte devido ao conhecimento limitado sobre sua identificação, benefícios nutricionais e usos culinários (Muniz; Farias, 2025).

**Figura 3 -** Cultivo de plantas alimentícias não convencionais (PANCs).

Fonte: <https://www.ufsm.br/app/uploads/2024/10/IC3A0432-768x512.jpg>.

Análises nutricionais revelam que muitas espécies de PANC possuem altos níveis de proteínas, fibras, vitaminas e minerais, tornando-as valiosas para o tratamento de deficiências nutricionais de forma acessível. Iniciativas educacionais e projetos de inovação gastronômica demonstram ainda mais o potencial dos PANCs para aumentar a conscientização e a aceitação pública, promovendo práticas alimentares sustentáveis em paisagens urbanas (De Rossi; Giannoni, 2024).

O conhecimento sobre Plantas Alimentícias Não Convencionais (PANCs) é limitado na população, especialmente em áreas urbanas, devido à perda de práticas alimentares tradicionais, influência do mercado e ausência dessas plantas nos circuitos comerciais convencionais. A educação ambiental, especialmente em ambientes escolares, tem sido destacada como uma estratégia eficaz para promover o reconhecimento, valorização e consumo dessas plantas, contribuindo para a conscientização ecológica e o desenvolvimento sustentável. Experiências educacionais com hortas escolares e laboratórios mostram que atividades práticas favorecem a construção de conhecimentos e habilidades em estudantes, ampliando a percepção sobre a biodiversidade alimentar brasileira (Marques; Gama, 2023).

Além disso, as PANCs são reconhecidas por seu potencial nutricional superior ou equivalente a vegetais orgânicos, com baixo custo e fácil manejo, podendo contribuir para dietas mais saudáveis e sustentáveis (Milião *et al.*, 2022). A promoção do consumo de plantas alimentícias não convencionais também está alinhada com estratégias globais para sistemas alimentares mais sustentáveis e redução dos impactos ambientais da agropecuária (Wijerathna-Yapa; Pathirana, 2022). Portanto, integrar educação ambiental com práticas que resgatam o uso das PANCs pode ser uma abordagem promissora para enfrentar desafios nutricionais, culturais e ambientais atuais (Marques; Gama, 2023).

A educação ambiental é fundamental para promover hábitos alimentares mais saudáveis e sustentáveis, integrando conhecimentos ecológicos, culturais e nutricionais. Intervenções educacionais que combinam estratégias de ensino, persuasão e restrição ambiental mostram maior eficácia na promoção de dietas sustentáveis, especialmente na redução do consumo de carne e no aumento da ingestão de alimentos vegetais (Wadi *et al.*, 2024).

Projetos pedagógicos que integram alimentação saudável e educação ambiental ainda são pouco articulados, evidenciando uma lacuna na conexão entre preservação ambiental e práticas alimentares nas escolas (Aguiar; Scareli-Santos, 2025). Ainda neste contexto, a conscientização sobre a sustentabilidade alimentar varia entre gerações, sendo essencial direcionar iniciativas educativas para preparar futuros pais e comunidades para escolhas alimentares mais conscientes (Öner *et al.*, 2024).

Metodologias ativas e participativas na educação enfatizam o envolvimento do aluno, a autonomia e a construção colaborativa do conhecimento, afastando-se da aprendizagem passiva tradicional. Essas abordagens incluem a Aprendizagem Baseada em Problemas (ABP), salas de aula invertidas, debates temáticos e atividades interativas que promovem o pensamento crítico, a criatividade e experiências de aprendizagem significativas em todos os níveis educacionais, do ensino fundamental ao superior. A utilização de métodos lúdicos e interativos aumenta a motivação, a curiosidade e a troca de conhecimentos, contribuindo para um ambiente de aprendizagem dinâmico e inclusivo que apoia o desenvolvimento intelectual e emocional (Nastas, 2025).

Os métodos de pesquisa participativa democratizam ainda mais a educação ao envolver os alunos como co-pesquisadores, desafiar as estruturas hierárquicas e promover a justiça epistêmica e a transformação social (Timmis *et al.*, 2024).

Os jogos educativos têm demonstrado ser eficazes na melhoria da compreensão de sistemas alimentares sustentáveis, envolvendo os participantes em experiências de aprendizagem interativas e práticas que promovem o pensamento crítico e a resolução de problemas (Peña *et al.*, 2025).

Materiais didáticos simples, de baixo custo e de fácil reprodução são reconhecidos como ferramentas pedagógicas acessíveis que ampliam o alcance das ações de educação ambiental em diversos contextos, como escolas, projetos sociais e hortas comunitárias. A literatura destaca que o uso de tecnologias digitais, incluindo realidade virtual, aplicativos móveis e plataformas interativas, tem potencial para melhorar a compreensão e o engajamento dos estudantes com temas ambientais e sustentabilidade. Além disso, metodologias inovadoras de aprendizagem baseadas em projetos, simulações virtuais e oficinas pedagógicas participativas favorecem o desenvolvimento da consciência ecológica e atitudes sustentáveis (Ismailovna, 2025).

Neste sentido, o uso do dado pedagógico (Figura 4) como recurso didático para o ensino de Plantas Alimentícias Não Convencionais (PANCs) pode promover uma aprendizagem interativa e colaborativa, estimulando a participação dos estudantes e a troca de experiências (Marques; Gama, 2023).

**Figura 4** Dado pedagógico, no uso de ensino sobre PANCs.

**Fonte:** Autores, 2025.

A literatura sobre educação botânica destaca que abordagens que proporcionam encontros significativos e afetivos com as plantas aumentam a conscientização e interesse dos alunos, sugerindo que ferramentas interativas como dados pedagógicos podem ser eficazes para esse fim (Stagg; Hetherington; Dillon, 2024). Além disso, metodologias que combinam desafios, perguntas e informações nas faces do dado podem facilitar o reconhecimento das espécies, seus usos alimentares e benefícios ambientais, promovendo um aprendizado mais dinâmico e integrado. Portanto, o dado pedagógico representa um recurso promissor para o ensino de PANCs no contexto da educação ambiental, alinhado com práticas educativas inovadoras que valorizam a interdisciplinaridade e a participação ativa dos sujeitos (Marques; Gama, 2023; Stagg; Hetherington; Dillon, 2024).

A integração de metodologias lúdicas, como jogos e experiências práticas, na educação ambiental e alimentar tem se mostrado eficaz para promover mudanças comportamentais em direção a dietas mais sustentáveis e diversificadas. Jogos sérios e aplicativos gamificados têm sido usados com sucesso para aumentar o conhecimento, atitudes e comportamentos pró-ambientais, incluindo a redução do consumo de recursos como energia e alimentos, embora alguns efeitos sejam de curto prazo (Boncu; Candel; Popa, 2022). A integração de educação alimentar, sustentabilidade ambiental e metodologias interativas são recomendadas para construir sistemas alimentares mais diversos e sustentáveis, promovendo mudanças duradouras nos hábitos de consumo (Sabet; Böhm, 2024).

Sendo assim, pode-se afirmar que ferramentas pedagógicas simples, como o dado didático, podem ser eficazes para a difusão do conhecimento sobre Plantas Alimentícias Não Convencionais (PANCs) e para fortalecer ações educativas voltadas à conservação da biodiversidade e à promoção da alimentação sustentável.

#### 4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise da literatura evidencia que o modelo alimentar predominante está associado a diversos impactos ambientais, como a perda de biodiversidade, a degradação dos solos e a homogeneização das dietas. Um cenário mundial, que reforça a necessidade de estratégias que promovam sistemas alimentares mais sustentáveis, diversificados e resilientes. Nesse contexto, as PANCs destacam-se como alternativas viáveis para a promoção da segurança alimentar, da valorização da agrobiodiversidade e da redução dos impactos ambientais associados à produção de alimentos.

Os estudos analisados indicam que as PANCs apresentam elevado potencial nutricional, maior adaptação às condições ambientais locais e menor necessidade de insumos agrícolas, características que favorecem práticas de cultivo mais sustentáveis. No entanto, é raso a falta de conhecimento dessas espécies por grande parte da população, o que evidencia a importância de ações educativas voltadas à sua valorização. A educação ambiental, ao integrar aspectos ecológicos, sociais e culturais, é significativamente uma ferramenta essencial para a construção de hábitos alimentares mais conscientes e sustentáveis.

Nesse sentido, destaca-se relevância do uso de metodologias ativas e participativas no processo educativo, especialmente aquelas que incorporam elementos lúdicos. Os jogos pedagógicos demonstram potencial para tornar o processo de aprendizagem mais dinâmico, interativo e significativo, favorecendo o engajamento dos participantes e a assimilação do conhecimento. Na educação ambiental, esses recursos contribuem para a compreensão de temas complexos, como biodiversidade, alimentação sustentável e conservação dos recursos naturais.

Entre as diferentes possibilidades de recursos didáticos, o dado pedagógico apresenta-se como uma ferramenta simples, acessível e de fácil reprodução, com potencial para a abordagem de conteúdos relacionados às PANCs. O dado pedagógico promove uma dinâmica interativa favorece a participação ativa dos sujeitos, a troca de conhecimentos e o reconhecimento de espécies alimentícias pouco conhecidas, contribuindo para a valorização da biodiversidade alimentar.

Dessa forma, a integração entre educação ambiental, alimentação sustentável e metodologias lúdicas configura-se como uma estratégia promissora para a promoção de mudanças de comportamento e para a construção de uma cultura alimentar mais diversa e consciente. O uso

de ferramentas pedagógicas simples, como o dado didático, pode contribuir para ampliar o acesso ao conhecimento sobre as PANCs, fortalecendo ações educativas voltadas à conservação da biodiversidade e à promoção de sistemas alimentares mais sustentáveis.

Podemos concluir que se destaca a importância de ampliar as pesquisas e práticas educativas que integrem o ensino das PANCs a metodologias participativas, de modo a fortalecer a educação ambiental como instrumento de transformação social e ambiental. O desenvolvimento e a aplicação de recursos didáticos acessíveis podem favorecer a disseminação desses conhecimentos em diferentes contextos educativos, contribuindo para a formação de sujeitos mais conscientes, críticos e comprometidos com a sustentabilidade.

### Agradecimentos

Agradecemos a Universidade Federal de Pelotas (UFPEL), ao Grupo de Estudos e Soluções Ambientais (GESA) e ao Programa de Pós- Graduação em Ciências Ambientais (PPGCamb).

### REFERÊNCIAS

AGUIAR, W.; SCARELI-SANTOS, C. Temas de alimentação saudável e educação ambiental nos projetos de políticas pedagógicas do Colégio Estadual Adolfo Bezerra de Menezes, Araguaína, Tocantins, Brasil. **Caderno Pedagógico**, 2025. DOI: <https://doi.org/10.54033/cadpedv22n11-323>.

BONCU, Ş.; CANDEL, O.; POPA, N. Gameful green: a systematic review on the use of serious computer games and gamified mobile apps to foster pro-environmental information, attitudes and behaviors. **Sustainability**, 2022. DOI: <https://doi.org/10.3390/su141610400>.

ÇAKMAKÇI, R.; SALIK, M. A.; ÇAKMAKÇI, S. Assessment and principles of environmentally sustainable food and agriculture systems. **Agriculture**, v. 13, n. 5, p. 1073, 2023. DOI: <http://dx.doi.org/10.3390/agriculture13051073>.

DE ROSSI, P.; GIANNONI, J. Unconventional food plants (UFPs) and their use in food: a review. **International Journal of Multidisciplinary Research and Growth Evaluation**, v. 4, n. 3, p. 973-976, 2023. DOI: <https://doi.org/10.54660/.ijmrge.2023.4.3.973-976>.

DE ROSSI, P.; GIANNONI, J. The role of unconventional food plants (UFPs) in gastronomic innovation. **International Journal of Multidisciplinary Research and Growth Evaluation**, v. 5, n. 1, p. 822-824, 2024. DOI: <https://doi.org/10.54660/.ijmrge.2024.5.1.822-824>.

GRŽINIĆ, G.; PIOTROWICZ-CIEŚLAK, A.; KLIMKOWICZ-PAWLAS, A.; GÓRNY, R.; ŁAWNICZEK-WAŁCZYK, A.; PIECHOWICZ, L.; OLKOWSKA, E.; POTRYKUS, M.; TANKIEWICZ, M.; KRUPKA, M.; SIEBIELEC, G.; WOLSKA, L. Intensive poultry farming: a review of the impact on the environment and human health. **Science of the Total Environment**, v. 160014, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.160014>.

Wissen Editora, 2026 | ISBN 978-65-85923-89-7 | DOI: <http://www.doi.org/10.52832/wed.197>

HAMILTON, H.; HENRY, R.; ROUNSEVELL, M.; MORAN, D.; COSSAR, F.; ALLEN, K.; BODEN, L.; ALEXANDER, P. Exploring global food system shocks, scenarios and outcomes. **Futures**, v. 123, p. 102601, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.futures.2020.102601>.

KATHERASALA, S.; KAITHA, S.; KALAKOTI, U.; SAGABOINA, P.; VUDUTHA, N. Cultivating sustainability: agricultural practices, soil degradation, and the future of agroecology. **International Journal of Environmental Sciences**, 2025. DOI: <https://doi.org/10.64252/4tfejg09>.

KUMAR, B. The impact of land-use changes on species diversity and ecosystem functioning in agricultural landscapes. **International Journal of Environmental Sciences**, v. 11, n. 10, p. 755-765, 2025. DOI: <http://dx.doi.org/10.64252/k1ksb673>.

MAGRO, D.; FORALOSSO, F. V. Á.; FRONZA, N.; DA SILVEIRA, S.; GONZALEZ, S. Unconventional food plants (UFPs): a review. **Journal of Agricultural Sciences Research**, 2021. DOI: <https://doi.org/10.22533/at.ed.973211111>.

MARQUES, C.; GAMA, E. Plantas alimentícias não convencionais nas atividades de ensino, pesquisa e extensão do Instituto Federal Baiano Campus Serrinha. **Cadernos de Educação e Desenvolvimento**, 2023. DOI: <https://doi.org/10.55905/cuadv15n7-008>.

MILIÃO, G.; DE OLIVEIRA, A.; DE SOUZA SOARES, L.; ARRUDA, T.; VIEIRA, É.; DE CASTRO LEITE JÚNIOR, B. Unconventional food plants: nutritional aspects and prospects for industrial applications. **Future Foods**, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fufo.2022.100124>.

MUNIZ, L.; FARIAS, J. A função das plantas alimentícias não convencionais (PANCs) na segurança alimentar e sustentabilidade: um estudo na comunidade São Militão – PA, Vale do Jari. **Revista FT**, 2025. DOI: <https://doi.org/10.69849/revistaft/dt10202506112155>.

NASTAS, N. O desenvolvimento da criatividade dos alunos através de métodos ativos e participativos. **University Arena**, 2025. DOI: [https://doi.org/10.62229/uaviii\\_5\\_25-34](https://doi.org/10.62229/uaviii_5_25-34).

ÖNER, N.; DURMUŞ, H.; FIRAT, Y.; BORLU, A.; ÖZKAN, N. Sustainable and healthy dietary behaviors and environmental literacy of generations X, Y, and Z with the same ancestral origin: a descriptive cross-sectional study. **Sustainability**, v. 16, n. 6, 2024. DOI: <https://doi.org/10.3390/su16062497>.

ORTEGA-RAMÍREZ, A.; MORENO, A.; CORREA, J.; TOVAR, M.; SILVA-MARRUFO, Ó.; OLVERA, M. Designing a sustainable pilot garden to promote environmental education at Carlos Albán Holguín School in Bogotá, Colombia. **Sustainability**, 2025. DOI: <https://doi.org/10.3390/su17177570>.

PEÑA, L.; OSMA, J.; MÁRQUEZ, J.; ÁLVAREZ-BUSTOS, M.; FUENTES-FORERO, L.; SIERRA-HURTADO, F. AQUAPONIA: a serious game to promote aquaponic systems for local community development. **Journal of Cleaner Production**, 2025. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2025.144905>.

RODRÍGUEZ-MIRANDA, R.; PALOMO-CORDERO, L.; PADILLA-MORA, M.; CORRALES-VARGAS, A.; VAN WENDEL DE JOODE, B. Aprendizaje lúdico: una herramienta para educación ambiental. **Revista de Ciencias Ambientales**, v. 56, n. 1, p. 209-228, 2022. DOI: <https://doi.org/10.15359/rca.56-1.10>.

Wissen Editora, 2026 | ISBN 978-65-85923-89-7 | DOI: <http://www.doi.org/10.52832/wed.197>

SABET, F.; BÖHM, S. Towards sustainable school food: an experiential planetary health framework integrating meals and food education. **British Educational Research Journal**, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1002/berj.4100>.

SANDHU, Harpinder. Bottom-up transformation of agriculture and food systems. **Sustainability**, v. 13, n. 4, p. 2171, 2021. DOI: <http://dx.doi.org/10.3390/su1304217>.

SHARMA, N.; PAÇO, A.; UPADHYAY, D. Option or necessity: role of environmental education as transformative change agent. **Evaluation and Program Planning**, v. 97, p. 102244, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.evalprogplan.2023.102244>.

TAN, C.; NURUL-ASNA, H. Serious games for environmental education. **Integrative Conservation**, v. 2, p. 19-42, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1002/inc3.18>.

TIMMIS, S.; MGQWASHU, E.; TRAHAR, S.; NAIDOO, K.; LUCAS, L.; MUHURO, P. Students as co-researchers: participatory methods to decolonise research in teaching and learning in higher education. **Teaching in Higher Education**, v. 29, p. 1793-1812, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1080/13562517.2024.2359738>.

ULIANA, D.; LEAL, R.; GERING, S.; MORAES, É.; DE SÃO JOSÉ, J. Projeto de extensão “PANCCult”. **Revista Guará**, 2025. DOI: <https://doi.org/10.30712/a2pjtn06>;

VILLACIS, M.; GUALPA, S.; DE LA VEGA SANDOVAL, D.; GARCÍA, M. Use of low-cost educational technologies to enhance English language learning. **Revista Ciencia Innovadora**, 2025. DOI: <https://doi.org/10.64422/rci.v3n3.2025.67>.

WADI, N.; CHEIKH, K.; KEUNG, Y.; GREEN, R. Investigating intervention components and their effectiveness in promoting environmentally sustainable diets: a systematic review. **The Lancet Planetary Health**, v. 8, p. e410-e422, 2024. DOI: [https://doi.org/10.1016/s2542-5196\(24\)00064-0](https://doi.org/10.1016/s2542-5196(24)00064-0).

WIJERATHNA-YAPA, A.; PATHIRANA, R. Sustainable agri-food systems to address climate change and food security. **Agriculture**, v. 12, n. 10, 2022. DOI: <https://doi.org/10.3390/agriculture12101554>.

YANG, Y.; TILMAN, D.; JIN, Z.; SMITH, P.; BARRETT, C. B.; ZHU, Y.-G.; BURNEY, J.; D’ODORICO, P.; FANTKE, P.; FARGIONE, J.; FINLAY, J. C.; RULLI, M. C.; SLOAT, L.; VAN GROENIGEN, K. J.; WEST, P. C.; ZISKA, L.; MICHALAK, A. M.; LOBELL, D. B. Climate change exacerbates the environmental impacts of agriculture. **Science**, v. 385, n. 6713, eadn3747, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1126/science.adn3747>.




# CAPÍTULO 10

## CAPACITAÇÃO DE ESTUDANTES DO CURSO TÉCNICO EM MEIO AMBIENTE NO MONITORAMENTO DO PROJETO SISTEMINHA EMBRAPA/UFU/FAPEMIG NO IFMA CAMPUS ALCÂNTARA – MA




TRAINING OF ENVIRONMENTAL TECHNICAL COURSE STUDENTS IN THE MONITORING OF THE SISTEMINHA EMBRAPA/UFU/FAPEMIG PROJECT AT IFMA CAMPUS ALCÂNTARA – MA

**Elisabeth Regina Alves Cavalcanti Silva**   

Docente Doutora do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Maranhão (IFMA),  
Campus, Alcântara-MA, Brasil

**Diego Lima Matos**   


Docente Mestre do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Maranhão (IFMA), Campus,  
Alcântara-MA, Brasil

**Ingryd Ramos França**   

Técnica em Meio Ambiente, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Maranhão (IFMA),  
Campus, Alcântara-MA, Brasil

**José Luís Araujo Sousa**   

Técnico em Meio Ambiente, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Maranhão (IFMA),  
Campus, Alcântara-MA, Brasil

DOI: 10.52832/wed.197.1138 

**Resumo:** Nos últimos anos, a segurança alimentar e nutricional tem se consolidado como uma das principais preocupações globais, influenciando políticas públicas, acordos internacionais e estratégias de desenvolvimento sustentável em diversos países. Essa temática está diretamente relacionada aos 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) estabelecidos pela Organização das Nações Unidas (ONU), os quais propõem diretrizes voltadas à sustentabilidade ambiental, inclusão social, crescimento econômico e garantia da segurança alimentar para as gerações presentes e futuras. Nesse contexto, o projeto de ensino “Capacitação dos Alunos de Meio Ambiente do Campus Alcântara-MA no Monitoramento do Projeto Sisteminha EMBRAPA/UFU/FAPEMIG” teve como objetivo qualificar estudantes do curso técnico em Meio Ambiente do Instituto Federal do Maranhão (IFMA) Campus Alcântara para atuar no monitoramento e manutenção do Sisteminha, uma tecnologia social inovadora voltada à produção integrada de alimentos de forma sustentável. Desenvolvido em parceria com a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), a Universidade Federal de Uberlândia (UFU) e a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG), o Sisteminha integra diferentes componentes produtivos — piscicultura, avicultura, compostagem e horticultura — em um sistema circular de reaproveitamento de resíduos e produção agroecológica. A capacitação dos estudantes ocorreu por meio de atividades teóricas e práticas, envolvendo conteúdos relacionados ao manejo de resíduos orgânicos, segurança alimentar, monitoramento ambiental e gestão de sistemas produtivos sustentáveis. Participaram do projeto alunos das turmas Meio Ambiente IV e Meio Ambiente VI do curso técnico em Meio Ambiente, organizados em cinco grupos responsáveis pelo acompanhamento diário dos módulos produtivos do Sisteminha, cada grupo atuando em um dia específico da semana. Durante o processo formativo, os estudantes desenvolveram atividades de monitoramento da qualidade da água, manejo de peixes e aves, produção de hortaliças, compostagem de resíduos orgânicos e recuperação de áreas degradadas. Dessa forma, o projeto contribuiu significativamente para a formação de profissionais capazes de atuar na promoção de práticas sustentáveis e na disseminação de tecnologias sociais voltadas à segurança alimentar. Além de promover a integração entre teoria e prática no processo de ensino-aprendizagem, a iniciativa fortaleceu a parceria entre instituições de ensino e pesquisa, estimulando a inovação no campo da agroecologia e da educação ambiental. O projeto também apresenta impacto social relevante, uma vez que os conhecimentos adquiridos pelos estudantes podem ser replicados em suas comunidades, ampliando o alcance das práticas sustentáveis de produção de alimentos. Por meio dessa experiência, os alunos foram preparados para atuar como agentes multiplicadores de tecnologias sustentáveis, contribuindo para a mitigação de impactos ambientais e para o fortalecimento da segurança alimentar em seus territórios. Dessa forma, o projeto reafirma o compromisso do IFMA Campus Alcântara com a formação de profissionais qualificados e engajados na busca por soluções inovadoras para os desafios ambientais e sociais contemporâneos.

**Palavras-chave:** Segurança Alimentar. Agroecologia. Educação Ambiental. Tecnologias Sociais. Sisteminha.

**Abstract:** Food and nutritional security has become one of the main global concerns in recent years, directly influencing public policies and sustainable development strategies worldwide. In this context, the teaching project “Training Environmental Technical Course Students in Monitoring the EMBRAPA/UFU/FAPEMIG Sisteminha Project at IFMA Campus Alcântara” aimed to provide theoretical and practical training for students of the Environmental Technical Course at the Federal Institute of Maranhão (IFMA) – Alcântara Campus. The project focused on monitoring and maintaining the Sisteminha, an innovative social technology developed through a partnership between EMBRAPA, the Federal University of Uberlândia (UFU), and FAPEMIG. The

Sisteminha integrates fish farming, poultry farming, composting, and horticulture into a circular and sustainable food production system. Approximately 50 students participated in theoretical classes and practical activities involving environmental monitoring, organic waste management, water quality analysis, agroecological practices, and maintenance of productive modules. The students were organized into work groups responsible for the daily monitoring of the system throughout the week. The project promoted the integration of theory and practice, strengthened interdisciplinary learning, and contributed to the development of technical and socio-environmental skills related to sustainable production systems. In addition, the initiative reinforced food security principles, environmental education, and the dissemination of sustainable technologies applicable to family farming and local communities. The results demonstrated the educational, social, and environmental relevance of the Sisteminha as a pedagogical tool capable of preparing students to act as multipliers of sustainable practices and environmental management technologies.

**Keywords:** Food Security. Agroecology. Environmental Education. Social Technologies. Sisteminha.

## 1 INTRODUÇÃO

A segurança alimentar e nutricional tem se consolidado como uma pauta central nas discussões internacionais sobre desenvolvimento sustentável. A crescente pressão sobre os recursos naturais, associada ao aumento populacional e às mudanças climáticas, tem intensificado os desafios relacionados à produção de alimentos de forma sustentável e à redução da insegurança alimentar em diferentes regiões do mundo.

Nesse cenário, a **Agenda 2030 das Nações Unidas** estabelece metas voltadas à erradicação da fome, à promoção da agricultura sustentável e à gestão responsável dos recursos naturais, destacando a importância da adoção de tecnologias que conciliem produção de alimentos, conservação ambiental e inclusão social.

Entre as iniciativas voltadas a esse propósito destaca-se o **Projeto Sisteminha EMBRAPA/UFU/FAPEMIG**, uma tecnologia social inovadora que integra diferentes componentes produtivos em um sistema circular de produção agroecológica. Desenvolvido por pesquisadores da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) em parceria com a Universidade Federal de Uberlândia (UFU) e a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG), o Sisteminha foi concebido como uma alternativa sustentável para a produção de alimentos em pequenas propriedades rurais, especialmente no contexto da agricultura familiar.

O Sisteminha baseia-se no princípio da **integração entre diferentes subsistemas produtivos**, permitindo o aproveitamento eficiente de recursos e a redução de desperdícios. No sistema, resíduos orgânicos são utilizados na compostagem, gerando adubo natural que alimenta a produção de hortaliças em canteiros elevados. Paralelamente, tanques de piscicultura são integrados

ao sistema, criando uma relação ecológica em que os resíduos metabólicos dos peixes contribuem para a fertilização das plantas, enquanto as plantas auxiliam na filtragem e na melhoria da qualidade da água.

Além da piscicultura e da horticultura, o Sisteminha pode incluir módulos de **avicultura, compostagem e minhocultura**, ampliando as possibilidades de produção integrada e fortalecendo o ciclo de reaproveitamento de nutrientes. Essa abordagem contribui para a redução da dependência de insumos externos, favorecendo práticas produtivas baseadas em princípios agroecológicos.

No **IFMA Campus Alcântara**, a implantação do Sisteminha resultou na construção de módulos específicos para piscicultura, criação de galinhas poedeiras, composteira, minhocário e horta agroecológica. O funcionamento contínuo desses módulos depende de monitoramento sistemático e manejo adequado, o que tornou necessária a capacitação dos estudantes do curso técnico em Meio Ambiente para atuar na manutenção e no acompanhamento do sistema.

Assim, o projeto de ensino foi desenvolvido com o propósito de integrar atividades práticas às disciplinas do curso, especialmente **Gestão de Recursos Hídricos e Efluentes (Meio Ambiente IV)** e **Recuperação de Áreas Degradadas (Meio Ambiente VI)**. A proposta buscou promover uma abordagem interdisciplinar, articulando conhecimentos relacionados à agroecologia, gestão de resíduos sólidos, qualidade da água e restauração ambiental.

Os estudantes foram organizados em grupos responsáveis pelo monitoramento semanal do Sisteminha, desenvolvendo atividades como análise da qualidade da água dos tanques de peixes, manejo de resíduos orgânicos, manutenção dos módulos produtivos e cultivo de hortaliças. Essa participação ativa proporcionou aos alunos uma experiência prática de grande relevância para sua formação profissional.

Dessa forma, o projeto contribuiu para fortalecer o processo de ensino-aprendizagem, promovendo a integração entre teoria e prática e preparando os estudantes para atuar na implementação de tecnologias sustentáveis em suas futuras áreas de atuação.

## 2 OBJETIVOS

### 2.1 Objetivo Geral

Proporcionar aos estudantes do curso técnico em Meio Ambiente do IFMA Campus Alcântara uma formação teórica e prática voltada ao monitoramento e manejo do **Projeto Sisteminha EMBRAPA/UFU/FAPEMIG**, promovendo o desenvolvimento de competências relacionadas à sustentabilidade ambiental e à produção integrada de alimentos.

## 2.2 Objetivos Específicos

- Desenvolver e promover um sistema integrado de produção de alimentos, criação de animais e reaproveitamento de resíduos orgânicos por meio da implementação do Sisteminha, visando a sustentabilidade ambiental e a segurança alimentar;
- Apresentar aos estudantes os princípios, conceitos e boas práticas relacionadas ao Sisteminha, incentivando a adoção dessa tecnologia como alternativa sustentável de produção de alimentos e manejo de resíduos;
- Capacitar os alunos nas técnicas de implementação, monitoramento e manejo do Sisteminha, contribuindo para a formação de agentes multiplicadores capazes de disseminar essa tecnologia em diferentes contextos socioambientais;
- Promover a integração entre atividades teóricas e práticas no processo de ensino-aprendizagem, fortalecendo a formação interdisciplinar dos estudantes;
- Estimular o desenvolvimento de competências relacionadas ao monitoramento ambiental, à gestão de recursos naturais e à recuperação de áreas degradadas.

## 3 JUSTIFICATIVA

A implementação do projeto de ensino justifica-se pela necessidade de ampliar as estratégias de formação prática dos estudantes do curso técnico em Meio Ambiente, promovendo experiências que articulem conhecimento científico, tecnologias sustentáveis e responsabilidade socioambiental.

Do ponto de vista ambiental, o Sisteminha representa uma tecnologia inovadora capaz de integrar produção de alimentos e reaproveitamento de resíduos orgânicos, contribuindo para a conservação dos recursos naturais e para a redução de impactos ambientais. Ao participar do projeto, os estudantes têm a oportunidade de vivenciar práticas sustentáveis que reforçam a importância da gestão adequada de resíduos e da produção agroecológica.

Outro aspecto relevante refere-se à **abordagem interdisciplinar** proporcionada pelo projeto. A implementação e o monitoramento do Sisteminha envolvem conhecimentos provenientes de diversas áreas, como biologia, agronomia, engenharia ambiental e ciências sociais, permitindo aos estudantes desenvolver uma visão sistêmica sobre os desafios ambientais contemporâneos.

Além disso, o projeto contribui para a **promoção da segurança alimentar**, uma vez que o Sisteminha possibilita a produção de alimentos saudáveis de forma sustentável e de baixo custo, sendo especialmente adequado para pequenos produtores e comunidades rurais.

A parceria estabelecida entre o IFMA, a EMBRAPA, a UFU e a FAPEMIG também fortalece a dimensão científica e tecnológica do projeto, proporcionando aos estudantes acesso a conhecimentos atualizados e a metodologias inovadoras de produção sustentável.

Por fim, destaca-se o **impacto social da iniciativa**, uma vez que os estudantes capacitados se tornam agentes multiplicadores de práticas sustentáveis em suas comunidades, contribuindo para a difusão de tecnologias sociais voltadas à produção de alimentos e à conservação ambiental.

## 4 METODOLOGIA

A execução do projeto envolveu diferentes etapas metodológicas, incluindo seleção dos participantes, capacitação teórica e prática, monitoramento contínuo das atividades e análise dos dados coletados.

### 4.1 Seleção dos participantes

Participaram do projeto aproximadamente **50 estudantes do curso técnico em Meio Ambiente** do IFMA Campus Alcântara, provenientes das turmas Meio Ambiente III e Meio Ambiente V. Os alunos foram organizados em **cinco equipes de trabalho**, responsáveis pelo acompanhamento do Sisteminha em dias específicos da semana.

### 4.2 Capacitação teórica

Foram realizadas aulas expositivas ministradas por professores e colaboradores do projeto, abordando temas como:

- princípios e funcionamento do Sisteminha;
- sustentabilidade e reaproveitamento de resíduos orgânicos;
- segurança alimentar e agroecologia;
- técnicas de monitoramento ambiental;
- coleta e análise de dados ambientais.

### 4.3 Capacitação prática

Os estudantes participaram de atividades práticas no espaço de implementação do Sisteminha, incluindo:

- monitoramento da qualidade da água dos tanques de piscicultura;
- observação e registro de parâmetros ambientais;
- manejo dos sistemas produtivos;
- avaliação das condições ambientais dos módulos.

#### 4.4 Manutenção dos módulos do Sisteminha

As equipes realizaram atividades periódicas de manutenção dos seguintes módulos:

1. manejo e monitoramento do tanque de peixes;
2. manutenção do galinheiro e manejo das aves;
3. compostagem de resíduos orgânicos;
4. cultivo de hortaliças em canteiros;
5. produção de mudas destinadas à recuperação de áreas degradadas.

### 5 RESULTADOS

Os resultados obtidos a partir da execução do projeto demonstraram avanços significativos tanto no processo de formação dos estudantes quanto no funcionamento e na manutenção do Sisteminha implantado no IFMA Campus Alcântara. A participação ativa dos alunos nas atividades práticas fortaleceu o aprendizado interdisciplinar, integrando conhecimentos teóricos das disciplinas do curso técnico em Meio Ambiente com experiências concretas relacionadas à produção sustentável de alimentos e ao manejo adequado de recursos naturais.

Durante o desenvolvimento do projeto, os estudantes participaram diretamente da manutenção dos diferentes módulos do Sisteminha, incluindo o manejo dos tanques de piscicultura, os cuidados com o galinheiro e a realização das atividades de compostagem. Essas atividades permitiram que os alunos compreendessem, na prática, o funcionamento de um sistema integrado de produção agroecológica, no qual os resíduos de um subsistema foram utilizados como insumo para outro, promovendo o reaproveitamento de nutrientes e a redução de desperdícios.

No módulo de piscicultura, os estudantes acompanharam o desenvolvimento dos peixes, realizaram a alimentação adequada, monitoraram as condições da água e observaram possíveis alterações no comportamento dos animais. Essas atividades contribuíram para o desenvolvimento de habilidades relacionadas ao monitoramento ambiental, à gestão de recursos hídricos e ao manejo de sistemas produtivos sustentáveis (Figuras 1, 2, 3 e 4).

**Figura 1** – Alunos envolvidos com a manutenção do tanque de peixes.



Fonte: Autores, 2026.

**Figura 2** - Despesca dos peixes.



Fonte: Autores, 2026.

**Figura 3** – Peixes produzidos no Sisteminha.



Fonte: Autores, 2026.

**Figura 4** – Alunos de Meio VI que participavam do projeto levando peixes.



Fonte: Autores, 2026.

No módulo de avicultura, os alunos realizaram atividades de limpeza, organização e manejo do galinheiro, além do acompanhamento da produção de ovos. Esse processo possibilitou a compreensão dos princípios de bem-estar animal, higiene sanitária e gestão de pequenos sistemas de produção de alimentos.

As atividades de compostagem também desempenharam papel fundamental no aprendizado dos estudantes, uma vez que permitiram o entendimento do ciclo de reaproveitamento de resíduos orgânicos gerados no próprio sistema. Os alunos acompanharam o processo de decomposição da matéria orgânica, observaram a formação de composto orgânico e compreenderam sua importância como fertilizante natural para o cultivo de hortaliças.

Outro resultado relevante foi o **alto nível de engajamento dos estudantes nas atividades do projeto**, uma vez que a possibilidade de usufruir dos produtos gerados no Sisteminha — como peixes e ovos — funcionou como um incentivo adicional à participação e ao comprometimento com a manutenção do sistema. Essa dinâmica contribuiu para fortalecer o sentimento de pertencimento dos alunos ao projeto, estimulando a responsabilidade coletiva pela continuidade das atividades durante o período de execução.

Além disso, a experiência prática proporcionou aos estudantes uma visão mais concreta sobre a viabilidade de sistemas produtivos sustentáveis aplicáveis à agricultura familiar e a pequenas propriedades rurais. Alguns alunos demonstraram interesse em replicar o modelo do Sisteminha em suas comunidades ou em futuras atividades profissionais, reforçando o papel do projeto na formação de agentes multiplicadores de tecnologias sustentáveis.

De forma geral, os resultados indicaram que a implementação do Sisteminha no IFMA Campus Alcântara contribuiu significativamente para o desenvolvimento de competências técnicas, ambientais e sociais entre os estudantes, ao mesmo tempo em que fortaleceu a integração entre ensino, pesquisa aplicada e extensão. Esses resultados evidenciaram o potencial da iniciativa como ferramenta pedagógica para a formação de profissionais comprometidos com a sustentabilidade e com a promoção da segurança alimentar.

**Figura 5** – Alunos de Meio IV e Meio VI participando das atividades de compostagem do Sisteminha.



Fonte: Autores, 2026.

## 6 CONCLUSÃO

O projeto de ensino “Capacitação dos Estudantes do Curso Técnico em Meio Ambiente no Monitoramento do Projeto Sisteminha EMBRAPA/UFU/FAPEMIG no IFMA Campus Alcântara” demonstrou elevado potencial como ferramenta pedagógica para a formação de profissionais comprometidos com a sustentabilidade ambiental, a segurança alimentar e o uso racional dos recursos naturais.

A integração entre teoria e prática proporcionada pelas atividades desenvolvidas permitiu aos estudantes vivenciar, de forma concreta, os princípios da agroecologia e da gestão sustentável de sistemas produtivos. O envolvimento direto nas etapas de monitoramento, manejo e manutenção dos módulos do Sisteminha contribuiu significativamente para o desenvolvimento de competências técnicas, senso crítico e responsabilidade socioambiental.

Além dos avanços no processo de ensino-aprendizagem, o projeto evidenciou o potencial das tecnologias sociais como instrumentos eficazes para a promoção da segurança alimentar, especialmente em contextos de agricultura familiar. A experiência também reforçou o papel das

instituições de ensino na difusão de práticas sustentáveis e na formação de agentes multiplicadores capazes de replicar esse modelo em diferentes realidades.

Embora a continuidade do projeto tenha sido interrompida por fatores externos, os resultados alcançados durante sua execução demonstram sua relevância acadêmica, social e ambiental. Dessa forma, destaca-se a importância da retomada e ampliação de iniciativas dessa natureza, considerando seu impacto positivo na formação dos estudantes e na promoção do desenvolvimento sustentável.

# CAPÍTULO 11

## EXTENSÃO UNIVERSITÁRIA NA PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS NO MEIO NORTE DO NE BRASILEIRO: UMA ANÁLISE PRELIMINAR COMPARATIVA ENTRE PROGRAMAS CONSOLIDADOS REGIONALMENTE PRÓXIMOS E GRUPO DE PROPOSTA DE CURSO NOVO (“APCN”)

UNIVERSITY EXTENSION IN POSTGRADUATE STUDIES IN ENVIRONMENTAL SCIENCES IN THE MID-NORTH OF NORTHEAST BRAZIL: A PRELIMINARY COMPARATIVE ANALYSIS BETWEEN REGIONALLY CONSOLIDATED PROGRAMS AND A NEW COURSE PROPOSAL GROUP (“APCN”)

**Wedson Medeiros Silva Souto**   

Doutor em Ciências Biológicas (Zoologia) pela Universidade Federal da Paraíba (UFPB), Docente do Departamento de Biologia da Universidade Federal do Piauí (UFPI), Teresina-PI, Brasil

**Isac Santana Menezes**   


Mestrando em Desenvolvimento e Meio Ambiente (UFPI), Licenciado em Ciências Biológicas pela Universidade Federal do Delta do Parnaíba (UFDPAr), Teresina-PI, Brasil

**Patrícia Maria Martins Nápolis**   

Doutora em Ciências pela Universidade Federal de São Carlos (UFSCar). Professora Associada vinculada ao Curso de Ciências da Natureza da Universidade Federal do Piauí (UFPI), Teresina-PI, Brasil

**Davi Lima Pantoja**   

Doutor em Ecologia pela Universidade de Brasília (UNB), Docente do Departamento de Biologia da Universidade Federal do Piauí (UFPI), Teresina-PI, Brasil

**Fábio Barros Britto**   

Doutor em Ciências Biológicas (Biologia Celular e Molecular) pela UNESP-Rio Claro, Docente do Departamento de Biologia da Universidade Federal do Piauí (UFPI), Teresina-PI, Brasil

**Thaysa Pâmella Vieira De Sousa**   


Mestranda em Desenvolvimento e Meio Ambiente (UFPI), Licenciada em Ciências Biológicas pela Universidade Federal do Piauí (UFPI), Teresina-PI, Brasil

**Clécio Leonardo Mendes Araújo**   

Doutorando em Desenvolvimento e Meio Ambiente pela Universidade Federal do Piauí (UFPI), Graduado em Pedagogia (UESPI) e Sociologia (UNICESUMAR), Brasil

**Letícia Sousa dos Santos**   

Doutora em Desenvolvimento e Meio Ambiente (UFPI), Teresina-PI Brasil

DOI: 10.52832/wed.197.1139 

**Resumo:** Este estudo analisou comparativamente a atividade extensionista de três grupos docentes vinculados à Área de Ciências Ambientais no Meio Norte do Nordeste brasileiro, incluindo um grupo associado a uma proposta de curso novo de mestrado (APCN) e dois programas consolidados (MDMA-UFPI e PPGCAM-UFMA). Os dados foram obtidos a partir dos currículos Lattes de 53 docentes, abrangendo o período de 2017 a 2024. Utilizou-se como indicador principal a média de projetos de extensão por docente/ano, analisada por meio de regressão binomial negativa para medidas repetidas, testes de Kruskal-Wallis e qui-quadrado. Os resultados indicaram diferenças significativas entre as unidades, com maior intensidade extensionista no grupo da APCN DBIO-CCN/UFPI (1,70 projetos/docente/ano), seguido pelo MDMA-UFPI (0,93) e pelo PPGCAM-UFMA (0,20). Observou-se crescimento da atividade extensionista em todos os grupos ao longo dos quadriênios, com padrões distintos de continuidade e consolidação. A análise revelou que a permanência de docentes em atividades extensionistas ao longo do tempo constitui fator central para a sustentabilidade dessas ações. Além disso, verificou-se predominância de equipes multidisciplinares, sem associação significativa com as unidades analisadas. Os resultados sugerem que a extensão universitária apresenta diferentes estágios de institucionalização entre os grupos avaliados, refletindo condições organizacionais e trajetórias acadêmicas distintas. Conclui-se que a continuidade do engajamento docente e a multidisciplinaridade são elementos-chave para a consolidação da extensão na pós-graduação, especialmente na Área de Ciências Ambientais, contribuindo para a inserção social dos programas e para o fortalecimento de propostas de novos cursos.

**Palavras-chave:** Extensão universitária. Pós-graduação. Ciências Ambientais. APCN.

**Abstract:** This study comparatively analyzed extension activities among three faculty groups in Environmental Sciences in Northeastern Brazil, including a group associated with a proposed new master's program (APCN) and two consolidated graduate programs (MDMA-UFPI and PPGCAM-UFMA). Data were obtained from the Lattes curricula of 53 faculty members, covering the period from 2017 to 2024. The indicator used was the mean number of extension projects per faculty member per year, analyzed using negative binomial regression for repeated measures, Kruskal-Wallis tests, and chi-square tests. The results revealed significant differences among units, with higher extension intensity in the APCN DBIO-CCN/UFPI group (1.70 projects/faculty/year), followed by MDMA-UFPI (0.93) and PPGCAM-UFMA (0.20). An overall increase in extension activities was observed across all groups over time, although with distinct patterns of continuity and consolidation. The findings indicate that sustained faculty engagement over time is a key factor for the stability and development of extension practices. Additionally, multidisciplinary teams predominated across all groups, with no significant association between team profile and institutional unit. The results suggest that university extension operates at different stages of institutionalization among the analyzed groups, reflecting variations in organizational conditions and academic trajectories. It is concluded that continuity of faculty engagement and multidisciplinary are central elements for consolidating extension in graduate education, particularly in Environmental Sciences, contributing to social engagement and strengthening the foundation of new graduate program proposals.

**Keywords:** Traditional knowledge. Hunting. Ethnzoology. Biodiversity. Wildlife conservation.

## 1 INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, a extensão universitária tem sido cada vez mais consolidada como eixo estruturante do tripé da Universidade pública brasileira, assumindo um importante papel na

interpretação de sua função social ao articular o ensino e a pesquisa relacionando-os com a sociedade (Silva; Campani; Negreiros, 2020; Oenning Amador *et al.*, 2023; Santana *et al.*, 2025). Anteriormente vista como uma atividade suplementar às missões tradicionais do ensino e da pesquisa, a extensão passou por um reconhecimento como um elemento fundamental na formação acadêmica, especialmente devido à sua característica de promover diálogos entre a sociedade e a academia (Mosquera-Abadía; Carvajal-Ordoñez, 2021b; Fernandes; De Siqueira, 2024) de forma que, atualmente, a extensão universitária é um processo interdisciplinar, educativo, cultural, científico e político (Oenning Amador *et al.*, 2023; Fernandes; De Siqueira, 2024; Sério *et al.*, 2025).

No âmbito do ensino superior e da pós-graduação *stricto sensu*, o aumento da participação social da academia se faz necessário para a formação profissional ética, holística e humanista (Steigleder; Zucchetti; Martins, 2019; Oenning Amador *et al.*, 2023; Santana *et al.*, 2025) e para criar soluções para as demandas socioambientais locais (Dantas, 2021; (David *et al.*, 2020; Taques *et al.*, 2022b). No que se refere à Área de Ciências Ambientais, essa integração é fundamental, uma vez que o cenário de crise climática e socioambiental exige soluções interdisciplinares à luz dos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável que abranjam diferentes dimensões (i. e., ecológicas, sociais, culturais, econômicas) (Marshall *et al.*, 2017; David *et al.*, 2020; Sampaio *et al.*, 2020; Taques *et al.*, 2022b). Assim, a extensão universitária se torna um dos principais instrumentos para a realização da identidade dessa área, ao facilitar a conexão entre a produção científica, a aplicação prática do conhecimento e o compromisso social, em interação com comunidades, gestores públicos e diversos atores sociais.

Reconhecer a importância da extensão universitária para cursos de Graduação e Pós-Graduação na área das Ciências Ambientais abre um campo de discussão acerca da garantia da ampliação e continuidade da integração entre a pesquisa de qualidade e práticas extensionistas comprometidas com a transformação social e com a construção de um mundo mais justo, democrático e sustentável. Diante deste cenário, o presente estudo tem como objetivo analisar comparativamente a atividade extensionista de três grupos docentes vinculados à Área de Ciências Ambientais (CIAMBI): um grupo associado a uma nova proposta de curso de mestrado em CIAMBI (grupo APCN) e dois grupos de programas de pós-graduação consolidados da área de Ciências Ambientais (PPGCAM – UFMA e MDMA – UFPI), os quais ficam no raio de até 300 km do grupo APCN. A análise parte do contexto comparativo, no cenário em que a extensão universitária passa a ser um componente qualitativo relevante de aferição da inserção da pós-graduação na sociedade (Sampaio; Fernandes; Cavalcante, 2025), de o qual tem sido desenvolvido atividades extensionistas por um grupo que estará uma proposta de novo curso de pós-graduação comparado com grupos já existentes geograficamente próximos.

Nossas hipóteses foram: (1) Não há diferença na taxa média de projetos de extensão por docente/ano entre o grupo docente da APCN DBIO-CCN, o MDMA e a PPGCAM UFMA ao longo de dois quadriênios consecutivos de avaliação da Pós-Graduação brasileira; (2) a média individual de projetos/docente/ano são estatisticamente e entre as unidades, separadamente nos quadriênios 2017-2020 e 2021-2024 e (3) o perfil predominante dos participantes (disciplinar ou multidisciplinar) membros declarados na maioria dos projetos dos docentes extensionistas não apresenta associação em relação às unidades avaliadas.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 Coleta de dados

Semelhante a outros estudos cientométricos (e.g., Mello; Braga; Silva, 2022; Nascimento; Nunes; Silva, 2024), os quais são baseadas em métricas de produção de pesquisadores brasileiros, nós utilizamos o Sistema de Currículos Lattes do CNPq (CNPq, 2025) como fonte de dados. A amostra consistiu em três grupos: (a) grupo de 12 docentes que consistem em membros de uma APCN para mestrado na área de Ciências Ambientais da UFPI (APCN-CCN), (b) grupo de 21 docentes de uma pós-graduação (mestrado) da Pós-Graduação em Ciências Ambientais (PPGCAM) da Universidade Federal do Maranhão em Chapadinha-MA e (c) o corpo de 23 docentes do Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente (MDMA) da UFPI. O nome e link do currículo Lattes dos docentes do PPGCAM e MDMA foram obtidos dos sítios eletrônicos dos programas (<https://sigaa.ufma.br>) e [https://sigaa.ufpi.br/sigaa/public/programa/equipe.jsf?lc=pt\\_BR&id=340](https://sigaa.ufpi.br/sigaa/public/programa/equipe.jsf?lc=pt_BR&id=340)).

Dados foram coletados no período de 23 a 27 de março de 2026. O período restrito de coleta objetivou evitar enviesamentos por eventuais atualizações dos currículos. Em acordo com a Portaria 2664/2026 do CNPq (CNPq, 2026), nós reportamos que nesta etapa nós utilizamos Inteligência Artificial (I.A.) por meio de prompt (Souto, 2026) executado em projeto no ChatGPT Pro para extrair dos currículos dos pesquisadores: (a) nome do projeto de extensão, (b) ID Lattes do Pesquisador(a), (c) totais de projetos de extensão em execução em cada ano no período de 2017-2024, (d) período de duração de cada projeto de extensão no período de 2017 à 2024, (e) perfil predominante ( $\geq 50\%$ ) dos projetos de extensão do(a) pesquisador(a) baseado equipe envolvida (multidisciplinar, disciplinar, “não se aplica”), (f) duas áreas principais envolvidas abarcadas pelo projeto extensão, (g) totais declarados de alunos de graduação, mestrado e doutorado envolvidos. Para analisar o perfil predominante das equipes (item “e”), o prompt direcionou a I.A. para buscas do currículo dos participantes dos projetos via Google™ (google.com). Para a determinação de duas áreas principais dos projetos (item “f”), o prompt direcionou a I.A. a comparar o título e/ou

palavras-chave dos projetos com a Tabela de Áreas do Conhecimento da CAPES (CAPES, 2024). Foram contabilizados projetos que tiveram execução parcial ou total durante dois quadriênios de avaliação das pós-graduações pela CAPES (2017-2020 e 2021-2024). A escolha desses quadriênios buscou eliminar eventual efeito acarretado pela interrupção das atividades presenciais entre 2020 e 2022, período de pandemia por COVID-19, nas instituições de ensino superior públicas brasileiras.

Os produtos elaborados pela I.A. consistiram em duas tabelas markdown, cujos dados foram exportados para planilhas do Microsoft® Excel 2016 para que nós pudéssemos revisar a totalidade dos dados e assegurar que estavam corretos.

## 2.2 Análise dos dados

Os dados foram organizados em estrutura longitudinal, considerando como unidade analítica o par docente-ano, abrangendo o período de 2017 a 2024. A variável dependente foi definida como o número de projetos de extensão em execução por docente em cada ano, caracterizando uma variável de natureza discreta (contagem). Inicialmente, realizou-se análise descritiva dos dados, com cálculo de médias de projetos/docente/ano por unidade acadêmica e por quadriênio, bem como avaliação da distribuição temporal da atividade extensionista.

Para a comparação entre as unidades ao longo da série completa, foi adotado um modelo de regressão para dados de contagem com estrutura longitudinal. Considerando a presença de sobredispersão nos dados, evidenciado pela variabilidade superior à média, optou-se pela utilização de regressão binomial negativa para medidas repetidas (Islam; Biswas, 2025), ajustada por meio de abordagem de estimação generalizada com cluster por docente. Essa estratégia permite controlar a não independência das observações decorrente da repetição de medidas no tempo para um mesmo indivíduo. O modelo incluiu como efeitos fixos a variável categórica UNIDADE (DBIO-CCN/UFPI, MDMA/UFPI e PPGCAM/UFMA-Chapadinha) e a variável temporal ANO (2017–2024). O efeito da unidade foi avaliado por meio de testes de Wald, considerando nível de significância de 5%. As diferenças entre unidades foram expressas por meio de razões de taxas (*Incidence Rate Ratio* – IRR), acompanhadas de intervalos de confiança de 95%.

Para avaliar diferenças na intensidade extensionista entre as unidades em recortes temporais específicos, foram realizadas análises separadas para os quadriênios 2017–2020 e 2021–2024. Optou-se pela utilização do teste não paramétrico de Kruskal-Wallis para comparar as distribuições do indicador entre as unidades (DBIO-CCN/UFPI, MDMA/UFPI e PPGCAM/UFMA-Chapadinha) em cada quadriênio. Esse teste é apropriado para a comparação de três ou mais grupos independentes quando os pressupostos da análise de variância não são atendidos. Nos casos em que o teste global indicou diferença estatisticamente significativa, procedeu-se à realização de

comparações múltiplas por meio do pós-teste de Dunn, com ajuste dos valores de  $p$  pela correção de Holm, a fim de controlar o erro do tipo I decorrente de múltiplas comparações.

Para avaliar a associação entre as variáveis Unidade docente e perfil predominante da equipe extensionista (disciplinar ou multidisciplinar), aplicou-se o teste do qui-quadrado de independência. Considerando a presença de frequências esperadas reduzidas em algumas células, nós complementamos a análise pelo teste exato de Fisher generalizado (Fisher-Freeman-Halton), adequado para tabelas de contingência maiores que  $2 \times 2$ . O nível de significância adotado foi de 5%. Todas as análises ocorreram por meio do software IBM versão 30.0 (IBM, 2024).

### 3 RESULTADOS

#### 3.1 Participação docente e quantitativo de projetos

Nós analisamos dados de 53 docentes, sendo 12 no grupo da APCN-CCN (DBIO-CCN UFPI), 21 no grupo do PPGCAM UFMA (Chapadinha-MA) e 23 no grupo do MDMA-UFPI. Três docentes pertencem tanto ao MDMA-UFPI quanto a APCN-CCN. O total de projetos de extensão executado pelo conjunto de docentes nos dois quadriênios foi de 93 projetos distintos. Excluindo repetições intragrupo, o grupo DBIO-CCN UFPI executou um total de 40 projetos, seguido pelo MDMA-UFPI com 39 projetos. O PPGCAM UFMA, por sua vez, realizou um total de 37 projetos.

Considerando o envolvimento docente em projetos, nós registramos que, no geral, as unidades avaliadas apresentaram mais de 60% do corpo docente envolvido na coordenação ou subcoordenação de projetos de extensão (Tabela 1) ao longo dos dois quadriênios, com grupos de docentes extensionistas bem definidos tanto nos docentes APCN DBIO-CCN UFPI quanto no MDMA-UFPI. Isto pode ser verificado dado que 6 dos 7 docentes do grupo DBIO-CCN UFPI que organizaram projetos de extensão, tiveram envolvimento em extensão universitária em ambos os quadriênios, ao passo que o mesmo ocorreu para 10 dos 13 docentes MDMA-UFPI envolvidos com a extensão universitária (Tabela 1).

**Tabela 1** – docentes envolvidos em extensão por unidade.

UNIDADE	Total de docentes na unidade	Docentes com projetos em 2017–2024	Docentes com projetos em 2017–2020	Docentes com projetos em 2021–2024	Docentes com projetos em ambos os quadriênios
DBIO-CCN UFPI	12	8 (66,7%)	7 (58,3%)	7 (58,3%)	6
MDMA-UFPI	23	16 (69,6%)	13 (56,5%)	13 (56,5%)	10
PPGCAM UFMA-Chapadinha	21	13 (61,9%)	2 (9,5%)	11 (52,4%)	0

Fonte: Autores, 2026.

O grupo docente da APCN organizada pelo DBIO-CCN UFPI proporcionalmente liderou o envolvimento docente com a extensão universitária em ambos os quadriênios, com 58,3% do corpo docente envolvido com projetos desta natureza. Em relação ao PPGCAM UFMA-Chapadinha houve um crescimento de docentes envolvidos com extensão universitária. Contudo, essas atividades foram realizadas por grupos docentes distintos quando comparamos separadamente os quadriênios (Tabela 1).

Para a média de projetos ao longo dos dois quadriênios, nossos resultados demonstram que os docentes da APCN do DBIO-CCN apresentam maior intensidade extensionista em ambos os quadriênios, com média de 1,70 projeto ativo/docente/ano (Tabela 2). O MDMA-UFPI, curso de mestrado com nota CAPES 4 (muito bom), apresentou uma média intermediária, porém abaixo de 1 projeto/docente/ano. O PPGCAM UFMA teve uma média de projetos ativos de apenas 0,2 projeto/docente/ano ao longo de todo o quadriênio (Tabela 2).

Todos os grupos apresentaram crescimento na média de projetos/docente do primeiro para o segundo quadriênio (Tabela 3). O grupo da APCN DBIO-CCN apresentou maior intensidade extensionista em ambos os quadriênios, com um crescimento expressivo de 81% na média de projetos ativo/docente, posicionando o grupo no mesmo nível ou acima de programas da área de Ciências Ambientais em termos de execução de projetos de extensão, mantendo uma trajetória ascendente sustentável ao longo do tempo (Tabela 3). Por outro lado, o PPGCAM UFMA apresentou crescimento muito alto em termos relativos (+825%) (Tabela 3).

**Tabela 2** – Média de (projetos/docente)/ano.

UNIDADE	Total de projetos (2017–2024)	Nº de docentes	Média geral de (projetos/docente)/ano
DBIO-CCN UFPI	163	12	1,70
MDMA-UFPI	172	23	0,93
PPGCAM UFMA-Chapadinha	34	21	0,20

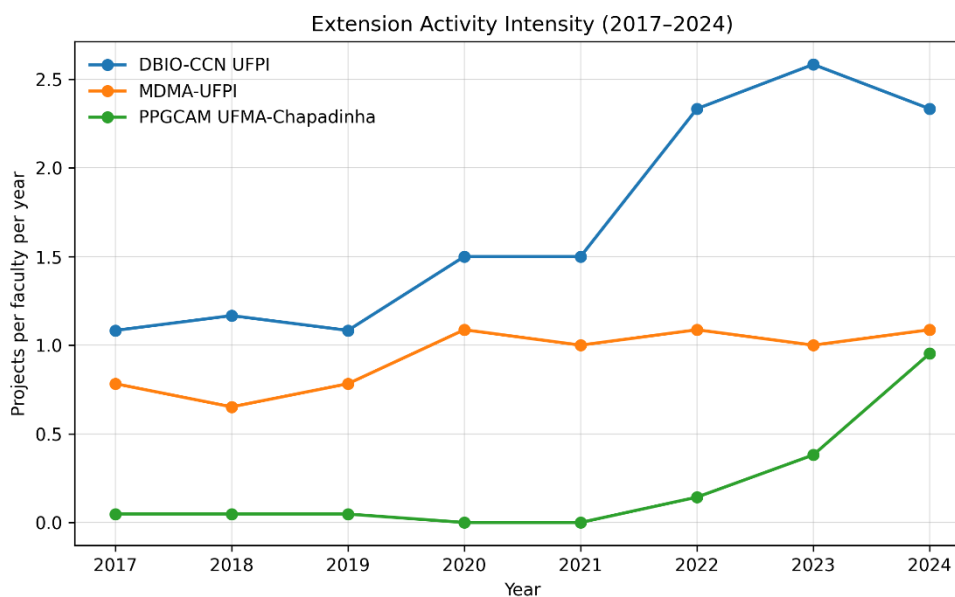
Fonte: Autores, 2026.

**Tabela 3** – Média de (projetos/docente)/ano por quadriênio.

UNIDADE	2017–2020	2021–2024	Varição absoluta	Varição (%)
DBIO-CCN UFPI	1,21	2,19	+0,98	+81,0%
MDMA-UFPI	0,83	1,04	+0,21	+25,3%
PPGCAM UFMA-Chapadinha	0,04	0,37	+0,33	+825,0%

Fonte: Autores, 2026.

O crescimento médio do número de projetos por docentes não seguiu, entretanto, um padrão homogêneo. Nossa análise mostra que o crescimento da média de projetos/docente/ano do DBIO-CCN UFPI foi consistente, ao passo que o MDMA-UFPI apresentou um crescimento da média de projetos/docente/ano até 2020, permanecendo relativamente estável desde então (Figura 1). Por sua vez, o crescimento da média de projetos ativos/docente do PPGCAM UFMA concentrou-se principalmente na parte final do quadriênio de 2021-2024 (Figura 1).

**Figura 1** – Crescimento ano a ano da média de projetos extensionistas/docente.

**Fonte:** Autores, 2026.

A análise longitudinal por regressão binomial negativa para medidas repetidas mostrou efeito significativo da unidade sobre o número de projetos ativos por docente ao longo de 2017–2024 ( $p < 0,001$ ). Em comparação ao DBIO-CCN/UFPI, o PPGCAM/UFMA-Chapadinha apresentou taxa substancialmente menor de projetos ativos por docente (IRR = 0,10; IC95%: 0,05–0,23;  $p < 0,001$ ). O MDMA/UFPI apresentou taxa menor que a do DBIO-CCN/UFPI, porém sem significância estatística ao nível de 5% (IRR = 0,57; IC95%: 0,29–1,11;  $p = 0,099$ ) (Tabela 4).

**Tabela 4** – Regressão binomial negativa para medidas repetidas por docente (2017–2024).

Comparação / efeito	IRR	IC 95%	p-valor
Efeito global de UNIDADE	—	—	< 0,001
Efeito global de ANO	—	—	< 0,001
MDMA-UFPI vs DBIO-CCN UFPI	0,57	0,29 – 1,11	0,099
PPGCAM UFMA-Chapadinha vs DBIO-CCN UFPI	0,10	0,05 – 0,23	< 0,001
PPGCAM UFMA-Chapadinha vs MDMA-UFPI	0,18	0,09 – 0,38	< 0,001

**Nota:** Regressão binomial negativa para medidas repetidas por docente (2017–2024). Valores de IRR < 1 indicam menor taxa média de projetos ativos por docente/ano em relação à unidade de referência. A unidade de referência nas duas primeiras comparações foi o DBIO-CCN UFPI. Na última linha, a comparação foi reorganizada para explicitar PPGCAM vs MDMA.

**Fonte:** Autores, 2026.

A comparação entre unidades por meio do teste de Kruskal-Wallis revelou diferença significativa na média individual de projetos de extensão por docente no quadriênio 2017–2020 ( $H = 13,49$ ;  $p = 0,0012$ ), mas não no quadriênio 2021–2024 ( $H = 2,97$ ;  $p = 0,226$ ) (Tabela 5). O pós-teste de Dunn com correção de Holm indicou que, no primeiro quadriênio, o PPGCAM/UFMA-Chapadinha apresentou valores significativamente inferiores aos observados no DBIO-CCN/UFPI ( $p = 0,006$ ) e no MDMA/UFPI ( $p = 0,0035$ ), enquanto não houve diferença entre DBIO-CCN/UFPI e MDMA/UFPI ( $p = 0,7909$ ) (Tabela 5). Esses resultados indicam redução das diferenças entre unidades ao longo do tempo, sugerindo convergência na intensidade extensionista no quadriênio mais recente.

**Tabela 5** – Comparação da média de (projetos/docente)/ano por quadriênio.

Quadriênio	Teste global (Kruskal-Wallis)	p-valor	Comparação (Dunn-Holm)	p ajustado	Resultado
2017–2020	$H = 13,49$	0,0012	DBIO vs MDMA	0,7909	ns
			DBIO vs PPGCAM	<b>0,0060</b>	s
			MDMA vs PPGCAM	<b>0,0035</b>	S
2021–2024	$H = 2,97$	0,2260	—	—	Ns

**Legenda:** ns = não significativo, s = significativo. **Fonte:** Autores, 2026.

A análise da evolução temporal mostrou padrão distinto entre as unidades. O DBIO-CCN UFPI apresentou crescimento contínuo e acentuado ao longo da série, atingindo os maiores valores médios nos anos mais recentes. O MDMA-UFPI manteve trajetória relativamente estável, com variações moderadas ao longo do período. Já o PPGCAM/UFMA-Chapadinha apresentou valores baixos no primeiro quadriênio, seguidos de aumento expressivo a partir de 2022, evidenciando expansão mais recente da atividade extensionista.

Em conjunto, os resultados indicam que, embora diferenças estruturais entre as unidades tenham sido evidentes no primeiro quadriênio, houve redução dessas diferenças ao longo do tempo, com tendência de convergência no período mais recente. Contudo, o DBIO-CCN UFPI manteve os maiores níveis de intensidade extensionista ao longo de toda a série analisada, posicionando-se de forma comparável - e, em alguns casos, superior - aos programas vinculados à grande área de Ciências Ambientais que estão geograficamente próximos.

### **3.2 Disciplinaridade vs multidisciplinaridade**

A distribuição do perfil dos currículos dos participantes membros na maioria dos projetos coordenados ou subcoordenados pelos docentes extensionistas foram predominantemente multidisciplinares nas três unidades (Tabela 6). Na análise interunidades, a associação entre unidade e perfil dos participantes não foi estatisticamente significativa pelo teste do qui-quadrado ( $\chi^2 = 4,48$ ,  $p = 0,107$ ) nem pelo teste exato de Fisher-Freeman-Halton ( $p = 0,091$ ), embora o tamanho de efeito tenha sido moderado ( $V$  de Cramer = 0,348). Nas comparações pareadas, não foram observadas diferenças significativas entre as unidades. O predomínio de atuação multidisciplinar era esperado naturalmente no MDMA-UFPI e no PPGCAM-UFMA. O predomínio de projetos de extensão com equipes multidisciplinares entre os docentes da APCN DBIO-CCN demonstra que os docentes da Unidade, pela formação que tiveram em diferentes pós-graduações com vínculo às Ciências Ambientais, bem atuação profissional, estabelecem e coordenam com relativa facilidade equipes com profissionais de diferentes áreas.

**Tabela 6** – Quantitativos de projetos de docentes com projetos de extensão majoritariamente multidisciplinar ou disciplinar.

UNIDADE	Disciplinar	Multidisciplinar	Total
DBIO-CCN UFPI	2	6	8
MDMA-UFPI	0	16	16
PPGCAM UFMA-Chapadinha	1	12	13
Teste	Estatística	p-valor	
Qui-quadrado	4,48	0,107	
Fisher-Freeman-Halton exato	—	0,091	

Fonte: Autores, 2026.

## 4 DISCUSSÃO

### 4.1 Extensão universitária como expressão de maturidade institucional em pós-graduações e em grupo de APCN na área de Ciências Ambientais

Nossos resultados indicam que a extensão universitária está incorporada, em diferentes níveis, às práticas acadêmicas das três unidades avaliadas: APCN DBIO-CCN/UFPI, MDMA-UFPI e PPGCAM/UFMA-Chapadinha. Esse achado é coerente com o movimento nacional de fortalecimento da extensão no ensino superior brasileiro, especialmente após a Meta 12 do Plano Nacional de Educação e a regulamentação da curricularização da extensão, que reforçaram sua centralidade como dimensão formativa e institucional da universidade (BRASIL, 2014, 2018). Em paralelo, a literatura recente tem mostrado que a extensão deixou de ser entendida apenas como atividade periférica ou complementar e passou a ocupar lugar mais estratégico no debate sobre formação universitária, impacto social e compromisso público das instituições (e.g., Moraes; Palmeirão, 2025; Santos; Gaio, 2024).

A presença da extensão nas três unidades não significa que sua institucionalização ocorra de maneira uniforme. Ao contrário, nossos resultados mostram trajetórias distintas de engajamento, intensidade e continuidade, o que reforça a interpretação de que a consolidação da extensão depende de condições institucionais específicas, como cultura acadêmica, planejamento interno, valorização docente e articulação entre ensino, pesquisa e inserção social (Fernandes, 2023; Mello; Braga; Silva, 2022; Souza *et al.*, 2024). Essa leitura é consistente com estudos recentes os quais apontam que, embora a extensão universitária esteja normativamente fortalecida, sua efetivação concreta ainda apresenta desigualdades entre instituições, áreas e programas, inclusive no interior da própria pós-graduação (Amorim *et al.*, 2026; Moraes; Palmeirão, 2025; Santos; Gaio, 2024).

Essa heterogeneidade é particularmente relevante quando observada no contexto da Área de Ciências Ambientais. O Documento de Área para o período 2025-2028 enfatiza que os programas devem articular produção teórica e aplicada, gerar impacto na sociedade e operar de forma interdisciplinar, com forte capacidade de transferência e compartilhamento do conhecimento com comunidades, Estado e outros setores sociais (Sampaio; Fernandes; Cavalcante, 2025). Nessa perspectiva, a extensão não aparece como atividade acessória, mas como um dos meios mais concretos pelos quais os programas podem demonstrar relevância, efetividade e aderência à identidade da área, especialmente no enfrentamento de problemas socioambientais complexos (Lins *et al.*, 2024; Sampaio; Fernandes; Cavalcante, 2025).

#### 4.2 Continuidade do engajamento docente e sustentabilidade da extensão

O maior nível de engajamento identificado no grupo da APCN DBIO-CCN/UFPI, expresso pela média superior de projetos/docente/ano e pelo crescimento contínuo ao longo da série temporal, parece estar associado não apenas ao número absoluto de projetos, mas à permanência de um núcleo docente extensionista ao longo dos dois quadriênios. Esse aspecto é central, porque sugere que a sustentabilidade da extensão depende menos de ações episódicas e mais da existência de uma base docente estável, capaz de acumular experiência, estabelecer vínculos duradouros com parceiros externos e dar continuidade às agendas extensionistas (Mobo *et al.*, 2023; Sierto; Navarro, 2023).

Tal interpretação dialoga com a literatura que aponta que a extensão tende a se fortalecer quando deixa de depender exclusivamente de iniciativas individuais e passa a se apoiar em arranjos institucionais mais consistentes, com memória organizacional, redes de colaboração e reconhecimento interno do trabalho extensionista (Gavira; Gimenez; Bonacelli, 2020; Morais; Palmeirão, 2025). No caso do grupo da APCN DBIO-CCN/UFPI, a permanência de docentes, em percentual elevado, atuando em extensão nos dois quadriênios sugere precisamente esse tipo de base institucionalizada e relativamente organizada, ainda que em escala relativamente pequena.

Esse resultado é especialmente importante para o grupo DBIO-CCN UFPI, na perspectiva de uma APCN. Na avaliação de propostas novas, não basta demonstrar potencial abstrato ou intenção programática; é estratégico evidenciar que o corpo docente já apresenta trajetória anterior de articulação com demandas sociais, capacidade de mobilização de equipes e regularidade em ações extensionistas. Em outras palavras, a continuidade observada no grupo da APCN fortalece o argumento de que não se trata de uma proposta dissociada da prática, mas de uma iniciativa ancorada em experiência acumulada e em inserção já existente no território. Isso é particularmente relevante em Ciências Ambientais, área que valoriza a capacidade de transformar conhecimento em

respostas socialmente úteis, contextualizadas e interdisciplinares (ver Sampaio; Fernandes; Cavalcante, 2025).

### 4.3 Crescimento e limites da expansão quantitativa

Em contraste com um cenário de maior consolidação observado no grupo APCN DBIO-CCN UFPI, o padrão observado no PPGCAM/UFMA-Chapadinha indica uma incorporação mais recente da extensão, marcada por crescimento acelerado, porém ainda pouco estabilizado. O forte aumento a partir de 2022 pode refletir tanto a retomada de atividades presenciais após a pandemia quanto um movimento institucional mais recente de alinhamento às exigências e oportunidades trazidas pela valorização da extensão no ensino superior, fator destacado por Fernandes e Costa Filho (2025) e por Santos e Gouw (2021). Ainda assim, a ausência de docentes com atuação em ambos os quadriênios sugere que essa expansão quantitativa não foi acompanhada, até o momento, por continuidade do mesmo núcleo docente extensionista.

Deste modo, o crescimento numérico, por si só, não equivale necessariamente à consolidação institucional da extensão. A expansão de ações pode responder a pressões regulatórias, editais específicos ou iniciativas pontuais, sem que isso se traduza em integração duradoura com a cultura acadêmica do programa (Morais; Palmeirão, 2025; Santos; Gaio, 2024). Dessa forma, nossos dados sugerem que o aumento observado no PPGCAM/UFMA-Chapadinha é extremamente importante e sinaliza dinamismo recente, mas ainda parece representar um processo em construção com desafios para consolidação das atividades extensionistas por docentes locais.

No MDMA-UFPI, por sua vez, foi observado um padrão intermediário, com extensão já incorporada, porém relativamente estável, sem expansão expressiva ao longo do tempo. Esse comportamento pode refletir um estágio de institucionalização em que a extensão já integra a identidade do programa, mas divide espaço com outras demandas acadêmicas fortemente valorizadas na pós-graduação, como produção científica, orientação discente e inserção em redes de pesquisa (Fernandes; Costa Filho, 2025; Santos; Gouw, 2021). Nunes e Ovigli (2025) destacam que existem diversos desafios para uma plena implementação e popularização da extensão universitária no âmbito da pós-graduação e que, em muitos casos, a extensão universitária é encarada e desenvolvida no interior das Instituições de Ensino Superior públicas e privadas de forma marginalizada apesar de tantos avanços legais e administrativos. Tal cenário reforça a existência de tensões entre diferentes dimensões da vida universitária, especialmente em ambientes em que a lógica avaliativa ainda privilegia mais fortemente determinados produtos acadêmicos em detrimento de outros (Lima; Vanti, 2019).

Nossos resultados sugerem que as diferenças entre os grupos docentes com atuação nas Ciências Ambientais não devem ser interpretadas apenas como diferença de desempenho, mas também como diferença de estágio institucional. O DBIO-CCN/UFPI parece revelar maior continuidade e consolidação, reflexo de aptidões extensionistas já desenvolvidas localmente; o MDMA-UFPI possui uma institucionalização e desenvolvimento estável; e o PPGCAM/UFMA-Chapadinha, expansão recente ainda em fase de amadurecimento. Nossos resultados reforçam a perspectiva da extensão como construção histórica, e não como atributo instantâneo ou homogêneo de instituições ou grupos docentes, tal como sugerido na literatura (ver Moraes; Palmeirão, 2025; Mosquera-Abadía; Carvajal-Ordoñez, 2021a).

#### 4.4 Multidisciplinaridade como aderência substantiva à Área de Ciências Ambientais

A predominância da multidisciplinaridade nas equipes extensionistas dos três grupos reforça o caráter integrador da extensão universitária e possui significado especial para a Área de Ciências Ambientais. No MDMA-UFPI e no PPGCAM/UFMA-Chapadinha, esse resultado era esperado, dada a própria natureza interdisciplinar dos programas. No entanto, seu aparecimento também como traço marcante no grupo da APCN DBIO-CCN/UFPI é particularmente importante, pois mostra que mesmo uma unidade de origem institucional mais associada às Ciências Biológicas opera extensionisticamente de forma aberta à composição de equipes heterogêneas.

Esse achado é altamente relevante à luz do Documento de Área, segundo o qual a interdisciplinaridade é basilar em Ciências Ambientais, uma vez que os problemas ambientais emergem precisamente nas fronteiras entre áreas do conhecimento e exigem abordagens contextualizadas, integradas e voltadas à produção de respostas aplicadas (Sampaio; Fernandes; Cavalcante, 2025). Assim, mais do que um detalhe organizacional, a multidisciplinaridade observada em nossos dados funciona como evidência substantiva de aderência ao modo de operação esperado da área.

Além disso, a literatura sobre extensão aponta que a interação universidade-sociedade tende a produzir arranjos de trabalho que exigem cooperação entre saberes, linguagens e competências distintas, justamente porque os problemas concretos do território raramente se deixam reduzir a uma única matriz disciplinar (Mosquera-Abadía; Carvajal-Ordoñez, 2021a; Souza et al., 2024; Taques et al., 2022a). Em contextos socioambientais, essa exigência torna-se ainda mais evidente, pois as ações extensionistas precisam articular dimensões ecológicas, educacionais, sociais, territoriais e culturais. Tais dimensões são contempladas em muitas das áreas das Ciências Biológicas, incluindo Etnobiologia, educação ambiental, ecologia e conservação (Albuquerque *et* Wissen Editora, 2026 | ISBN 978-65-85923-89-7 | DOI: <http://www.doi.org/10.52832/wed.197>

*al.*, 2013; Aragão-Silva *et al.*, 2023; Silva; Crispim; Moraes, 2022). O consolidado envolvimento do grupo docente da APCN DBIO-CCN UFPI reflete, muito provavelmente, aspectos inerentes de áreas das Ciências Biológicas com aplicação e alcance multidisciplinar. Nesse sentido, a multidisciplinaridade encontrada em nossos resultados não é apenas coerente com a identidade da área, mas representa uma forma concreta de operacionalização dessa identidade.

Estudos recentes indicam que a extensão, quando efetivamente dialógica, pode funcionar como dispositivo de transformação interna da própria universidade, ao romper lógicas excessivamente compartimentalizadas e criar práticas mais colaborativas e socialmente orientadas (Gonçalves; Soares; Pereira, 2025; Morais; Palmeirão, 2025; Santos; Gaio, 2024; Silveira; Batista; Oliveira, 2024). Desse modo, o predomínio majoritário da multidisciplinaridade nas equipes dos projetos dos docentes dos três grupos avaliados reforça uma perspectiva de que a extensão não apenas projeta a universidade para fora, mas também reorganiza, em alguma medida, a produção do conhecimento no seu interior.

#### **4.5 Implicações para uma APCN e para o posicionamento estratégico da proposta**

Do ponto de vista estratégico, os resultados obtidos pelo grupo da APCN DBIO-CCN/UFPI têm valor que ultrapassa a mera comparação descritiva com programas já consolidados. Eles permitem argumentar que a futura proposta de mestrado nasce em um ambiente no qual a extensão não é um componente incipiente, mas uma prática já existente, contínua e articulada a equipes multidisciplinares. Isso é particularmente importante porque o debate atual sobre pós-graduação, inclusive no âmbito do PNPG, do documento de área e da literatura sobre extensão na pós-graduação, os quais têm enfatizado a necessidade de ampliar a contribuição social dos programas, fortalecer impactos concretos e integrar pesquisa, extensão e inovação de forma mais visível e planejada (ver Lins *et al.*, 2024; Nunes; Ovigli, 2025; Ogassavara *et al.*, 2024; Sampaio; Fernandes; Cavalcante, 2025).

Nesse contexto, a boa performance relativa do grupo da APCN pode ser interpretada como evidência de capacidade instalada para responder a um dos eixos centrais da pós-graduação contemporânea: a produção de conhecimento com relevância social e territorial. Mais do que demonstrar quantitativamente um número favorável de projetos, o conjunto dos achados sugere que o grupo docente já opera em sintonia com dimensões direcionadas à Área de Ciências Ambientais, como interdisciplinaridade, impacto, interação com a sociedade e potencial de transferência do conhecimento (Sampaio; Fernandes; Cavalcante, 2025).

Isso não significa, evidentemente, que a análise deste comparativo estudo encerre toda a complexidade da extensão universitária e suas potencialidades imediatas ou duradouras. Alguns

autores (e.g., Bezerra; Marcos; Oliveira, 2022; Moraes; Palmeirão, 2025) destacam que ainda são escassos estudos capazes de avaliar de forma robusta procedimentos, impactos, resultados e transformações produzidas pelas ações extensionistas, tanto nas comunidades quanto na própria universidade. Contudo, mesmo com essa limitação, o padrão identificado aqui já fornece evidência objetiva relevante para a justificativa da APCN, sobretudo porque demonstra regularidade, continuidade e coerência com o perfil da área.

O diferencial do grupo da APCN DBIO-CCN/UFPI não está apenas em apresentar valores médios mais altos, mas em combinar intensidade, crescimento contínuo, permanência docente e forte componente multidisciplinar. Esses quatro elementos, considerados em conjunto, sugerem uma base extensionista mais madura e potencialmente mais favorável à sustentação de uma proposta nova de pós-graduação na Área de Ciências Ambientais.

Ao mesmo tempo, os resultados reforçam que a consolidação da extensão na pós-graduação depende de condições institucionais que vão além da existência formal de projetos. Requer continuidade docente, planejamento estratégico, articulação com os objetivos da graduação e da pós-graduação, abertura à multidisciplinaridade e mecanismos de avaliação capazes de captar não apenas volume de ações, mas também sua relevância, impacto e efetividade social (Gavira; Gimenez; Bonacelli, 2020; Sampaio; Fernandes; Cavalcante, 2025; Santos; Gouw, 2021). Nessa direção, aqui nós destacamos que a extensão não deve ser compreendida apenas como dimensão acessória, mas como evidência concreta de maturidade acadêmica, inserção territorial e aderência substantiva à identidade contemporânea das Ciências Ambientais.

## 5 CONCLUSÕES

Este estudo evidencia que, embora a extensão universitária esteja presente na APCN do DBIO CCN-UFPI, MDMA-UFPI e PPGCAM UFMA-Chapadinha, sua intensidade e dinâmica variam significativamente, sendo marcadas não apenas pela quantidade de projetos, mas sobretudo pela continuidade da atuação docente ao longo do tempo. Ao evidenciar que a continuidade do engajamento docente é um elemento central para a consolidação da extensão, este estudo contribui para o avanço das discussões sobre a institucionalização da extensão na pós-graduação. Além disso, a predominância da multidisciplinaridade reforça o papel da extensão como espaço de articulação entre diferentes áreas do conhecimento.

Diante desses achados, destacamos a necessidade de estratégias institucionais que garantam não apenas a ampliação de projetos, mas sua permanência e integração com o ensino e a pesquisa, tanto na graduação quanto na pós-graduação. O presente estudo apresenta algumas limitações que devem ser consideradas na interpretação dos resultados. Primeiramente, a utilização de um

indicador quantitativo (projetos/docente/ano) é válido e pertinente. Contudo, não permite capturar a complexidade, a qualidade ou o impacto social das ações extensionistas, podendo reduzir a análise a uma dimensão meramente numérica. Além disso, possíveis diferenças na natureza, duração e escopo dos projetos entre as instituições não foram controladas, o que pode influenciar a comparabilidade dos dados. Outro aspecto relevante é a ausência de indicadores qualitativos que permitam avaliar os efeitos das ações dos projetos de extensão. Também não foram consideradas variáveis institucionais, como políticas internas, financiamento e carga docente, que podem afetar o engajamento extensionista.

Para pesquisas futuras, sugerimos: 1) estudos qualitativos que investiguem os fatores que levam à continuidade ou descontinuidade do engajamento docente; 2) análises longitudinais que acompanhem a consolidação dos padrões observados; e 3) o desenvolvimento de indicadores que incorporem dimensões qualitativas da extensão. Mais do que expandir a extensão universitária, o desafio reside em garantir sua continuidade como prática estruturante da formação e da produção de conhecimento.

### **Declaração de uso de Inteligência Artificial**

Em acordo com a Portaria CNPq no 2.664, de 6 de março de 2026, neste trabalho nós declaramos que utilizamos Inteligência para extração de informações de extensão do CV Lattes dos pesquisadores. A ferramenta consistiu de um *prompt* elaborado (Souto, 2026) executado em Chat GPT Pro. Afirmamos que, após a extração dos dados, todo o material foi duplamente revisado pelos autores (W.M.S.S e I.S.M.).

### **Agradecimentos e Financiamento**

A CAPES pela bolsa de pós-graduação do discente de mestrado Isac Santana Menezes.

### **REFERÊNCIAS**

ALBUQUERQUE, U. P. *et al.* The current status of ethnobiological research in Latin America: gaps and perspectives. **Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine**, v. 9, n. 72, p. 1–9, 2013.

AMORIM, C. R. A. *et al.* Extensão universitária na Pós-Graduação: Relato de experiência da produção de jogo didático para a promoção do respeito à diversidade religiosa. **Revista Extensão & Sociedade**, v. 20, n. 2, p. 1–17, 2026.

ARAGÃO SILVA, J. A. *et al.* Use of wild vertebrates for consumption and bushmeat trade in Brazil: a review. **Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine**, v. 19, n. 1, p. 64, 2023.

BEZERRA, A. G. G.; MARCOS, F. M. S.; OLIVEIRA, M. R. A. A extensão universitária em periódicos brasileiros no período de 2012 a 2021. **Extendere**, v. 8, n. 2, p. 1–12, 2022.

BRASIL. **Lei nº 13.005, de 25 de junho de 2014.** Disponível em: [https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2011-2014/2014/lei/l13005.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2014/lei/l13005.htm). Acesso em: 3 abr. 2026.

BRASIL. **Resolução CNE/CES nº 7, de 18 de dezembro de 2018.** Disponível em: Disponível em: [https://www.gov.br/mec/pt-br/cne/pdf/resolucoes-do-cne/ces/2018/rces007\\_18.pdf](https://www.gov.br/mec/pt-br/cne/pdf/resolucoes-do-cne/ces/2018/rces007_18.pdf). Acesso em: 3 abr. 2026.

CAPEs. **CAPEs: Tabela de Áreas de Conhecimento/Avaliação.** Disponível em: <https://www.gov.br/capes/pt-br/acao-a-informacao/acoes-e-programas/avaliacao/instrumentos/documentos-de-apoio/tabela-de-areas-de-conhecimento-avaliacao>. Acesso em: 22 mar. 2026.

CNPQ. **Plataforma Lattes.** Disponível em: <<https://lattes.cnpq.br/>>. Acesso em: 27 mar. 2025.

CNPQ. **Diário Oficial da União: Portaria CNPq nº 2.664, de 6 de março de 2026. Institui a Política de Integridade na Atividade Científica do CNPq.** Disponível em: <https://in.gov.br/web/dou/-/portaria-cnpq-n-2.664-de-6-de-marco-de-2026-691779232>. Acesso em: 27 mar. 2025.

DAVID, A. A. *et al.* Policy initiatives for improving the contributions of university agricultural education and extension institutions to environmental and sustainable development in agriculture. **Educational Research and Reviews**, v. 15, n. 6, p. 273–281, 30 jun. 2020.

FERNANDES, M. Interdisciplinary Extension Program in Teaching: Challenges, Possibilities, and Unexpected Situations. **Acta Scientiae**, v. 25, n. 6, p. 396–423, 2023.

FERNANDES, T.; COSTA FILHO, J. V. University Extension and the PROFEPT Network: Experiences of a PROEXT-PG Postdoctoral Researcher at the Federal Institute of Mato Grosso (IFMT). **Revista de Gestão e Secretariado**, v. 16, n. 12, p. 1–21, 2025.

FERNANDES, Y. D.; DE SIQUEIRA, G. D. P. University Extension Beyond the Educational Axis: Contributions and Challenges for the Empowerment Process of the Working Classes in Brazil. **International Journal of Professional Business Review**, v. 9, n. 1, p. e04222, 23 jan. 2024.

GAVIRA, M. O.; GIMENEZ, A. M. N.; BONACELLI, M. B. M. Proposta de um sistema de avaliação da integração ensino e extensão: um guia para universidades públicas brasileiras. **Avaliação: Revista da Avaliação da Educação Superior (Campinas)**, v. 25, n. 2, p. 395–415, 2020.

GONÇALVES, L. C.; SOARES, S. R.; PEREIRA, M. T. Caminhos e descaminhos da extensão universitária: as concepções e as contribuições da extensão para a sustentabilidade. **Caderno Pedagógico**, v. 22, n. 5, p. 1–24, 2025.

IBM. **SPSS Statistics for Windows.** Armonk, NY, USA IBM Corp., 2024.

ISLAM, M. A.; BISWAS, S. C. **Generalized Linear Models and Extensions.** 1. ed. Singapore: Springer Nature Singapore, 2025.

LIMA, J. M.; VANTI, Nadia. Produção científica e produtivismo acadêmico no processo avaliativo da pós-graduação brasileira. **BiblioCanto**, v. 5, n. 1, p. 18–41, 2019.

LINS, I. A. B. *et al.* A implantação da disciplina “Extensão Universitária” no PPGCI/UFBA. **Revista Brasileira de Educação em Ciência da Informação**, v. Edição especial, n. 5º Encontro Regional Norte-Nordeste de Educação em Ciência da Informação, p. 1–14, 2024.

MARSHALL, N. *et al.* Empirically derived guidance for social scientists to influence environmental policy. **PLOS ONE**, v. 12, n. 3, p. e0171950, 9 mar. 2017.

MELLO, R. R.; BRAGA, F. M.; SILVA, A. R. N. Núcleo de investigação e ação social e educativa: 20 anos de ensino, pesquisa e extensão. **Crítica Educativa**, v. 8, n. 3, p. 1–28, 2022.

MOBO, F. D. *et al.* Involvement of Faculty in Research and Community Extension. **Jurnal Ilmu Sosial Mamangan**, v. 12, n. 1, p. 272–277, 2023.

MORAIS, T. F. E.; PALMEIRÃO, C. Práticas e contextos de extensão universitária: Uma scoping review. **Revista Contemporânea**, v. 5, n. 4, p. 1–31, 2025.

MOSQUERA-ABADÍA, Henry Alberto; CARVAJAL-ORDOÑEZ, Venus Flor Marina. Interacción universidad sociedad a través de la función de extensión. **Entramado**, v. 17, n. 1, p. 186–203, 2021a.

MOSQUERA-ABADÍA, H. A.; CARVAJAL-ORDOÑEZ, V. F. M. Interacción universidad sociedad a través de la función de extensión. **Entramado**, v. 17, n. 1, p. 186–203, 25 jan. 2021b.

NASCIMENTO, A. C. P. G. Di G.; NUNES, C. P.; SILVA, D. O. V. Estudos sobre formação docente no âmbito do Difort/CNPq. **Journal of research and knowledge Spreading**, v. 5, n. 1, p. 1–15, 2024.

NUNES, N. A.; OVIGLI, D. F. B. Concepções e experiências de pós-graduandos da PPGE/UFTM com extensão universitária. **Revista Triângulo**, v. 18, n. Esp.2, p. 1–12, 2025.

OENNING AMADOR, B. *et al.* Sobre o Impacto da Atuação na Extensão Universitária na Formação de Estudantes. *In: COMPUTER ON THE BEACH. Anais do XIV Computer on the Beach - COTB'23*. Florianópolis - Santa Catarina - Brasil: Universidade do Vale do Itajaí, 3 maio 2023. Disponível em: <<https://periodicos.univali.br/index.php/acotb/article/view/19424>>. Acesso em: 8 abr. 2026

OGASSAVARA, D. *et al.* Prerrogativas da extensão universitária: uma análise documental do Plano Nacional de Pós-Graduação 2024-2028. **Revista de Educação PUC-Campinas**, v. 29, p. 1–8, 2024.

SAMPAIO, C. A. C.; FERNANDES, V.; CAVALCANTE, K. V. **Documento de Área: Ciências Ambientais (Área 49) 2025-2028**. Brasília, D.F.CAPES, , 2025. Disponível em: [https://www.gov.br/capes/pt-br/aceso-a-informacao/acoes-e-programas/avaliacao/sobre-a-avaliacao/areas-avaliacao/sobre-as-areas-de-avaliacao/colegio-de-ciencias-exatas-tecnologicas-e-multidisciplinar/multidisciplinar/C\\_AMBIENTAIS\\_DOCAREA\\_2025\\_2028.pdf](https://www.gov.br/capes/pt-br/aceso-a-informacao/acoes-e-programas/avaliacao/sobre-a-avaliacao/areas-avaliacao/sobre-as-areas-de-avaliacao/colegio-de-ciencias-exatas-tecnologicas-e-multidisciplinar/multidisciplinar/C_AMBIENTAIS_DOCAREA_2025_2028.pdf). Acesso em: 1 abr. 2026

SAMPAIO, C. A. C. *et al.* Contribuição da pós-graduação brasileira em Ciências Ambientais na implementação da Agenda 2030. **Revista NUPEM**, v. 12, n. 27, p. 277–299, 15 dez. 2020.

SANTANA, L. S. B. *et al.* EXTENSÃO UNIVERSITÁRIA COMO PONTE ENTRE SABERES ACADÊMICOS E TRANSFORMAÇÃO SOCIAL. **ARACÊ**, v. 7, n. 6, p. 35082–35097, 30 jun. 2025.

SANTOS, C. F. C.; GAIO, R. C. A extensão universitária como fundamento para uma formação cidadã: uma revisão sistemática. **Revista Intersaberes**, v. 19, p. e24tl4023, 2024.

SANTOS, P. M.; GOUW, A. M. S. Contribuições da curricularização da extensão na formação de professores. **Interfaces da Educação**, v. 12, n. 34, p. 922–946, 2021.

SÉRIO, T. M. *et al.* EXTENSÃO UNIVERSITÁRIA: RELATOS DAS CONTRIBUIÇÕES DO CURSO DE ADMINISTRAÇÃO DO UNIFUNEC-SP. **UNIFUNEC CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR**, v. 13, n. 15, p. 1–22, 27 fev. 2025.

SIERTO, M. E.; NAVARRO, R. J. Status of Engagement and Commitment of Faculty Members in Extension Services in BulSU External Campuses: Basis for an Action Plan. **International Journal of Multidisciplinary: Applied Business and Education Research**, v. 4, n. 10, p. 3559–3571, 2023.

SILVA, G.; CRISPIM, M. C.; MORAES, G. Educação Ambiental não formal: A utilização de mídias sociais como forma de disseminação de tecnologias Socioambientais. **Revista Brasileira de Educação Ambiental (RevBEA)**, v. 17, p. 244–258, 1 jun. 2022.

SILVA, R. M. G. Da; CAMPANI, A.; NEGREIROS, J. G. Contribuição da extensão para uma docência universitária inovadora: um estudo a partir do programa de ligas da enfermagem da Universidade Estadual Vale do Acaraú. **Revista Ibero-Americana de Estudos em Educação**, v. 15, n. esp. 2, p. 1615–1628, 1 ago. 2020.

SILVEIRA, M. E. M.; BATISTA, T. T.; OLIVEIRA, C. S. P. Extensão universitária como estratégia para a educação ambiental. **Visão Acadêmica**, v. 25, n. 1, p. 71–82, 2024.

SOUTO, W. M. S. **Prompt “Data UE PRO”: Data Collector for University Extension Projects on Researchers CV Lattes**. Disponível em:

<https://zenodo.org/doi/10.5281/zenodo.19376003>. Acesso em: 1 abr. 2026.

SOUZA, M. C. M. B. N. *et al.* O uso de programas de longo prazo do CNPq para realização de projetos de extensão: o caso do sítio do estuário da lagoa dos Patos e costa marinha adjacente (ELPA) do programa PELD. **Revista Conexão UEPG**, v. 20, n. 1, p. 1–13, 2024.

STEIGLEDER, L. I.; ZUCCHETTI, D. T.; MARTINS, R. L. Trajetória Para Curricularização Da Extensão Universitária: Contribuições Do Fórum Nacional De Extensão Das Universidades Comunitárias - Forext E A Definição De Diretrizes Nacionais. **Revista Brasileira De Extensão Universitária**, v. 10, n. 3, p. 167–174, 10 dez. 2019.

TAQUES, R. C. V. *et al.* Educação Ambiental, Extensão Universitária e o desenvolvimento socioregional de Turvo, Paraná. **Revista Brasileira de Extensão Universitária**, v. 13, n. 1, p. 137–148, 2022a.

TAQUES, R. C. V. *et al.* Educação Ambiental, Extensão Universitária e o desenvolvimento socioregional de Turvo, Paraná. **Revista Brasileira de Extensão Universitária**, v. 13, n. 1, p. 137–148, 12 abr. 2022b.




# CAPÍTULO 12

## APLICATIVOS E A EXTENSÃO UNIVERSITÁRIA NAS CIÊNCIAS AMBIENTAIS: EXPERIÊNCIAS COM OS APLICATIVOS CURUPIRA E TERESINA AMBIENTAL PARA CONSERVAÇÃO AMBIENTAL PARTICIPATIVA

### APPLICATIONS AND UNIVERSITY EXTENSION IN ENVIRONMENTAL SCIENCES: EXPERIENCES WITH THE CURUPIRA AND TERESINA AMBIENTAL APPS FOR PARTICIPATORY ENVIRONMENTAL CONSERVATION

**Wedson Medeiros Silva Souto**   

Doutor em Ciências Biológicas (Zoologia) pela Universidade Federal da Paraíba (UFPB), Docente do Departamento de Biologia da Universidade Federal do Piauí (UFPI), Teresina-PI, Brasil

**Bruno Gabriel Nunes Pralon**   

Doutor em Ciências pela Universidade de São Paulo (USP), Docente do Centro de Ciências da Natureza (CCN), Departamento de Biologia, Universidade Federal do Piauí (UFPI), Teresina-PI, Brasil

**Pedro Ivo Soares Barbosa**   


Bacharel em Computação, Universidade Federal do Piauí (UFPI), Teresina- PI, Brasil

**Wellyson Vieira Dias**   




Bacharel em Computação, Universidade Federal do Piauí (UFPI), Teresina- PI, Brasil

**Luiza Ester Alves da Cruz**   

Mestranda em Saúde e Comunidade pela UFPI, Licenciada em Ciências Biológicas pela UFPI, Teresina-PI, Brasil

**Joanara Aryelly de Sousa Oliveira**   




Licenciada em Ciências Biológicas pela UFPI, Teresina- PI, Brasil

**Marina Daniele Alves Loiola Lopes**   

Graduanda em Direito, Centro Universitário Estácio, Teresina- PI, Brasil

**Jhonnata-Leno Pires de Carvalho Rodrigues**   


Graduando em Direito, Centro Universitário Estácio, Teresina- PI, Brasil

**Patrícia Maria Martins Nápolis**   

Doutora em Ciências (UFSCar), é docente do Colegiado de Licenciatura Ciências da Natureza Política da UFPI, Teresina-PI, Brasil

**Francisco Robert Bandeira Gomes da Silva**   

Doutor em Sociologia (UECE), é professor do Departamento de Ciências Sociais e do Programa de Pós-Graduação em Ciência Política da UFPI, Teresina-PI, Brasil

DOI: 10.52832/wed.197.1140 

**Resumo:** O presente capítulo analisa duas experiências de desenvolvimento de aplicativos digitais voltados à temática ambiental no contexto da extensão universitária: o aplicativo móvel Curupira e o web app Teresina Ambiental (THE Ambiental). O objetivo do estudo foi avaliar o potencial dessas ferramentas digitais para ampliar a comunicação entre sociedade, universidades e instituições responsáveis pela gestão ambiental, além de estimular a participação social em processos de conservação e educação ambiental. A metodologia adotada baseou-se em abordagem qualitativa, considerando o processo de desenvolvimento dos aplicativos, os dados gerados durante sua implementação e percepções de usuários e gestores envolvidos nos serviços ambientais associados às plataformas. O aplicativo Curupira foi desenvolvido como um canal de registro de denúncias ambientais, permitindo que cidadãos reportassem irregularidades relacionadas à fauna, desmatamento, poluição e outras infrações ambientais. Durante seu período de funcionamento foram registradas 1.527 denúncias, evidenciando seu potencial como ferramenta de fiscalização ambiental participativa. Já o aplicativo Teresina Ambiental foi concebido como um web app informacional destinado a divulgar serviços ambientais disponíveis no município de Teresina, como pontos de descarte de resíduos e viveiros de distribuição de mudas. Após sua divulgação, visitas técnicas indicaram aumento da procura por alguns dos serviços divulgados na plataforma. Os resultados demonstram que aplicativos digitais podem atuar como instrumentos relevantes de extensão universitária, contribuindo para fortalecer processos de educação ambiental, governança participativa e acesso da população a informações ambientais.

**Palavras-chave:** Tecnologias digitais ambientais. Extensão universitária. Participação social em ações de conservação ambiental.

**Abstract:** This chapter analyzes two experiences in the development of digital applications focused on environmental issues within the context of university extension: the Curupira mobile application and the Teresina Ambiental (THE Ambiental) web app. The objective of the study was to evaluate the potential of these digital tools to enhance communication among society, universities, and institutions responsible for environmental management, as well as to stimulate social participation in conservation processes and environmental education. The methodology adopted was based on a qualitative approach, considering the development process of the applications, the data generated during their implementation, and the perceptions of users and managers involved in the environmental services associated with the platforms. The Curupira application was developed as a channel for reporting environmental complaints, allowing citizens to report irregularities related to wildlife, deforestation, pollution, and other environmental violations. During its operational period, 1,527 environmental complaints were recorded, highlighting its potential as a participatory environmental enforcement tool. The Teresina Ambiental application, in turn, was designed as an informational web app aimed at disseminating environmental services available in the municipality of Teresina, such as waste disposal points and seedling distribution nurseries. After its dissemination, technical visits indicated an increase in demand for some of the services promoted on the platform. The results demonstrate that digital applications can function as relevant instruments of university extension, contributing to the strengthening of environmental education processes, participatory governance, and public access to environmental information.

**Keywords:** Environmental digital technologies. University extension. Social participation in environmental conservation actions.

## 1 INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, o avanço das tecnologias digitais tem ampliado significativamente as possibilidades de interação entre sociedade, instituições públicas e universidades, especialmente em

contextos relacionados à gestão ambiental e à conservação da biodiversidade. Nesse cenário, aplicativos móveis e *web apps* têm emergido como ferramentas estratégicas para facilitar o acesso à informação, estimular a participação social e apoiar processos de monitoramento e fiscalização ambiental (Souto *et al.*, 2025). A integração entre tecnologia digital e políticas ambientais representa uma oportunidade relevante para fortalecer ações de educação ambiental, ampliar mecanismos de governança e fomentar práticas participativas voltadas à sustentabilidade.

A disseminação de dispositivos móveis e o crescimento da conectividade digital criaram um cenário propício para o desenvolvimento de soluções tecnológicas aplicadas a problemas socioambientais. Atualmente, tecnologias digitais móveis desempenham papel importante na articulação entre sociedade, educação e ambiente, tornando-se instrumentos relevantes para práticas pedagógicas e processos de comunicação no ciberespaço (Sousa; Silva; Arana, 2023). Nesse contexto, o uso de aplicativos voltados à temática ambiental tem sido considerado um campo promissor de estudos, uma vez que essas ferramentas permitem ampliar o acesso a dados ambientais e acelerar a circulação de informações relevantes para a conservação da natureza (Mariano; Oliveira; Costa, 2022; Souto *et al.*, 2025).

O conceito de cidadania digital também se relaciona diretamente com esse processo. A cidadania digital pode ser compreendida como a capacidade de participar de forma ativa e responsável nas dinâmicas sociais mediadas por tecnologias digitais, envolvendo engajamento social, participação política e compartilhamento de conhecimento em ambientes online (Sousa; Silva; Arana, 2023). Dessa forma, ferramentas tecnológicas aplicadas ao meio ambiente podem contribuir para fortalecer processos de participação social e construção coletiva de soluções para problemas ambientais contemporâneos.

A utilização de aplicativos ambientais tem se expandido em diversas áreas, incluindo educação ambiental, gestão pública, monitoramento da biodiversidade e prevenção de riscos socioambientais. Estudos indicam que aplicativos e sistemas baseados em tecnologias da informação e comunicação podem auxiliar na mitigação de riscos ambientais e na comunicação de alertas para populações vulneráveis, contribuindo para reduzir impactos sociais decorrentes de eventos ambientais extremos (Alves *et al.*, 2020). Nesses contextos, o desenvolvimento dessas ferramentas frequentemente envolve processos participativos, incorporando demandas tanto de residentes locais quanto de instituições responsáveis pela gestão territorial (Souto *et al.*, 2025).

Outro aspecto relevante refere-se ao papel das tecnologias digitais na chamada conservação digital. Esse campo emergente da ciência da conservação utiliza tecnologias de informação, sensores digitais e plataformas online para auxiliar no monitoramento da biodiversidade e na produção de dados ambientais em larga escala. O uso de dispositivos móveis e sistemas digitais tem

sido apontado como um elemento importante para ampliar a capacidade de coleta de dados ambientais e fortalecer iniciativas de ciência cidadã voltadas à conservação da biodiversidade (Sousa; Silva; Arana, 2023). Na perspectiva da gestão ambiental municipal e da interação entre poder público e sociedade, aplicativos móveis também têm sido utilizados para otimizar o fluxo de comunicação entre cidadãos e órgãos responsáveis pela fiscalização ambiental. Plataformas digitais que permitem o registro de denúncias ambientais ou solicitações relacionadas a serviços urbanos contribuem para tornar os processos administrativos mais ágeis e transparentes, além de ampliar a participação cidadã nas políticas públicas ambientais (Fernandes *et al.*, 2019; Freitas; Pimentel, 2024, p. 202; Gosling, 2024; Souto *et al.*, 2025). De forma semelhante, iniciativas municipais têm incorporado aplicativos ambientais como ferramentas para divulgação de informações, educação ambiental e solicitação de serviços públicos relacionados à gestão urbana. Esses sistemas funcionam como canais diretos de comunicação entre governo e população, permitindo o acompanhamento de ações ambientais e o registro de demandas relacionadas à limpeza urbana, descarte de resíduos e outras questões ambientais (Cavalcanti *et al.*, 2019).

Além das aplicações voltadas à gestão pública local, aplicativos web também têm sido utilizados para promover educação ambiental e disseminação de informações relacionadas à sustentabilidade e ao uso de recursos naturais. Aplicações web podem integrar diferentes tipos de dados ambientais e disponibilizá-los de forma interativa para usuários, facilitando a compreensão de informações complexas por meio de recursos de visualização de dados e interfaces acessíveis (Amali *et al.*, 2024). Os *web apps* também têm se consolidado como ferramentas importantes no contexto científico e acadêmico, permitindo a disseminação de resultados de pesquisa e a comunicação entre pesquisadores e usuários finais. Aplicações web podem servir como sistemas de apoio à tomada de decisão, facilitando o acesso a informações relevantes por parte de diferentes atores sociais e contribuindo para a tradução do conhecimento científico em ferramentas práticas de uso cotidiano (Saia *et al.*, 2022).

Outro campo de aplicação dessas tecnologias refere-se ao desenvolvimento de ferramentas educacionais voltadas à conservação da biodiversidade (Souto *et al.*, 2025). Aplicativos interativos têm sido utilizados para apoiar processos de aprendizagem e identificação de espécies, além de contribuir para a sensibilização ambiental de estudantes e comunidades locais. Essas aplicações podem integrar bases de dados biológicos, mapas interativos e sistemas de reconhecimento de espécies, auxiliando na disseminação do conhecimento científico sobre a biodiversidade (Costa; Manfrin; Santana, 2024). Nesse cenário de crescente integração entre tecnologia digital e sustentabilidade, as universidades desempenham papel fundamental no desenvolvimento de soluções tecnológicas voltadas à gestão e proteção ambiental.

A extensão universitária constitui um dos pilares da universidade e, no contexto de ampliação das aplicações das novas tecnologias de comunicação, pode ser responsável por promover a interação entre conhecimento acadêmico e demandas sociais e ambientais. No campo das Ciências Ambientais, projetos de extensão frequentemente envolvem ações educativas, diagnósticos socioambientais e desenvolvimento de tecnologias aplicadas à conservação ambiental (Souto *et al.*, 2025). A incorporação de aplicativos móveis ou *web apps* em projetos de extensão universitária permite ampliar o alcance das ações desenvolvidas pelas instituições de ensino, facilitando a comunicação com a sociedade e promovendo maior engajamento comunitário. Além disso, essas iniciativas contribuem para a formação interdisciplinar de estudantes, integrando conhecimentos de áreas como tecnologia da informação, biologia, gestão ambiental e políticas públicas.

Dessa forma, a criação de aplicativos ambientais no contexto universitário pode ser compreendida como uma estratégia que integra inovação tecnológica, participação social e produção científica aplicada. Essas ferramentas podem atuar simultaneamente como instrumentos de educação ambiental, sistemas de monitoramento participativo e canais de comunicação entre sociedade e instituições responsáveis pela gestão ambiental. Nesse contexto, o presente capítulo analisa duas experiências de desenvolvimento de aplicativos digitais voltados para questões ambientais no âmbito da extensão universitária: o aplicativo **Curupira** e o aplicativo **Teresina Ambiental (THE Ambiental)**. O primeiro foi concebido em 2018 como uma ferramenta de comunicação entre a população e órgãos de fiscalização ambiental, permitindo o registro de denúncias relacionadas a crimes ambientais e irregularidades envolvendo fauna, flora e poluição. Já o aplicativo Teresina Ambiental foi desenvolvido em 2024 com o objetivo de ampliar o acesso da população a informações ambientais e serviços relacionados à gestão ambiental municipal em Teresina e região.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 Contexto de elaboração dos aplicativos

O presente capítulo analisa duas iniciativas de desenvolvimento de ferramentas digitais voltadas à temática ambiental no contexto de ações de extensão universitária: O **aplicativo móvel Curupira** e o **web app Teresina Ambiental (“THE Ambiental”)**. Ambas as iniciativas foram concebidas com o objetivo de aproximar conhecimento científico, gestão ambiental e participação social por meio do uso de tecnologias digitais acessíveis, particularmente aplicativos móveis e *web apps*. O desenvolvimento de soluções digitais voltadas à gestão ambiental tem sido apontado como uma estratégia promissora para ampliar a comunicação entre sociedade e instituições responsáveis

pela gestão territorial, bem como para estimular processos participativos na conservação da natureza (Sousa; Silva; Arana, 2023).

O primeiro aplicativo analisado neste estudo foi o Curupira, concebido como uma ferramenta digital destinada ao registro de denúncias relacionadas a crimes ambientais, com ênfase em infrações envolvendo a fauna silvestre. O aplicativo foi idealizado em 2018 por dois docentes e 8 discentes dos Departamentos de Biologia e de Computação do Centro de Ciências da Natureza da UFPI como uma atividade de Extensão Universitária. O aplicativo foi desenvolvido para sistemas operacionais Android e iOS como uma plataforma simples e acessível para que cidadãos pudessem comunicar ocorrências ambientais às autoridades competentes, contribuindo para o fortalecimento das ações de fiscalização e para o cumprimento da legislação ambiental brasileira. Ainda em 2018, a ideia foi apresentada ao IBAMA-PI, o qual intermediou o processo de institucionalização efetiva do aplicativo e integração ao sistema de recebimento de denúncias do Ministério do Meio Ambiente/IBAMA. A proposta do aplicativo baseou-se na ideia de que a participação da sociedade pode ampliar a capacidade de monitoramento de crimes ambientais, sobretudo em regiões onde os órgãos fiscalizadores possuem limitações operacionais ou logísticas.

No desenvolvimento do aplicativo Curupira buscou-se priorizar interfaces intuitivas e de fácil utilização para o usuário. A estrutura do aplicativo foi organizada em diferentes telas que conduzem o usuário por etapas sequenciais do processo de denúncia. Inicialmente, o usuário tinha acesso às opções principais do sistema e, ao selecionar a opção de registro de denúncia, era direcionado para uma interface na qual pode indicar o tipo de atividade ilícita observada. O sistema permitiria selecionar simultaneamente diferentes categorias de irregularidades ambientais, permitindo maior flexibilidade no registro das informações. A concepção do aplicativo Curupira seguiu princípios semelhantes aos observados em outras iniciativas de desenvolvimento de aplicativos ambientais, nos quais ferramentas digitais são utilizadas para facilitar o registro de ocorrências ambientais e ampliar o fluxo de informações entre cidadãos e instituições responsáveis pela gestão ambiental. Estudos sobre o desenvolvimento de aplicativos para monitoramento ambiental indicam que essas plataformas podem atuar como instrumentos relevantes para coleta colaborativa de dados e apoio à gestão territorial (Lara *et al.*, 2020).

O segundo aplicativo analisado neste capítulo corresponde ao **Teresina Ambiental (THE Ambiental)**, um *web app* desenvolvido no âmbito de um projeto de extensão universitária da Universidade Federal do Piauí em parceria com o Centro Universitário Estácio – Teresina voltado à divulgação de serviços ambientais selecionados no município de Teresina, Piauí. Diferentemente do aplicativo Curupira, cujo foco está no registro de denúncias ambientais, o aplicativo Teresina Ambiental foi concebido como uma ferramenta informacional destinada a facilitar o acesso da

população a locais que prestam serviços relacionados à conservação ambiental, como pontos de descarte de resíduos específicos e viveiros de distribuição de mudas (ver Souto *et al.*, 2025). A proposta surgiu a partir da percepção de que muitos residentes em Teresina possuem dificuldade de localizar lugares para destinar resíduos de alto impacto ambiental (e.g., lixo eletrônico), bem como localizar os pontos da cidade onde a prefeitura municipal fornece gratuitamente mudas para arborização. Diferente do aplicativo Curupira (desenvolvido para sistemas de dispositivos móveis), o aplicativo Teresina Ambiental foi construído na forma de web app para priorizar o máximo de plataformas diferentes de acesso. A elaboração do aplicativo Teresina Ambiental como um *web app* é considerado vantajoso porque os avanços em estruturas de codificação de aplicativos web tornam possível dimensionar estes tipos de aplicativos perfeitamente em vários dispositivos (por exemplo, telefones, computadores e tablets), de modo que fornecem serviços interativos que podem ser acessados por navegadores web, dispensando instalação (Saia *et al.*, 2022).

## 2.2 Análise dos dados

A análise dos dados gerados a partir do desenvolvimento e implementação dos aplicativos seguiu uma abordagem qualitativa (Singh, 2026), considerando tanto informações obtidas durante o processo de elaboração das ferramentas quanto percepções de usuários e gestores envolvidos nos serviços ambientais relacionados aos aplicativos. A análise qualitativa constitui um conjunto de procedimentos metodológicos voltados à interpretação de fenômenos sociais e culturais complexos, permitindo compreender significados, percepções e interações presentes em determinados contextos de estudo (Flick, 2014).

## 3 RESULTADOS

### 3.1 Aplicativo Curupira

Os resultados obtidos com o desenvolvimento e aplicação das ferramentas digitais analisadas neste estudo evidenciam o potencial das tecnologias móveis e das aplicações web como instrumentos de extensão universitária, educação ambiental e gestão participativa dos recursos naturais. De forma geral, os aplicativos analisados — incluindo o Curupira e o THE Ambiental — apresentam características convergentes sobre tecnologias digitais aplicadas à sustentabilidade e à governança ambiental.

O aplicativo Curupira foi desenvolvido com o objetivo de criar um canal digital de comunicação entre a população e os órgãos responsáveis pela fiscalização ambiental, especialmente no que se refere a infrações envolvendo a fauna silvestre. O objetivo inicial foi inicial era focado na fauna silvestre para, uma vez implementada em âmbito institucional, a abarcar outras modalidades

de crime ambiental contra a flora e o meio ambiente de um modo geral. A ferramenta foi concebida para permitir que cidadãos registrassem denúncias ambientais de forma simples, rápida e acessível por meio de dispositivos móveis, contribuindo para ampliar o fluxo de informações relacionadas a possíveis crimes ambientais.

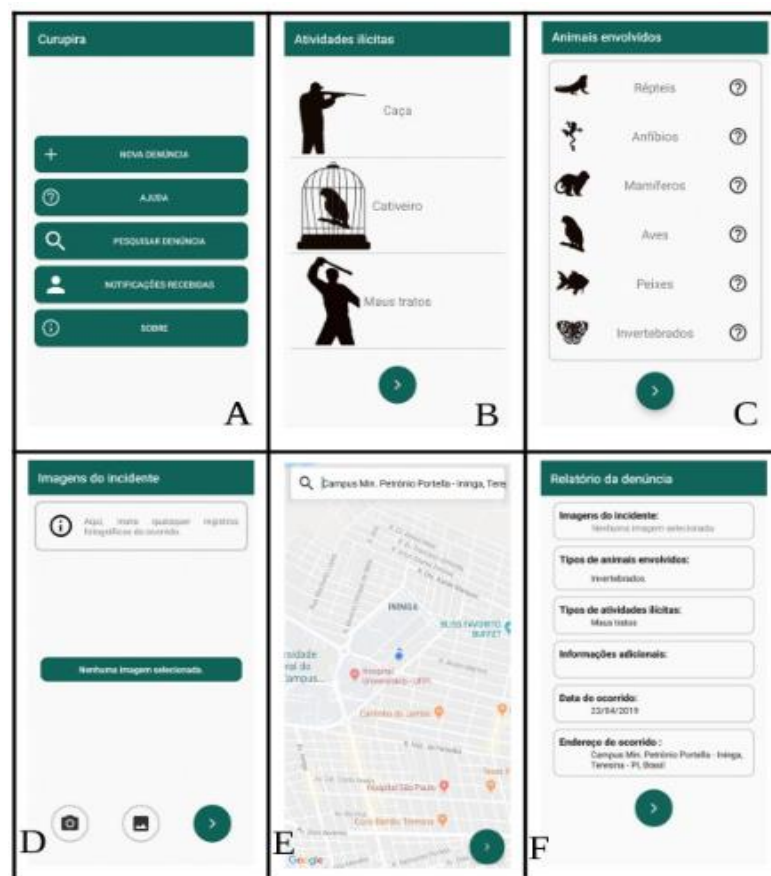
A interface do aplicativo foi estruturada de modo a orientar o usuário ao longo de diferentes etapas de registro da denúncia. Inicialmente, o usuário acessava o menu principal, no qual era possível selecionar a opção de registro de ocorrência ambiental. A partir dessa etapa, o sistema direcionava o usuário para uma sequência de telas que permitiam selecionar o tipo de irregularidade observada, inserir informações descritivas sobre o evento e anexar evidências visuais, como fotografias. O aplicativo também possibilitava registrar informações espaciais e temporais da ocorrência, incluindo local da infração e data aproximada do fato observado. A estrutura do aplicativo buscou facilitar o envio de denúncias mesmo por usuários com pouca familiaridade com ferramentas digitais, ampliando assim o potencial de participação social no processo de fiscalização ambiental.

Ao iniciá-lo, o aplicativo apresentava três opções de ação (Figura 1A). Quando selecionada a opção “nova denúncia”, o usuário era encaminhado à tela com as atividades ilícitas, que poderiam ser selecionadas simultaneamente. No término dessa sessão usa-se a confirmação de ação para o próximo passo da denúncia (Figura 1B). A tela seguinte uma listagem referente aos tipos de animais envolvidos. Em cada opção um campo de interrogação está evidente e ao selecioná-lo o usuário contava com informações acerca das características dos animais (Figura 1C). Em seguida, é possível adicionar informações consideradas relevantes para o estudo da delação (Figura 1D). Além da geolocalização do local do possível crime ambiental (Figura 1E). Ao final, o aplicativo gerava um relatório consolidado (Figura 1F) que era enviado a base de denúncias do IBAMA-PI. As denúncias recebidas eram acessíveis a um grupo selecionado de servidores do IBAMA-PI, um servidor administrativo e três servidores da unidade de fiscalização de crimes ambientais do IBAMA-PI. Estes servidores possuíam um aplicativo específico, o módulo fiscalizador do Curupira, não disponível ao público.

Entre os resultados observados durante o período de funcionamento da plataforma, destaca-se o volume expressivo de registros realizados por usuários. Foram recebidas 1.527 denúncias ambientais encaminhadas por meio do aplicativo. Esse número evidencia a relevância da ferramenta como canal de comunicação entre a sociedade e as instituições responsáveis pela fiscalização ambiental. Em que pese a interface do aplicativo ser direcionada à denúncias de crime contra a fauna, muitos usuários, por meio do campo “Informações adicionais” utilizaram o Curupira para denunciar crimes ambientais diversos. As denúncias registradas por meio do

aplicativo foram organizadas em diferentes categorias de irregularidades ambientais, permitindo uma sistematização das informações recebidas e facilitando o trabalho de análise por parte do IBAMA-PI (Tabela 1).

A diversidade de categorias registradas evidencia que o aplicativo foi utilizado para comunicar diferentes tipos de irregularidades ambientais, demonstrando seu potencial como ferramenta de apoio à fiscalização ambiental participativa. Com a possibilidade de anexar imagens e fornecer informações detalhadas sobre as ocorrências, o aplicativo contribuiu para aumentar a qualidade e celeridade das denúncias recebidas, conforme relatado em reuniões do corpo desenvolvedor com a equipe do IBAMA-PI.

**Figura 1** – Telas principais do aplicativo CURUPIRA (módulo público).

**Fonte:** Os autores. Publicado em Brito Júnior *et al.* (2020).

Entretanto, apesar dos resultados positivos observados durante seu funcionamento, o aplicativo Curupira teve suas atividades encerradas no ano de 2021, após aproximadamente três anos de operação. O encerramento da plataforma ocorreu em razão da ausência de apoio institucional necessário para garantir a manutenção e atualização do sistema. Mesmo após diversas tentativas de interlocução realizadas pelo IBAMA no estado do Piauí junto à sede do órgão em Brasília e à gestão do Ministério do Meio Ambiente no período correspondente ao da gestão do governo federal entre 2018 e 2022, não houve continuidade no suporte técnico e institucional necessário para manter a plataforma ativa.

Apesar de sua descontinuidade, a experiência do aplicativo Curupira demonstrou a viabilidade prática do uso de ferramentas digitais como instrumentos de apoio à fiscalização ambiental e de promoção da participação social. O volume de denúncias registradas e a diversidade de irregularidades comunicadas indicam que aplicativos móveis podem desempenhar papel relevante na construção de sistemas colaborativos de monitoramento ambiental.

**Quadro 1** – Categorias de denúncias registradas no aplicativo Curupira.

<b>Categoria de ocorrência</b>	<b>Descrição</b>
Caça e tráfico de animais silvestres	Registros relacionados à captura, comércio ilegal ou transporte de fauna silvestre
Maus-tratos contra animais silvestres	Situações envolvendo violência ou manutenção inadequada de animais silvestres
Maus-tratos contra animais domésticos	Denúncias envolvendo animais domésticos (fora do escopo direto de fiscalização do IBAMA)
Transporte de madeira	Ocorrências relacionadas ao transporte de madeira com suspeita de irregularidade
Desmatamento	Registros de supressão ilegal de vegetação
Poluição de corpos d'água	Denúncias relacionadas ao lançamento irregular de resíduos ou poluentes em rios e outros corpos hídricos

Fonte: Autores, 2026.

### 3.2 Aplicativo Teresina Ambiental (THE Ambiental)

O Teresina Ambiental (THE Ambiental) foi desenvolvido como um *web app* voltado à divulgação de serviços ambientais disponíveis no município de Teresina, no estado do Piauí. Diferentemente do aplicativo Curupira, cuja função principal estava relacionada ao registro de denúncias ambientais, o aplicativo Teresina Ambiental foi concebido com caráter informacional e educativo, buscando facilitar o acesso da população a locais que oferecem serviços associados à conservação ambiental.

Vinculado a um projeto de extensão cadastrado na Coordenadoria de Extensão da PREXC-UFPI, e executado em colaboração com a Faculdade Estácio-Teresina, o aplicativo foi desenvolvido em etapas. Inicialmente, entre abril e maio de 2024, envolveu duas subetapas principais: (1) Foi aplicado um questionário virtual a membros de universidades locais e gestores públicos do município de Teresina e do Governo do Estado, com o objetivo de identificar locais confiáveis a serem inseridos no aplicativo. Os dados obtidos foram de natureza técnica e orientaram a seleção dos serviços ambientais incluídos na plataforma. (2) Em seguida, foram realizadas visitas técnicas semanais aos viveiros de mudas das Superintendências de Ações Administrativas Descentralizadas (SAAD) e a pontos de recebimento de resíduos eletrônicos. Durante essas visitas, aplicou-se um questionário semiestruturado com funcionários das unidades para identificar condições de funcionamento, formas de acesso da população aos serviços, possíveis restrições e perspectivas de

Wissen Editora, 2026 | ISBN 978-65-85923-89-7 | DOI: <http://www.doi.org/10.52832/wed.197>

atendimento. Também foi realizada observação participante direta do tipo não-membro para compreender a organização e a logística das atividades nesses locais.

O aplicativo Teresina Ambiental (THE Ambiental) foi idealizado por um membro da equipe e desenvolvido por um dos autores do capítulo (Wedson M. S. Souto), acessível por navegadores de dispositivos móveis, sem necessidade de instalação. A plataforma utilizada para o desenvolvimento foi a Fábrica de Aplicativos (Disponível em: <https://fabricadeaplicativos.com.br/>), escolhida por disponibilizar versão gratuita e permitir a construção do sistema conforme os objetivos do projeto. O aplicativo foi divulgado publicamente durante uma Mostra de Extensão da Estácio em maio de 2024 e também em programas de rádio locais, no website institucional da CEUT-Estácio e no perfil do projeto na rede social Instagram (@teresina\_ambiental).

Após o lançamento do aplicativo, disponível via link <http://app.vc/theamb>, foram realizadas novas visitas técnicas em junho de 2024 a três locais indicados na plataforma — o Viveiro de Mudanças da Prefeitura de Teresina, um ponto de coleta de óleo de cozinha da empresa Águas de Teresina e o Departamento de Biologia da UFPI, responsável pelo recebimento de pilhas e baterias. O objetivo dessas visitas foi verificar possíveis mudanças na procura da população pelos serviços ambientais divulgados pelo aplicativo. Resultados demonstraram avanços positivos do aplicativo na promoção de acesso aos serviços de conservação ambiental, com destaque para:

a) VIVEIRO DE PLANTAS DA ZONA LESTE: Avaliação positiva em relação ao aplicativo. Funcionários reportaram aumento da procura por mudas e que alguns residentes de Teresina mencionaram que descobriram o local graças ao aplicativo.

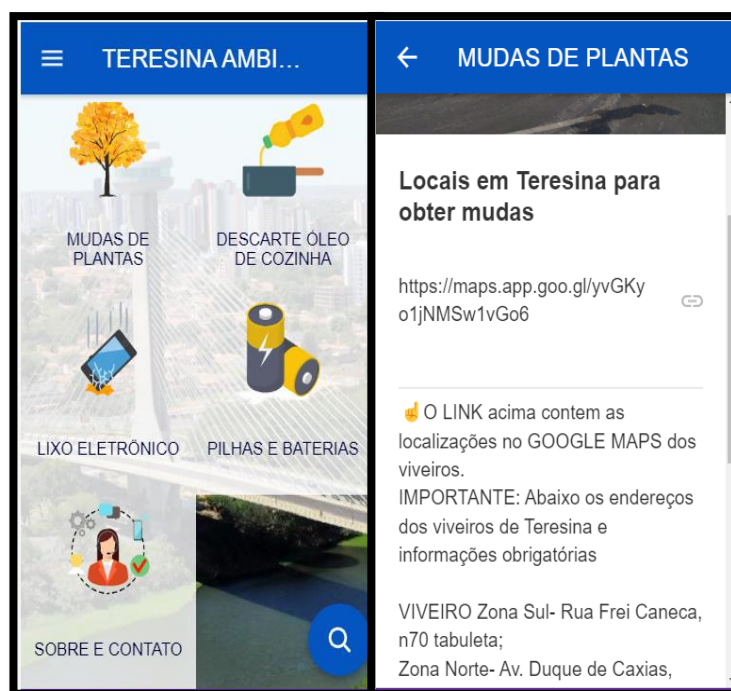
b) PONTO DE ATENDIMENTO DA EMPRESA ÁGUAS DE TERESINA (Bairro Dirceu): Funcionário responsável mencionou aumento da procura para entrega de óleo de cozinha usado. O colaborador da Águas de Teresina informou a equipe do projeto que teve conhecimento do aplicativo via redes sociais.

c) PONTO DE RECEBIMENTO DE PILHAS E BATERIAS – Departamento de Biologia/UFPI: Funcionária responsável pelo acompanhamento dos tambores de coletas de pilhas e baterias mencionou aumento do público externo e interno descarte destes produtos. Aqui destacamos que houve aumento de preenchimento de dois para quatro reservatórios ao mês para coleta de pilhas e baterias. Cada reservatório com volume de 10 litros. A funcionária reportou que ouviu ao menos três relatos da descoberta do local como ponto de descarte dos produtos citados graças ao aplicativo.

Abaixo segue a tela principal do aplicativo e uma tela secundária (Figura 2). O aplicativo é intuitivo e, ao se clicar em um ícone da opção desejada na página principal, o usuário é guiado a

uma página com um link para o Google™ Maps que, por sua vez, mostrará um mapa com os pontos de interesse ao serviço de interesse do usuário (Souto *et al.*, 2025). Em um segundo momento o THE Ambiental permitirá que a comunidade teresinense interaja via um campo adicional de recados ou enviando e-mail aos desenvolvedores com informações de novos locais de destino de lixo e obtenção de mudas. Por consequência, o aplicativo será parcialmente auto-colaborativo.

**Figura 2** – App THE AMBIENTAL. (A) Tela principal, (B) Exemplo de tela secundária – A seção “MUDAS DE PLANTAS”.



**Fonte:** Os autores. Publicado em Souto *et al.* (2025).

A comparação entre os dois aplicativos evidencia diferentes formas de utilização de tecnologias digitais em iniciativas ambientais. Enquanto o aplicativo Curupira atuou como uma ferramenta de monitoramento ambiental participativo voltada à comunicação direta entre cidadãos e órgãos fiscalizadores, o aplicativo Teresina Ambiental assumiu uma função predominantemente informacional, facilitando o acesso da população a serviços ambientais urbanos. Apesar dessas diferenças, ambas as iniciativas demonstram como ferramentas digitais podem ampliar a interação entre sociedade, instituições públicas e universidades, contribuindo para fortalecer processos de participação social e comunicação ambiental. Experiências semelhantes têm demonstrado que aplicativos móveis e web apps podem atuar como instrumentos eficazes para coleta colaborativa de dados ambientais, disseminação de informações e apoio à gestão ambiental em diferentes escalas territoriais (Amali *et al.*, 2024; Lara *et al.*, 2020; Saia *et al.*, 2022). Nesse sentido, os resultados observados nos dois aplicativos analisados reforçam o potencial das tecnologias digitais como

ferramentas de extensão universitária e inovação socioambiental, particularmente no contexto das Ciências Ambientais.

#### 4 DISCUSSÃO

Os resultados obtidos com o desenvolvimento e aplicação dos aplicativos Curupira e Teresina Ambiental (THE Ambiental) evidenciam o papel crescente das tecnologias digitais como instrumentos de mediação entre produção científica, políticas públicas e participação social em questões socioambientais. No contexto das Ciências Ambientais, aplicativos móveis e plataformas web têm sido cada vez mais utilizados para ampliar a comunicação entre universidades, sociedade e instituições responsáveis pela gestão ambiental, contribuindo para fortalecer processos de educação ambiental e governança participativa. Isto reforça o papel de que ações de extensão consistem em uma importante fonte propagadora de informações seguras e pertinentes nas redes sociais ou com tecnologias de comunicação e interação, bem como uma incentivadora da inclusão digital, sobretudo se com o uso de tecnologias que permitem a descoberta de novos saberes e informações sociais úteis (Mariano; Oliveira; Costa, 2022).

A literatura científica aponta que plataformas digitais baseadas em participação social têm potencial significativo para ampliar a coleta de dados ambientais e fortalecer a governança ambiental colaborativa (Kangana *et al.*, 2024). Aplicativos móveis permitem registrar informações ambientais em tempo real, integrar dados georreferenciados e facilitar a comunicação entre cidadãos e instituições responsáveis pela fiscalização ambiental. Nesse sentido, ferramentas digitais podem ampliar a vigilância social sobre práticas ambientalmente prejudiciais e contribuir para a construção de bases de dados relevantes para estratégias de conservação da biodiversidade (Saia *et al.*, 2022).

Experiências semelhantes têm sido observadas em diferentes contextos socioambientais. Estudos sobre plataformas digitais voltadas ao compartilhamento de conhecimento e monitoramento ambiental indicam que aplicações móveis podem funcionar como importantes instrumentos de troca de informações entre diferentes atores sociais, incluindo comunidades locais, pesquisadores e gestores públicos (Patil; Saxena; Sidnal, 2017). Esse tipo de estrutura tecnológica permite ampliar o fluxo de informações ambientais e apoiar processos de tomada de decisão baseados em dados (Souto *et al.*, 2025).

De maneira complementar, o aplicativo Teresina Ambiental demonstra o potencial das aplicações web como ferramentas de divulgação de serviços ambientais e promoção da educação ambiental em contextos urbanos (Souto *et al.*, 2025). Ao reunir informações sobre locais de descarte adequado de resíduos especiais, pontos de coleta de materiais recicláveis e distribuição de mudas

para arborização urbana, o aplicativo contribui para reduzir lacunas informacionais que frequentemente dificultam a adoção de práticas ambientalmente responsáveis pela população. Resultados semelhantes são observados em iniciativas que utilizam aplicativos digitais para apoiar a gestão ambiental municipal. Aplicações voltadas ao monitoramento de problemas ambientais urbanos ou ao acesso a serviços ambientais têm demonstrado capacidade de ampliar a comunicação entre governos locais e população, facilitando o acesso a informações sobre políticas ambientais e serviços públicos relacionados à sustentabilidade (Cavalcanti *et al.*, 2019). Esses sistemas funcionam como interfaces digitais de interação entre cidadãos e gestão pública, fortalecendo processos de governança ambiental em escala local.

Aplicativos ambientais podem desempenhar papel relevante na promoção de práticas sustentáveis e na disseminação de informações científicas. Plataformas digitais desenvolvidas em projetos de extensão universitária permitem transformar resultados de pesquisas acadêmicas em interfaces acessíveis ao público, ampliando o impacto social da produção científica e fortalecendo a comunicação entre universidade e sociedade (Lara *et al.*, 2020).

Outro aspecto relevante refere-se ao potencial dessas ferramentas para promover cidadania digital e engajamento socioambiental. Tecnologias digitais têm sido associadas à ampliação da participação social em processos de gestão ambiental, especialmente quando utilizadas para facilitar o acesso à informação e estimular práticas sustentáveis entre os usuários. Nesse contexto, plataformas digitais podem atuar como instrumentos de eco-inovação social, promovendo maior envolvimento da população em questões ambientais e incentivando comportamentos ambientalmente responsáveis (Sousa; Silva; Arana, 2023). Outros estudos também evidenciam o uso crescente de aplicativos digitais em iniciativas de conservação da biodiversidade e educação ambiental em áreas protegidas. Plataformas digitais desenvolvidas para apoiar atividades de educação ambiental em parques e unidades de conservação demonstram que tecnologias móveis podem facilitar o acesso a informações sobre biodiversidade, incentivar visitas educativas e ampliar a conscientização ambiental entre diferentes públicos (Costa; Manfrin; Santana, 2024).

A comparação entre essas experiências e os resultados obtidos com os aplicativos analisados neste estudo evidencia que ferramentas digitais desenvolvidas em contextos de extensão universitária possuem elevado potencial para ampliar o alcance social das Ciências Ambientais. Tanto o Curupira quanto o Teresina Ambiental incorporam elementos característicos de sistemas de ciência cidadã e comunicação ambiental digital, permitindo que usuários participem ativamente da produção e circulação de informações ambientais. Isto é particularmente relevante nos contextos social, ambiental e político, considerando que, segundo alguns estudos, parte da significativa população tem percepção de que os lugares para reciclagem e obtenção de serviços

relacionados ao meio ambiente são de difícil acesso ou desconhecidos desconhecidos (ver Espuny; Silva; Oliveira, 2019; Islam; Dias; Huda, 2021).

Outro aspecto relevante refere-se ao potencial dessas ferramentas para a construção de bases de dados ambientais colaborativas. No caso do aplicativo Curupira, os registros de denúncias ambientais podem contribuir para a formação de uma base de dados sobre crimes contra a fauna, possibilitando análises futuras sobre padrões espaciais de ocorrência, espécies mais afetadas e contextos socioculturais associados a essas práticas. Informações dessa natureza podem subsidiar estratégias de conservação e políticas públicas voltadas à proteção da biodiversidade. Por sua vez, o aplicativo Teresina Ambiental evidencia como plataformas digitais podem atuar como instrumentos de apoio à gestão ambiental urbana, facilitando o acesso da população a serviços ambientais e estimulando práticas sustentáveis relacionadas ao descarte de resíduos e à arborização urbana.

Além disso, ambos os aplicativos apresentam vínculos direto com a “cultura ambiental”, relacionando-se a múltiplos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS) da ONU, sobretudo os ODS 6 – Água potável e saneamento, 11 – cidades e comunidades sustentáveis, 12 – consumo e produção sustentáveis, 13 – ação contra a mudança global do clima, 14 – vida na água, 15 – vida terrestre e 17 – parcerias e meios de implementação dos ODS (Organização das Nações Unidas, 2023).

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

As experiências analisadas neste capítulo evidenciam que o desenvolvimento de aplicativos digitais no contexto da extensão universitária pode representar uma estratégia relevante para ampliar a interface entre produção científica, participação social e gestão ambiental. Tanto o aplicativo Curupira quanto o *web app* Teresina Ambiental demonstraram potencial para atuar como ferramentas de mediação entre sociedade, universidades e instituições responsáveis pela gestão ambiental, contribuindo para ampliar o fluxo de informações ambientais e estimular práticas voltadas à sustentabilidade.

O aplicativo Curupira destacou-se como um instrumento de monitoramento ambiental participativo ao permitir que cidadãos registrassem denúncias relacionadas a crimes ambientais de forma rápida e acessível. O volume de registros recebidos durante o período de funcionamento da plataforma demonstra que a população está disposta a participar ativamente de processos de fiscalização ambiental quando dispõe de canais tecnológicos simples e acessíveis. Mesmo tendo sido descontinuado por limitações institucionais e ausência de manutenção técnica, a experiência

evidencia o potencial de ferramentas digitais para ampliar a capacidade de vigilância social sobre práticas ambientalmente prejudiciais e apoiar ações de fiscalização ambiental.

Por sua vez, o aplicativo Teresina Ambiental apresentou resultados positivos ao atuar como ferramenta informacional voltada à divulgação de serviços ambientais urbanos. A plataforma contribuiu para reduzir lacunas informacionais relacionadas ao descarte adequado de resíduos e ao acesso a viveiros de distribuição de mudas, favorecendo a adoção de práticas ambientalmente responsáveis por parte da população. Relatos obtidos durante visitas técnicas indicaram aumento da procura por alguns serviços divulgados no aplicativo, sugerindo que ferramentas digitais podem influenciar comportamentos socioambientais quando tornam informações relevantes mais acessíveis ao público.

Os resultados reforçam o papel das universidades como espaços de inovação socioambiental e demonstram que projetos de extensão que incorporam tecnologias digitais possuem elevado potencial para ampliar o alcance social das Ciências Ambientais. O fortalecimento de parcerias institucionais e a continuidade de apoio técnico e institucional são elementos fundamentais para garantir a sustentabilidade e a expansão de iniciativas semelhantes no futuro.

### Agradecimentos e Financiamento

Agradecimentos aos sujeitos que colaboraram com a pesquisa, bem como aos auxílios recebidos para a elaboração do trabalho, seja na forma de bolsa de estudo ou de financiamento de projeto de pesquisa.

### REFERÊNCIAS

- ALVES, F. L. S. *et al.* Software colaborativo, cognição compartilhada e gerenciamento de riscos de desastres. **Paisagens & Geografias**, [S. l.], v. 5, n. 1, p. 32–41, 2020.
- AMALI, N. A. K. *et al.* Developing a Web-Based Visualization Tool for Solar Energy Awareness in Malaysia. **Journal of Computing Research and Innovation**, [S. l.], v. 9, n. 2, p. 1–22, 2024.
- BRITO JÚNIOR, N. T.; COSTA, P. O. A.; DIAS, W. V. D.; PRALON, B. G. N. Curupira: Ferramenta tecnológica de fiscalização participativa sobre ações ilícitas contra a fauna. *In*: II ENCONTRO DE ETNOBIOLOGIA E ETNOECOLOGIA DO PIAUÍ - VALORIZANDO OS RECURSOS NATURAIS: ÉTICA, PESQUISA E CONSERVAÇÃO (PARNAÍBA-PI). 2020. **Livro de Resumos - II Encontro de Etnobiologia e Etnoecologia do Piauí**. Porto Alegre, RS, Brasil: Sociedade Brasileira de Etnobiologia e Etnoecologia, 2020. v. 2, n. 1, p. 48–51.
- CAVALCANTI, D. C.; RIBEIRO, D. J.; FERNANDES, B. C. A.; DENIZ, A. G. C. **Desenvolvimento de aplicativo móvel referente ao programa Jogue Limpo da prefeitura de Osório**. Osório, RS, Brasil: [S.n.], 10 set. 2019. Disponível em: <https://moexp->

2021.osorio.ifrs.edu.br/uploads/anai/2019/Anais MoExp 2019.1524.pdf. Acesso em: 3 mar. 2026.

COSTA, L. R.; MANFRIN, J.; SANTANA, R. M. S. BioBoosters: Aplicação web para auxiliar na preservação da Estação Ecológica de Quedas do Iguaçu por meio da identificação de espécies e do processo de ensino-aprendizagem. *In: 21º CONGRESSO LATINO-AMERICANO DE SOFTWARE LIVRE E TECNOLOGIAS ABERTAS (LATINOWARE) 2024*. 2024. **Anais do Latinoware 2024**. Foz do Iguaçu, PR, Brasil: Sociedade Brasileira de Computação, 2024. p. 404–407. Disponível em: <https://doi.org/10.5753/latinoware.2024.245708>.

ESPUNY, M.; SILVA, F. de O.; OLIVEIRA, O. J. de. Análise sobre a reciclagem de resíduos sólidos em São José dos Campos. **Refas - Revista Fatec Zona Sul**, [S. l.], v. 5, n. 3, p. 11–33, 28 fev. 2019.

FERNANDES, B. C. A.; WIEBBELLING, C. E. W.; CAVALCANTI, D. C.; CARDOSO, L. R. P. **Eco e Pet: Aplicativo móvel para adoção de animais e denúncias Ambientais da região de Osório - RS**. Osório, RS, Brasil: [S.n.], 10 set. 2019. Disponível em: <https://moexp-2021.osorio.ifrs.edu.br/uploads/anai/2019/Anais MoExp 2019.1570.pdf>. Acesso em: 3 mar. 2026.

FLICK, U. **The SAGE Handbook of Qualitative**. London, U.K.: SAGE Publications Ltd, 2014. 665 p.

FREITAS, L. G.; PIMENTEL, I. M. Hemeroteca virtual: Uma ação extensionista de apoio a saberes locais. **Revista Conexão UEPG**, [S. l.], v. 20, n. 1, p. 01–14, 2024.

GOSLING, L. A. V. **Pet Savior: um aplicativo para dispositivos móveis que visa ajudar cães e gatos perdidos, abandonados ou vítimas de maus tratos**. 2024. 70 f. TCC (graduação) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC, Brasil, 2024. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/255950>.

ISLAM, M. T.; DIAS, P.; HUDA, N. Young consumers' e-waste awareness, consumption, disposal, and recycling behavior: A case study of university students in Sydney, Australia. **Journal of Cleaner Production**, [S. l.], v. 282, p. 124490, 1 fev. 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.124490>.

KANGANA, N.; KANKANAMGE, N.; SILVA, C.; GOONETILLEKE, A.; RANASINGHE, D.; MAHAMOOD, R. Development of a Web Application through a Mobilized Crowdsourcing Platform to Enable Participatory Risk Sensitive Urban Development. *In: THE 45TH ASIAN CONFERENCE ON REMOTE SENSING*. 2024. **Book of Asian Conference on Remote Sensing 2024**. Colombo, Sri Lanka: [S.n.], 2024. n. 1, p. 1–28.

LARA, D. M.; CONCATTO, M. C.; BOHRER, R. E. G.; COSTA, E. S.; LEMES, L. B.; PRESTES, M. M. B.; SILVA, J. S. Novas tecnologias aliadas ao desenvolvimento sustentável: criação de app para monitoramento de pontos inadequados de descartes de resíduos. **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, [S. l.], v. 9, n. 2, p. 433, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.19177/rgsa.v9e22020433-452>.

MARIANO, M. T. L.; OLIVEIRA, L. R.; COSTA, I. P. O uso de aplicativos e tecnologias digitais: ferramentas que favorecem a saúde e bem-estar do idoso. **Caderno Impacto em Extensão**, [S. l.], v. 2, n. 1, p. 1, n. 1, 2022.

Wissen Editora, 2026 | ISBN 978-65-85923-89-7 | DOI: <http://www.doi.org/10.52832/wed.197>

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. Os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável no Brasil. 13 abr. 2023. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/sdgs>.

PATIL, U.; SAXENA, P.; SIDNAL, N. Peer-to-peer knowledge sharing platform for farmers with auto-recommendation feature. *In*: 2017 INTERNATIONAL CONFERENCE ON SMART TECHNOLOGIES FOR SMART NATION (SMARTTECHCON). 2017. **2017 International Conference On Smart Technologies For Smart Nation (SmartTechCon)**. Bengaluru, India: IEEE, 2017. p. 879–884. DOI: <https://doi.org/10.1109/SmartTechCon.2017.8358498>. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/document/8358498/>. Acesso em: 10 mar. 2026.

SAIA, S. M. *et al.* Ten simple rules for researchers who want to develop web apps. **PLOS Computational Biology**, [S. l.], v. 18, n. 1, p. 1–18, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1371/journal.pcbi.1009663>.

SINGH, K. **Social Research Methods and Applications: Qualitative, Quantitative, and Mixed Methods Approaches**. 1. ed. London: Routledge, 2026. 387 p. DOI: <https://doi.org/10.4324/9781003593225>. Disponível em: <https://www.taylorfrancis.com/books/9781003593225>. Acesso em: 9 mar. 2026.

SOUSA, S. L.; SILVA, P. A.; ARANA, A. R. A. Ecoinovação e cidadania digital: desenvolvimento de aplicativo para mapeamento de espécies herbáceas e arbustivas nativas da flora do cerrado. **Revista Eletrônica do Mestrado em Educação Ambiental**, [S. l.], v. 40, n. 2, p. 454–476, 2023.

SOUTO, W. M. S. *et al.* Aplicativo web TERESINA AMBIENTAL (“THE AMBIENTAL”): A Extensão Universitária auxiliando na popularização de serviços ambientais municipais. **Revista de Extensão da UNIVASF**, [S. l.], v. 13, n. 1, p. 39–54, 2025. Disponível em: <https://doi.org/10.5281/ZENODO.15758058>.

**Informações sobre a Editora**

Wissen Editora

Homepage: [www.editorawissen.com.br](http://www.editorawissen.com.br)

Teresina – Piauí, Brasil

E-mails: [contato@wisseneditora.com.br](mailto:contato@wisseneditora.com.br)

**Siga nossas redes sociais:**



@wisseneditora

