



A Economia Circular em Perspectiva

Debates, Conceitos e Metodologias

Rafael Pontes Daniel Chaves Glauber Pereira
Jefferson Martins André Leite Marília Cortte
(organizadores)

RiMa

 **unifap**
digital

2026

Copyright © 2026 dos autores

Direitos reservados desta edição:
RiMa Editorial

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

A Economia Circular em perspectiva : debates, conceitos e metodologias / organizado por Rafael Pontes Lima... [et al.]. – São Carlos, SP : RiMa Editorial, 2026.
296 p.

Formato: eBook
ISBN: 978-65-83933-64-5

1. Sustentabilidade / desenvolvimento sustentável.
2. Economia circular. 3. Meio ambiente. I. Lima, Rafael Pontes. 2. Ribeiro, Daniel Santiago Chaves. 3. Pereira, Glauber Ruan Barbosa. 4. Silva, Jefferson Martins da. 5. Pereira, Marília de Nazaré Cortte Nery.

Elaborado por Natália Gallo Cerrao – CRB 8/10169

Índice para catálogo sistemático:

1. Sustentabilidade / desenvolvimento sustentável 363.7

COMISSÃO EDITORIAL

Dirlene Ribeiro Martins

Paulo de Tarso Martins

Carlos Eduardo M. Bicudo (Instituto de Botânica - SP)

Evaldo L. G. Espíndola (USP - SP)

João Batista Martins (UEL - PR)

Norma Valencio (UFSCar - SP)

Pedro Roberto Jacobi (USP - SP)

RiMa

Rua Virgílio Pozzi, 81 – Jardim Santa Paula

CEP 13564-040 – São Carlos-SP

Fone: (16) 991748888



sumário

PARTE I FUNDAMENTOS DA ECONOMIA CIRCULAR E SUSTENTABILIDADE

APRESENTAÇÃO – A AMAZÔNIA NA AMBIÊNCIA DA ECONOMIA CIRCULAR, SEUS ITINERÁRIOS E DESAFIOS.....	9
<i>Daniel Santiago Chaves Ribeiro, Glauber Ruan Barbosa Pereira, Rafael Pontes Lima, Jefferson da Silva Martins</i>	
1 – A ECONOMIA CIRCULAR NA BIBLIOGRAFIA BRASILEIRA: ITINERÁRIOS E POSSIBILIDADES	19
<i>Daniel Santiago Chaves Ribeiro, Glauber Ruan Barbosa Pereira, Rafael Pontes Lima, Jefferson da Silva Martins</i>	
2 – ECONOMIA CIRCULAR: DESAFIOS E OPORTUNIDADES PARA O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL	43
<i>Eduarda Silvia Fernanda Modesto Altoé, Lidia Ricci Roque, Rejane Sartori, João Paulo Marin, Silvio Claudio da Costa</i>	
3 – ECONOMIA CIRCULAR NO BRASIL: ENTRE REGULAÇÃO, BIOECONOMIA E TRANSFORMAÇÃO SOCIOPRODUTIVA	61
<i>Marília de Nazaré Cortte Nery Pereira, Caroline Ribeiro Moraes, Cleide do Socorro Moraes de Azevedo, Eric Wigwam Valente Pereira</i>	
4 – DRIVERS E BARREIRAS PARA A ECONOMIA CIRCULAR NA PERSPECTIVA DO CONSUMIDOR DE PRODUTOS ORGÂNICOS: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA.....	79
<i>Carina Pasqualotto, Daniela Callegaro de Menezes, Eduarda Silvia Fernanda Modesto Altoé</i>	

PARTE II

INOVAÇÃO, TECNOLOGIAS E VALORIZAÇÃO DA SOCIOBIODIVERSIDADE

5 – ANÁLISE DA SUSTENTABILIDADE AMAZÔNICA NO CONTEXTO DA PROPRIEDADE INTELECTUAL	101
<i>Alexsandro de Souza Cavalcante, Ana Karla de Souza Abud</i>	
6 – PRODUÇÃO DE CONHECIMENTO SOBRE SOCIOBIODIVERSIDADE AMAZÔNICA: PERSPECTIVAS DE DOMÍNIO PARA A SUSTENTABILIDADE	111
<i>Mateus Rebouças Nascimento, Antônio Carlos Picalho</i>	
7 – TECNOLOGIAS DE RASTREABILIDADE E INOVAÇÃO SUSTENTÁVEL NA ECONOMIA CIRCULAR AMAZÔNICA.....	127
<i>Larissa Zootti Meira</i>	
8 – DA FLORESTA À FÓRMULA: USO DE RESÍDUOS MADEIREIROS AMAZÔNICOS COMO MATÉRIA-PRIMA SUSTENTÁVEL PARA BIOCOSMÉTICOS	141
<i>Kariane Mendes Nunes, Antônio Pinheiro</i>	

PARTE III

TERRITÓRIO, CADEIAS PRODUTIVAS E IMPACTOS SOCIOECONÔMICOS

9 – MAPEAMENTO ESPACIAL E DIAGNÓSTICO EXPLORATÓRIO DA CADEIA DOS RESÍDUOS SÓLIDOS NO AMAPÁ.....	161
<i>Marília de Nazaré Cortte Nery Pereira, Glauber Ruan Barbosa Pereira, Rafael Pontes Lima</i>	
10 – INDICAÇÃO GEOGRÁFICA DO GUARANÁ DE MAUÉS (AM): IMPACTOS PRODUTIVOS, ECONÔMICOS E TERRITORIAIS NO PRINCIPAL POLO PRODUTOR DO BRASIL.....	183
<i>Valdir Silva da Conceição, Jaqueline Santos Vieira, David Vieira dos Santos, Angela Machado Rocha, Marcelo Santana Silva</i>	
11 – DO EXTRATIVISMO À ACADEMIA: DESAFIOS SOCIOECONÔMICOS NO QUILOMBO JOÃO PEREIRA	205
<i>Rebeca S. dos Santos, Antônio Pinheiro</i>	

12 – GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS NO BAIRRO SANTA TERESA NA CIDADE DE TEFÉ – AM: UMA ANÁLISE SOBRE OS IMPACTOS NA QUALIDADE DE VIDA DOS MORADORES	217
<i>Eubia Andréa Rodrigues, Ariane da Silva Borges, Cláudia Balbino Mello, Samuel Lucas Nunes da Silva, Monique Barbosa da Silva, Matheus de Souza Inhumada Delgado</i>	

PARTE IV

APROVEITAMENTO DE RESÍDUOS E DESENVOLVIMENTO DE BIOPRODUTOS

13 – PHYSICOCHEMICAL CHARACTERIZATION OF COCOA POD HUSK (THEOBROMA CACAO L.).....	241
<i>Maria Yasmin Santiago Nascimento, Márcia Fernanda Pereira de Souza, Erika Milene Pinto de Sousa</i>	
14 – PHYSICOCHEMICAL CHARACTERIZATION OF PINEAPPLE PEEL ANANAS COMOSUS) FOR USE AS A BIOSORBENT	253
<i>Ana Clara Gomes dos Reis, Yula Pollyana Brito Martins, Márcia Fernanda Pereira de Souza, Marcelo Costa Santos, Erika Milene Pinto de Sousa</i>	
15 – ECONOMIA CIRCULAR APLICADA À RECICLAGEM DE BITUCAS DE CIGARRO: DA COLETA À OBTENÇÃO DE CELULOSE E SEUS DERIVADOS.....	269
<i>Alessandro Almeida de Souza, Maria Betânia D’Henri Teixeira, Thérèse Hofmann Gatti, Rômulo Davi Albuquerque Andrade, Paulo Anselmo Ziani Suarez</i>	
16 – REVESTIMENTOS BIODEGRADÁVEIS À BASE DE FÉCULA DE MANDIOCA NA CONSERVAÇÃO PÓS-COLHEITA DA BANANA.....	283
<i>Álsson Antônio Silva de Souza, Perla Joana Souza Gondim</i>	



Parte I

Fundamentos da Economia Circular e Sustentabilidade

A Amazônia na Ambiência da Economia Circular, seus Itinerários e Desafios

Resumo

Palavras-chave: Economia Circular. Lixo Zero. Resíduos Sólidos. Amapá. Amazônia.

O ponto de partida da nossa discussão é o reconhecimento de que o Amapá, estado aninhado no coração da Amazônia brasileira, é um território de extraordinária riqueza natural, mas que enfrenta pressões crescentes decorrentes da geração de resíduos e da exploração de recursos. Diante desse cenário, a economia circular é apresentada como um conceito transformador: em vez do modelo tradicional de “extrair, produzir, usar e descartar”, propõe-se um sistema em que os recursos são mantidos em uso pelo maior tempo possível, extraindo-se o máximo valor deles e recuperando-se produtos e materiais ao final de cada ciclo de vida. Esta apresentação sintetiza, em texto corrido, os principais temas, dados e iniciativas discutidos ao longo da obra.

Por que a Economia Circular Importa para a Amazônia e o Amapá

A Amazônia detém recursos naturais estratégicos, mas convive com as pressões do desmatamento, da mineração e da urbanização acelerada. No Amapá, o crescimento da geração de resíduos sólidos urbanos — hoje em torno de 400 toneladas diárias em Macapá, segundo o SNIS (2023) — evidencia a urgência de modelos sustentáveis. A economia circular surge como resposta ao substituir o modelo linear por sistemas regenerativos, e exemplos já despontam na região, como o aproveitamento de caroços de açaí para geração de energia e o uso de resíduos madeireiros no Vale do Jari. Entre os indicadores centrais estão a taxa de reciclagem — ainda em torno de 4% no Brasil — e a redução de emissões de gases de efeito estufa. O principal desafio é a baixa infraestrutura para triagem, enquanto as oportunidades residem no acesso a fundos como o Fundo Amazônia.

Essa riqueza, porém, está sob constante pressão, e uma das ameaças frequentemente negligenciadas é a gestão inadequada dos resíduos sólidos. O descarte incorreto inicia uma cadeia de problemas que afeta diretamente a biodiversidade: o lixo lançado em ruas, terrenos baldios ou margens de rios é carregado pelas chuvas para os corpos d'água, e em cidades como Macapá as ressacas — ecossistemas úmidos vitais — tornam-se receptoras de grandes volumes de resíduos. Plásticos representam ameaça grave aos ecossistemas aquáticos, podendo ser ingeridos por peixes, enquanto metais pesados de pilhas e eletrônicos descartados incorretamente contaminam solo e água, afetando toda a cadeia alimentar. O livro destaca que iniciativas locais, como o Plano de Manejo da Floresta Nacional (FLONA) do Amapá, já reconhecem institucionalmente que educar sobre resíduos é parte essencial da estratégia de conservação.

As Dimensões Estratégicas e a Política dos 5Rs

A política dos 5Rs da sustentabilidade é apresentada como conjunto de diretrizes para transformar hábitos e promover consumo consciente. Entre seus princípios, o “Repensar” destaca-se como pedra angular, convidando à reflexão crítica sobre a relação com recursos finitos. A obra observa uma transição de uma abordagem técnica, historicamente centrada na gestão de resíduos a jusante, para uma perspectiva mais holística e comportamental, reconhecendo que a mudança de mentalidade é pré-requisito para a sustentabilidade. O livro registra diferentes formulações dos 5Rs — como as propostas por Heidi Ferris e por Bea Johnson, autora de Zero Waste Home, além da Política dos 5Rs do Ministério do Meio Ambiente e de modelos que incorporam termos como “Repurpose” e

“Rot” —, entendendo essa fluidez não como ausência de consenso, mas como adaptação a diferentes contextos.

A economia circular sustenta-se em quatro dimensões: econômica, ambiental, social e institucional. Na Amazônia, empresas de biotecnologia do Amazonas desenvolvem embalagens biodegradáveis a partir da mandioca, inovando na dimensão econômica; no Amapá, a Coopermar, em Santana, exemplifica a dimensão social ao incluir catadores na cadeia produtiva. Indicadores como o número de empregos verdes — mais de 1,5 milhão no Brasil, segundo o IPEA (2022) — demonstram o potencial do setor. Os desafios envolvem formalizar catadores e criar marcos locais sólidos; as oportunidades, novos negócios circulares; e as ameaças, a instabilidade de políticas públicas.

Educação ambiental e a estratégia Lixo Zero

A educação ambiental é apresentada como ferramenta essencial: mais do que transmitir informações sobre a natureza, é um processo contínuo e participativo que busca desenvolver consciência crítica sobre as questões ambientais. No Brasil, a Política Nacional de Educação Ambiental (PNEA), instituída pela Lei nº 9.795/1999 e regulamentada pelo Decreto nº 4.281/2002, estabelece princípios de enfoque humanista, holístico e democrático. Para o Amapá, promover a educação ambiental significa conectar a população à riqueza natural que a cerca e buscar soluções para problemas locais, como a gestão dos resíduos. A discussão alinha-se a iniciativas como o Código de Governança Socioambiental do Amapá, que busca estimular o uso sustentável dos recursos naturais.

A Lei nº 9.795/1999 também é base para consolidar o movimento Lixo Zero. Na Amazônia, escolas de Belém já promovem oficinas de reaproveitamento de resíduos orgânicos para hortas, e no Amapá a UNIFAP e o Instituto Lixo Zero organizaram oficinas de transformação de PET em objetos artesanais. O indicador associado é o número de alunos e comunidades envolvidas em programas ambientais; o desafio, a falta de recursos pedagógicos adaptados à realidade local; e a ameaça, a descontinuidade dos projetos em mudanças de governo.

O Problema do Lixo: Por que Mudar?

O modelo econômico linear — extrair, produzir, usar e descartar — está atingindo seus limites. Projeções do Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA) indicam que a geração anual de resíduos sólidos urbanos saltará de 2,3 bilhões de toneladas em 2023 para 3,8 bilhões em 2050. O custo direto global da gestão de resíduos, estimado em US\$ 252 bilhões em 2020, sobe para US\$ 361 bilhões quando incluídos os custos

ocultos de poluição, saúde e clima, podendo alcançar US\$ 640 bilhões anuais até 2050. No Brasil, as taxas de reciclagem de resíduos sólidos urbanos permanecem em torno de 3%, e, apesar da Política Nacional de Resíduos Sólidos (Lei nº 12.305/2010), muitos municípios ainda dependem de lixões a céu aberto.

No Amapá, a geração de resíduos alcança em média 1 kg por habitante ao dia, somando mais de 800 toneladas diárias no estado. As consequências da gestão inadequada são sentidas em ecossistemas sensíveis: em áreas úmidas de Macapá, o descarte irregular nas ressacas leva à contaminação da água e do solo e à proliferação de vetores de doenças como dengue e leptospirose. O livro defende que o problema do lixo transcende o descarte, estando ligado ao modelo econômico, às deficiências de infraestrutura, às falhas de implementação de políticas e aos hábitos de consumo — é nesse contexto que emerge a filosofia Lixo Zero, voltada a prevenir a geração de resíduos.

O que É (E o que Não É) Lixo zero

Antes de definir o conceito, a obra desfaz equívocos comuns. Lixo Zero não é apenas reciclagem: prioriza ações anteriores na hierarquia de gestão, como a não geração e a reutilização. Não significa, necessariamente, produzir zero lixo literal: trata-se de uma meta ambiciosa, sendo o objetivo prático, associado à Zero Waste International Alliance (ZWIA), desviar mais de 90% dos resíduos de aterros e incineração. Não é, tampouco, somente responsabilidade individual, exigindo mudanças comunitárias, empresariais e governamentais, nem perfeição imediata, mas uma jornada contínua. O Instituto Lixo Zero Brasil (ILZB) é o representante da ZWIA no país.

Em sua essência, Lixo Zero é mais do que uma estratégia de gestão de resíduos: é uma filosofia que busca redesenhar a relação com materiais e recursos, contrapondo-se ao modelo do “berço ao túmulo”. A definição revisada por pares da ZWIA descreve o Lixo Zero como a conservação de todos os recursos por meio da produção, do consumo, da reutilização e da recuperação responsáveis de produtos, embalagens e materiais, sem queimá-los e sem descargas para a terra, a água ou o ar que ameacem o meio ambiente ou a saúde humana. A proposta central é uma mudança de perspectiva: do “gerenciamento de lixo” para o “gerenciamento de recursos”, em que aquilo que hoje se considera lixo é visto como recurso desperdiçado — daí sua relação intrínseca com a economia circular.

Responsabilidades, vantagens e a Hierarquia Lixo zero

No Amapá, os impactos do modelo linear são visíveis. Um estudo na ressaca do Beirrol documentou como o acúmulo de lixo descaracteriza o ambiente, contamina água e solo

e se correlaciona com a proliferação de vetores de doenças, agravada pela queima ocasional de resíduos. A escala do desafio é considerável: um projeto do Programa de Parcerias de Investimentos (PPI) do Governo Federal visa implementar, por concessão, o manejo de resíduos sólidos urbanos nos 16 municípios do Amapá, encerrando os lixões existentes que atendem uma população de mais de 700 mil habitantes.

Entre as vantagens da abordagem Lixo Zero estão a conservação de recursos naturais, a redução da poluição do solo, da água e do ar, a mitigação das mudanças climáticas, o fortalecimento dos laços comunitários e a geração de empregos verdes — muitas vezes com oportunidades para catadores. Embora exija investimento inicial, pode gerar economia significativa a longo prazo. A filosofia sustenta-se em princípios como a responsabilidade estendida do produtor, a precaução, o poluidor-pagador, a visão cíclica de sistemas de ciclo fechado, o maior e melhor uso dos materiais, o entendimento de que materiais são recursos, o engajamento da comunidade e o compromisso com o triple bottom line. A hierarquia é clara: ações de prevenção (repensar, reduzir, reutilizar) são preferíveis à reciclagem e à compostagem, enquanto a incineração e o descarte descontrolado situam-se no nível inaceitável.

O ciclo dos Materiais: Reciclagem, catadores e Logística Reversa

A reciclagem transforma materiais que seriam descartados em novos produtos, trazendo economia de recursos naturais e de energia, redução da poluição e geração de emprego e renda. Para funcionar, depende da separação correta na fonte dos principais grupos recicláveis — papel, plástico, vidro e metal — e da destinação adequada dos orgânicos, para os quais a compostagem é a solução Lixo Zero, reduzindo a emissão de metano e produzindo adubo natural. No Amapá, diversas iniciativas buscam fortalecer essa cadeia, como o Projeto Recicla, parceria entre a UNIFAP e o Ministério da Integração e do Desenvolvimento Regional (MIDR), que oferece capacitação, coleta seletiva estratégica em parceria com o Instituto Lixo Zero, catadores e artesãos, e o Prêmio Recicla. Atuam ainda empresas como a Amazon Reuse, a Vitrum e a Bio Recicle.

Os catadores de materiais recicláveis desempenham papel crucial na cadeia: a obra destaca que, em média histórica, 90% do trabalho humano na economia circular vem de suas mãos. Reconhecer e valorizar esse trabalho exige políticas que melhorem suas condições, garantam preços justos e promovam sua organização em cooperativas. A logística reversa, por sua vez, estabelece que fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes são corresponsáveis pelo ciclo de vida dos produtos, incluindo o recolhimento e a

destinação final de embalagens e produtos pós-consumo. No Amapá, há planos para implantar sistemas de logística reversa, sobretudo de eletroeletrônicos, mas a implementação enfrenta desafios, como a necessidade de regulamentação estadual específica, sistemas informatizados de controle e a integração dos catadores. O livro aponta ainda a aparente ausência de um Plano Estadual de Resíduos Sólidos (PERS) finalizado e amplamente divulgado.

A Solução Circular: Princípios para um Amapá Sustentável

A Fundação Ellen MacArthur define a economia circular com base em três princípios orientados pelo design: eliminar resíduos e poluição, circular produtos e materiais em seu valor mais alto e regenerar a natureza. Para o Amapá, esses princípios traduzem-se em incentivar embalagens retornáveis ou biodegradáveis, fortalecer oficinas de conserto e o condicionamento de eletrônicos, e conectar a atividade econômica à conservação da floresta e dos rios. Exemplos regionais inspiram: subprodutos do açaí transformados em composto orgânico, resíduos da pesca usados em programas de conservação de tartarugas em Carauari (AM) e a instalação de Ecopontos para coleta de vidro pelo Sebrae no centro de Macapá. Entre as soluções, destacam-se o ecodesign, o reuso e a inovação, com a oportunidade de criar um polo de inovação circular na região.

A filosofia Lixo Zero ganha vida nas ações cotidianas, a partir das estratégias do topo da hierarquia: repensar as necessidades antes de comprar, reduzir o volume e a embalagem dos produtos e recusar o desnecessário. A obra apresenta práticas aplicáveis à cozinha, ao banheiro, à limpeza da casa e às atividades externas — como o planejamento de refeições, a preferência por compras a granel, a substituição de descartáveis por itens reutilizáveis e a adoção de um “kit” básico para o dia a dia —, descrevendo a transição da conveniência passiva para a ação intencional.

Em escala coletiva, comunidades e organizações podem estruturar planos de ação Lixo Zero. O processo parte de um diagnóstico — a auditoria de resíduos, que coleta, separa, pesa e analisa amostras do lixo —, segue para o estabelecimento de metas realistas (como a meta de desvio superior a 90%), a designação de uma equipe responsável e a implementação gradual por meio de projetos piloto, num processo dinâmico e adaptativo que exige comprometimento da liderança e participação dos envolvidos.

O Lixo Eletrônico e o Recondicionamento como Inclusão Digital

O lixo eletrônico merece atenção especial: os equipamentos contêm tanto materiais valiosos, como ouro e cobre, quanto substâncias tóxicas, como chumbo, mercúrio e cádmio, que, se descartadas incorretamente, contaminam solo e água. O Brasil gera mais de 2 milhões de toneladas anuais de e-lixo, e no Amapá a ABREE instalou pontos de coleta em Macapá, embora o interior siga descoberto. O recondicionamento — reparar, atualizar e dar nova vida a equipamentos — é estratégia central da economia circular e, no Amapá, ganha significado ainda mais profundo ao se conectar à inclusão digital.

Exemplo notável é o Centro de Recondicionamento de Computadores (CRC) da UNIFAP, que funciona em parceria com o programa “Computadores para Inclusão” do Ministério das Comunicações (MCom). O centro recebe doações de equipamentos ociosos, realiza o recondicionamento com técnicos e alunos capacitados, destina os computadores à criação de Pontos de Inclusão Digital em comunidades de baixa renda, oferece capacitação profissional em tecnologia da informação e cuida do descarte ambientalmente adequado dos componentes não reaproveitáveis — gerando duplo benefício, ambiental e social. Complementarmente, os Pontos de Entrega Voluntária (PEVs) e Ecopontos cumprem papel fundamental, exigindo separação prévia, limpeza das embalagens e uso correto, além de campanhas contínuas de informação à população.

Desafios e Oportunidades da Transição no Amapá

A transição para a economia circular enfrenta barreiras culturais, estruturais, econômicas e políticas. Mudar hábitos arraigados, marcados pela cultura do descartável, é talvez o desafio mais significativo; soma-se a ele a falta de infraestrutura adequada — de lixeiras para coleta seletiva a centros de triagem e reparo —, a necessidade de investimento inicial e a descontinuidade administrativa, em que programas são abandonados a cada mudança de governo. Críticas sobre a viabilidade da meta de desvio superior a 90% são respondidas pela obra com a ideia de que o “zero” funciona como meta norteadora e motor de inovação contínua, ainda que a perfeição imediata não seja alcançável.

Apesar dos desafios, o cenário amapaense é rico em oportunidades. O projeto de concessão de resíduos sólidos urbanos pode representar um salto de qualidade; iniciativas como o Prêmio Recicla estimulam negócios inovadores; e projetos como o CRC e as ações de capacitação do Projeto Recicla conectam economia circular, inclusão social e formação profissional. A experiência local evidencia a importância das parcerias entre governo, uni-

versidades, setor privado, terceiro setor e catadores, cujo fortalecimento será chave para superar a fragmentação e construir um sistema mais robusto e eficaz.

Considerações Finais

Ao longo da obra, a economia circular é apresentada como visão alternativa e regenerativa ao modelo linear de “extrair-produzir-descartar”, baseada nos princípios de eliminar resíduos e poluição, manter produtos e materiais em uso e regenerar sistemas naturais. Essas práticas são entendidas como intrinsecamente ligadas à proteção da biodiversidade amapaense: ao reduzir a poluição, diminuir a extração de recursos e buscar a regeneração de ecossistemas, a economia circular pode constituir uma ferramenta relevante para conservar o patrimônio natural que é o coração do estado.

O livro reconhece que desafios persistem — a logística em um estado amazônico, a consolidação de marcos regulatórios como o Plano Estadual de Resíduos Sólidos e a logística reversa, a mudança cultural e a superação de lacunas de informação —, mas sustenta que as oportunidades são igualmente significativas. A construção de um Amapá circular não é responsabilidade de um único ator: cada cidadão, ao separar o lixo e utilizar os pontos de entrega voluntária; cada empresa, ao repensar produtos e processos; cada órgão público, ao criar políticas e infraestrutura; e cada organização da sociedade civil, ao educar e mobilizar, desempenha papel crucial. A promessa da economia circular para o Amapá é a de um futuro em que o desenvolvimento econômico caminhe lado a lado com a conservação ambiental e o bem-estar social, honrando a herança amazônica para as gerações presentes e futuras.

Referências Bibliográficas

ABNT. **NBR 10004: Resíduos sólidos – Classificação**. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2004.

ABREE. **Relatório de Atividades 2022**. São Paulo: Associação Brasileira de Reciclagem de Eletroeletrônicos, 2022.

BRASIL. Lei nº 9.795, de 27 de abril de 1999. Dispõe sobre a educação ambiental, institui a Política Nacional de Educação Ambiental e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 28 abr. 1999.

_____. Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos e altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998. **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília, DF, 3 ago. 2010.

BRASIL. Senado Federal. Projeto de lei nº 1.874, de 2022a. Institui a Política Nacional de Economia Circular. Documento oficial. Disponível em: <https://legis.senado.leg.br/sdleg-getter/documento?dm=9180856&ts=1724150468084&disposition=inline>.

EIGENHEER, Emilio Maciel. **A História do Lixo**. Rio de Janeiro: Ed. Elsevier, 2009.

ELLEN MACARTHUR FOUNDATION. **Completing the picture: how the circular economy tackles climate change**. London: Ellen MacArthur Foundation, 2019.

_____. **Introdução à economia circular: glossário**. 2021. Disponível em: <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/pt/temas/economia-circular-introducao/glossario>.

FARIAS, F. G. *et al.* Uma Década de Estudos sobre Economia Circular: Tendências e Reflexões Através de Análise Bibliométrica Internacional. **Internext**, v. 16, n. 3, p. 289–305, 1 set. 2021.

GLOBAL E-WASTE MONITOR. **The global e-waste monitor 2020**. Bonn: United Nations University; Geneva: International Telecommunication Union; Rotterdam: International Solid Waste Association, 2020.

INMETRO. **ISO 26000: Responsabilidade Social**. 2023. Disponível em: http://www.inmetro.gov.br/qualidade/responsabilidade_social/iso26000.asp.

IPEA – Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. **Empregos verdes no Brasil: diagnóstico e oportunidades**. Brasília: IPEA, 2022.

ISO. **Economia Circular – Mai. 2024**. 2024. Disponível em: https://www.linkedin.com/posts/iso-tc-323-circular-economy_circular-economy-portuguese-activity-7236820666388246529-Gbl_/.

KIRCHHERR, Julian; REIKE, Denise; HEKKERT, Marko. Conceptualizing the circular economy: An analysis of 114 definitions. **Resources, Conservation and Recycling**, Amsterdam, v. 127, p. 221–232, 2017.

NAÇÕES UNIDAS. **Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS)**. 2024. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/sdgs>.

_____. **Transformando nosso mundo: a Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável**. Nova Iorque: ONU, 2015.

SABATINI, Rodrigo; WANDERLEY, Tainá. **Cidades Lixo Zero**. Florianópolis, SC: Instituto Lixo Zero Brasil, 2021.

SILVA, Aline O. Fernandes da. **E-book Uma Vida Lixo Zero**. Econviver, 2019.

SNIS – Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento. **Diagnóstico do manejo de resíduos sólidos urbanos – 2023**. Brasília: Ministério das Cidades, 2023.

ZWIA – Zero Waste International Alliance. **Zero Waste International Alliance definition of zero waste**. San Diego: ZWIA, 2018.



CAPÍTULO 1

A ECONOMIA CIRCULAR NA BIBLIOGRAFIA BRASILEIRA: ITINERÁRIOS E POSSIBILIDADES

Daniel Santiago Chaves Ribeiro, Glauber Ruan Barbosa Pereira,
Rafael Pontes Lima, Jefferson da Silva Martins

Resumo

A crescente relevância da Economia Circular (EC) como um paradigma transformador, em oposição ao modelo linear de produção, impulsiona a necessidade de uma análise aprofundada de sua abordagem na literatura brasileira. Este trabalho objetiva revisar sistematicamente a produção acadêmica nacional sobre EC, delineando sua evolução conceitual, identificando atores-chave, examinando frameworks de medição e mapeando lacunas de pesquisa. A análise revela uma transição do foco inicial na gestão de resíduos para abordagens mais integradas, que incluem o design de produtos e novos modelos de negócios. Contudo, persistem desafios, como a escassez de estudos empíricos sobre impactos socioeconômicos em diversos setores e regiões, e a limitada exploração da EC em biomas brasileiros, como a Amazônia. A revisão demonstra a contribuição do conhecimento atual para a aplicação prática e sugere direções para pesquisas futuras, enfatizando a análise do impacto de políticas públicas na adoção de práticas circulares por pequenas e médias empresas.

Palavras-chave: Economia Circular. Brasil. Revisão Bibliográfica. Sustentabilidade. Políticas Públicas.

Introdução

O modelo econômico linear predominante, caracterizado pela lógica de extrair, produzir, usar e descartar, é cada vez mais reconhecido como insustentável devido à sua inerente desconsideração pela finitude dos recursos e seus impactos ambientais e sociais significativos.¹ Desde a Revolução Industrial, a intensa atividade industrial e a degradação ambiental têm sido ignoradas, impactando negativamente a sociedade.⁴ Em resposta a este cenário, a Economia Circular (EC) emergiu como um paradigma transformador, propondo uma mudança sistêmica em direção a um modelo restaurativo e regenerativo. Seu objetivo

central é manter produtos, componentes e materiais em circulação com sua máxima utilidade e valor pelo maior tempo possível, minimizando a geração de resíduos e reduzindo a dependência da extração de matérias-primas virgens.¹ Globalmente, o conceito de EC tem ganhado considerável impulso, especialmente em regiões como a China e a Europa, onde ocupa o topo das agendas políticas e representa uma área significativa de publicações acadêmicas.⁴ No Brasil, o conceito de EC está progressivamente ganhando força, com um número crescente de iniciativas e políticas públicas que começam a impulsionar essa transição, embora o país ainda enfrente um caminho substancial em direção à adoção generalizada.² O cenário acadêmico reflete esse interesse crescente, com um aumento notável nas publicações.¹¹ Observa-se que, no contexto brasileiro, muitas empresas já adotam práticas que se alinham com os princípios da economia circular, mas frequentemente o fazem sem um conhecimento formal do conceito subjacente. Cerca de 75% das empresas no Brasil implementam alguma iniciativa circular, contudo, a maioria desconhece que suas ações se enquadram na EC, e aproximadamente 70% dos indivíduos entrevistados nunca ouviram o termo economia circular.¹² Esta discrepância entre a prática e o reconhecimento formal do conceito sugere que a aceleração da transição para a EC no Brasil não depende apenas de incentivos políticos, mas também de amplas estratégias educacionais e de comunicação para formalizar as práticas existentes e integrá-las em um arcabouço circular mais amplo. Essa circularidade informal, de base, pode se tornar uma força única se for efetivamente reconhecida e aproveitada.

Esta revisão bibliográfica visa fornecer uma análise abrangente e crítica do conceito de economia circular conforme abordado na literatura acadêmica brasileira. Especificamente, busca-se: delinear as definições fundamentais e a evolução conceitual da EC, destacando sua importância acadêmica e relevância de citações; identificar autores-chave e instituições acadêmicas e de pesquisa proeminentes que contribuem para o campo no Brasil; apresentar e avaliar criticamente os indicadores e frameworks de medição de circularidade propostos; mapear as lacunas de pesquisa existentes, particularmente a escassez de estudos empíricos sobre impactos socioeconômicos em diversos setores e regiões, e a falta de abordagens específicas para biomas brasileiros; demonstrar as contribuições práticas das descobertas atuais para o conhecimento e a aplicação no mundo real; e propor direções concretas para pesquisas futuras, incluindo uma análise aprofundada das políticas públicas e seu impacto na adoção de práticas circulares por pequenas e médias empresas (PMEs).

Adicionalmente, enquanto a EC figura como prioridade nas agendas políticas europeias e chinesas⁴, o Brasil ainda não possui políticas públicas ou legislação específica para a promoção da economia circular, com iniciativas que se mostram incipientes e predominantemente impulsionadas por ONGs ou empresas privadas.¹² Isso contrasta com abordagens

de comando e controle observadas na China.⁸ No entanto, estruturas existentes, como a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), já apoiam implicitamente os princípios da EC.² Esta situação indica que o Brasil enfrenta um desafio complexo de difusão e adaptação de políticas. A mera importação de modelos de outros países pode não ser eficaz. O país necessita desenvolver um arcabouço político de EC adaptado à sua realidade, que reconheça e integre a circularidade implícita já presente, aproveite o engajamento multi-stakeholder existente¹⁵ e aborde as disparidades socioeconômicas e regionais únicas. A ausência de uma política de EC abrangente e dedicada pode dificultar esforços sistêmicos e coordenados, resultando em progresso fragmentado.

Definições e Pressupostos Fundamentais

A definição central de Economia Circular (EC) na literatura brasileira alinha-se com o entendimento internacional: um modelo que propõe uma transição do paradigma linear de extrair, produzir, usar e descartar para um focado na reintegração contínua de recursos no ciclo produtivo.¹ Este modelo visa minimizar a extração de matérias-primas virgens e mitigar os impactos ambientais associados ao descarte de resíduos.¹ Fundamentalmente, trata-se de criar um sistema restaurativo e regenerativo por design, com o objetivo de desvincular o crescimento econômico do consumo de recursos finitos.⁶

As raízes histórico-epistemológicas da EC são profundas, remontando à escola clássica da Economia no final do século XVIII, onde economistas pioneiros já reconheciam as possíveis consequências de atingir os limites dos recursos planetários.⁵ A preocupação com o impacto negativo do sistema econômico de mercado convencional sobre o meio ambiente intensificou-se no século XX, fomentando um movimento ambientalista de contracultura que promoveu ideias regenerativas e restaurativas inspiradas no funcionamento dos sistemas naturais.⁵ O próprio termo “economia circular” foi cunhado pelos economistas ambientais Pearce e Turner em 1990, defendendo um sistema econômico fechado com uma relação circular entre economia e meio ambiente.¹⁶

Os princípios-chave que sustentam a EC, frequentemente discutidos na literatura brasileira, incluem o arcabouço dos Rs (Reutilizar, Reciclar, Reduzir, Reparar, Remanufaturar, Recuperar, Reprojetar/Redesenhar, Repensar, Recusar), que visam prolongar a vida útil de materiais e produtos.² A Ellen MacArthur Foundation (EMF) é uma entidade globalmente influente que sistematizou ainda mais a EC, identificando quatro ciclos técnicos (manutenção, reutilização/redistribuição, atualização/remanufatura e reciclagem) e quatro estágios importantes para o engajamento das empresas (design de produtos, modelos de negócios, redes de logística reversa global e condições habilitadoras).¹⁶ A Universidade de

São Paulo (USP) integrou a rede de Universidades Pioneiras da EMF, o que significa seu compromisso em difundir e acelerar esse modelo no Brasil e na América Latina.⁶

Importância Acadêmica e Relevância de Citações

A importância acadêmica da EC no Brasil é evidenciada pelo crescimento exponencial de publicações, particularmente a partir de 2015, o que reflete sua crescente relevância tanto para a sustentabilidade dos negócios quanto para a esfera acadêmica.¹¹ Este aumento na pesquisa indica uma busca dedicada por soluções e a tradução do conhecimento gerado em utilidade prática para a sociedade.¹⁹ A crescente conscientização global e nacional sobre questões de sustentabilidade posiciona a EC como uma abordagem cada vez mais viável e necessária, estimulando o investimento em pesquisa e desenvolvimento para a inovação.²⁰

A urgência da pesquisa em EC no Brasil é amplificada pelo contínuo aumento na geração de resíduos devido à urbanização e industrialização, o que exige novas estratégias para a conservação de recursos e a redução da poluição.¹³ A EC é vista como um catalisador crucial para o fortalecimento de políticas públicas, o fomento de novas estruturas regulatórias, a promoção da conscientização pública e o impulsionamento de transformações tecnológicas.²¹ Embora o volume de pesquisa global seja dominado pela China e Europa, o Brasil se classificou em 12º lugar em publicações entre 2015 e 2019⁹, o que demonstra um engajamento crescente, embora ainda em desenvolvimento, no campo. O *Journal of Cleaner Production* é reconhecido como um periódico global líder em pesquisa de EC.²²

Transição do Foco: Da Gestão de Resíduos ao Design de Produtos e Novos Modelos de Negócios

Inicialmente, o discurso e a aplicação prática da EC no Brasil estavam fortemente ancorados na gestão de resíduos, predominantemente influenciados pela Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), instituída pela Lei nº 12.305/2010. A PNRS, embora não utilize explicitamente o termo Economia Circular, estabeleceu diretrizes cruciais para a gestão de resíduos sólidos, promovendo a redução, reutilização e reciclagem, e introduzindo conceitos como logística reversa e responsabilidade do produtor.² Esta política serviu como um arcabouço fundamental, ainda que implícito, para a circularidade.

Apesar de o Brasil não possuir legislação específica para a promoção da economia circular, e de muitas iniciativas serem incipientes e impulsionadas por ONGs ou empresas privadas¹², a PNRS é um marco importante que promove a integração dos princípios da EC.² A responsabilização do gerador pelos resíduos produzidos, através da logística reversa, é um

exemplo de inovação trazida pela PNRS.¹⁴ Esta circularidade implícita sugere que o caminho do Brasil para uma transição completa da EC pode envolver o aproveitamento e a expansão dos instrumentos legais existentes, em vez de criar apenas novas legislações. Esforços futuros de políticas poderiam focar na integração explícita dos objetivos da EC nos arcabouços atuais, ampliando seu escopo e garantindo uma melhor fiscalização. Essa abordagem poderia acelerar a implementação ao se basear em estruturas já estabelecidas e reduzir os obstáculos políticos e burocráticos associados a processos legislativos inteiramente novos.

Com o tempo, o foco se ampliou significativamente, movendo-se da gestão de resíduos de fim de tubo para abordagens mais sistêmicas e a montante, incluindo o design de produtos, o desenvolvimento de novos modelos de negócios e a inovação em serviços.² Essa evolução envolve a transformação de resíduos em novos produtos (por exemplo, o uso de plástico reciclado pela Braskem em embalagens) e o estímulo a uma inovação mais ampla.²⁴

Uma área-chave dessa transição é a integração dos princípios da EC no desenvolvimento de produtos em arranjos produtivos locais (APLs). Esses agrupamentos, caracterizados por interação e cooperação inerentes, oferecem vantagens significativas para minimizar o uso de recursos e alcançar a produção em ciclo fechado.¹⁷ Essa abordagem abrangente considera todo o ciclo de vida do produto, desde o pré-desenvolvimento (planejamento sustentável, materiais alternativos, redesenho de produtos), passando pelo desenvolvimento (design informacional, conceitual e detalhado, preparação para produção e lançamento), até o pós-desenvolvimento (monitoramento, planejamento de descontinuação com logística reversa, reutilização e reciclagem).¹⁷ A mudança também envolve a exploração de novos modelos de negócios, como sistemas produto-serviço (servicização) e estratégias para fechar ciclos de materiais. Esses modelos exigem mudanças fundamentais no design de produtos, sistemas de produção e logística, demandando maior colaboração em cadeias de suprimentos complexas.⁷

A indústria têxtil serve como um exemplo convincente dessa evolução. Ela passou de abordar sua significativa pegada de poluição para implementar práticas circulares abrangentes em toda a sua cadeia de suprimentos – da origem da matéria-prima ao descarte do produto – promovendo a reutilização, a reciclagem e modelos de negócios inovadores.²⁵ Exemplos brasileiros, como a Preza (que transforma resíduos industriais em acessórios de moda) e a Contextura (que produz roupas a partir de tecidos reciclados e materiais alternativos por meio de produção artesanal local), ilustram a aplicação prática do design circular e a busca por modelos que estendam a vida útil dos materiais e promovam a reutilização.²⁷

A coexistência de empresas que já praticam a circularidade sem o conhecimento formal do conceito e o avanço do discurso acadêmico e industrial em direção a mudanças

mais complexas e sistêmicas, como o design de produtos e novos modelos de negócios, cria uma desconexão. Essa situação implica que os esforços práticos existentes podem não ser totalmente otimizados ou reconhecidos dentro do arcabouço mais amplo da EC, enquanto os conceitos avançados da EC lutam por uma adoção generalizada. Este duplo desafio exige uma abordagem em duas frentes. Primeiro, há uma necessidade urgente de ampla disseminação conceitual e educação em todos os setores para preencher a lacuna de conhecimento e formalizar as práticas circulares existentes. Segundo, a transição para modelos de negócios centrados no design e em novos formatos exige níveis mais elevados de colaboração interorganizacional, inovação tecnológica e investimentos iniciais significativos.⁷ Isso provavelmente exigirá incentivos políticos e mecanismos de apoio financeiro mais fortes e explícitos para mitigar riscos e acelerar a adoção dessas estratégias circulares mais complexas, garantindo que os avanços teóricos se traduzam em mudanças sistêmicas tangíveis em toda a economia brasileira.

Principais Pesquisadores, Grupos de Pesquisa e Instituições Acadêmicas no Brasil: suas contribuições

A natureza inerentemente interdisciplinar e a colaboração multi-stakeholder são uma vantagem estratégica significativa para o Brasil no avanço da EC. Os autores identificados provêm de diversas formações acadêmicas (por exemplo, economia, engenharia, administração, sustentabilidade), e os projetos de pesquisa envolvem consistentemente um amplo espectro de partes interessadas, incluindo universidades, grandes empresas privadas, ONGs e órgãos governamentais.¹⁵ Este engajamento interdisciplinar e multi-stakeholder é um tema recorrente. Isso demonstra uma compreensão fundamental de que a EC não é uma questão isolada, mas um desafio sistêmico complexo que requer soluções integradas de várias perspectivas. Ao fomentar e institucionalizar ativamente esses diálogos e parcerias intersetoriais, o Brasil pode desenvolver soluções circulares mais holísticas, contextualmente específicas e implementáveis que abordem suas complexidades ambientais, sociais e econômicas únicas. A academia, por sua própria natureza, está em uma posição única para facilitar e liderar essas colaborações interdisciplinares e multi-stakeholder cruciais.

Embora autores globais como Yong Geng sejam proeminentes em termos de volume de publicações sobre EC ⁴, o cenário acadêmico brasileiro apresenta vários pesquisadores-chave que contribuem significativamente para o debate nacional. Ricardo Abramovay, professor titular da Universidade de São Paulo (USP) e membro da rede CE100 Brasil, desempenha um papel influente no campo.³¹ Simone Sehnem (Universidade do Oeste de Santa Catarina, Universidade do Sul de Santa Catarina) e Susana Carla Farias Pereira (Fundação Getúlio Vargas – FGV) são reconhecidas por seu trabalho em esclarecer as diferenças

conceituais entre vários termos relacionados à economia circular na literatura brasileira.¹⁶ Susana Pereira também coordena um importante projeto de EC que envolve múltiplas universidades e empresas.¹⁵ Guilherme Augusto Roiz (USP) é notável por sua tese de doutorado, que propôs um Índice Composto de Economia Circular e Sustentabilidade sob uma perspectiva macro, empregando modelos econométricos para avaliar a relação entre EC e sustentabilidade.³² Bruna Villa Todeschini, autora brasileira, é destacada por seu artigo altamente citado sobre moda sustentável, que oferece uma perspectiva integrativa e holística sobre modelos de negócios inovadores na indústria.²⁷ Outros pesquisadores, como Fernando José da Silva Paiva Ribeiro, Marcelo José Braga Nonnemberg, Scarlett Queen Almeida Bispo e Laércio Antônio Gonçalves Jacovine, são reconhecidos por suas contribuições em áreas específicas da pesquisa em EC.³³ Acadêmicos como Dayse Liz das Graças Conceição, Arnaldo Fernandes Pinto Junior, Cristiana Fernandes De Muyllder e André Francisco Alcântara Fagundes, da Universidade Federal de Uberlândia, estão ativamente engajados em análises bibliométricas das tendências de pesquisa em EC, auxiliando no mapeamento do cenário acadêmico em evolução.³⁴

Rodrigo Sabatini, na discussão sobre circularidade para além do meio acadêmico estrito, é uma figura central, de fundamental importância para a introdução, disseminação e consolidação do debate sobre o conceito de “Lixo Zero” no Brasil. Como fundador e presidente do Instituto Lixo Zero Brasil (ILZB), sua atuação tem sido pioneira e multifacetada, elevando a discussão sobre gestão de resíduos a um novo patamar, que transcende a mera reciclagem e propõe uma mudança cultural e sistêmica profunda. Antes da atuação de Sabatini e do ILZB, o conceito de “Lixo Zero” era pouco conhecido no Brasil, restrito a nichos de especialistas e ativistas ambientais. Ele foi o responsável por trazer a metodologia e a filosofia da Zero Waste International Alliance (ZWIA) para o país, adaptando-a à realidade brasileira e criando uma plataforma organizada para sua difusão. A fundação do Instituto Lixo Zero Brasil em 2010 foi um marco, estabelecendo uma referência nacional para o tema. Sabatini e o ILZB defendem uma abordagem que vai muito além da simples gestão de resíduos. Em suas palestras, publicações e projetos, ele enfatiza que Lixo Zero é uma meta ética, econômica, eficiente e visionária. Essa perspectiva mais ampla conecta a gestão de resíduos com temas como cidadania, responsabilidade compartilhada, desenvolvimento sustentável, economia circular e justiça social. Ele popularizou a ideia de que “lixo é um erro de design” e que a responsabilidade pela sua geração é de todos os elos da cadeia produtiva e de consumo.

A Universidade de São Paulo (USP) se destaca como uma instituição líder, tendo sido integrada à rede de Universidades Pioneiras da Ellen MacArthur Foundation (EMF), uma distinção que a torna a única universidade do Hemisfério Sul com esse status. A USP

tem o mandato de liderar debates, conduzir pesquisas e oferecer treinamento em EC.⁶ Ela também abriga o GREFIC (Grupo de Pesquisa em Eficiência e Gestão de Resíduos), que se concentra especificamente na EC, particularmente na gestão de resíduos sólidos urbanos e na identificação de fatores para uma gestão eficiente no Brasil.³⁵

A Fundação Getúlio Vargas (FGV) é outra instituição fundamental, envolvida em projetos significativos de EC e coordenando plataformas que reúnem grandes empresas e diversas instituições de pesquisa.¹⁵ O FGVces (Centro de Estudos em Sustentabilidade da FGV) promove ativamente a gestão da sustentabilidade e as práticas de economia circular entre pequenas e médias empresas.³⁶ O Instituto Brasileiro de Economia Circular (IBEC), uma entidade recém-criada, visa escalar soluções circulares em todo o Brasil, promovendo um ambiente mais favorável para a adoção da EC.³⁷ Diversas outras universidades participam ativamente de grandes projetos de EC, incluindo Unesp, Unicamp, UFMG, UnB, UNOESC e UFMS.¹⁵ Centros de pesquisa especializados, como o Centro Nacional de Pesquisa em Energia e Materiais (Cnpem), o Instituto de Pesquisas Tecnológicas (Ipt) e o Centro de Tecnologia de Embalagem (Cetea), também contribuem para os avanços da EC.¹⁵

A concentração de grandes universidades como USP e FGV, frequentemente em parceria com organizações internacionais e grandes corporações, atuando como *hubs* centrais para pesquisa e desenvolvimento em EC, é um aspecto notável. Embora outras universidades estejam envolvidas, a profundidade e o escopo das iniciativas parecem concentrar-se nessas instituições líderes. Este modelo de hub-e-raio sugere que o avanço da EC no Brasil depende fortemente da capacidade e das iniciativas estratégicas de algumas entidades acadêmicas e corporativas proeminentes. Embora essa concentração possa impulsionar projetos de alto impacto, ela também apresenta um desafio para a disseminação e adoção generalizadas em todo o vasto e diverso território brasileiro. Estratégias futuras devem focar no fortalecimento dos *raios* de conexão – promovendo redes robustas, plataformas colaborativas e mecanismos de transferência de conhecimento – para garantir que as inovações e descobertas geradas nesses hubs cheguem efetivamente a pequenas empresas, comunidades locais e outras regiões, promovendo assim um desenvolvimento da EC mais equitativo e abrangente.

Panorama dos Indicadores Propostos na Literatura Brasileira

A literatura brasileira demonstra um crescente interesse acadêmico em quantificar e desenvolver ferramentas para a avaliação da EC, o que resulta em uma proliferação de propostas de indicadores com escopos, metodologias de cálculo e aplicabilidades diversas.¹⁸ Por exemplo, um estudo especificamente voltado para a definição de indicadores-chave de

desempenho para projetos de EC em uma empresa do setor elétrico brasileiro, utilizando um método estruturado de seleção em três etapas, ilustra uma abordagem prática para o desenvolvimento de indicadores no contexto nacional.⁴⁰

As R-estratégias (por exemplo, Reutilizar, Reciclar, Reduzir, Reparar, Remanufaturar, Recuperar, Reprojetar/Redesenhar, Repensar, Recusar) são frequentemente incorporadas nas propostas de indicadores, refletindo sua centralidade nas práticas circulares. Contudo, é notável que a estratégia *Repensar* muitas vezes não é explicitamente abordada pelas ferramentas existentes.¹⁸ A medição eficaz do progresso da Economia Circular (EC) é fundamental para avaliar a efetividade da transição e os resultados das iniciativas circulares.⁴⁰ No Brasil, a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) contribui implicitamente para a circularidade ao estabelecer indicadores e metas para a redução de resíduos, incentivar a logística reversa e estruturar a coleta seletiva.²³

Limitações e Desafios das Metodologias de Avaliação

Apesar do crescente interesse, a literatura identifica diversas limitações e desafios significativos associados às metodologias de avaliação da EC, particularmente no nível micro (empresa/produto). Um desafio primário é a ausência de métodos e métricas padronizadas, o que leva a inconsistências na forma como as facetas da EC são avaliadas. Essa disparidade dificulta a comparação eficaz de resultados e impede a adoção generalizada de práticas circulares.¹⁸ Por outro lado, muitas ferramentas existentes tendem a se concentrar em aspectos específicos (por exemplo, impactos ambientais via LCA, fluxos de materiais via MFA) em vez de fornecer uma visão integrada e holística que abranja as três dimensões da sustentabilidade – social, ambiental e econômica.¹⁸ Essa perspectiva fragmentada compromete uma avaliação abrangente dos impactos sistêmicos. Também é importante citar que o cálculo e a interpretação de muitos indicadores de EC frequentemente exigem conhecimento técnico especializado, o que pode criar barreiras significativas para a aplicação prática, especialmente para pequenas e médias empresas (PMEs) e organizações que não possuem expertise interna.¹⁸ A complexidade excessiva pode tornar as avaliações difíceis de entender e disseminar, limitando sua acessibilidade e utilidade.

Em um nível macro, uma deficiência significativa é a falta de metas nacionais ou regionais claramente definidas para a circularidade, o que poderia guiar e alinhar os esforços de medição.⁴² A dimensão social da EC é frequentemente marginalizada nas metodologias de avaliação, com as discussões predominantemente centradas nos aspectos econômicos e ambientais.¹⁸ Essa omissão impede a captura completa dos potenciais benefícios da EC, como a criação de empregos locais, a inclusão social, a melhoria das condições de trabalho e o fortalecimento das relações nas cadeias de valor, levando a avaliações incompletas

do sistema. Uma limitação notável é a falta de validação empírica por meio de exemplos concretos e estudos de caso práticos que demonstrem a implementação e a eficácia dessas ferramentas no mundo real. Essa ausência de evidências práticas dificulta a transição das organizações para modelos de negócios de EC, pois elas carecem de abordagens e métricas comprovadas para avaliar as diversas R-estratégias.¹⁸

A maioria das abordagens de indicadores carece de uma perspectiva sistêmica, o que compromete uma compreensão holística dos fluxos técnicos e biológicos de materiais e energia. Essa limitação pode impedir a identificação de possíveis interconexões e sinergias, dificultando a proposição de alternativas de melhoria abrangentes para o fechamento de ciclos de materiais.⁴² A existência simultânea de um crescente interesse acadêmico em indicadores de EC ¹⁸ e as limitações significativas em sua padronização, escopo holístico, complexidade e validação prática ¹⁸ cria um paradoxo. Embora o desejo de medir a circularidade seja alto, as ferramentas disponíveis são frequentemente impraticáveis ou incompletas para uma adoção generalizada. Este paradoxo sugere que o simples desenvolvimento de mais indicadores é insuficiente para impulsionar a transição da EC no Brasil. O foco deve mudar para a criação de frameworks de medição amigáveis ao usuário, padronizados e verdadeiramente holísticos, que sejam rigorosamente validados por meio de aplicações no mundo real. Sem uma medição acessível e eficaz, empresas (especialmente PMEs) e formuladores de políticas enfrentam dificuldades para rastrear o progresso com precisão, justificar os investimentos necessários e implementar intervenções direcionadas, o que impede significativamente a escalabilidade e o impacto das práticas circulares.

Além disso, enquanto a PNRS estabelece alguns indicadores relacionados à gestão de resíduos e logística reversa ²³, que se alinham com a circularidade, a literatura acadêmica mais ampla sobre indicadores de EC aponta para uma falta crítica de abordagens holísticas e uma severa subexploração da dimensão social.¹⁸ Isso implica que as medições existentes, impulsionadas por políticas, podem não capturar totalmente os benefícios multidimensionais ou a natureza sistêmica da EC além da gestão tradicional de resíduos. Esta situação destaca uma desconexão crucial entre os mandatos políticos e as necessidades de medição abrangente para uma verdadeira transição da EC. Para que as políticas impulsionem efetivamente a EC, elas devem evoluir para incorporar frameworks de medição mais holísticos e integrados que incluam explicitamente os impactos sociais e econômicos, e incentivem a adoção de R-estratégias mais avançadas (além da mera reciclagem). Isso também sugere um papel vital para a pesquisa acadêmica em informar políticas, desenvolvendo indicadores práticos e multidimensionais que sejam relevantes para o contexto brasileiro e capazes de capturar todo o espectro dos benefícios da EC.

Escassez de Estudos Empíricos sobre Impacto Econômico e Social (Setores e Regiões)

Uma lacuna notável e premente na literatura brasileira sobre Economia Circular (EC) reside no estágio ainda incipiente de evidências empíricas concretas que demonstrem como as oportunidades circulares estão sendo efetivamente desenvolvidas e, mais crucialmente, quais são seus impactos econômicos e sociais tangíveis. Atualmente, a vasta maioria dos estudos existentes tende a ser de natureza exploratória e predominantemente bibliográfica, concentrando-se de forma excessiva em discussões conceituais e teóricas em vez de se aprofundar em avaliações empíricas rigorosas e quantificáveis de impacto. Embora a promessa teórica da EC seja vasta e inclua ganhos sociais, econômicos e ambientais substanciais – como a redução de resíduos, a otimização do uso de recursos, a criação de novos modelos de negócio e a geração de empregos verdes –, estudos empíricos robustos que quantifiquem esses benefícios de forma abrangente em diversos setores e regiões do Brasil permanecem notavelmente escassos. A ausência de dados concretos e análises aprofundadas impede uma compreensão clara do verdadeiro potencial e dos desafios da implementação da EC no contexto brasileiro. O trabalho empírico existente é frequentemente limitado a estudos de caso específicos ou a escopos restritos, o que dificulta a generalização dos achados e a formulação de políticas públicas e estratégias empresariais mais eficazes. Por exemplo, um estudo relevante sobre a EC, que investigou sua capacidade de motivar a inovação social em uma única organização (Artemisia), destacou impactos positivos na redução do desperdício de alimentos e na melhoria da nutrição. No entanto, os próprios autores do estudo explicitamente observaram as limitações inerentes ao tamanho da amostra e à generalização dos resultados, justamente devido à sua natureza de caso único. Essa limitação ressalta a necessidade amplamente reconhecida de estudos mais abrangentes, multicêntricos e, acima de tudo, quantitativos. Tais estudos seriam capazes de fornecer informações mais amplas e representativas sobre os resultados da EC, permitindo que pesquisadores, formuladores de políticas e empresas avaliem com maior precisão a eficácia de diferentes abordagens circulares. A carência de dados empíricos robustos não apenas dificulta a validação das premissas teóricas da EC, mas também impede o desenvolvimento de estratégias de implementação baseadas em evidências, o que é fundamental para impulsionar a transição para uma economia mais circular e sustentável no Brasil.

A implementação da EC no Brasil ainda está em grande parte em fase experimental no nível local, com poucos territórios tendo adotado uma estratégia circular global e integrada.⁴³ Uma análise comparativa entre Tours (França) e Recife (Brasil) revelou que, em Recife, as experiências alinhadas à EC são frequentemente multidimensionais, visando em-

poderar comunidades carentes e melhorar a qualidade ambiental, em vez de focar apenas em impactos econômicos quantificáveis.⁴³ Essa lacuna empírica é ainda mais acentuada pela escassez de contribuições práticas e validação por meio de estudos de caso para as ferramentas de avaliação da EC, conforme destacado na discussão sobre indicadores de circularidade.¹⁸ Sem dados empíricos robustos, é desafiador demonstrar os benefícios concretos da EC, o que é crucial para convencer empresas, investidores e formuladores de políticas a ampliar a adoção.

A ênfase consistente na escassez de estudos empíricos¹ sobre os impactos econômicos e sociais da EC é uma constatação crítica. Sem evidências robustas e quantificáveis dos benefícios tangíveis (por exemplo, redução de custos, criação de empregos, melhoria das condições de vida, redução da desigualdade social) derivados das práticas circulares, torna-se extremamente difícil persuadir empresas, investidores e formuladores de políticas a se comprometerem e escalarem esses modelos. A dependência atual de estudos de caso isolados⁴⁴ ou experimentos locais⁴³ é insuficiente para construir um argumento de negócios convincente ou para informar uma formulação de políticas ampla. Este déficit de dados representa um gargalo fundamental para a adoção generalizada e a escalabilidade da EC no Brasil. Pesquisas futuras devem priorizar estudos quantitativos rigorosos, análises longitudinais e estudos comparativos em diferentes setores e regiões para estabelecer uma base sólida e baseada em evidências para a viabilidade socioeconômica da EC. Isso também implica a necessidade de mecanismos de financiamento dedicados e iniciativas de pesquisa colaborativa que apoiem investigações empíricas de larga escala, transformando sucessos anedóticos em modelos verificáveis e escaláveis.

Falta de Abordagens Específicas para Biomas Brasileiros

A incomparável biodiversidade brasileira, em particular nos seus biomas únicos como a Amazônia, oferece vastas, mas em grande parte inexploradas, oportunidades para a aplicação dos princípios da Economia Circular (EC). Esta abordagem engloba a criação de novas cadeias de valor baseadas em ciclos biológicos, como a reutilização de resíduos agrícolas ou o desenvolvimento de novos materiais biodegradáveis. Tais inovações poderiam harmonizar o desenvolvimento econômico com a preservação de ecossistemas vitais.

Apesar deste enorme potencial, existe uma reconhecida escassez de abordagens acadêmicas específicas e estudos empíricos focados na EC dentro dos biomas brasileiros. Historicamente, a pesquisa tem negligenciado a complexidade e a riqueza desses sistemas naturais como modelos para a circularidade. No entanto, alguns estudos pioneiros começam a preencher essa lacuna crítica, sinalizando um crescente reconhecimento da importância de integrar a EC com as particularidades dos biomas locais.

Embora a pesquisa e os próprios pesquisadores reconheçam a falta de abordagens específicas para biomas brasileiros e o potencial inexplorado para a criação de novo valor na Amazônia, a implicação mais profunda reside na singularidade que os biomas do Brasil oferecem. Com seus ciclos regenerativos inerentes e um vasto conhecimento tradicional acumulado ao longo de gerações, esses biomas apresentam um paradigma único para a circularidade. Este paradigma transcende significativamente a reciclagem industrial convencional, que, embora importante, representa apenas uma faceta da EC. A circularidade nos biomas brasileiros sugere um modelo que se alinha com os processos naturais de regeneração, onde o “desperdício” é um recurso e os sistemas são projetados para serem intrinsecamente sustentáveis. Explorar e aplicar esses princípios inerentes poderia posicionar o Brasil como líder global na implementação de uma Economia Circular verdadeiramente regenerativa, baseada na riqueza de sua biodiversidade e no respeito pelos conhecimentos ancestrais.

A futura agenda de pesquisa deve focar estrategicamente na exploração e sistematização de modelos circulares bioinspirados, que emergem diretamente da riqueza dos biomas brasileiros e da sabedoria ancestral das comunidades tradicionais. Essa empreitada exige uma abordagem profundamente interdisciplinar, unindo campos como ecologia, etnobotânica, ciências sociais, design circular e engenharia de materiais, para conceber e implementar sistemas verdadeiramente regenerativos. Adicionalmente, é imperativo que a pesquisa se debruce sobre a proteção, o empoderamento e a integração efetiva das comunidades tradicionais como atores centrais nessas sociobioeconomias circulares emergentes. Isso implica desenvolver mecanismos que assegurem a partilha equitativa dos benefícios gerados e a salvaguarda da inestimável diversidade biocultural que essas comunidades representam e mantêm.

Ao adotar essa perspectiva singular, o Brasil tem a oportunidade não apenas de se posicionar como um seguidor da Economia Circular, mas de assumir um papel de liderança global. Poderíamos nos tornar um farol no desenvolvimento de soluções circulares inovadoras, intrinsecamente conectadas à natureza e culturalmente enraizadas, oferecendo um modelo de desenvolvimento sustentável que ressoa com as especificidades e potenciais do nosso país.

Impacto das Pesquisas Atuais na Transição para a Economia Circular

A pesquisa acadêmica atual contribui significativamente para uma compreensão mais profunda do panorama geral da Economia Circular (EC) e de suas iniciativas em nível micro, fornecendo assim informações cruciais para orientar os caminhos empreendedo-

res na economia circular.⁸ Os estudos consistentemente destacam o imperativo de uma transformação cultural profunda, enfatizando que a implementação eficaz da EC deve ser enraizada em uma educação ambiental abrangente, juntamente com campanhas robustas de conscientização e estratégias de comunicação social.¹⁰ Isso ressalta o papel da disseminação do conhecimento na condução da mudança social.

Os resultados das pesquisas enfatizam a importância crítica de fomentar parcerias multi-stakeholder, envolvendo todos os agentes sociais e garantindo a participação ativa do governo. Tais colaborações são consideradas essenciais para estimular o interesse generalizado da sociedade, instituições e empresas, tornando assim a transição para a EC viável e eficaz.¹ O trabalho acadêmico serve como uma base teórica fundamental, oferecendo uma perspectiva macro sobre a EC que é inestimável tanto para pesquisadores iniciantes quanto para os mais experientes, facilitando uma compreensão mais abrangente do tema.¹⁹ O aumento exponencial das publicações em EC, particularmente a partir de 2015, demonstra inequivocamente a crescente relevância deste campo tanto para a sustentabilidade dos negócios quanto para a comunidade acadêmica em geral, significando sua crescente integração no discurso principal.¹¹ Além da resolução de problemas ambientais, a pesquisa mostra consistentemente que a EC apresenta oportunidades substanciais para inovação e criação de valor, posicionando-a como um motor para o desenvolvimento econômico e social.²²

A presença de inúmeras iniciativas bem-sucedidas em nível de empresa e estudos de caso³ contrasta com a reconhecida falta de políticas nacionais abrangentes de EC¹² e a necessidade crítica de maior participação governamental.¹ Isso sugere que, embora trabalhos-piloto individuais estejam demonstrando a viabilidade e os benefícios da EC, o desafio principal reside em traduzir esses sucessos isolados em arcabouços políticos mais amplos e sistêmicos que possam facilitar e incentivar a escalabilidade dessas práticas em diversas indústrias e regiões. As contribuições atuais servem como provas de conceito cruciais para o potencial da EC no Brasil. Esforços futuros devem focar estrategicamente na documentação rigorosa desses sucessos, na quantificação de seus benefícios socioeconômicos e ambientais, e na utilização dessa base de evidências robusta para informar e acelerar o desenvolvimento de políticas nacionais e regionais de EC. Isso também implica um papel vital para a academia na facilitação da transferência de conhecimento de empresas pioneiras para formuladores de políticas e outras empresas, garantindo que as lições práticas aprendidas sejam integradas ao design e à implementação de políticas.

Para otimizar o potencial de inovação e acelerar a transição da Economia Circular (EC) no Brasil, é imperativo fortalecer a interconexão entre os diversos atores envolvidos.

Atualmente, o ecossistema brasileiro, embora rico em iniciativas isoladas, sofre de uma fragmentação que impede a escalabilidade e o impacto sistêmico das soluções circulares.

A criação de plataformas colaborativas mais estruturadas é um passo fundamental. Isso inclui redes de conhecimento que promovam o intercâmbio de informações e boas práticas, bem como ambientes virtuais e físicos que facilitem a cocriação e o desenvolvimento conjunto de projetos. Tais plataformas poderiam conectar pesquisadores com empresas que buscam soluções, governos que precisam de apoio na formulação de políticas públicas e a sociedade civil que pode atuar como agente de conscientização e demanda.

Além disso, programas de financiamento conjuntos são essenciais para viabilizar projetos de maior porte e com maior risco inerente à inovação. Isso pode envolver a articulação entre agências de fomento governamentais, bancos de desenvolvimento, fundos de investimento privados e até mesmo a criação de mecanismos de *crowdfunding* direcionados para a EC. O financiamento não deve se limitar à pesquisa e desenvolvimento, mas também abranger a implementação de pilotos, a expansão de iniciativas bem-sucedidas e a formação de capital humano especializado.

Mecanismos de transferência de tecnologia são cruciais para garantir que as inovações desenvolvidas em centros de pesquisa e universidades cheguem ao mercado e sejam aplicadas em escala. Isso pode ser alcançado através de parques tecnológicos, incubadoras de empresas de base tecnológica, acordos de licenciamento mais flexíveis e programas de *spin-off* que incentivem a criação de novas empresas a partir de pesquisas acadêmicas. A simplificação dos processos burocráticos e a oferta de suporte jurídico e gerencial são igualmente importantes para facilitar essa transição.

Ao promover uma maior sinergia entre pesquisa (universidades, centros de pesquisa), indústria (empresas de todos os portes), governo (esferas federal, estadual e municipal) e sociedade civil (ONGs, associações, consumidores), o Brasil pode transformar seu ecossistema fragmentado em uma força coesa para a inovação circular. Essa coesão impulsionará um desenvolvimento mais sustentável e resiliente, gerando benefícios econômicos, sociais e ambientais duradouros. A superação das lacunas atuais e a construção de um ambiente de colaboração robusto permitirão que o Brasil se posicione como um protagonista na transição global para a Economia Circular.

Considerações finais

A revisão bibliográfica sobre o conceito de Economia Circular na literatura brasileira revela um campo em franca expansão, com crescente reconhecimento de sua importância acadêmica e relevância prática. A transição do foco, inicialmente concentrado na gestão

de resíduos, para uma abordagem mais abrangente que engloba o design de produtos e o desenvolvimento de novos modelos de negócios, é evidente. Autores e instituições de destaque, como a Universidade de São Paulo e a Fundação Getúlio Vargas, têm liderado a pesquisa, muitas vezes em colaboração com entidades internacionais e empresas, demonstrando um modelo de desenvolvimento da EC que se estrutura em torno de *hubs* de conhecimento e prática.

Apesar dos avanços notáveis e da crescente conscientização em torno da Economia Circular (EC) no Brasil, persistem lacunas significativas que representam tanto desafios a serem superados quanto oportunidades promissoras para futuras investigações acadêmicas e aplicações práticas. Uma das limitações mais críticas e urgentes reside na escassez de estudos empíricos que avaliem de forma rigorosa o impacto econômico e social da implementação da EC. Essa deficiência se manifesta em diversos setores da economia e em diferentes regiões do país.

A ausência de dados robustos e quantificáveis é um entrave considerável. Sem métricas claras e evidências baseadas em resultados, torna-se desafiador justificar investimentos substanciais e, mais importante, garantir a escalabilidade das práticas circulares. A dificuldade em demonstrar retornos financeiros tangíveis e benefícios sociais claros impede a adoção em larga escala. Em outras palavras, sem a capacidade de quantificar o valor agregado e o retorno sobre o investimento, a Economia Circular permanece, para muitos, um conceito teórico de difícil aplicação prática.

Esta deficiência de dados para a avaliação de impacto tem uma consequência direta: ela impede a transformação de sucessos isolados em modelos verificáveis e replicáveis em larga escala. Atualmente, existem diversas iniciativas circulares bem-sucedidas em pequena escala no Brasil, muitas das quais impulsionadas por empreendedores e comunidades locais. No entanto, sem a capacidade de coletar e analisar dados de forma padronizada, é impossível extrair lições valiosas dessas experiências, identificar os fatores críticos de sucesso e, conseqüentemente, desenvolver estratégias para sua replicação em contextos mais amplos. A falta de uma base de evidências empíricas sólida também dificulta a formulação de políticas públicas eficazes. Governos e órgãos reguladores precisam de dados concretos para desenhar incentivos, legislações e marcos regulatórios que impulsionem a transição para uma economia mais circular. A ausência desses dados, assim sendo, pode levar a políticas fragmentadas, ineficientes ou até mesmo contraproducentes.

Pesquisas futuras deveriam focar na coleta de dados primários e secundários, utilizando metodologias quantitativas e qualitativas para mensurar o impacto da EC em diferentes dimensões. É fundamental que essas pesquisas sejam realizadas em parceria com empresas, indústrias, governos e a sociedade civil, garantindo a relevância

e a aplicabilidade dos resultados. Somente com uma base de dados robusta e análises aprofundadas será possível transformar a Economia Circular de um conceito promissor em uma realidade amplamente disseminada e economicamente viável no Brasil. Outra lacuna fundamental e de grande urgência é a ausência de abordagens específicas e aprofundadas para os biomas brasileiros, notadamente a Amazônia. Apesar do potencial incomensurável para a criação de valor sustentável a partir da vasta biodiversidade presente, a pesquisa atual ainda não conseguiu explorar de forma suficiente modelos de circularidade biocultural. Estes modelos deveriam ser capazes de integrar harmoniosamente o funcionamento complexo dos ecossistemas naturais com o conhecimento tradicional ancestral das comunidades que neles habitam. Essa inexploração representa uma oportunidade estratégica ímpar para o Brasil se posicionar de forma proeminente como um líder global no desenvolvimento e implementação de soluções circulares que são intrinsecamente baseadas na natureza.

Adicionalmente, as metodologias existentes para a avaliação da circularidade, embora em constante evolução e aprimoramento, ainda enfrentam desafios significativos. Há uma carência notória de padronização, o que resulta em abordagens frequentemente fragmentadas. Um ponto crítico é a subexploração da dimensão social da circularidade, que muitas vezes é negligenciada em detrimento dos aspectos puramente ambientais e econômicos. Este paradoxo da medição-ação – a dificuldade de medir de forma eficaz o que se deseja impulsionar – impede a adoção generalizada de ferramentas de avaliação que sejam verdadeiramente eficazes e abrangentes. A lacuna persistente entre a concepção de políticas públicas e a prática real na formulação de indicadores robustos e holísticos limita severamente a capacidade das políticas de impulsionar a Economia Circular (EC) de uma maneira integrada e eficaz. A observação de que um número considerável de empresas já pratica, mesmo que intuitivamente, princípios da circularidade sem o conhecimento formal e a nomenclatura do conceito, enquanto a legislação específica sobre o tema ainda é incipiente e fragmentada, aponta para uma lacuna expressiva entre a conscientização tácita e a ação estratégica. Essa desconexão precisa ser urgentemente abordada e superada por meio da implementação de estratégias educacionais abrangentes e campanhas de comunicação eficazes. Tais iniciativas devem visar não apenas a disseminação do conhecimento sobre a EC, mas também a promoção de uma cultura de sustentabilidade e a criação de um ambiente propício para a transição para modelos de negócio mais circulares.

A Economia Circular no Brasil encontra-se em um ponto crucial. Embora as bases teóricas e diversas iniciativas práticas já estejam consolidadas, o próximo passo é superar as lacunas de conhecimento e as barreiras sistêmicas. Para isso, é fundamental formalizar as práticas existentes, desenvolver indicadores mais abrangentes e adaptados e estabele-

cer um arcabouço político robusto que fomente a colaboração entre múltiplos setores e o investimento em inovação. Ao focar nessas áreas de pesquisa, o Brasil não só acelerará sua própria transição para a Economia Circular, mas também poderá oferecer modelos únicos e valiosos para o desenvolvimento sustentável global, com destaque para a integração da biodiversidade e das particularidades regionais.

As descobertas desta revisão proporcionam uma contribuição para o corpo de conhecimento existente, consolidando de maneira abrangente o estado da arte da Economia Circular (EC) no Brasil. Este trabalho não apenas mapeia a evolução conceitual da EC no contexto nacional, mas também identifica os principais atores envolvidos e suas respectivas contribuições. No âmbito da aplicação prática, a análise de casos de estudo de empresas brasileiras que já implementam os princípios da EC, como Braskem, Preza e Contextura, oferece provas de conceito cruciais. Esses exemplos demonstram a viabilidade e os benefícios potenciais da EC em diferentes setores da economia. No entanto, a transição bem-sucedida de iniciativas isoladas para políticas abrangentes e sistêmicas representa um desafio significativo, ao mesmo tempo em que abre uma oportunidade para a implementação de pilotos em larga escala que comprovem a exequibilidade e os impactos positivos dessas abordagens. O ecossistema de inovação circular no Brasil, embora em estágio nascente, ainda apresenta um alto grau de fragmentação. Para maximizar seu impacto e acelerar a transição para uma economia mais circular, é imperativo promover uma maior interconexão e colaboração entre os diversos atores, incluindo empresas, academia, governo e sociedade civil.

Para pesquisas futuras, sugere-se uma agenda multifacetada que priorize diversas linhas de investigação. Em primeiro lugar, é fundamental a realização de estudos empíricos, tanto quantitativos quanto longitudinais, para mensurar os impactos socioeconômicos da EC em diferentes setores e regiões do país. A produção de evidências robustas e baseadas em dados é essencial para informar a tomada de decisão por parte de formuladores de políticas e investidores. Em segundo lugar, destaca-se a necessidade do desenvolvimento de modelos de circularidade específicos para os diversos biomas brasileiros. Essa abordagem deve explorar a bioeconomia e o vasto conhecimento tradicional das comunidades locais como pilares para a criação de sistemas verdadeiramente regenerativos. A integração desses elementos pode levar a soluções inovadoras e culturalmente adaptadas que promovem a sustentabilidade ambiental e social.

Por fim, e não menos importante, sugere-se uma análise aprofundada das políticas públicas existentes e propostas relacionadas à EC. Essa análise deve ir além da mera existência das políticas, investigando sua efetividade na prática e avaliando seu impacto na adoção de práticas circulares por pequenas e médias empresas (PMEs). Isso inclui inves-

tigar os desafios de financiamento e a burocracia que frequentemente afetam as PMEs e propor mecanismos de incentivo e capacitação que facilitem sua transição para modelos de negócios mais circulares. A análise de políticas públicas deve enfatizar a necessidade de coordenação regulatória em níveis nacional, regional e local, visando criar um ambiente propício para a disseminação e o sucesso da Economia Circular no Brasil.

Referências Bibliográficas

ARKADER, Rebecca. A pesquisa científica em gerência de operações no Brasil. **Revista de Administração de Empresas**, v. 43, n. 1, p. 70–80, 2003.

BENEDETTI, M. H. Gestão de núcleos de inovação tecnológica. In: **ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**, 30., 2010, São Carlos. Anais [...]. São Carlos, 2010. Disponível em: http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2010_tn_sto_120_780_16717.pdf. Acesso em: 15 fev. 2022.

BITTENCOURT, V. da S. Gestão da propriedade intelectual: a experiência do NIT – Núcleo de Inovação Tecnológica da UFABC. In: **SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE GESTÃO DE PROJETOS, INOVAÇÃO E SUSTENTABILIDADE – SINGEP**, 7., 2018, São Paulo. Anais [...]. Paraná, 2020. p. 79–87.

BONETTI, M. de C. A linguagem de vídeos e a natureza da aprendizagem. 2008. 171 f. **Dissertação** (Mestrado) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008. Orientadora: Yassuko Hosoume.

BORGES, Livia de Oliveira; YAMAMOTO, Oswaldo H. Mundo do trabalho: construção histórica e desafios contemporâneos. In: BASTOS, Antonio Virgílio Bittencourt; BORGES-ANDRADE, Jairo Eduardo; ZANELLI, José Carlos (org.). **Psicologia, organizações e trabalho no Brasil**. 2. ed. Porto Alegre: Artmed, 2014. p. 25–72.

COOPER, D. R.; SCHINDLER, P. S. **Métodos de pesquisa em administração**. 7. ed. Porto Alegre: Bookman, 2003.

LIPPARD, Lucy R. Trojan horses: activist art and power. In: WALLIS, Brian (ed.). **Art after modernism: rethinking representation**. New York: The Museum of Contemporary Art; Boston: Godine, 1984. p. 341–358.

MARTINS, Eliseu et al. **Manual de contabilidade societária**: aplicável a todas as sociedades: de acordo com as normas internacionais e do CPC. 2. ed. Rio de Janeiro: Atlas, 2013.

OTTA, L. A. Parcela do Tesouro nos empréstimos do BNDES cresce 566% em oito anos. **O Estado de S. Paulo**, São Paulo, ano 131, n. 42656, 1 ago. 2010. Economia & Negócios, p. B1.

RIBEIRO, M. C.; SOARES, A. A. C.; MENDONÇA, C. M. C. de. Desafios da inovação e transferência de tecnologia no ambiente acadêmico: o caso da Universidade Federal do Amapá (UNIFAP). **Cadernos de Prospecção**, Salvador, v. 12, n. 5, p. 1040–1051, 2019. Disponível em: <https://periodicos.ufba.br/index.php/nit/article/view/33108/20652>. Acesso em: 10 fev. 2022.

SABATINI, Rodrigo; WANDERLEY, Tainá. **Cidades lixo zero**. Florianópolis, SC: Instituto Lixo Zero Brasil, 2021.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO OESTE DO PARÁ. **Plano de Desenvolvimento Institucional** (PDI 2019–2023). Pará, 2019. Disponível em: <http://www.ufopa.edu.br/proplan/gestao-institucional/pdi/>. Acesso em: 20 out. 2022.

Referências citadas

1. A economia circular como alternativa à economia linear Circular economy as an alternative to linear economy - RI/UFS, acessado em julho 23, 2025, <https://ri.ufs.br/bitstream/riufs/12561/2/EconomiaCircularAlternativa.pdf>
2. O Futuro da Economia Circular no Brasil: O Que Esperar? – IBER, acessado em julho 23, 2025, <https://iberbrasil.org.br/blog/2024/10/21/o-futuro-da-economia-circular-no-brasil-o-que-esperar/>
3. 3127 A ECONOMIA CIRCULAR COMO ESTRATÉGIA PARA O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL NO BRASIL RESUMO: Este artigo tem como objetivo an, acessado em julho 23, 2025, <https://periodico-rease.pro.br/rease/article/download/19876/11933>
4. ECONOMIA CIRCULAR: CONCEITOS E CONTRIBUIÇÕES NA GESTÃO DE RESÍDUOS URBANOS - Revistas UNIFACS, acessado em julho 23, 2025, <https://revistas.unifacs.br/index.php/rde/article/viewFile/6386/4005>
5. Evolução histórico-epistemológica da economia circular: em direção ..., acessado em julho 23, 2025, https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?pid=S2215-34032021000100083&script=sci_abstract&tlng=pt
6. Economia circular será nova área de pesquisa e ensino na USP, acessado em julho 23, 2025, <https://jornal.usp.br/universidade/economia-circular-sera-nova-area-de-pesquisa-e-ensino-na-usp/>
7. ECONOMIA CIRCULAR E GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS – PERSPECTIVAS PARA O BRASIL E O NORDESTE, acessado em julho 23, 2025, <https://www.bnb.gov.br/revista/ren/article/download/1329/880/4568>
8. Empreendedorismo na economia circular: uma ... - SciELO Brasil, acessado em julho 23, 2025, <https://www.scielo.br/j/cebape/a/Dkpdz5LYdTPjP73M6cCDgtH/>
9. Explorando a Economia Circular: Perspectivas Internacionais em Foco | Revista de Contabilidade da UFBA, acessado em julho 23, 2025, <https://periodicos.ufba.br/index.php/rcontabilidade/article/view/54528>
10. Economia circular como alternativa para o crescimento sustentável brasileiro: análise da Política Nacional de Resíduos Sólidos - Portal de Periódicos Uninove, acessado em julho 23, 2025, <https://periodicos.uninove.br/geas/article/view/16147>
11. Economia Circular: uma revisão sistemática da literatura e análise bibliométrica, acessado em julho 23, 2025, <https://revistas.rcaap.pt/uiips/article/view/32802>
12. ECONOMIA CIRCULAR: UM PANORAMA DO ESTADO DA ARTE ..., acessado em julho 23, 2025, <https://www.producaoonline.org.br/rpo/article/download/4354/2083/13340>
13. RESÍDUO ZERO PARA A ECONOMIA CIRCULAR: A IMPORTÂNCIA DOS MUNICÍPIOS E DE SUAS POLÍTICAS PÚBLICAS DE ECONOMIA CIRCULAR RESÍDUO ZERO PARA A ECONOMIA CIRCULAR - SciELO, acessado em julho 23, 2025, <https://www.scielo.br/j/vd/a/xLbydzF5YChQ5MK7WwwH-5GJ/>
14. ECONOMIA CIRCULAR - fgv eaesp, acessado em julho 23, 2025, https://eaesp.fgv.br/sites/eaesp.fgv.br/files/u1087/economia_circular_nas_cadeias_de_valor_brasileiras.pdf

15. Grandes Empresas e Instituições de pesquisa se unem em projeto de Economia Circular, acessado em julho 23, 2025, <https://portal.fgv.br/noticias/grandes-empresas-e-instituicoes-pesquisa-se-unem-projeto-economia-circular>
16. Rumo à Economia Circular: Sinergia Existente entre as ... - Dialnet, acessado em julho 23, 2025, <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/7959286.pdf>
17. Princípios de economia circular para o ... - SciELO Brasil, acessado em julho 23, 2025, <https://www.scielo.br/j/inter/a/nWBqSY5NCNtpj6r74WyfZVB/?lang=pt>
18. CHALLENGES OF CIRCULAR ECONOMY ... - SciELO Brasil, acessado em julho 23, 2025, <https://www.scielo.br/j/rae/a/kTBqtNfttLY4zhZ3B7vGkys/?lang=pt>
19. Economia Circular: uma exploração bibliométrica da produção científica internacional, acessado em julho 23, 2025, https://www.researchgate.net/publication/366676612_Economia_Circular_uma_exploracao_bibliometrica_da_producao_cientifica_internacional
20. Economia Circular: O Caminho para um Futuro Sustentável - Software Mata Nativa, acessado em julho 23, 2025, <https://matanativa.com.br/economia-circular-o-caminho-para-um-futuro-sustentavel/>
21. (PDF) A Importância da Economia Circular no Brasil e na América Latina - Propostas e Caminhos para os próximos anos - ResearchGate, acessado em julho 23, 2025, https://www.researchgate.net/publication/372482546_A_Importancia_da_Economia_Circular_no_Brasil_e_na_America_Latina_-_Propostas_e_Caminhos_para_os_proximos_anos
22. Uma Década de Estudos sobre Economia Circular: Tendências e Reflexões Através de Análise Bibliométrica Internacional - ResearchGate, acessado em julho 23, 2025, https://www.researchgate.net/publication/354483467_Uma_Decada_de_Estudos_sobre_Economia_Circular_Tendencias_e_Reflexoes_Atraves_de_Analise_Bibliometrica_Internacional
23. ECONOMIA CIRCULAR - Portal da Indústria, acessado em julho 23, 2025, https://static.portal-daindustria.com.br/media/filer_public/bd/3f/bd3f2589-ed8c-43ad-ab33-b75a370ef66b/economia_circular.pdf
24. Economia Circular no Brasil - Avanços e perspectivas em números - 123 Ecos, acessado em julho 23, 2025, <https://123ecos.com.br/docs/economia-circular-no-brasil/>
25. A aplicação da economia circular na indústria têxtil: Um estudo de caso na empresa C&A1 The application of the - Repositório Institucional do Conhecimento do Centro Paula Souza, acessado em julho 23, 2025, https://ric.cps.gov.br/bitstream/123456789/27155/1/logistica_2024_1_lara_aparecida_do_nascimento_silva_a_aplicacao_da_economia_circular_na_industria_textil_um_estudo_de_caso_na_empresa_c_e_a.pdf
26. Economia Circular e o setor têxtil: perspetivas dos consumidores portugueses - RepositóriUM, acessado em julho 23, 2025, <https://repositorium.sdum.uminho.pt/bitstream/1822/93128/1/Mariana%20Sousa%20Nozelos.pdf>
27. Economia circular, sustentabilidade e indústria da moda ... - SciELO, acessado em julho 23, 2025, <https://www.scielo.br/j/inter/a/rXf4V5Hjjndw4thtdjr7pLh/?format=pdf&lang=pt>
28. Economia Circular na Amazônia: Como Fechar o Ciclo e Proteger a Floresta em 2025, acessado em julho 23, 2025, <https://ofuturodamazonia.com.br/economia-circular-na-amazonia-como-fechar-o-ciclo-e-proteger-a-floresta-em-2025/>

29. Estudo sobre economia circular na Amazônia é publicado pela revista Nature, acessado em julho 23, 2025, <https://portal.fgv.br/noticias/estudo-sobre-economia-circular-amazonia-e-publicado-pela-revista-nature>
30. uma bioeconomia inovadora para a amazônia: conceitos, limites e tendências para uma definição apropriada ao bioma floresta tropical - WRI Brasil, acessado em julho 23, 2025, https://www.wribrasil.org.br/sites/default/files/2022-07/NEA-BR_Bioeconomia_PT.pdf
31. UMA ECONOMIA CIRCULAR NO BRASIL: - CEDS, acessado em julho 23, 2025, <https://deposito-rioceds.espm.edu.br/wp-content/uploads/2021/04/UmaEconomiaCircularnoBrasil.pdf>
32. Economia Circular e Sustentabilidade: proposta de um Índice ..., acessado em julho 23, 2025, <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18156/tde-31052023-111504/publico/TeseRoiz-GuilhermeAugustoCorrig.pdf>
33. ECONOMIA CIRCULAR: REPENSANDO ESTRATÉGIAS NO COMÉRCIO INTERNACIONAL - Repositório do Conhecimento do Ipea, acessado em julho 23, 2025, https://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/16905/1/TD_3090_Web.pdf
34. Revista de Ensino, Pesquisa e Extensão em Gestão, v. 8, n. 1, 2025, e37723 - Periódicos UFRN, acessado em julho 23, 2025, <https://periodicos.ufrn.br/revenspesextgestao/article/download/37723/20096>
35. Economia Circular – Grupo de Estudos em Eficiência - sites USP, acessado em julho 23, 2025, <https://sites.usp.br/grefic/o-grefic/areas-de-pesquisa-2/economia-circular/>
36. Projeto promove a gestão para sustentabilidade entre pequenas e médias empresas brasileiras - Fundação Getulio Vargas, acessado em julho 23, 2025, <https://portal.fgv.br/noticias/projeto-promove-gestao-sustentabilidade-entre-pequenas-e-medias-empresas-brasileiras>
37. Instituto Brasileiro de Economia Circular - IBEC, acessado em julho 23, 2025, <https://www.ibec-circular.org/>
38. Estudo para a promoção da economia circular na indústria brasileira - Portal Gov.br, acessado em julho 23, 2025, https://www.gov.br/mec/pt-br/assuntos/ept/profissionais-futuro/Demandas_por_Competencia_EC2.pdf
39. Estudo para a promoção da economia circular na indústria brasileira - Demandas por competências, formação profissional e oferta de cursos, acessado em julho 23, 2025, <https://www.portaldaindustria.com.br/publicacoes/2023/6/estudo-para-promocao-da-economia-circular-na-industria-brasileira-demandas-por-competencias-formacao-profissional-e-oferta-de-cursos/>
40. Definição de indicadores de desempenho de economia circular para uma empresa do setor elétrico brasileiro - Universidade Federal Fluminense, acessado em julho 23, 2025, <https://app.uff.br/riuff/handle/1/30069?locale-attribute=es>
41. Economia Circular - Análise das Métricas Circulares - CEBDS, acessado em julho 23, 2025, <https://cebds.org/noticia/economia-circular-analise-das-metricas-circulares/>
42. XXIII SEMEAD, acessado em julho 23, 2025, https://login.semead.com.br/23semead/anais/download.php?cod_trabalho=1886
43. (PDF) Economia circular: Preservação de Recursos naturais e práticas urbanas. Uma análise comparativa (Tours, França e Recife, Brasil) - ResearchGate, acessado em julho 23, 2025, https://www.researchgate.net/publication/348906649_Economia_circular_Preservacao_de_Recursos_naturais_e_praticas_urbanas_Uma_analise_comparativa_Tours_Franca_e_Recife_Brasil

44. A Economia Circular Como Fator Motivador para a Inovação Social: Um Estudo na Artemísia - Sistema Eletrônico de Editoração de Revistas, acessado em julho 23, 2025, <https://revistas.unama.br/index.php/aos/article/view/2955/2116>
45. Economia Circular e Objetivos do Desenvolvimento Sustentável na Amazônia Legal: Perspectivas de Empresas Rondonienses Autoria - EnAnpad, acessado em julho 23, 2025, <https://anpad.com.br/uploads/articles/120/approved/04e299e28c5847efc6b384bd74d81e25.pdf>
46. Circularizando o Agronegócio Brasileiro: o desafio das embalagens de defensivos - Biblioteca Digital de Teses e Dissertações da USP, acessado em julho 23, 2025, <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/96/96132/tde-14122021-125023/>
47. LUCIVAM JUNIO CONDE Economia circular nos processos agroindustriais: um estudo sobre oportunidades e barreiras no Estado de São, acessado em julho 23, 2025, <https://repositorio.unesp.br/bitstreams/ac5c1ada-b994-4d89-af7d-3340a2135913/download>
48. Novo e-book de Economia Circular mostra como a adoção de um sistema de gestão sustentável de recursos contribui para impulsionar os negócios - Fecomercio, acessado em julho 23, 2025, <https://www.fecomercio.com.br/noticia/novo-e-book-de-economia-circular-mostra-como-a-adocao-de-um-sistema-de-gestao-sustentavel-de-recursos-contribui-para-impulsionar-os-negocios>
49. Economia Circular e Sustentabilidade nas Empresas - Concept, acessado em julho 23, 2025, <https://conceptcorp.com.br/economia-circular-guia-sustentabilidade/>
50. (PDF) ECONOMIA CIRCULAR EM PEQUENAS E MÉDIAS ..., acessado em julho 23, 2025, https://www.researchgate.net/publication/379311461_ECONOMIA_CIRCULAR_EM_PEQUENAS_E_ME-DIAS_EMPRESAS_UMA_REVISAO_SISTEMATICA_DA_LITERATURA
51. Modelos de Negócios Circulares: Como as PMEs Podem Lucrar com a Sustentabilidade, acessado em julho 23, 2025, <https://pequenamediaempresa.com.br/modelos-de-negocios-circulares-como-as-pmes-podem-lucrar-com-a-sustentabilidade/>
52. Preservação ambiental: 36% das PMEs se preocupam com o tema - GS1 Brasil, acessado em julho 23, 2025, <https://noticias.gs1br.org/preservacao-ambiental-pmes-preocupam-com-tema/>
53. DESENVOLVIMENTO DA ECONOMIA CIRCULAR NO BRASIL: A APLICABILIDADE NA INDÚSTRIA E NAS DEMAIS ORGANIZAÇÕES - IBEAS, acessado em julho 23, 2025, <https://www.ibeas.org.br/conresol/conresol2019/I-093.pdf>
54. Análise da produção científica sobre economia circular e sustentabilidade - ResearchGate, acessado em julho 23, 2025, https://www.researchgate.net/publication/378621314_Analise_da_pro-ducao_cientifica_sobre_economia_circular_e_sustentabilidade



CAPÍTULO 2

ECONOMIA CIRCULAR: DESAFIOS E OPORTUNIDADES PARA O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

Eduarda Silvia Fernanda Modesto Altoé, Lidia Ricci Roque, Rejane Sartori, João Paulo Marin, Silvio Claudio da Costa

Resumo

A economia circular representa um novo paradigma voltado à reorganização dos sistemas produtivos e de consumo, em contraposição ao modelo linear de “extrair, produzir, consumir e descartar”. Fundamentada nos princípios de reduzir, reutilizar, reciclar e regenerar, a economia circular busca dissociar o crescimento econômico do consumo de recursos finitos, promovendo eficiência sistêmica, inovação tecnológica e regeneração ambiental. Assim, este capítulo apresenta uma análise sobre economia circular, com ênfase em seus impactos sociais e ambientais, bem como seus benefícios e desafios. Trata-se de um estudo qualitativo, de caráter exploratório, sustentado em revisão bibliográfica e análise documental. O estudo resgata a evolução histórica do conceito até as contribuições contemporâneas; evidencia benefícios como mitigação de emissões de CO₂, fortalecimento das economias locais, inclusão social e geração de empregos verdes, destacando exemplos práticos de empresas como Philips, Renault, Unilever e Patagonia. Apresenta ainda indicadores para mensurar iniciativas circulares urbanas e ressalta a importância de políticas públicas integradas, educação técnica e governança colaborativa. Conclui-se que a economia circular representa não apenas um modelo ambiental, mas uma estratégia civilizatória capaz de harmonizar prosperidade econômica, equidade social e integridade ecológica, desde que suas diretrizes sejam efetivamente incorporadas às políticas públicas, à cultura de consumo e aos sistemas produtivos.

Palavras-chave: Economia circular. Sustentabilidade. Produção e consumo. Inovação.

1. Introdução

Nos últimos anos têm sido frequentes os debates globais acerca da finitude dos recursos naturais e dos impactos das ações humanas no meio ambiente, colocando-se em questionamento o modelo linear de produção, que segue a sequência de “extrair”, “produ-

zir”, “consumir” e “descartar”. Neste aspecto, são emergentes os debates acerca da economia circular, conceito que indica a forma como os bens e serviços são produzidos, consumidos e destinados, com foco em eficiência e sustentabilidade (Abdalla; Sampaio, 2018).

Promover a reutilização, reciclagem e recuperação de materiais são princípios da economia circular, que visa gerar ciclos de produção mais limpos e responsáveis. A sociedade, por sua vez, se beneficia com este modelo de negócios que busca equilibrar aspectos econômicos, tecnológicos, sociais e ambientais (Farias et al., 2021).

Para Kirchherr et al. (2018), o conceito de economia circular envolve práticas como o redesenho de produtos para facilitar seu reuso e reciclagem, a extensão da vida útil dos bens por meio de reparos, remanufatura e compartilhamento, além da valorização energética e do aproveitamento de resíduos industriais. A aplicação desses princípios, segundo os autores, permite que materiais e recursos retornem ao ciclo produtivo continuamente, reduzindo a dependência de recursos virgens e promovendo a eficiência sistêmica e o desenvolvimento sustentável.

Para a sociedade, os ganhos vão além da redução de impactos ambientais, pois envolvem a oferta de produtos e serviços mais acessíveis, a geração de novas oportunidades econômicas e a construção de cidades mais resilientes e inteligentes. Esse novo paradigma também contribui para o fortalecimento de economias locais, promovendo a criação de empregos em novas áreas, ao passo que impulsiona inovações sociais e tecnológicas voltadas à sustentabilidade (Ellen MacArthur Foundation, 2013).

A economia circular não deve ser entendida apenas como um conjunto de práticas ambientais, mas como um novo paradigma econômico que busca o equilíbrio entre crescimento econômico, inovação tecnológica, justiça social e preservação ambiental. Nesse contexto, a participação ativa de governos, empresas, universidades e da sociedade civil é essencial para que a transição de um modelo linear para um modelo circular ocorra de forma eficaz e duradoura (Kirchherr et al., 2018).

Desta forma, este capítulo apresenta uma análise sobre economia circular, com ênfase em seus impactos sociais e ambientais, bem como seus benefícios e desafios. Para tanto, realizou-se um estudo qualitativo, de caráter exploratório, sustentado em revisão bibliográfica e análise documental.

O processo metodológico desenvolveu-se primeiramente com o levantamento e seleção de referências científicas. Foram consultados artigos publicados em periódicos nacionais e internacionais indexados nas bases de dados *Web of Science*, *Scopus* e *SciELO*, além de relatórios oficiais produzidos por instituições como *Ellen MacArthur Foundation*, o *United Nations Environment Programme* (UNEP), em português, Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA), o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

(IBGE), a Confederação Nacional da Indústria (CNI), o Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas (Sebrae) e organismos multilaterais. Esse levantamento permitiu mapear a evolução conceitual da economia circular, seus fundamentos, dimensões e abordagens analíticas contemporâneas.

Posteriormente, foram analisados casos e evidências práticas para compreender a aplicabilidade da economia circular em diferentes setores produtivos. Para tanto, buscou-se por casos reconhecidos na literatura, tais como Philips, Renault, Patagonia e Unilever. Esses exemplos foram selecionados por refletirem práticas consolidadas de remanufatura, reuso, design regenerativo, logística reversa e modelos de negócio circulares.

Ao final, foi realizada a construção analítica, a partir da integração entre o marco conceitual e os dados empíricos, analisando-se as potencialidades e limitações da economia circular. Essa etapa considerou dimensões ambientais, econômicas, sociais e institucionais. Essa metodologia permitiu consolidar um panorama atual e fundamentado sobre a economia circular, articulando teoria, prática e políticas públicas, além de oferecer bases para a reflexão crítica apresentada ao longo do estudo.

2. ECONOMIA CIRCULAR

2.1 ORIGEM E EVOLUÇÃO

O modelo tradicionalmente utilizado de consumo linear trouxe preocupações crescentes sobre os impactos ambientais e sociais desse sistema, devido à grande quantidade de resíduos produzidos e à escassez dos recursos naturais. Diante desses problemas e ameaças ao futuro das próximas gerações, ambientalistas passaram a entender o meio ambiente não como um conjunto de elementos com conexões lineares, mas como partes de uma relação circular e interdependente (Tioissi; Simon, 2021).

Kenneth Boulding (1966), cofundador da Teoria Geral dos Sistemas e um pensador interdisciplinar cujas contribuições influenciaram profundamente a ecologia, a teoria evolucionária e a economia da paz, questionou a lógica do “planeta ilimitado”, propondo a visão de que a Terra possui limites biofísicos intransponíveis, e sua sobrevivência depende da gestão eficiente e responsável dos recursos naturais. Para esse autor, o desenvolvimento da humanidade dependeria da transição para um modelo econômico consciente dos limites do planeta e pautado na busca pela regeneração dos ecossistemas naturais.

Na década de 1970, a preocupação com a escassez de recursos e os impactos ambientais do crescimento econômico ganhou destaque com o relatório *The Limits to Growth* (1972), elaborado pelo Clube de Roma. O estudo utilizou modelos matemáticos para simular cenários futuros e alertou sobre a insustentabilidade do modelo econômico linear baseado na exploração contínua de recursos naturais (Meadows et al., 1972).

Nos anos 1980, o conceito de ecologia industrial começou a ganhar força. Em seu artigo, Frosch e Gallopoulos (1989) propuseram a integração dos sistemas industriais por meio da reutilização de resíduos como insumos em outros processos produtivos. Essa abordagem sugere a construção de redes industriais semelhantes aos ecossistemas naturais, onde não há desperdício e os materiais circulam continuamente entre diferentes organizações.

A partir dos anos 2000, o termo economia circular passou a ganhar maior destaque nas agendas econômicas e ambientais globais, com a publicação de relatórios como os elaborados pela *Ellen MacArthur Foundation* (2013). Essa Fundação demonstrou, por meio de análises econômicas, que a transição para modelos circulares poderia gerar múltiplos benefícios, dentre eles uma oportunidade de economia anual de custos de materiais de mais de 600 bilhões de dólares, considerando apenas alguns setores de manufatura da União Europeia.

Os princípios básicos da economia circular incluem os conceitos de “redução”, “reutilização”, “reciclagem” e “recuperação”. Esmiuçando-os, tem-se que a redução visa minimizar a quantidade de recursos utilizados na produção. A reutilização promove o reaproveitamento de produtos e componentes. Por sua vez, a reciclagem transforma materiais descartados em novos produtos e a recuperação visa extrair valor dos resíduos, seja na forma de energia ou novos materiais. Desta forma, observa-se que os produtos não se esgotam em si mesmos, como na economia linear, contribuindo para a sustentabilidade (Rossi et al., 2022).

A economia circular não se limita apenas ao microambiente das empresas ou aos seus processos produtivos internos. Embora a otimização da produção, o reaproveitamento de materiais e a redução de resíduos dentro das organizações sejam aspectos fundamentais, ela vai além. O seu objetivo está em repensar todo o sistema econômico, desde a concepção do produto até seu uso, descarte e reinserção no ciclo produtivo (Vier et al., 2021). Dessa forma, compreende-se que a economia circular representa mais do que uma alternativa econômica ou ambiental; trata-se de uma estratégia transversal, com impacto direto em diversos setores e com possibilidades de ganhos e geração de economia de recursos materiais e financeiros.

2.2 ECONOMIA CIRCULAR E SUSTENTABILIDADE

A economia circular está intrinsecamente ligada ao conceito de sustentabilidade, uma vez que propõe a reorganização dos sistemas produtivos e de consumo. Ela busca o equilíbrio entre três dimensões fundamentais do desenvolvimento sustentável: a econômica, a ambiental e a social. No aspecto econômico, a economia circular apresenta vantagens

significativas ao promover uma gestão mais eficiente dos recursos produtivos. Ao priorizar o reaproveitamento de materiais e a redução do desperdício, esse modelo contribui para a diminuição dos custos operacionais e o aumento da rentabilidade das empresas (Geissdoerfer et al., 2017).

Um exemplo real da aplicação das práticas de economia circular é o da Philips. A empresa atua no setor de tecnologia e iluminação e desenvolveu modelos de negócios baseados no conceito de produto como serviço. No segmento de iluminação, a empresa implementou o modelo “Iluminação como Serviço”, no qual os clientes pagam pelo uso da iluminação, enquanto a Philips mantém a posse dos equipamentos e é responsável pela manutenção, atualização e reciclagem das luminárias. Isso permite à empresa recuperar os componentes, reduzindo custos e os impactos ambientais associados à produção e descarte (Ellen MacArthur Foundation, 2015).

Outro caso é o da Renault, que opera uma das maiores unidades de remanufatura automotiva da Europa, a *Renault Choisy-le-Roi* (França), onde motores, caixas de câmbio e injetores são recondicionados para voltarem ao mercado com garantia de fábrica. Esse processo não apenas economiza matérias-primas e energia, como também gera empregos qualificados e amplia a margem de lucro da empresa, que consegue oferecer peças a preços mais competitivos (Geissdoerfer et al., 2017).

No setor têxtil, a marca Patagonia é frequentemente citada como exemplo de economia circular ao incentivar práticas como o reparo de roupas, a revenda de peças usadas e o desenvolvimento de produtos com alto teor de material reciclado. Seu programa “*Worn Wear*” promove a extensão do ciclo de vida de vestuário, evitando descartes prematuros e estimulando o consumo consciente (Kirchherr et al., 2018).

No aspecto ambiental, a economia circular é benéfica, pois propõe a redução da extração de recursos naturais, a minimização da geração de resíduos e a mitigação de emissões poluentes ao longo de todo o ciclo de vida dos produtos. Segundo dados do UNEP, em 2019 o fluxo global de materiais totalizou 105,7 bilhões de toneladas, das quais apenas 9,5 bilhões foram efetivamente recicladas (UNEP, 2024). Esses números revelam a baixa taxa de circularidade dos sistemas produtivos atuais. Nesse cenário, a economia circular se apresenta como uma estratégia essencial para mitigar esses impactos, promovendo ciclos produtivos mais eficientes e sustentáveis.

A Unilever Brasil, uma das principais multinacionais do setor de bens de consumo, tem adotado práticas de economia circular por meio de iniciativas de logística reversa e redesign de suas embalagens. A empresa implementou sistemas de coleta e reaproveitamento de embalagens pós-consumo, em parceria com cooperativas de catadores, redes varejistas e programas públicos de reciclagem, ampliando a circularidade dos materiais

plásticos. Em 2022, anunciou que evitou o uso de mais de 15 mil toneladas de plástico novo em suas operações no Brasil, demonstrando o potencial da economia circular como ferramenta concreta para a sustentabilidade ambiental (Unilever, 2022). Tal iniciativa ilustra que, quando as empresas integram os princípios da economia circular em seus modelos de negócios, os ganhos vão além do desempenho ambiental e promovem também melhorias reputacionais e reduções de custos.

Para o aspecto social, a economia circular gera oportunidades de geração de empregos e valorização do trabalho local. Ao incentivar práticas como a reciclagem, o reuso e a remanufatura, cria-se uma demanda por serviços e mão de obra que muitas vezes envolvem comunidades marginalizadas, especialmente por meio da atuação de cooperativas de catadores e pequenos empreendedores. Essa dinâmica contribui para o fortalecimento de economias locais, a redução das desigualdades sociais e o estímulo ao empreendedorismo sustentável (Barbosa; Prates, 2023).

Um exemplo de inclusão social por meio da economia circular é o trabalho desenvolvido pelas cooperativas de catadores de materiais recicláveis no Brasil, que têm papel estratégico na logística reversa e no reaproveitamento de resíduos sólidos urbanos. Iniciativas como a Rede Cataunidos, em Minas Gerais, ou a Cooperativa Coopamare, em São Paulo, demonstram como a atuação organizada de catadores pode ser integrada a cadeias produtivas circulares, com impacto positivo na geração de renda e formalização do trabalho (Bernardes; Oliveira, 2020).

A inclusão social promovida pela economia circular pode ser validada por um exemplo internacional, o programa “*Net-Works*”, desenvolvido pela empresa de carpetes Interface. A iniciativa foi implementada em comunidades costeiras das Filipinas e do Camboja, onde pescadores locais enfrentavam dificuldades econômicas e os oceanos sofriam com a poluição causada por redes de pesca descartadas. O programa criou uma cadeia circular na qual essas redes passaram a ser coletadas pelas comunidades, transformadas em matéria-prima reciclada e utilizadas na produção de carpetes pela Interface. Essa estratégia gerou duplo impacto: ambiental, ao evitar que milhares de toneladas de redes plásticas fossem descartadas nos oceanos, e social, ao oferecer uma nova fonte de renda em regiões de alta vulnerabilidade socioeconômica (Ellen MacArthur Foundation, 2019).

Assim, o engajamento corporativo desempenha papel importante na transição para um sistema produtivo circular. O sucesso de iniciativas como as das empresas citadas revela que, quando há alinhamento entre responsabilidade ambiental e inovação tecnológica, os impactos positivos são mensuráveis e replicáveis. Isso reforça a importância de incentivos públicos e divulgação de casos de sucesso como formas de ampliar a adoção de práticas circulares em escala (Geissdoerfer et al., 2017).

Apesar de vários benefícios, a implementação da economia circular enfrenta diversas problemáticas. Entre elas destacam-se a mudança de mentalidade de consumidores, empresas, governos e sociedade como um todo, além da falta de infraestrutura adequada para reciclagem e reutilização e a ausência de políticas públicas que incentivem as práticas da economia circular (Rossi et al., 2022).

Um dos principais obstáculos está na cultura enraizada do modelo de consumo linear presente tanto nas empresas quanto entre os consumidores. Esta cultura dificulta a transição para práticas circulares, que exigem mudança de mentalidade, investimento e engajamento coletivo. Outro desafio é a falta de incentivos econômicos e regulatórios. Muitos governos ainda não oferecem políticas públicas ou subsídios que favoreçam a adoção de práticas circulares. Em muitos casos, ainda é mais barato para a empresa extrair matéria-prima nova do que investir em processos de reaproveitamento ou reciclagem (Rossi et al., 2022).

Portanto, embora promissora, a implementação da economia circular exige um esforço conjunto entre governos, empresas, consumidores e instituições de ensino. É preciso promover mudanças estruturais, culturais e tecnológicas, para que seus princípios deixem de ser apenas uma proposta e se tornem realidade em larga escala.

3. BENEFÍCIOS E OPORTUNIDADES DA ECONOMIA CIRCULAR

A economia circular oferece uma ampla gama de benefícios e oportunidades, consolidando-se como um modelo alternativo ao sistema linear tradicional de produção e consumo. Um dos principais ganhos está na otimização do uso de recursos naturais, por meio da reutilização, reciclagem, remanufatura e design regenerativo, o que contribui diretamente para a redução da dependência de matérias-primas virgens (Geissdoerfer et al., 2017). Outro aspecto relevante é o estímulo à inovação, especialmente no desenvolvimento de novos modelos de negócio baseados em serviços, compartilhamento de bens, design modular e uso de materiais sustentáveis (Abdalla; Sampaio, 2018).

A economia circular apresenta um caminho promissor para a redução significativa das emissões globais de CO₂, especialmente nos setores industriais mais difíceis de descarbonizar, como cimento, aço, plásticos e alumínio. Juntos, esses quatro materiais são responsáveis por aproximadamente 60% das emissões do setor industrial. A aplicação de estratégias circulares nesses setores pode resultar em uma redução de até 40% nas emissões projetadas para 2050, o que equivale a cerca de 3,7 bilhões de toneladas de CO₂ (Ellen MacArthur Foundation, 2019).

O modelo circular propõe eliminar desperdícios nos processos produtivos e no design de produtos, o que pode evitar 0,9 bilhão de toneladas de CO₂ por ano. Além disso, o reuso

de produtos e componentes, com base em modelos de negócio como aluguel e compartilhamento, pode evitar 1,1 bilhão de toneladas de CO₂ anuais. A recirculação de materiais, por meio da coleta, triagem e reciclagem, possui o maior potencial de mitigação, com redução de até 1,7 bilhão de toneladas de CO₂ ao ano (Ellen MacArthur Foundation, 2019).

Assim, nota-se que a recirculação de materiais não é apenas uma estratégia técnica com alto potencial de impacto, mas um pilar para a transição rumo à neutralidade climática. Investir em infraestrutura de reciclagem, inovação tecnológica e políticas públicas efetivas torna-se uma ação importante para cidades e países comprometidos com um futuro sustentável.

Segundo dados da Ellen MacArthur Foundation (2019), a urbanização crescente e o aumento das pressões ambientais apontam as cidades como as responsáveis por 70% das emissões globais de gases de efeito estufa e 50% dos resíduos. As iniciativas circulares urbanas são estratégias aplicadas nas cidades para implementar os princípios da economia circular, promovendo o uso eficiente de recursos, a regeneração ambiental e a redução de resíduos e emissões. Envolvem ações como logística reversa, reuso, reciclagem, plataformas digitais e design sustentável, articulando setor público, privado e sociedade civil para impulsionar um desenvolvimento urbano mais sustentável e resiliente (Farias et al., 2021).

Os indicadores para avaliação de iniciativas circulares urbanas representam um instrumento importante para mensurar o progresso e os impactos das políticas públicas, projetos e práticas voltadas à promoção da economia circular nos contextos urbanos. Ao integrar diferentes dimensões, ambiental, econômica, social e de governança, esses indicadores possibilitam um diagnóstico abrangente da efetividade das ações. No Quadro 1 apresentam-se alguns dos indicadores circulares adotados pelas cidades.

Os indicadores selecionados possibilitam uma leitura abrangente da circularidade no ambiente urbano, traduzindo em métricas o grau de eficiência operacional, inovação socioeconômica e institucionalização das políticas públicas locais. A taxa de reciclagem de resíduos urbanos constitui um dos parâmetros centrais na mensuração da eficiência dos sistemas municipais de gestão de resíduos sólidos. O indicador expressa a proporção de resíduos coletados e destinados adequadamente, por meio de reciclagem, compostagem ou envio a aterros controlados, em relação ao total de resíduos gerados. Conforme os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável Brasil, o "Indicador 11.6.1", desenvolvido por IBGE e demais instituições, é uma métrica importante para o monitoramento do ODS 11, que busca promover cidades e comunidades mais sustentáveis. Além de traduzir práticas ambientais, o indicador revela capacidades de planejamento, infraestrutura operacional e alcance das políticas de coleta seletiva, logística reversa e valorização de resíduos, servindo como ponto de partida para medir avanços rumo à circularidade urbana.

Quadro 1 Indicadores para avaliação de iniciativas circulares urbanas

Dimensão	Indicador	Descrição	Fonte
Ambiental	Taxa de reciclagem de resíduos urbanos	Proporção de resíduos sólidos urbanos coletados e gerenciados em instalações controladas pelo total de resíduos urbanos gerados, por cidades	Brasil (2024a)
	Redução nas emissões de Gases de Efeito Estufa	Variação nas emissões de gases de efeito estufa por município após a implementação de políticas ou práticas circulares.	Observatório do Clima (2023)
	Porcentagem de área verde urbana recuperada ou regenerada	Percentual de expansão de áreas verdes ou espaços naturais regenerados por práticas circulares	ONU-Habitat (2022)
	Eficiência no uso de recursos	Quantidade de recursos naturais extraídos ou consumidos por habitante na cidade, permitindo avaliar intensidade material e eficiência.	UNEP (2024)
Econômica	Redução de custos públicos com gestão de resíduos	Variação nos gastos municipais com coleta, transporte e destinação de resíduos após implementação de políticas circulares.	Abrema (2024)
	Geração de empregos verdes	Número de postos de trabalho criados em setores circulares (reciclagem, reuso, logística reversa).	Brasil (2024b) e Abrema (2024)
	Retenção de Valor Econômico	Avalia o quanto o sistema produtivo consegue preservar e ampliar o valor econômico dos materiais e produtos por meio de estratégias circulares, como reuso, reparo, remanufatura, reciclagem e extensão da vida útil.	CNI, Sebrae (2024)
Social	Acesso equitativo a bens e serviços compartilhados	Taxa de adoção de serviços de compartilhamento (mobilidade, moradia, produtos), indicando democratização do acesso.	UN-Habitat (2022)
Governança	Existência de plano municipal de economia circular	Recomenda-se que os municípios elaborem seus Planos Municipais de Economia Circular, articulando-os aos Planos de Resíduos Sólidos, Planos Diretores e estratégias locais de desenvolvimento sustentável.	Brasil (2025)
	Índice de parcerias público-privadas para projetos circulares	Número e robustez de parcerias estabelecidas entre governo, empresas, sociedade civil e universidades para implementação de iniciativas circulares.	Relatórios públicos de instituições públicas e privadas.

Fonte: Elaborado pelos autores.

No campo ambiental, o indicador de redução nas emissões de gases de efeito estufa agrega uma dimensão climática indispensável à avaliação da economia circular. Com base nos inventários disponibilizados pelo Sistema de Estimativas de Emissões e Remoções de Gases de Efeito Estufa (SEEG) – Observatório do Clima (2023), essa métrica evidencia o

impacto direto de práticas circulares, tais como compostagem, reciclagem, remanufatura, recuperação energética e inovação tecnológica, na mitigação das emissões territoriais. Estudos internacionais demonstram que a adoção de estratégias circulares pode reduzir significativamente as emissões dos setores mais intensivos em carbono, como resíduos, mobilidade e manufatura (Ellen MacArthur Foundation, 2019). Assim, a mensuração da variação de gases de efeito estufa representa não apenas um indicador ambiental, mas também uma ferramenta estratégica para monitorar o alinhamento dos municípios às metas climáticas globais.

Outro indicador ambiental relevante é a eficiência no uso de recursos, definido no relatório Global Resources Outlook (UNEP, 2024). A métrica expressa a intensidade material da economia urbana, relacionando o volume de biomassa, metais, minerais e combustíveis fósseis consumidos por habitante. Quanto maior o uso material, maior a pressão sobre os ecossistemas e maior a geração de resíduos. Reduções progressivas indicam avanços em circularidade, refletindo maior utilização de produtos duráveis, intensificação do reuso, reaproveitamento de materiais, design regenerativo e modelos de negócio menos dependentes de extração primária. Trata-se de um indicador crítico para avaliar o nível de desacoplamento entre crescimento econômico e uso de recursos naturais, elemento estrutural da economia circular contemporânea.

Na dimensão econômica, o indicador de redução de custos públicos com gestão de resíduos, baseado no Panorama da Associação Brasileira de Resíduos e Meio Ambiente (Abrema, 2024), permite avaliar a sustentabilidade financeira das políticas implementadas. Municípios que adotam práticas circulares como compostagem descentralizada, otimização logística, coleta seletiva estruturada e integração de cooperativas reduzem consideravelmente seus gastos com transporte e destinação final, além de prolongarem a vida útil dos aterros sanitários. A literatura aponta que a economia circular tende a gerar benefícios fiscais expressivos, permitindo a realocação de recursos para educação ambiental, inovação e infraestrutura.

Também na dimensão econômica, a Retenção de Valor Econômico (RVE), proposta pelo guia Economia Circular na Prática (CNI, Sebrae, 2024), mensura a capacidade do sistema urbano de preservar valor ao longo do ciclo de vida dos produtos. Estratégias como reuso, reparo, remanufatura, reciclagem e design modular ampliam a vida útil dos materiais, reduzem o desperdício e geram novas oportunidades de negócio. O indicador reflete a maturidade das cadeias produtivas e sinaliza o nível de inovação tecnológica e empresarial. Alinha-se às diretrizes da Série ABNT NBR ISO 59000, que enfatiza a importância da manutenção do valor como pilar da circularidade.

Na dimensão social, o indicador de acesso equitativo a bens e serviços compartilhados permite avaliar o grau de democratização do acesso à economia colaborativa. Conforme o Programa das Nações Unidas para os Assentamentos Humanos (UN-Habitat, 2022), serviços como bicicletas e carros compartilhados, espaços de *coworking*, moradia colaborativa e plataformas de compartilhamento contribuem para a redução de desigualdades socio-espaciais, ampliam a acessibilidade urbana e reduzem a necessidade de produção de bens materiais. Baixos níveis de adoção podem indicar barreiras de infraestrutura, limitações tecnológicas ou desigualdade territorial na distribuição desses serviços, enquanto níveis elevados refletem cidades mais inclusivas e alinhadas aos preceitos circulares.

Por fim, a dimensão de governança inclui dois indicadores estruturantes. A existência de Plano Municipal de Economia Circular (PMEC) constitui evidência de institucionalização da agenda, revelando capacidade de planejamento, articulação intersetorial e alinhamento às diretrizes nacionais. Municípios que dispõem de um PMECC tendem a apresentar políticas mais coerentes, metas claras, indicadores monitoráveis e governança integrada com setores-chave.

O índice de parcerias público-privadas para projetos circulares complementa essa dimensão, revelando a robustez das articulações entre governo, empresas, universidades e sociedade civil. A literatura enfatiza que a transição circular depende de arranjos colaborativos estáveis e da construção de redes interorganizacionais capazes de promover inovação, financiar infraestrutura e mobilizar atores sociais (Kirchherr et al., 2018; OECD, 2020). Esse indicador expressa, portanto, a capacidade política e institucional de implementar iniciativas circulares de forma sistêmica e contínua.

Em síntese, o conjunto de indicadores analisados compõe um arcabouço metodológico multidimensional adequado para avaliar a circularidade urbana sob perspectivas ambiental, econômica, social e institucional. Ao integrarem evidências quantitativas e qualitativas, essas métricas permitem diagnósticos que podem fundamentar decisões estratégicas e sustentar o alinhamento das cidades ao Plano Nacional de Economia Circular (2025–2034) e aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável, especialmente os ODS 11, 12 e 13. Esse conjunto de indicadores fortalece a capacidade analítica dos municípios e contribui para a formulação de políticas públicas mais consistentes, resilientes e integradas aos desafios contemporâneos da sustentabilidade.

Embora os indicadores aqui apresentados constituam um arcabouço metodológico abrangente, verificou-se que há limitações importantes relacionadas à disponibilidade, padronização e acessibilidade dos dados públicos. Muitas bases são incompletas, desatualizadas ou fragmentadas, dificultando análises comparativas entre municípios e restringindo a capacidade de tomada de decisão baseada em evidências.

Essas limitações apontam para a necessidade de ampliar a produção de dados estruturados sobre circularidade urbana, desenvolver metodologias integradas e fortalecer sistemas nacionais de monitoramento. Somente por meio de indicadores robustos e atualizados será possível consolidar a economia circular como estratégia efetiva de desenvolvimento territorial e transição ambiental.

4. BARREIRAS E LIMITAÇÕES DA ECONOMIA CIRCULAR

Apesar de seus benefícios ambientais, econômicos e sociais, a implementação da economia circular enfrenta entraves significativos que se manifestam em diferentes níveis: estrutural, cultural, tecnológico, regulatório e social. Uma das principais limitações decorre da persistência de um paradigma produtivo historicamente ancorado no extrativismo e na linearidade. Cadeias produtivas, modelos de consumo e infraestruturas industriais continuam organizados com base na lógica “extrair–produzir–descartar”, o que dificulta a transição para fluxos circulares de materiais, energia e informação (Geissdoerfer et al., 2017). Essa estrutura rígida reflete décadas de padronização industrial e de incentivos econômicos voltados para a produção de bens efêmeros e de rápida obsolescência, tornando mais lenta e onerosa a adoção de práticas regenerativas.

No campo tecnológico, embora haja avanços expressivos em áreas como reciclagem química, bioengenharia de materiais, design regenerativo e sistemas inteligentes de rastreabilidade, essas tecnologias ainda se encontram, em muitos casos, em estágios intermediários de maturidade. Países em desenvolvimento enfrentam desafios adicionais, como custos operacionais elevados, baixa disponibilidade de infraestrutura adequada e dificuldade de acesso a financiamento para inovação (Farias et al., 2021). Soma-se a isso o fato de que a maior parte dos produtos ainda não é concebida segundo princípios de ecodesign ou design para desmontagem, o que inviabiliza processos de remanufatura e reinserção de componentes nas cadeias produtivas.

Do ponto de vista institucional, observa-se um déficit de políticas públicas integradas capazes de impulsionar a circularidade em escala sistêmica. A ausência de subsídios, incentivos fiscais, compras públicas sustentáveis e marcos regulatórios específicos compromete a viabilidade econômica de modelos circulares. Frequentemente, os custos associados ao reaproveitamento superam aqueles relacionados ao descarte, o que desestimula empresas a adotarem modelos mais sustentáveis (Alves et al., 2022). Outro entrave relevante é a falta de métricas padronizadas e indicadores consolidados, o que dificulta monitorar, comparar e mensurar impactos reais da economia circular.

No âmbito social, embora a circularidade apresente potencial para gerar trabalho decente e inclusão produtiva, persiste o risco de precarização, sobretudo entre catadores

e trabalhadores informais das cadeias de reciclagem. Sem políticas específicas de qualificação, valorização profissional e participação ativa das cooperativas na governança dos sistemas circulares, há risco de aprofundamento das desigualdades (Barbosa; Prates, 2023). A transição circular demanda, portanto, instituições capazes de assegurar condições justas, respeito às normas trabalhistas e mecanismos de inclusão efetiva.

Outro desafio emergente diz respeito ao *greenwashing*, a adoção superficial ou retórica de práticas circulares por parte de empresas que não realizam transformações reais no ciclo de vida de seus produtos. A literatura aponta que a proliferação de narrativas ambientais não verificadas compromete a credibilidade das iniciativas circulares e pode distorcer percepções do público e dos formuladores de políticas (Ellen MacArthur Foundation, 2019). Além disso, é fundamental reconhecer que nem todos os fluxos materiais são economicamente viáveis de serem fechados. Em tais casos, reduções estruturais de consumo, transição para materiais realmente renováveis e estratégias regenerativas mais amplas tornam-se indispensáveis.

Ao mesmo tempo, a ampliação do acesso à informação e o fortalecimento da educação ambiental vêm se tornando motores relevantes para mudanças socioculturais. Consumidores mais conscientes passam a exigir transparência, responsabilidade socioambiental e comprovação científica das práticas anunciadas pelas empresas (Farias et al., 2021). Esse processo de educação crítica, quando embasado em evidências e em mecanismos confiáveis de comunicação científica, intensifica a pressão social por cadeias produtivas mais éticas e sustentáveis. Assim, estabelece-se um ciclo virtuoso em que ciência, informação pública e participação cidadã impulsionam transformações concretas no modelo econômico (Saavedra et al., 2018).

Nesse sentido, a relação e a conexão entre pesquisa, educação e mobilização social configuram um mecanismo central para o avanço da economia circular. O conhecimento científico não apenas interpreta a realidade, mas orienta sua transformação, fortalecendo políticas públicas e estratégias empresariais alinhadas a sistemas produtivos regenerativos. A construção dessa transição depende, portanto, da cooperação multissetorial entre academia, setor produtivo, governos e sociedade civil, uma condição indispensável para enfrentar os desafios ainda presentes e consolidar trajetórias circulares que sejam ambientalmente eficazes, economicamente viáveis e socialmente justas.

5. CONCLUSÃO

A análise desenvolvida ao longo deste estudo evidencia que a economia circular extrapola a ideia de um conjunto de práticas ambientalmente responsáveis e se firma como um novo modo de compreender e organizar a produção, o consumo e a gestão de recur-

sos. Ao confrontar diretamente o modelo linear baseado em extração, uso e descarte, a economia circular propõe uma reconfiguração profunda dos sistemas econômicos, apoiada na redução do desperdício, na valorização dos materiais ao longo de todo o ciclo de vida e na regeneração dos ecossistemas. Trata-se de um paradigma que articula, de forma integrada, dimensões ambientais, econômicas, sociais e institucionais, reposicionando a sustentabilidade como eixo estruturante do desenvolvimento.

A partir da revisão teórica e da análise de casos práticos, foi possível constatar que modelos de negócio fundamentados em remanufatura, reutilização, compartilhamento, logística reversa e design regenerativo não apenas são tecnicamente viáveis, como podem gerar ganhos econômicos expressivos, fortalecimento de competitividade e criação de novas oportunidades de trabalho e renda. Experiências em diferentes setores mostram que, quando a circularidade é incorporada de forma estratégica às operações empresariais e às políticas públicas, surgem efeitos combinados de redução de custos, incremento de eficiência, inovação tecnológica e fortalecimento da reputação institucional.

Outro resultado relevante deste estudo foi a sistematização de um conjunto multidimensional de indicadores para avaliação de iniciativas circulares em contextos urbanos. A seleção de métricas ambientais, econômicas, sociais e de governança permitiu demonstrar que a circularidade pode, e deve, ser monitorada de forma objetiva, por meio de parâmetros como reciclagem, uso de recursos, emissões, custos públicos, retenção de valor, acesso a serviços compartilhados, planejamento institucional e cooperação intersetorial. Este arcabouço metodológico contribui para transformar a economia circular de um conceito normativo em um campo passível de mensuração, comparação e acompanhamento ao longo do tempo.

Ao mesmo tempo, o estudo reforçou que a transição para a economia circular está longe de ser automática. Persistem barreiras estruturais associadas à dependência de cadeias lineares, obstáculos tecnológicos ligados à maturidade e ao custo de novas soluções, limitações regulatórias e econômicas que ainda favorecem o descarte em detrimento do reaproveitamento, além de desafios sociais relacionados à informalidade, à precarização do trabalho e à exclusão de grupos vulneráveis dos benefícios gerados pelas novas cadeias circulares. Some-se a isso o risco de discursos superficiais de sustentabilidade que não se traduzem em transformações reais, o que fragiliza a confiança da sociedade e desacredita a agenda.

Também ficou evidente que existem lacunas importantes na disponibilidade, na qualidade e na padronização de dados sobre circularidade, especialmente em escala municipal. A ausência de séries históricas consistentes e de sistemas integrados de monitoramento limita a capacidade de avaliação rigorosa de políticas e projetos e dificulta o planejamento

de longo prazo. Essa constatação aponta para a necessidade de maior articulação entre instituições públicas, setor produtivo, academia e sociedade civil na construção de bases de dados confiáveis, metodologias compartilhadas e instrumentos permanentes de acompanhamento e transparência.

Diante desse quadro, a economia circular se revela simultaneamente como desafio e oportunidade. Desafio, porque implica questionar estruturas consolidadas, rever incentivos, redesenhar produtos, modelos de negócio e marcos regulatórios. Oportunidade, porque oferece um caminho concreto para alinhar competitividade econômica, inovação tecnológica, inclusão social e integridade ecológica. A consolidação dessa agenda depende da capacidade de transformar conhecimento em ação, experiências pontuais em políticas estruturantes e iniciativas isoladas em estratégias territoriais articuladas.

Este estudo contribui ao evidenciar que a economia circular não deve ser interpretada como uma solução simples para problemas complexos, mas como um referencial orientador para a construção de trajetórias de desenvolvimento mais justas, resilientes e regenerativas. O aprofundamento das pesquisas, a ampliação e qualificação dos indicadores, o fortalecimento da governança colaborativa e a integração entre ciência, gestão pública e práticas empresariais constituem passos indispensáveis para que os princípios circulares deixem de ser um ideal abstrato e se materializem em resultados concretos para as cidades, os territórios e as pessoas.

Estudos futuros podem aprofundar a compreensão da economia circular a partir de análises empíricas aplicadas ao contexto municipal e regional, especialmente no Brasil, onde a disponibilidade de dados ainda é limitada. Investigações comparativas entre cidades, diagnósticos territoriais de cadeias produtivas circulares e avaliações de impacto de políticas públicas permitem avançar na identificação de fatores que facilitam ou dificultam a transição. Pesquisas sobre modelos de negócio inovadores, financiamentos verdes, estratégias de inclusão produtiva e instrumentos de governança colaborativa também constituem caminhos relevantes para ampliar a efetividade das iniciativas circulares. Ademais, há espaço para o desenvolvimento de metodologias de mensuração de indicadores, incluindo sistemas digitais de monitoramento contínuo, o que pode fortalecer a tomada de decisão e sustentar a construção de políticas mais integradas e orientadas por evidências.

REFERÊNCIAS

- ABDALLA, F. A.; SAMPAIO, A. C. Os novos princípios e conceitos inovadores da economia circular. **Revista Entorno Geográfico**, n. 15, p. 82–102, fev./jun. 2018.
- ALVES, J. L. et al. Economia circular e energias renováveis: uma análise bibliométrica da literatura internacional. **Interações**, v. 23, n. 2, p. 541–557, 2022.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E MANEJO DE RESÍDUOS (ABREMA). **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil 2024**. São Paulo: ABREMA, 2024. Disponível em: <https://www.abrema.org.br/panorama/>. Acesso em: 17 nov. 2025.

BARBOSA, A. C.; PRATES, K. V. M. C. Reciclagem de resíduos eletroeletrônicos no cenário brasileiro: dificuldades e propostas. **Friends of Nature of Alta Paulista**, v. 19, n. 4, 2023.

BERNARDES, M. A.; OLIVEIRA, R. R. Catadores e a economia circular: desafios e oportunidades na gestão de resíduos sólidos urbanos. **Revista Brasileira de Gestão Urbana**, v. 12, n. 3, p. 498–510, 2020.

BOULDING, K. E. The economics of knowledge and the knowledge of economics. **The American Economic Review**, v. 56, n. 1/2, p. 1–13, 1966.

BRASIL. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **ODS Brasil – Indicador 11.6.1: proporção de resíduos sólidos urbanos regularmente coletados com destino final adequado**. Brasília, DF: IBGE, 2024a. Disponível em: <https://odsbrasil.gov.br/objetivo11/indicador1161>. Acesso em: 11 nov. 2025.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. **Cadastro Geral de Empregados e Desempregados – CAGED**. Brasília, DF: MTE, 2024b. Disponível em: <https://bi.mte.gov.br/bgcaged/>. Acesso em: 18 nov. 2025.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento, Indústria, Comércio e Serviços; BRASIL. Ministério do Meio Ambiente e Mudança do Clima. **Plano Nacional de Economia Circular 2025–2034**. Brasília, DF: Governo Federal, 2025.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA (CNI); SERVIÇO BRASILEIRO DE APOIO ÀS MICRO E PEQUENAS EMPRESAS (SEBRAE). **Economia circular na prática: guia de implementação segundo a Série ABNT NBR ISO 59000**. Brasília, DF: CNI; Sebrae, 2024.

ELLEN MACARTHUR FOUNDATION. **Towards the circular economy: economic and business rationale for an accelerated transition**. Cowes: Ellen MacArthur Foundation, 2013.

ELLEN MACARTHUR FOUNDATION. **Growth within: a circular economy vision for a competitive Europe**. Cowes: Ellen MacArthur Foundation, 2015.

ELLEN MACARTHUR FOUNDATION. **Completing the picture: how the circular economy tackles climate change**. Cowes: Ellen MacArthur Foundation, 2019. Disponível em: <https://ellenmacarthur-foundation.org/completing-the-picture>. Acesso em: 4 jul. 2025.

FARIAS, F. G. et al. Uma década de estudos sobre a economia circular: tendências e reflexões através da análise bibliométrica internacional. **Internext – Revista Eletrônica de Negócios Internacionais, São Paulo**, v. 16, n. 3, p. 289–305, set./dez. 2021.

FROSCH, R. A.; GALLOPOULOS, N. E. Strategies for manufacturing. **Scientific American**, v. 261, n. 3, p. 144–152, 1989.

GEISSDOERFER, M. et al. The circular economy – a new sustainability paradigm? **Journal of Cleaner Production**, v. 143, p. 757–768, 2017.

KIRCHHERR, J. et al. Barriers to the circular economy: evidence from the European Union (EU). **Eco-logical Economics**, v. 150, p. 264–272, 2018.

MEADOWS, D. H. et al. **The limits to growth: a report for the Club of Rome's project on the predicament of mankind**. New York: Universe Books, 1972.

OBSERVATÓRIO DO CLIMA. SEEG – Sistema de Estimativas de Emissões de Gases de Efeito Estufa. São Paulo: Observatório do Clima, 2023. Disponível em: <https://seeg.eco.br>. Acesso em: 17 nov. 2025.

ROSSI, F. L. et al. Economia circular e políticas públicas: legislação e desafios. **Revista de Geopolítica**, v. 13, n. 1, 2022.

SAAVEDRA, Y. M. B. et al. Theoretical framework for the integration of the circular economy in sustainability strategies. **Resources, Conservation & Recycling**, v. 135, p. 190–201, 2018.

TIOSSI, F. M.; SIMON, A. T. Economia circular: suas contribuições para o desenvolvimento da sustentabilidade. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 2, p. 11.912–11.927, 2021.

UNILEVER. **Relatório de sustentabilidade Brasil 2022**. São Paulo: Unilever Brasil, 2022. Disponível em: <https://www.unilever.com.br>. Acesso em: 4 jul. 2025.

UNITED NATIONS HUMAN SETTLEMENTS PROGRAMME. World Cities Report 2022: envisaging the future of cities. Nairobi: UN-Habitat, 2022. Disponível em: <https://unhabitat.org/world-cities-report-2022-envisaging-the-future-of-cities>. Acesso em: 17 nov. 2025.

UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME. **Global Resource Outlook 2024: towards a fairer and more sustainable use of natural resources**. Nairobi: UNEP, 2024.

VIER, M. B. et al. Reflexões sobre a economia circular. **Colóquio – Revista do Desenvolvimento Regional**, v. 18, n. 4, out./dez. 2021.



CAPÍTULO 3

Economia Circular no Brasil: Entre Regulação, Bioeconomia e Transformação Socioprodutiva

Marília de Nazaré Cortte Nery Pereira, Caroline Ribeiro Moraes,
Cleide do Socorro Moraes de Azevedo, Eric Wigwam Valente Pereira

A economia circular tem se consolidado, nas últimas décadas, como um paradigma estratégico para enfrentar os limites ambientais, energéticos e econômicos do modelo linear de produção e consumo, cuja lógica predominante se baseia na extração intensiva de recursos naturais, na produção em larga escala, no consumo acelerado e no descarte contínuo de resíduos. Esse modelo, historicamente associado ao crescimento econômico industrial, revela-se progressivamente incompatível com a finitude dos recursos naturais, com a intensificação da crise climática e com o aumento das desigualdades socioeconômicas. Nesse contexto, a economia circular emerge não apenas como uma resposta ambiental, mas como uma proposta de reorganização estrutural dos sistemas produtivos, capaz de articular eficiência econômica, inovação tecnológica e sustentabilidade ambiental de forma integrada.

Fundamentada na redução do desperdício, na recirculação de materiais e na preservação do valor econômico ao longo das cadeias produtivas, a economia circular propõe a dissociação progressiva entre crescimento econômico e extração de recursos finitos. Diferentemente do modelo linear, a circularidade busca manter produtos, componentes e materiais em uso pelo maior tempo possível, por meio de estratégias como reutilização, reparo, remanufatura, reciclagem e regeneração dos sistemas naturais. Conforme destaca a Fundação Ellen MacArthur (2009), no modelo linear vigente, até 95% do valor dos materiais utilizados em embalagens plásticas é perdido após um único ciclo de uso, evidenciando ineficiências sistêmicas que comprometem simultaneamente a competitividade econômica e a sustentabilidade ambiental.

Essas ineficiências não se restringem a um setor específico, mas atravessam cadeias produtivas inteiras, desde a concepção de produtos até sua disposição final. A literatura internacional tem demonstrado que aproximadamente metade das emissões globais de gases de efeito estufa está associada à produção e ao uso de bens e alimentos, o que reforça o papel central da circularidade como estratégia de mitigação climática e de reorganização econômica (Ellen MacArthur Foundation, 2019). Nesse sentido, a economia circular passa a ser compreendida como um vetor estruturante de políticas industriais, energéticas e climáticas, cada vez mais incorporado às agendas de desenvolvimento sustentável em escala global.

No contexto brasileiro, a economia circular assume características específicas, condicionadas por fatores históricos, sociais e territoriais. Diferentemente de países centrais, onde a circularidade emerge predominantemente a partir de estratégias empresariais e políticas industriais planejadas, no Brasil parte significativa da recuperação de materiais ocorre por meio de arranjos socioprodutivos historicamente marginalizados, envolvendo cooperativas, associações e redes informais de trabalho, especialmente no setor de resíduos sólidos urbanos. Dados do Panorama ABREMA (2024) indicam que, embora o país tenha gerado cerca de 80 milhões de toneladas de resíduos sólidos urbanos em 2023, apenas 8,3% do material seco foi efetivamente encaminhado para reciclagem, sendo a maior parte desse volume viabilizada por sistemas informais de coleta e triagem.

Esse cenário revela, simultaneamente, a centralidade de atores sociais frequentemente invisibilizados nas estratégias formais de circularidade e as fragilidades estruturais relacionadas à infraestrutura, à governança e à articulação entre políticas públicas e cadeias produtivas industriais. A dependência estrutural do trabalho humano organizado em redes populares evidencia que a economia circular brasileira não pode ser compreendida apenas como um processo tecnológico, mas como um fenômeno profundamente socioprodutivo, no qual questões de justiça social, inclusão econômica e trabalho decente assumem papel central.

Ao longo da última década, observa-se um movimento crescente de institucionalização da economia circular no Brasil, impulsionado pela convergência entre políticas ambientais, industriais e climáticas. A promulgação da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), em 2010, representou um marco regulatório relevante ao introduzir princípios como a responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos, a logística reversa e a hierarquização das ações de gestão de resíduos. Ainda que o termo “economia circular” não apareça explicitamente no texto legal, seus fundamentos estruturais estão claramente presentes, sinalizando uma inflexão normativa em direção a modelos produtivos mais eficientes e sustentáveis.

Nos anos subsequentes, entretanto, a implementação da PNRS revelou limitações significativas, associadas à baixa articulação federativa, à insuficiência de instrumentos econômicos e à ausência de incentivos fiscais consistentes para a valorização de materiais reciclados. Estudos recentes apontam que a estrutura tributária brasileira tende a penalizar a reciclagem, seja pela cumulatividade de impostos ao longo da cadeia, seja pela assimetria entre matérias-primas virgens e recicladas, comprometendo a competitividade dos empreendimentos circulares (Rasador, 2025). Esses entraves evidenciam que a transição para modelos circulares não depende exclusivamente de avanços tecnológicos ou de boas práticas empresariais, mas de reformas regulatórias e de instrumentos econômicos capazes de alinhar incentivos públicos e privados.

É nesse contexto que a aproximação entre economia circular e bioeconomia se torna particularmente relevante. A bioeconomia, compreendida como um modelo de desenvolvimento baseado no uso sustentável de recursos biológicos renováveis para a produção de bens, serviços e energia, amplia o escopo da circularidade ao incorporar dimensões territoriais, ecológicas e socioculturais. Conforme argumenta Palhares (2023), a bioeconomia circular articula princípios da economia circular com a regeneração dos ecossistemas, a valorização da biodiversidade e a agregação de valor ao longo das cadeias produtivas, assumindo especial importância em países megadiversos como o Brasil.

Ao enfatizar o uso sustentável da biomassa, dos resíduos orgânicos e dos recursos florestais não madeireiros, a bioeconomia circular possibilita a construção de arranjos produtivos territorializados, capazes de promover desenvolvimento regional, inovação tecnológica e inclusão socioprodutiva. Nesse sentido, a convergência entre economia circular e bioeconomia representa uma oportunidade estratégica para o país, ao permitir a redução da dependência de commodities primárias, a diversificação da base produtiva e o fortalecimento de cadeias de maior valor agregado.

Zugaib (s.d.) destaca que a bioeconomia circular possibilita a ampliação do valor agregado dos produtos ao integrar beneficiamento, inovação tecnológica, financiamento e governança ao longo das cadeias produtivas, reduzindo perdas materiais e promovendo maior equidade na distribuição de valor. Essa perspectiva dialoga diretamente com as agendas contemporâneas de descarbonização, responsabilidade socioambiental e ESG, cada vez mais incorporadas por grandes grupos industriais e investidores institucionais como critérios estratégicos de competitividade e mitigação de riscos.

No entanto, apesar de seu elevado potencial transformador, a consolidação da bioeconomia circular no Brasil enfrenta desafios estruturais relacionados à infraestrutura produtiva, ao acesso a tecnologias adequadas, à capacitação técnica e à integração efetiva entre pequenos empreendimentos, cooperativas e grandes cadeias industriais. Estudos

recentes indicam que, na ausência de políticas públicas consistentes, instrumentos financeiros direcionados e mecanismos de governança inclusivos, existe o risco de reprodução de assimetrias históricas, nas quais os benefícios econômicos da transição ecológica se concentram nos elos mais capitalizados das cadeias produtivas, aprofundando desigualdades regionais e sociais (Sebrae, 2025).

Diante desse cenário, a economia circular e a bioeconomia não podem ser compreendidas como soluções técnicas isoladas, mas como processos sistêmicos que exigem coordenação institucional, planejamento de longo prazo e integração entre políticas industriais, ambientais, fiscais e sociais. A incorporação desses paradigmas às estratégias nacionais de desenvolvimento representa uma oportunidade para reconfigurar os sistemas produtivos de forma mais resiliente, inclusiva e alinhada aos limites planetários.

Assim, o presente artigo analisa a economia circular no Brasil a partir de sua dimensão econômica, regulatória e socioproductiva, avançando para a discussão da bioeconomia e do ESG como vetores estratégicos de transformação das cadeias produtivas. Ao articular dados setoriais, referenciais teóricos e políticas públicas recentes, busca-se contribuir para o debate acadêmico e institucional sobre os caminhos, oportunidades e limites da transição para modelos produtivos mais sustentáveis, socialmente inclusivos e economicamente viáveis.

1. Economia Circular como Vetor Econômico e de Regulação Industrial

A economia circular tem se consolidado, nas últimas décadas, como um dos principais paradigmas para a reorganização dos sistemas produtivos, especialmente diante da intensificação da crise climática, da perda acelerada da biodiversidade e da instabilidade econômica global. Diferentemente do modelo linear tradicional — baseado na lógica de extrair, produzir, consumir e descartar —, a economia circular propõe a manutenção do valor dos materiais, produtos e recursos pelo maior tempo possível, reduzindo a extração de matérias-primas virgens, as emissões de gases de efeito estufa e os impactos socioambientais associados às cadeias produtivas (Ellen MacArthur Foundation, 2015).

Do ponto de vista econômico, a circularidade não deve ser compreendida apenas como uma estratégia ambiental, mas como um vetor estruturante de crescimento econômico, inovação tecnológica e resiliência produtiva. Estimativas da Fundação Ellen MacArthur (2023) indicam que aproximadamente 50% das emissões globais de gases de efeito estufa estão associadas à forma como bens e alimentos são produzidos e utilizados, evidenciando o papel central da reorganização dos sistemas produtivos na agenda climática

internacional. Nesse sentido, a economia circular passa a operar simultaneamente como estratégia de mitigação climática, mecanismo de redução de riscos sistêmicos e indutor de novos modelos de negócios.

No Brasil, esse debate ganha densidade normativa a partir da promulgação da Lei nº 12.305/2010, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS). A PNRS representa um marco regulatório ao estabelecer princípios como a responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos, a logística reversa e a hierarquia de gestão dos resíduos — priorizando a não geração, a redução, a reutilização e a reciclagem (Brasil, 2010). Embora o termo “economia circular” não apareça explicitamente no texto legal, seus fundamentos conceituais estão claramente incorporados à política.

A implementação da PNRS, contudo, revelou limitações estruturais ao longo da última década. Relatórios do Tribunal de Contas da União apontam que a baixa articulação interfederativa, a fragilidade dos instrumentos econômicos e a insuficiência de incentivos fiscais comprometeram sua efetividade, especialmente no que se refere à reciclagem e à valorização dos resíduos como insumos produtivos (TCU, 2022). Essas limitações evidenciaram a necessidade de integrar a política de resíduos a uma estratégia mais ampla de desenvolvimento industrial, inovação e transição ecológica.

Essa integração passa a se materializar de forma mais explícita a partir de 2023, com o lançamento do Plano de Transformação Ecológica – Novo Brasil (PTE), coordenado pelo Ministério da Fazenda no contexto da COP28. O PTE propõe uma mudança estrutural no modelo de desenvolvimento nacional, articulando justiça social, produtividade econômica e sustentabilidade ambiental. Organizado em seis eixos estratégicos interdependentes — finanças sustentáveis; adensamento tecnológico; bioeconomia e sistemas agroalimentares; transição energética; economia circular; e infraestrutura verde com adaptação climática —, o plano reconhece a economia circular como um dos pilares centrais da reindustrialização verde do país (Brasil, 2025).

1.1 Impactos financeiros, instrumentos econômicos e políticas industriais verdes

A incorporação da economia circular à política econômica brasileira ganha maior concretude com o lançamento da Nova Indústria Brasil (NIB), em janeiro de 2024. A NIB estabelece seis missões estratégicas para o desenvolvimento industrial até 2033, sendo a Missão 5 — Bioeconomia, descarbonização e transição energética — diretamente relacionada à circularidade, à gestão de resíduos, ao uso eficiente de recursos e à inovação sustentável (Brasil, 2024a).

A NIB reconhece que a competitividade industrial futura dependerá da redução da dependência de matérias-primas virgens, da ampliação do uso de materiais reciclados e do fortalecimento de cadeias produtivas circulares. Para isso, mobiliza instrumentos como crédito direcionado, subvenção econômica à inovação, compras públicas sustentáveis e estímulo à pesquisa aplicada, com atuação central de instituições como BNDES, Finep e Embrapii.

No campo do financiamento, destaca-se a criação do sublimite ambiental da COFIEIX, no valor de R\$ 2,7 bilhões anuais, destinado ao financiamento de projetos ambientais com garantia da União. Esse instrumento amplia o acesso de estados e municípios a recursos de longo prazo para investimentos em infraestrutura de economia circular, incluindo centrais de triagem, sistemas de logística reversa, reciclagem e valorização de resíduos sólidos urbanos (Brasil, 2023b). Trata-se de um avanço relevante para a consolidação de sistemas circulares territorializados, especialmente em contextos de baixa capacidade fiscal local.

Paralelamente, observa-se a expansão dos títulos verdes, sociais e sustentáveis (GSS Bonds) no mercado financeiro brasileiro. Segundo a Climate Bonds Initiative (2023), o Brasil figura entre os principais emissores desses títulos na América Latina, com recursos destinados, entre outros setores, à gestão de resíduos, economia circular e infraestrutura sustentável. Esse movimento indica a crescente incorporação dos riscos climáticos e ambientais nos critérios de investimento e reforça a convergência entre a agenda ESG e a circularidade.

1.2 Estratégia Nacional de Economia Circular e articulação normativa

O avanço mais estruturado da economia circular como política pública ocorre com a instituição da Estratégia Nacional de Economia Circular (ENEC), formalizada pelo Decreto nº 12.082, de 27 de junho de 2024. A ENEC tem como finalidade promover a transição do modelo econômico de produção e consumo linear para uma Economia Circular, de modo a incentivar o uso eficiente dos recursos naturais e das práticas sustentáveis ao longo das cadeias produtivas (Brasil, 2024, p. 8).

O Decreto define economia circular como um “sistema econômico de produção que mantém o fluxo circular de recursos e associa a atividade econômica à gestão circular dos recursos, por meio da adição, retenção ou recuperação de seus valores” (Brasil, 2024, art. 2º), fundamentado nos princípios da não geração de resíduos, da circulação de produtos e materiais e da regeneração. No âmbito da ENEC, foi instituído o Fórum Nacional de Economia Circular como instância de assessoramento, monitoramento e avaliação, garantindo participação social no processo.

Como instrumento operacional da estratégia, a Estratégia Nacional de Economia Circular será válida por dez anos, estruturada em cinco eixos: (i) ambiente normativo e institucional; (ii) fomento à inovação para redução, reutilização e redesenho circular da produção; (iii) preservação do valor dos materiais; (iv) instrumentos financeiros de apoio à economia circular; e (v) articulação interfederativa e envolvimento dos trabalhadores da cadeia produtiva.

Apesar desses avanços, persistem desafios relacionados à isonomia fiscal e financeira entre materiais reciclados e matérias-primas virgens, já que “uma medida necessária e possível para minimizar os graves efeitos causados com o acúmulo de plásticos, papéis, metais, vidros etc. na natureza é a reutilização ou a reciclagem desses materiais. Para isso, é preciso incrementar as ações governamentais visando a resolver a questão dos lixões irregulares, para conscientização da população e para oferecer melhores condições, especialmente creditícias e tributárias, para aumentar a coleta e para que a indústria absorva tais materiais e lhes dê adequada destinação.” (Rasador, 2025).

Nesse contexto, a Taxonomia Sustentável Brasileira (2023) emerge como instrumento estratégico para enfrentar essas distorções, estabelecendo critérios técnicos para classificar atividades econômicas sustentáveis, orientar investimentos públicos e privados, reduzir o greenwashing e direcionar recursos para setores alinhados à transição ecológica, entre eles a economia circular e a gestão de resíduos. Conforme consta no Plano de ação para consulta pública, “estas reformas também vão possibilitar uma dinâmica de crescimento e desenvolvimento baseada na previsibilidade e sustentabilidade das variáveis fiscais para melhorar a qualidade das despesas governamentais e ancorar as expectativas dos agentes econômicos em prol do investimento produtivo.” (Brasil, 2023, p. 8).

1.3 Tecnologia, infraestrutura e redes socioprodutivas da circularidade

A consolidação da economia circular no Brasil depende não apenas de marcos regulatórios e instrumentos financeiros, mas da articulação entre tecnologia, infraestrutura e redes socioprodutivas. Startups e empresas de base tecnológica têm desenvolvido soluções para rastreabilidade de resíduos, otimização logística, beneficiamento de materiais e mensuração de impactos ambientais. Entretanto, a literatura destaca que a eficiência dos sistemas circulares está profundamente vinculada à atuação das redes tradicionais de coleta e triagem, especialmente aquelas formadas por cooperativas e associações de catadores (Gutberlet, 2016).

Essa característica confere à economia circular brasileira uma especificidade estrutural: sua dependência do trabalho humano organizado em redes populares, que desempe-

nam papel central na recuperação de materiais e na viabilização econômica da reciclagem. Conforme argumenta Gutberlet (2016), a inclusão dessas redes não é apenas uma questão social, mas um requisito técnico para o funcionamento eficiente da circularidade.

Além disso, a convergência entre economia circular e bioeconomia amplia as possibilidades de agregação de valor local, sobretudo em territórios amazônicos. O beneficiamento de resíduos orgânicos, biomateriais e subprodutos florestais não madeireiros pode impulsionar o desenvolvimento regional, desde que articulado a políticas públicas, infraestrutura adequada e inovação tecnológica.

Assim, a economia circular no Brasil deve ser compreendida como um sistema em construção, marcado por avanços normativos recentes, oportunidades econômicas crescentes e desafios estruturais persistentes. Como sintetiza a Fundação Ellen MacArthur (2019), a transição para a economia circular requer mudanças sistêmicas que envolvem políticas públicas, modelos de negócio e transformação cultural, reafirmando a centralidade da regulação e da articulação institucional como eixos estruturantes desse processo.

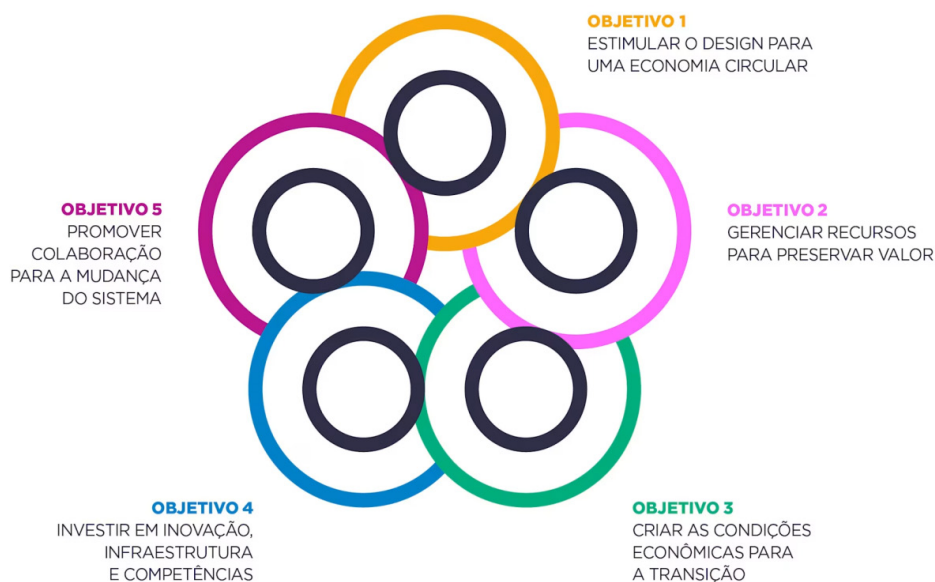
1.4 Diretrizes de política pública e governança sistêmica na transição para a economia circular

A transição de um modelo econômico linear, baseado na lógica de “extrair–produzir–descartar”, para uma economia circular demanda mais do que inovações tecnológicas pontuais ou iniciativas isoladas no âmbito empresarial. Trata-se de um processo estrutural que exige coordenação institucional, coerência regulatória e alinhamento entre políticas públicas, cadeias produtivas e estratégias corporativas. Nesse contexto, a economia circular assume um caráter eminentemente socioprodutivo, ao articular dimensões econômicas, ambientais e sociais de forma integrada, especialmente em cadeias produtivas de grande impacto industrial e territorial.

A Fundação Ellen MacArthur, referência internacional na formulação conceitual e aplicada da economia circular, sistematizou em 2021 um conjunto de objetivos universais de políticas públicas para a economia circular, com o intuito de oferecer uma estrutura comum capaz de orientar governos nacionais, cidades e setores produtivos na aceleração dessa transição. Segundo a Fundação, a ausência de alinhamento entre políticas tende a gerar um “mosaico de soluções fragmentadas”, insuficientes para alterar estruturas econômicas historicamente ancoradas em modelos lineares (Ellen MacArthur Foundation, 2021).

Os cinco objetivos universais propostos constituem áreas estratégicas interdependentes, que podem ser interpretadas de tal maneira: (i) promover produtos, serviços e sistemas produtivos compatíveis com os princípios da circularidade, reduzindo impactos ambientais e ampliando a retenção de valor ao longo de todo o ciclo de vida; (ii) organizar,

regular e operar o uso de materiais, energia, produtos e ativos produtivos de modo que o valor econômico, funcional, social e ambiental incorporado neles não seja perdido ao longo do tempo; (iii) ajustar o ambiente financeiro, produtivo e regulatório para que novos modelos econômicos possam surgir, competir e se consolidar sem inviabilidades econômicas; (iv) aplicar recursos para criar soluções novas, construir os meios materiais que as viabilizam e desenvolver as capacidades humanas e institucionais necessárias para operá-las de forma eficaz; e (v) estimular e organizar ações conjuntas entre diferentes atores para transformar, de forma coordenada, tributos, regras e práticas que sustentam um sistema econômico ou produtivo como um todo. Conforme destaca a Fundação Ellen MacArthur (2021), esses objetivos não devem ser implementados de forma isolada, uma vez que sua efetividade depende da articulação entre políticas industriais, ambientais, fiscais, de inovação e de desenvolvimento regional.



Fonte: <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/pt>. Acesso em: 29 dez. 2025.

Ao enfatizar o design circular, o primeiro objetivo desloca a lógica da circularidade para o início das cadeias produtivas, reconhecendo que decisões tomadas nas fases de concepção de produtos e processos determinam, em grande medida, os impactos socioambientais ao longo de todo o ciclo de vida. Essa abordagem dialoga diretamente com cadeias produtivas complexas, nas quais o redesenho de produtos, insumos e fluxos pro-

dutores pode reduzir a pressão sobre recursos naturais e minimizar externalidades negativas associadas à produção em larga escala.

O segundo objetivo, relacionado à gestão de recursos para preservação de valor, reforça a necessidade de estratégias que priorizem a reutilização, o reaproveitamento, o beneficiamento e a reinserção de materiais nos ciclos produtivos. Em cadeias industriais extensas, essa diretriz implica a reorganização de fluxos logísticos, a valorização de resíduos como insumos e o fortalecimento de arranjos produtivos capazes de manter o valor econômico e social dos materiais ao longo do tempo.

A criação de condições econômicas para a transição, terceiro objetivo destacado pela Fundação Ellen MacArthur, evidencia que a circularidade não se sustenta apenas por imperativos ambientais, mas depende de instrumentos econômicos, regulatórios e financeiros que reduzam riscos, ampliem incentivos e promovam isonomia entre modelos lineares e circulares. A ausência dessas condições tende a penalizar iniciativas sustentáveis, dificultando sua escalabilidade, sobretudo em setores industriais de grande impacto, nos quais os custos iniciais de adaptação estrutural são elevados.

O quarto objetivo — investir em inovação, infraestrutura e competências — reconhece que a transição para a economia circular exige capacidades técnicas, institucionais e humanas específicas. Isso inclui desde infraestrutura física e tecnológica até o fortalecimento de competências organizacionais e territoriais. Em cadeias produtivas de base material intensiva, a inovação assume papel central na viabilização de processos mais eficientes, menos poluentes e socialmente responsáveis, aproximando-se, nesse sentido, das discussões sobre bioeconomia circular como estratégia de agregação de valor e redução de impactos socioambientais.

Por fim, o objetivo de promover colaboração para a mudança sistêmica explicita o caráter relacional da economia circular. A Fundação Ellen MacArthur (2021) enfatiza que a cooperação entre setores público e privado, bem como entre diferentes elos das cadeias produtivas, é condição indispensável para evitar que políticas isoladas permaneçam desconectadas de um sistema econômico mais amplo e estruturalmente linear. Essa diretriz reforça a necessidade de governança multinível e de responsabilidade socioambiental compartilhada, sobretudo em cadeias produtivas que operam em múltiplos territórios e afetam diferentes grupos sociais.

Assim, os objetivos universais de políticas para a economia circular constituem um referencial analítico relevante para compreender como a transição circular pode ser operacionalizada em contextos industriais complexos, articulando inovação, responsabilidade socioambiental e desenvolvimento econômico. Ao dialogar com os princípios da bioeconomia circular, esse framework amplia a compreensão da circularidade como um processo

sistêmico, capaz de integrar eficiência produtiva, valorização territorial e inclusão socioeconômica, especialmente em regiões marcadas por elevada diversidade socioambiental.

2. Inovação Tecnológica e Tradicionalismo: O que Está Funcionando

Conforme apresentado na introdução deste artigo, a economia circular vem se afirmando como um vetor estratégico de reorganização dos sistemas produtivos, articulando dimensões econômicas, ambientais e sociais em resposta às crises climática, de biodiversidade e de escassez de recursos. Nesse contexto, a inovação tecnológica surge como elemento-chave para viabilizar a transição do modelo linear para arranjos produtivos mais eficientes e regenerativos. No entanto, a análise das experiências recentes evidencia que a circularidade não se sustenta exclusivamente em soluções tecnológicas de ponta, mas na combinação entre inovação, políticas públicas, práticas produtivas já consolidadas e redes territoriais capazes de operacionalizar fluxos materiais de forma contínua.

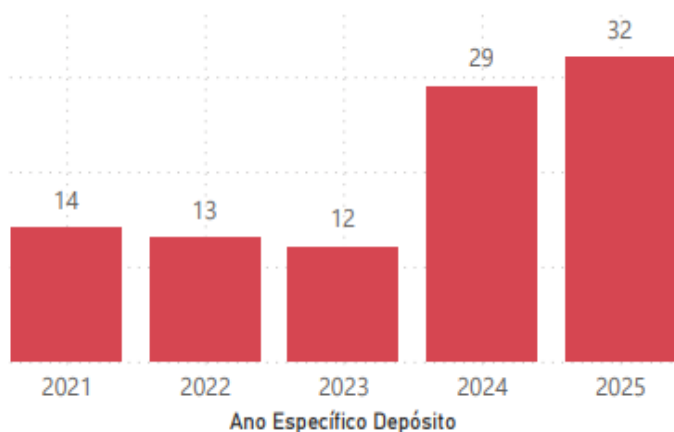
Estudos da Fundação Ellen MacArthur indicam que a inovação tecnológica tem papel decisivo ao ampliar a eficiência no uso de recursos e reduzir perdas ao longo das cadeias de valor. Tecnologias emergentes, como soluções digitais aplicadas ao design de produtos, rastreabilidade de materiais e otimização logística, permitem antecipar impactos ambientais, reduzir custos e apoiar decisões estratégicas alinhadas aos princípios da circularidade. Ao mesmo tempo, a fundação destaca que a inovação deve estar orientada para a redução estrutural do uso de matérias-primas virgens, uma vez que, no modelo linear vigente, grande parte do valor econômico dos materiais é perdida após ciclos produtivos extremamente curtos, como ocorre no caso das embalagens plásticas, cujo desperdício anual global é estimado entre US\$ 80 bilhões e US\$ 120 bilhões (Ellen MacArthur Foundation, 2009).

Nesse cenário, instrumentos públicos de fomento à inovação têm demonstrado relevância para reduzir riscos e ampliar a adoção de soluções circulares. A experiência do Fundo de Inovação, Tecnologia e Economia Circular (FITEC), em Portugal, evidencia como políticas de financiamento direcionadas podem estimular projetos que integrem ciência, tecnologia e indústria, especialmente no âmbito de pequenas e médias empresas. O FITEC foi estruturado para apoiar iniciativas voltadas à eficiência no uso de recursos e à circularidade industrial, reconhecendo que a inovação tecnológica precisa ser acompanhada de mecanismos financeiros e institucionais que favoreçam sua aplicação prática em cadeias produtivas reais.

No contexto brasileiro, a análise prospectiva conduzida pelo Observatório Nacional da Indústria, em parceria com a Confederação Nacional da Indústria, reforça essa com-

preensão sistêmica da inovação. A Rota Tecnológica para Economia Circular (2025) aponta que, embora haja crescimento expressivo da produção científica nacional sobre o tema, ainda persistem desafios na transformação desse conhecimento em soluções tecnológicas aplicadas. A análise de patentes realizada pelo estudo demonstra que a economia circular vem ganhando centralidade nas agendas globais de inovação, especialmente após a pandemia, mas sua consolidação depende da articulação entre políticas industriais, financiamento, capacitação técnica e infraestrutura adequada.

A análise de patentes realizada pelo ONI/CNI reforça essa perspectiva ao demonstrar que o aumento no número de depósitos de patentes em economia circular, especialmente após a pandemia, reflete uma intensificação dos esforços globais para responder a crises ambientais e econômicas. Países como China e Índia despontam como líderes nesse processo, enquanto o Brasil apresenta desempenho relevante na produção científica, mas enfrenta dificuldades na conversão desse conhecimento em inovação aplicada. Essa diferença evidencia a necessidade de políticas públicas e instrumentos institucionais que fortaleçam a conexão entre pesquisa, desenvolvimento tecnológico e implementação prática, especialmente em cadeias produtivas intensivas em recursos naturais e mão de obra.



Evolução temporal de patentes (depositadas + concedidas) na área de Economia Circular entre 2021 e 2025). *Fonte:* Desenvolvimento de tecnologias, técnicas e estratégias para a implantação de um processo de economia circular / Confederação Nacional da Indústria. – Brasília: CNI, 2025.

Ao mesmo tempo, a economia circular não pode ser compreendida apenas como um campo de inovação disruptiva. Práticas tradicionais, como a reciclagem, a reutilização e o beneficiamento de materiais, continuam sendo a base operacional da circularidade, especialmente em países com forte presença de cadeias informais e arranjos produtivos

locais. Dados do Panorama ABREMA (2024) evidenciam esse paradoxo no Brasil: apesar de gerar cerca de 80 milhões de toneladas de resíduos sólidos urbanos em 2023, apenas 8,3% do material seco foi destinado à reciclagem, majoritariamente por meio da coleta informal, enquanto 41,5% da disposição final ainda ocorre de forma inadequada. Esses números indicam que a lacuna não está apenas na ausência de tecnologias, mas na fragilidade das redes, da infraestrutura e da governança necessárias para sustentar sistemas circulares em escala.

Nesse sentido, o papel dos pequenos empreendedores e das iniciativas territoriais ganha centralidade. O estudo “Economia Circular e os Pequenos Empreendedores na implementação climática”, da Série COP30 (SEBRAE, 2025), demonstra que micro e pequenos negócios são atores estratégicos na operacionalização da circularidade, sobretudo quando articulados a políticas públicas e instrumentos de apoio técnico e financeiro. Esses empreendedores atuam em cadeias curtas, adaptadas às realidades locais, e são capazes de transformar resíduos em insumos produtivos, gerar trabalho e renda e fortalecer economias regionais. A circularidade, nesse contexto, não se impõe como ruptura total, mas como reconfiguração progressiva de práticas já existentes, potencializadas pela inovação.

A literatura analisada também aponta que a inovação tecnológica na economia circular deve ser compreendida como meio, e não como fim. Tecnologias digitais, automação e plataformas de inteligência territorial contribuem para aumentar a eficiência dos processos, mas precisam estar integradas a modelos de governança capazes de incluir atores historicamente marginalizados das cadeias produtivas. A experiência brasileira demonstra que a circularidade se materializa, sobretudo, onde há convergência entre inovação, políticas públicas, capacitação e redes locais de cooperação.

Assim, a economia circular que tem se mostrado funcional combina tecnologias emergentes com práticas consolidadas, reconhecendo o valor das cadeias de reciclagem, do beneficiamento de materiais e da gestão territorial dos recursos. Essa abordagem híbrida permite reduzir desperdícios, ampliar a resiliência das cadeias produtivas e gerar benefícios econômicos e sociais de forma integrada. Ao mesmo tempo, ela cria as bases para uma transição mais ampla, na qual a circularidade se conecta à bioeconomia, à infraestrutura produtiva e às estratégias de sustentabilidade corporativa.

Essa articulação será aprofundada na próxima seção, que analisa como o beneficiamento de materiais, os investimentos em maquinários e infraestrutura, a adoção de critérios ESG por grandes marcas e a integração entre economia circular e bioeconomia têm se configurado como motores centrais de transformação dos modelos de desenvolvimento. Ao conectar inovação, produção e sustentabilidade, esses elementos ampliam o potencial

da economia circular como estratégia estruturante para a transição ecológica e climática no Brasil.

3. Bioeconomia, Infraestrutura e ESG como Motores de Transformação

A economia circular emerge como resposta às limitações estruturais do modelo econômico linear, baseado na extração contínua de recursos naturais, na produção em larga escala e no descarte acelerado de materiais. Esse modelo tem se mostrado incapaz de conciliar crescimento econômico com sustentabilidade ambiental e justiça social, gerando perdas econômicas significativas ao longo das cadeias produtivas e ampliando desigualdades territoriais. Nesse contexto, a economia circular passa a ser compreendida não apenas como um conjunto de práticas técnicas, mas como um modelo socioprodutivo, que reorganiza as relações entre produção, consumo, trabalho e território.

Segundo Palhares (s.d.), a economia circular, quando articulada à bioeconomia, amplia sua capacidade de transformação ao incorporar o uso sustentável de recursos biológicos renováveis e a valorização dos fluxos produtivos locais. Essa integração desloca o foco da simples reciclagem de materiais para uma abordagem sistêmica, que considera a regeneração dos recursos naturais, a redução de desperdícios e a agregação de valor ao longo das cadeias produtivas. Assim, a circularidade deixa de ser apenas um atributo ambiental e passa a constituir um vetor estratégico de desenvolvimento econômico.

A bioeconomia, por sua vez, fundamenta-se na utilização sustentável da biodiversidade e dos recursos biológicos como base para a geração de bens, serviços e energia, articulando inovação, conhecimento científico e saberes territoriais. Conforme destaca Palhares (s.d.), a bioeconomia circular representa um avanço conceitual ao integrar os princípios da circularidade aos sistemas produtivos baseados em recursos biológicos, promovendo eficiência econômica e redução de impactos ambientais. Essa abordagem reconhece que os recursos naturais não são infinitos e que sua exploração deve estar associada à manutenção dos ciclos ecológicos e à valorização social dos territórios.

Ao avançar na junção entre economia circular e bioeconomia, consolida-se o conceito de bioeconomia circular, entendido como um modelo produtivo que combina a ciclicidade dos materiais com o uso sustentável da biodiversidade, estruturando cadeias produtivas mais resilientes, inclusivas e territorializadas. De acordo com o Sebrae (s.d.), a bioeconomia circular integra inovação, sustentabilidade e modelos produtivos circulares, com foco na geração de valor econômico, na inclusão produtiva e na competitividade dos

negócios. Essa perspectiva é especialmente relevante em países com grande diversidade biológica e sociocultural, como o Brasil.

Nesse modelo, as cadeias produtivas assumem papel central, uma vez que a bioeconomia circular depende da articulação entre diferentes elos — desde a obtenção da matéria-prima até o beneficiamento, a distribuição e o consumo. Zugaib (s.d.) ressalta que a bioeconomia circular possibilita a agregação de valor aos produtos ao longo dessas cadeias, ao integrar práticas sustentáveis, inovação tecnológica e organização produtiva. Isso implica repensar processos industriais, logísticos e comerciais, de modo a reduzir perdas, otimizar recursos e fortalecer a participação dos atores locais na geração de riqueza.

A responsabilidade socioambiental de grandes impactos industriais torna-se, nesse contexto, um elemento estruturante da bioeconomia circular. Empresas e setores produtivos que operam em larga escala passam a ser corresponsáveis pela organização das cadeias produtivas, devendo incorporar critérios ambientais e sociais em suas estratégias de produção e suprimento. Conforme apontado pelo Sebrae (s.d.), a adoção da bioeconomia circular exige investimentos em inovação, infraestrutura e modelos de negócio capazes de promover o uso eficiente dos recursos e a redução de impactos ambientais, ao mesmo tempo em que ampliam oportunidades econômicas.

Além disso, a bioeconomia circular demanda uma mudança na lógica de agregação de valor, deslocando-a de processos intensivos em exploração de recursos para estratégias baseadas no conhecimento, na tecnologia e na cooperação entre atores produtivos. Zugaib (s.d.) enfatiza que esse modelo contribui para qualificar as cadeias produtivas, ao permitir que produtos baseados em recursos biológicos sejam inseridos em mercados mais exigentes, com maior valor agregado e critérios socioambientais mais rigorosos.

Ao articular economia circular e bioeconomia, o modelo de bioeconomia circular oferece uma alternativa concreta para a reorganização dos sistemas produtivos contemporâneos. Essa integração possibilita reduzir a pressão sobre os recursos naturais, promover inovação e fortalecer cadeias produtivas comprometidas com a sustentabilidade e a responsabilidade socioambiental. Conforme sintetiza Palhares (s.d.), trata-se de uma estratégia que amplia a eficiência econômica ao mesmo tempo em que preserva os recursos biológicos e promove desenvolvimento sustentável.

Dessa forma, a bioeconomia circular consolida-se como um paradigma capaz de responder aos desafios econômicos, sociais e ambientais atuais, ao reposicionar as cadeias produtivas como espaços de geração de valor, inclusão social e responsabilidade compartilhada. Ao reconhecer o caráter socioprodutivo da economia circular e integrá-lo aos fundamentos da bioeconomia, esse modelo aponta para um novo padrão de desen-

volvimento, no qual crescimento econômico e sustentabilidade deixam de ser objetivos antagônicos e passam a ser dimensões complementares.

4. Considerações Finais

A análise desenvolvida ao longo deste artigo evidenciou que a economia circular no Brasil ultrapassa a condição de agenda ambiental setorial e se consolida como um vetor econômico, industrial e socioprodutivo, diretamente conectado aos desafios da transição ecológica, da reindustrialização verde e da justiça social. Ao examinar seus impactos financeiros, marcos regulatórios, inovações tecnológicas e interfaces com a bioeconomia e o ESG, demonstrou-se que a circularidade vem movimentando cadeias produtivas, atraindo investimentos e estimulando novos modelos de negócio, ainda que de forma desigual e marcada por entraves estruturais.

Do ponto de vista econômico, os dados e políticas analisados indicam que o setor possui capacidade concreta de geração de valor, redução de custos sistêmicos e mitigação de riscos climáticos e regulatórios. No entanto, esse potencial permanece parcialmente bloqueado por assimetrias fiscais, pela fragmentação normativa e pela persistência de incentivos que favorecem matérias-primas virgens em detrimento de materiais reciclados e reaproveitados. Esse descompasso revela que o avanço da economia circular não depende apenas da existência de tecnologias ou de iniciativas empresariais, mas de uma articulação coerente entre mercado e política pública, capaz de alinhar instrumentos econômicos, fiscais e regulatórios.

Nesse sentido, a incorporação da economia circular nas agendas recentes do Estado brasileiro — como a Estratégia Nacional de Economia Circular (ENEC), a Nova Indústria Brasil (NIB), o Plano de Transformação Ecológica e a Taxonomia Sustentável Brasileira — representa um avanço institucional relevante. Esses instrumentos sinalizam uma mudança de paradigma ao reconhecer a circularidade como eixo estruturante do desenvolvimento nacional. Todavia, como evidenciado ao longo do trabalho, a simples existência de marcos normativos não garante sua efetividade. A transição para um modelo circular exige capacidade de implementação, coordenação interfederativa e integração real entre políticas industriais, ambientais, financeiras e sociais.

A análise das tecnologias emergentes e das práticas tradicionais reforçou que a economia circular brasileira opera em uma lógica híbrida. Startups, soluções digitais e inovação aplicada têm ampliado a eficiência e a rastreabilidade dos fluxos produtivos, mas seguem profundamente dependentes de redes socioprodutivas históricas, especialmente aquelas organizadas em torno da coleta, triagem e beneficiamento de materiais. Essa cons-

tatação tensiona narrativas excessivamente tecnicistas e evidencia que não há circularidade funcional sem trabalho humano, organização coletiva e inclusão produtiva.

A articulação entre economia circular e bioeconomia, aprofundada na terceira seção, revelou-se estratégica para ampliar a agregação de valor, sobretudo em cadeias produtivas baseadas em recursos biológicos e territoriais. A bioeconomia circular reposiciona o debate ao integrar inovação, sustentabilidade e responsabilidade socioambiental, deslocando o foco da exploração intensiva de recursos para modelos produtivos regenerativos, baseados no conhecimento, na cooperação e na valorização dos territórios. Ao mesmo tempo, esse modelo atribui maior responsabilidade às grandes cadeias industriais e às empresas de maior impacto, especialmente no que se refere à adoção consistente de critérios ESG e à reorganização de suas cadeias de suprimento.

Dessa forma, os objetivos específicos deste estudo mostram-se centrais para compreender o estágio atual da economia circular no Brasil. Analisar o mercado financeiro da circularidade, os efeitos das legislações recentes, as inovações tecnológicas e o papel da bioeconomia permite revelar não apenas o que está avançando, mas o que freia esse avanço. O setor caminha, mas encontra resistências estruturais que não são neutras: elas expressam disputas políticas, interesses econômicos consolidados e limites históricos da política industrial e ambiental brasileira.

Nesse ponto, a economia circular, enquanto projeto de transformação estrutural, exige mais do que boas práticas isoladas: demanda uma base teórica, institucional e política capaz de sustentar a ruptura com o modelo linear. Sem esse alinhamento, a circularidade corre o risco de se reduzir a uma estratégia incremental, capturada por discursos de sustentabilidade que não alteram substantivamente as relações de produção.

Assim, compreender a economia circular a partir de sua cadeia socioprodutiva, de seus instrumentos regulatórios e de suas contradições internas não é apenas um exercício analítico, mas uma contribuição para o aprimoramento das políticas públicas, da atuação empresarial e das estratégias de desenvolvimento sustentável. Ao explicitar esses elementos, este estudo reforça que a economia circular não é um destino automático, mas um processo político, econômico e social em disputa, cujo êxito dependerá da capacidade de integrar inovação, regulação, inclusão produtiva e responsabilidade socioambiental em um projeto consistente de transição ecológica para o Brasil.

Referências Bibliográficas

ABREMA – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE RESÍDUOS E MEIO AMBIENTE. **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil 2024**. São Paulo: ABREMA, 2024.

BRASIL. Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 3 ago. 2010.

BRASIL. Decreto nº 10.936, de 12 de janeiro de 2022. Regulamenta a Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 13 jan. 2022.

BRASIL. **Plano Nacional de Resíduos Sólidos – Planares**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2022.

BRASIL. **Plano de Transformação Ecológica – Novo Brasil**. Brasília: Ministério da Fazenda, 2023.

BRASIL. **Nova Indústria Brasil**. Brasília: Ministério do Desenvolvimento, Indústria, Comércio e Serviços, 2024.

BRASIL. Decreto nº 12.082, de 27 de junho de 2024. Institui a Estratégia Nacional de Economia Circular. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 28 jun. 2024.

CLIMATE BONDS INITIATIVE. **Sustainable debt global state of the market 2023**. Londres: CBI, 2023.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA (CNI). **Desenvolvimento de tecnologias, técnicas e estratégias para a implantação de um processo de economia circular**. Brasília: CNI, 2025.

ELLEN MACARTHUR FOUNDATION. **Towards the circular economy: economic and business rationale for an accelerated transition**. Cowes: Ellen MacArthur Foundation, 2009.

ELLEN MACARTHUR FOUNDATION. **Completing the picture: how the circular economy tackles climate change**. Cowes: Ellen MacArthur Foundation, 2019.

ELLEN MACARTHUR FOUNDATION. **Universal policy goals for the circular economy**. Cowes: Ellen MacArthur Foundation, 2021. Disponível em: <https://www.ellenmacarthurfoundation.org>. Acesso em: 26 out. 2021.

ELLEN MACARTHUR FOUNDATION. **The circular economy in detail**. Cowes: Ellen MacArthur Foundation, 2023.

GUTBERLET, J. **Cooperativas de catadores e economia circular no Brasil**. São Paulo: Annablume, 2016.

PALHARES, J. C. P. Bioeconomia em progresso: economia circular. In: **Plataforma Visão de Futuro do Agro**. Brasília: EMBRAPA, 2023. Disponível em: <https://www.embrapa.br/visao-de-futuro/sustentabilidade/sinal-e-tendencia/bioeconomia-em-progresso-economia-circular>. Acesso em: 25 dez. 2025.

RASADOR, Gilson J. **Estímulos fiscais ineficientes para a reciclagem**. Pensamento Nacional das Bases Empresariais – PNBE, 29 jul. 2025. Disponível em: <https://pnbe.org.br/artigo/estimulos-fiscais-ineficientes-para-a-reciclagem>. Acesso em: 29 dez. 2025.

SEBRAE. **Economia circular e os pequenos empreendedores na implementação climática**. Série COP30 – N2. Brasília: SEBRAE, 2025.

ZUGAIB, A. C. C. **A bioeconomia circular como estratégia para agregação de valor à cacauicultura brasileira**. [S.l.]: [s.n.], [s.d.].



CAPÍTULO 4

Drivers e Barreiras para a Economia Circular na Perspectiva do Consumidor de Produtos Orgânicos: Uma Revisão Sistemática da Literatura

Carina Pasqualotto, Daniela Callegaro de Menezes,
Eduarda Silvia Fernanda Modesto Altoé

Resumo

A Economia Circular (EC) vem ganhando espaço nos estudos acadêmicos e atenção na comunidade empresarial. Em um contexto de crises, escassez de recursos e contínuo aumento da população global, estudiosos e empresários são pressionados a encontrar novas abordagens para a produção e o consumo, rumo ao desenvolvimento sustentável, o que torna fundamental a participação do consumidor para o sucesso desse processo. Assim, o estudo objetivou identificar drivers e barreiras para a adoção da EC numa perspectiva do consumidor de produtos orgânicos. Foi conduzida uma revisão sistemática da literatura. Como resultado, foram identificadas sete categorias de drivers e barreiras que podem impulsionar ou impedir a adoção da EC por parte do consumidor de produtos orgânicos: ambiental (sustentabilidade, meio ambiente, gestão dos resíduos, reciclagem); cadeia de suprimentos (conhecimento, engajamento, interesse na cadeia de suprimentos); informacional (informação, conhecimento sobre EC, compartilhamento das informações, aprendizagem, treinamento); mercado (conscientização, preferências, interesse e demanda dos consumidores); político-legal (leis, regulamentos, políticas públicas, conscientização pública); social (aspectos da sociedade e da comunidade, como geração de emprego, redução do desemprego, saúde pública, segurança, responsabilidade e consciência social), e tecnológico (ciência, tecnologia, inovação tecnológica, capacidade técnica). Os resultados deste estudo contribuem no desenvolvimento da EC no contexto da produção orgânica.

Palavras-chave: Economia Circular. Consumidor. Impulsionadores. Barreiras.

Introdução

A Economia Circular vem sendo amplamente discutida como estratégia para promover o desenvolvimento sustentável, ao propor a redução de resíduos, a reutilização de materiais e a regeneração dos sistemas naturais.

No setor alimentar, o consumo sustentável de alimentos tem atraído atenção generalizada nas últimas décadas de estudiosos, formuladores de políticas públicas e consumidores (WIJETHILAKE; UPADHAYA, 2020). Nesse sentido, a produção orgânica apresenta alinhamento conceitual com os princípios da EC, especialmente por priorizar práticas ambientalmente responsáveis. A adesão à EC e o cultivo de produtos orgânicos podem constituir um caminho para o desenvolvimento sustentável (GARCÍA-QUEVEDO; JOVÉ-LLOPIS; MARTÍNEZ-ROS, 2020). Mas para que se tenha sucesso, o consumidor torna-se um agente de grande importância neste processo (SIJTSEMA et al., 2020), uma vez que suas decisões de compra, uso e descarte influenciam diretamente a circularidade dos sistemas produtivos.

Estudos abordam o comportamento do consumidor no contexto da EC (SIJTSEMA et al., 2020), mas as pesquisas na área ainda são limitadas. A conscientização, o interesse e o envolvimento dos consumidores na EC ainda são baixos (SIJTSEMA et al., 2020) e pouco se sabe sobre a disposição dos consumidores em participar na EC (BORRELLO et al., 2017).

Borrello et al. (2017) sugerem estudos investigando *drivers* das escolhas dos consumidores para participar de um ciclo fechado. Camacho-Otero, Boks e Pettersen (2019) sugerem pesquisas para a compreensão dos consumidores e dos fatores de aceitação do usuário no contexto da EC. Ainda, analisar a perspectiva do consumidor é muito importante para a difusão de modelos de negócios circulares (SINGH; GIACOSA, 2019). Nesse sentido, este estudo objetiva, por meio de uma revisão sistemática da literatura, identificar os *drivers* e barreiras para a adoção da EC numa perspectiva do consumidor de produtos orgânicos. Por meio deste estudo, será possível ter um panorama geral dos *drivers* e barreiras oriundos da literatura, que podem impulsionar ou impedir a adoção da EC por parte do consumidor de produtos orgânicos. Os resultados deste estudo podem ainda contribuir no desenvolvimento de processos circulares e na implementação da EC no contexto da produção orgânica, além de promover a sustentabilidade e a melhor compreensão do consumidor, agente importante na cadeia alimentar para que a EC se desenvolva.

Revisão da Literatura

A EC foca na manutenção, reuso, reciclagem, redistribuição, remanufatura, circularidade e otimização dos recursos, no uso de energias limpas e na eficiência dos processos,

tendo como premissa básica zero resíduos (SEHNEM; PEREIRA, 2019). Para que a estratégia da EC dê certo, a participação ativa de todos os atores da cadeia de suprimentos é importante (BORRELLO et al., 2017).

Mesmo que o papel específico dos consumidores na EC ainda seja pouco pesquisado (MAITRE-EKERN; DALHAMMAR, 2019), pouco se saiba sobre a disposição dos consumidores em participar da EC (BORRELLO et al., 2017) e que o comportamento circular ou temas relacionados ainda sejam considerados novos para os consumidores participantes da pesquisa de Sijtsma et al. (2020), o consumidor possui um papel importante dentro do processo de circularidade e gestão de resíduos (MAITRE-EKERN; DALHAMMAR, 2019; SIJTSEMA et al., 2020). Para Maitre-Ekern e Dalhammar (2019), os consumidores podem ser vistos no centro da cadeia de valor, sendo considerados o principal alvo da cadeia de fornecimento de produtos e o ponto de partida da logística reversa. Assim, segundo Maitre-Ekern e Dalhammar (2019), mudanças de longo alcance do consumidor são esperadas para a EC, e sugerem que políticas e legislações sejam criadas para encorajar os consumidores e fazê-los se sentir mais confiantes sobre as escolhas mais sustentáveis.

Por outro lado, os consumidores não são vistos como poderosos atores de mercado, sendo considerados aos olhos dos legisladores a parte mais fraca em um contrato, além de atores de mercado muito voláteis e complexos (MAITRE-EKERN; DALHAMMAR, 2019). Além disto, a conscientização do consumidor, seu interesse e envolvimento na EC são ainda considerados baixos (SIJTSEMA et al., 2020).

Estudos recentes mostram inúmeras barreiras apontadas pelos consumidores para aderirem à EC. Govindan e Hasanagic (2018) e Mangla et al. (2018) tratam de barreiras sob a perspectiva do consumidor em canal de suprimentos e mencionam as seguintes barreiras: a falta de emoção sobre a novidade, falta de consciência e participação do consumidor em torno das atividades circulares. Farooque, Zhang e Liu (2019) também tratam de barreiras para a circularidade em canais de suprimento, e comentam que as barreiras mudam de acordo com o grupo formador do canal (processadores de alimentos, vendedores e distribuidores, consumidores e funcionários do governo), parecendo lógico em virtude dos diferentes papéis exercidos por cada um dos grupos no canal de suprimentos. Scarpellini et al. (2019) apontam como barreira o fato de o aumento de preço oriundo da EC não agradar o consumidor.

As necessidades dos consumidores são carentes ou incertas (TURA et al., 2019), e existe uma falta de interesse, aceitação e conscientização do consumidor em torno das atividades circulares (KIRCHHERR et al., 2018; MANGLA et al., 2018; ORMAZABAL et al., 2018; CAMPBELL-JOHNSTON et al., 2019; KUMAR, 2019). De Jesus e Mendonça (2018)

ainda mencionam a rigidez do comportamento do consumidor como barreira, ou seja, os consumidores não estão abertos a novos processos, no caso, os circulares.

Mesmo assim, os consumidores possuem papéis na EC como compradores, mantenedores, reparadores, vendedores, compartilhadores, colaboradores e descartadores de resíduos, e podem contribuir significativamente para o processo circular (MAITRE-EKERN; DALHAMMAR, 2019). Como exemplo, o estudo de Sijtsema et al. (2020) aponta a produção de novos produtos a partir de alimentos que iriam para o lixo (resíduos de tomate, pimentão, cogumelo e batatas utilizados na produção de sopas ou molho para pizza e massas). Similarmente, um dos expositores entrevistados no estudo de Pasqualotto e De Menezes (2021) utiliza restos de frutas e legumes como a casca da banana, a casca da cenoura e a polpa do suco de laranja para a fabricação de biscoitos.

Uma série de drivers que incentivam a adoção da EC são apontados na literatura no que tange ao consumidor: a consciência ambiental dos consumidores (GOVINDAN; HASANAGIC, 2018; MOKTADIR et al., 2018; BARBARITANO; BRAVI; SAVELLI, 2019), a consciência dos consumidores para iniciativas verdes (MOKTADIR et al., 2018; JIA et al., 2020) e a preferência e demanda por parte dos consumidores por produtos circulares (GUE et al., 2019; JABBOUR et al., 2020) que, por sua vez, acabam pressionando as organizações a desenvolverem a EC (GOVINDAN; HASANAGIC, 2018).

Aderir à EC é uma oportunidade para as empresas melhorarem seu relacionamento com os clientes e fidelizar a relação (AGYEMANG et al., 2019), aumentar a satisfação do consumidor (GUSMEROTTI et al., 2019), melhorar a reputação da marca com os consumidores (MASI; DAY; GODSELL, 2017), colaborar ambientalmente com o consumidor (JIA et al., 2020), além de aumentar suas vendas, especialmente entre consumidores sustentavelmente conscientes (BARBARITANO; BRAVI; SAVELLI, 2019).

Procedimentos Metodológicos

Objetivando identificar os *drivers* e barreiras para a adoção da EC numa perspectiva do consumidor de produtos orgânicos, foi utilizado neste estudo o método de revisão sistemática da literatura (WOLFSWINKEL et al., 2013), partindo de uma análise de conteúdo de estudos selecionados, baseando-se em um critério específico definido pelo autor. Para tanto, seguiram-se os quatro estágios sugeridos por Wolfswinkel et al. (2013):

- a) Estágio de definição da base de dados a ser utilizada: a base de dados Scopus foi escolhida para a busca de material para este estudo, em virtude de ser uma base de dados consolidada e bastante utilizada em estudos de revisão sistemática (ex. MASI; DAY; GODSELL, 2017; GOVINDAN; HASANAGIC, 2018);

- b) Estágio de busca dos estudos segundo critérios claros: como critérios de busca, obrigatoriamente deveriam constar no título, resumo ou palavras-chave do artigo, as expressões: "circular economy" AND "drivers" OR "barriers", sendo que foram considerados apenas artigos científicos e completos. Com base nesses critérios de busca, a base de dados Scopus foi acessada e foram encontrados 532 artigos;
- c) Estágio de refinamento do conjunto de estudos selecionados: Os títulos e resumos dos 532 artigos foram analisados. Como critério de inclusão, os artigos deveriam ser teóricos ou empíricos e que apresentassem como resultado alguma relação de drivers e/ou barreiras. Com base nesse critério, 435 artigos foram excluídos, e 97 artigos foram selecionados (incluídos). Os 97 artigos foram lidos na íntegra para verificar se a relação dos drivers e/ou barreiras possuíam relação com a adoção da EC. Assim, 44 artigos foram excluídos, e 53 artigos foram incluídos.
- d) Estágio de análise por meio de codificação dos dados e a estruturação dos achados: a partir do conjunto final de 53 artigos, todos os artigos foram lidos na íntegra e uma planilha foi criada para análise dos estudos. As informações oriundas desses artigos foram lançadas de forma organizada numa planilha no Excel, assim como a relação de *drivers* e barreiras encontrada nos artigos. A partir desta relação de *drivers* e barreiras, dois juízes independentes avaliaram a relação total, um doutor em marketing e uma doutoranda em agronegócios, excluindo aqueles *drivers* e barreiras que não representassem impulsionadores e barreiras para os consumidores de alimentos orgânicos adotarem a EC. Após, os resultados foram comparados entre os dois juízes. Aqueles *drivers* e barreiras em que existia diferença na análise individual, foram discutidos até que se chegasse a um consenso entre os juízes. Nos casos em que não houve consenso, optou-se por considerar o dado no estudo. Foi utilizada a técnica de análise de conteúdo (BARDIN, 2016) para análise dos dados, de forma que a relação de *drivers* e de barreiras para a adoção da EC numa perspectiva do consumidor fossem organizados e categorizados para apresentação dos resultados finais deste estudo.

Apresentação dos Resultados e Discussão

Os resultados obtidos a partir da análise dos dados extraídos dos 53 artigos, objeto deste estudo, serão descritos e analisados neste capítulo.

Uma série de estudos tem apontado *drivers* para a adoção da EC a fim de incentivar, motivar, facilitar e impulsionar empresas a adotarem um processo circular. Govindan e Hasanagic (2018) examinaram em seu estudo os *drivers* a fim de entender os fatores

motivacionais da implementação da EC na cadeia de suprimentos. Moktadir et al. (2018) e Hart et al. (2019) chamam *driver* também de facilitador em seus estudos. Motivações para as práticas de EC e fatores facilitadores para a implementação de práticas circulares são levantadas no estudo de Barbaritano, Bravi e Savelli (2019). No estudo de Jabbour et al. (2020) motivadores da EC e *drivers* da EC foram considerados sinônimos. Xue et al. (2010) abordam em seu estudo métodos que impulsionam o desenvolvimento da EC e Piyathanavong et al. (2019) razões para implementar a EC. Diante disto, observa-se que não existe uma definição unânime na literatura sobre *drivers*. O que se sabe é que todas as expressões e nomenclaturas utilizadas na literatura em se tratando de *drivers* expressam forças direcionadoras que levam as empresas à adoção da EC. Os limites entre as definições não são claros, há interseções entre os conceitos. Para fins deste estudo, *drivers* são forças que auxiliam a adoção da EC.

Por outro lado, uma série de estudos também tem apontado inúmeras barreiras para a adoção da EC na literatura, expressando forças contrárias para a implementação da EC, ou seja, impedindo ou barrando o desenvolvimento da EC. Segundo Barbaritano, Bravi e Savelli (2019), barreiras são consideradas fatores que dificultam a implementação da prática da EC. Ranta et al. (2018) consideram as barreiras à EC como dificuldades de implementação da EC. Kumar (2019) e Masi, Day e Godsell (2017) tratam barreiras como inibidores para a implementação da EC. Para fins deste estudo, barreiras são consideradas forças que dificultam, ou até impedem a implementação da EC.

Com base na revisão dos artigos que tangem esses *drivers* (D) e barreiras (B), observou-se a aplicação dos estudos em diversos contextos e setores (Quadro 1).

Quadro 1 Contextos de aplicação dos estudos de *drivers* e barreiras à EC.

Contexto / Setor	D	B	Autores
Cadeia de Suprimentos	X	X	Masi, Day e Godsell (2017); Govindan e Hasanagic (2018)
		X	Farooque, Zhang e Liu (2019); Mangla et al. (2018); Kazancoglu et al. (2020); Ozkan-Ozen, Kazancoglu e Mangla (2020); Farooque, Zhang e Liu (2019)
Indústria Têxtil	X		Jia et al. (2020)
		X	Kazancoglu et al. (2020)
Setor Automotivo	X		Agyemang et al. (2019)
		X	Shao et al. (2020)
Indústria de Couro	X		Moktadir et al. (2018)
Indústria de Manufatura	X	X	Kumar (2019); Piyathanavong et al. (2019); Šebo, Kádárová e Malega (2019)
	X		Gusmerotti et al. (2019)
		X	Jaeger e Upadhyay (2020)
Negócios	X		Gue et al. (2019)
Setor Moveleiro de Luxo	X	X	Barbaritano, Bravi e Savelli (2019)
Gestão de Resíduos	X	X	Ilić e Nikolić (2016)

Quadro 1 Contextos de aplicação dos estudos de *drivers* e barreiras à EC (*continuação*).

Contexto / Setor	D	B	Autores
Construção e Demolição	X	X	Ghisellini, Ripa e Ulgiati (2018); Mahpour (2018); Chang e Hsieh (2019); Hart et al. (2019); Kanters (2020)
Pequenas e Médias Empresas	X	X	Ormazabal et al. (2018); Mura, Longo e Zanni (2020)
		X	Garcés-Ayerbe et al. (2019); García-Quevedo, Jové-Llopis e Martínez-Ros (2020)
Sistema Alimentar		X	Tseng et al. (2019)
Indústria de Aves		X	Dieckmann et al. (2020)
Indústria de Eletrônicos		X	Werning e Spinler (2020)
Serviços		X	Ritzén e Sandström (2017)
Marítimo		X	Milios et al. (2019)
Moda		X	Camacho-Otero, Boks e Pettersen (2019)

Fonte: Elaborado pelos autores

Observou-se também que os estudos analisados tiveram aplicação em diferentes países e regiões (Quadro 2), ocorrendo maior concentração em países do continente europeu.

Quadro 2 Países e regiões de aplicação dos estudos de *drivers* e barreiras à EC.

Países / Regiões	D	B	Autores
Austrália	X	X	Bolger e Doyon (2019)
Bangladesh	X		Moktadir et al. (2018)
Brasil	X		De Mattos e De Albuquerque (2018)
	X	X	Jabbour et al. (2020)
China	X	X	Geng e Doberstein (2008); Xue et al. (2010); Ranta et al. (2018)
		X	Farooque, Zhang e Liu (2019); Shao et al. (2020)
Dinamarca		X	Guldmann e Huulgaard (2020)
Escandinávia		X	Milios et al. (2019)
Eslováquia	X	X	Šebo, Kádárová e Malega (2019)
Espanha	X	X	Ormazabal et al. (2018)
		X	Scarpellini et al. (2019)
EUA	X	X	Ranta et al. (2018)
Europa	X	X	Ranta et al. (2018)
	X		Robaina, Villar e Pereira (2020)
		X	Garcés-Ayerbe et al. (2019); García-Quevedo, Jové-Llopis e Martínez-Ros (2020); Kanters (2020)
Filipinas	X		Gue et al. (2019)
Finlândia	X	X	Tura et al. (2019)
Holanda	X	X	Campbell-Johnston et al. (2019)

Quadro 2 Países e regiões de aplicação dos estudos de *drivers* e barreiras à EC (*continuação*).

Países / Regiões	D	B	Autores
Holanda	X	X	Campbell-Johnston et al. (2019)
Índia		X	Mangla et al. (2018)
Itália	X	X	Barbaritano, Bravi e Savelli (2019); Mura, Longo e Zanni (2020)
	X		Gusmerotti et al. (2019)
Paquistão	X	X	Agyemang et al. (2019)
Reino Unido	X	X	Kumar (2019)
		X	Dieckmann et al. (2020)
Sérvia	X	X	Ilić e Nikolić (2016)
Suécia	X	X	Bolger e Doyon (2019)
Taiwan	X	X	Chang e Hsieh (2019); Piyathanavong et al. (2019)
União Europeia	X	X	Kumar (2019)
	X		Hartley, van Santen e Kirchherr (2020)
		X	Kirchherr et al. (2018); Nohra, Pereno e Barbero (2020)

Fonte: Elaborado pelos autores.

Ainda, observou-se que alguns estudos categorizaram a apresentação dos resultados em suas pesquisas, como pode ser verificado no Quadro 3 a seguir.

Quadro 3 Categorização de *drivers* e barreiras à EC oriundos da literatura.

Autores	Drivers	Barreiras
Moktadir et al. (2018)	Conhecimento sobre a EC, consciência do consumidor, liderança e comprometimento da alta gestão e apoio governamental e legislação	
Gusmerotti et al. (2019)	Drivers econômico e drivers de riscos de recursos	
Ritzén e Sandström (2017)		barreiras tecnológica, financeira e de cadeia de suprimentos
Campbell-Johnston et al. (2019)		fatores suaves (soft) e fatores difíceis (hard)
Kirchherr et al. (2018)		barreiras culturais, de mercado, regulatória e tecnológica
Ormazabal et al. (2018)		barreiras difíceis (hard) e barreiras humanas (human-based)
Guldman e Huulgaard (2020)		mercado e institucional, da cadeia de valor, organizacional e funcionários
Nohra, Pereno e Barbero (2020)		cultural, econômico, informacional, regulatório, político, institucional, tecnológico e ambiental
Kazancoglu et al. (2020)		gerencial e tomada de decisão, trabalho, desafios de design, materiais, regras e regulamentação, conhecimento e consciência, integração e colaboração, custos e infraestrutura tecnológica
Masi, Day e Godsell (2017)		financeiro, tecnológico, social, informacional e institucional
Kumar (2019)		barreiras externas, organizacional, social, ambiental, tecnológica e legal

Quadro 3 Categorização de *drivers* e barreiras à EC oriundos da literatura (*continuação*).

Autores	Drivers	Barreiras
Jian et al. (2020)	Organizacional, consumidor e institucional	organizacional, financeira e política
Govindan e Hasanagic (2018)	Perspectivas governamental, societária, consumidor, organizacional e fornecedores	
Ranta et al. (2018)	Regulatório, normativo e cultural-cognitivo	
Hart et al. (2019)	Cultural, regulatório, financeiro e setorial	
Agyemang et al. (2019)	Internos e externos	
Tura et al. (2019)	Fatores ambientais, econômico, social, institucional, tecnológico e informacional, canais de suprimentos e organizacional	
Geng e Doberstein (2008)	Política, tecnologia e participação pública	
De Jesus e Mendonça (2018)	Fatores suaves (soft) e fatores difíceis (hard)	

Fonte: Elaborado pelos autores.

A partir das categorias e agrupamentos provenientes da literatura, foi realizada a categorização dos *drivers* e barreiras para a adoção da EC numa perspectiva do consumidor de produtos orgânicos. Desta forma, foram criadas sete categorias para agrupamento dos dados, conforme segue: (a) ambiental: envolve aspectos relacionados à sustentabilidade, meio ambiente, gestão dos resíduos, reciclagem; (b) cadeia de suprimentos: abrange aspectos que envolvem a cadeia de suprimentos, como, por exemplo, conhecimento, engajamento, interesse na cadeia de suprimentos; (c) informacional: envolve aspectos relativos à informação, conhecimento sobre EC, compartilhamento das informações, aprendizagem, treinamento; (d) mercado: envolve aspectos relacionados à conscientização, preferências, interesse e demanda dos consumidores; (e) político-legal: engloba leis, regulamentos, políticas e conscientização pública; (f) social: engloba aspectos da sociedade e da comunidade, envolvendo geração de emprego e redução da taxa de desemprego, saúde pública, segurança, responsabilidade e consciência social; (g) tecnológico: envolve aspectos relacionados à ciência e tecnologia, inovação tecnológica e capacidade técnica.

O Quadro 4 quantifica os *drivers* e barreiras para a adoção da EC numa perspectiva do consumidor de produtos orgânicos, provenientes da literatura, e apresenta um total de 35 *drivers* e 20 barreiras identificados a partir da análise dos dados deste estudo.

Quadro 4 Quantidade de *drivers* e barreiras para a adoção da EC numa perspectiva do consumidor de produtos orgânicos.

Categorias	Drivers	Barreiras
Ambiental	9	0
Cadeia de suprimentos	2	3
Informacional	5	7
Mercado	5	4
Político – Legal	4	2
Social	6	1
Tecnológico	4	3
Total	35	20

Fonte: Elaborado pelos autores.

Na categoria ambiental, alguns dos drivers identificados foram a reutilização e reciclagem de materiais e embalagens (JIA et al., 2020; MOKTADIR et al., 2018), o incentivo à atividade de reduzir, reutilizar e reciclar, resultando na redução da quantidade de resíduos nos aterros sanitários (ILIĆ; NIKOLIĆ, 2016), e a redução de resíduos (KUMAR, 2019). Alinhados, os autores Pasqualotto e De Menezes (2021) comentam sobre os consumidores de produtos orgânicos elaborarem novos produtos a partir de alimentos que iriam para o lixo. Por outro lado, Pasqualotto, De Menezes e Souto (2022) observaram em seu estudo que os consumidores de produtos orgânicos não costumam utilizar resíduos vegetais, identificando este aspecto como uma barreira à adoção da EC.

Segundo Jarzębowski, Bourlakis e Bezat-Jarzębowska (2020), o contexto local onde o mercado de agricultores está inserido propicia o fluxo de informação e conhecimento entre os participantes da cadeia, indo ao encontro de Mektadir et al. (2018) e Jia et al. (2020) quando mencionam sobre a importância do conhecimento compartilhado na cadeia de suprimentos para a implementação da EC. Por outro lado, é apontada como barreira para a adoção da EC, a falta de interesse e engajamento em toda a cadeia (HART et al., 2019) e a falta de integração da cadeia de suprimentos e os efeitos da complexidade da cadeia de suprimentos (AGYEMANG et al., 2019). Tais *drivers* e barreiras estão inseridos na **categoria cadeia de suprimentos**.

Em se tratando da categoria informacional, a literatura traz, dentre as barreiras para a adoção da EC, a visão pouco clara no que diz respeito à EC (GOVINDAN; HASANAGIC, 2018), e há pouca clareza sobre como utilizar fluxos de materiais residuais (CAMPBELL-JOHNSTON et al., 2019). Nessa mesma linha, De Moraes e de Oliveira (2017) tratam em seu estudo sobre a falta de conhecimento sobre os sistemas de certificação orgânica. E

como drivers para a adoção da EC, a literatura aborda como aspectos importantes a troca de conhecimento (CAMPBELL-JOHNSTON et al., 2019) e a necessidade de compartilhamento de informações para otimizar a redução, reutilização e reciclagem (MASI; DAY; GODSELL, 2017).

A categoria mercado abrange diretamente aspectos relacionados ao consumidor de produtos orgânicos. Os consumidores buscam um estilo de vida mais saudável com impactos sustentáveis ao meio ambiente (ASHAOLU; ASHAOLU, 2020), o que tem contribuído para o crescimento da demanda por produtos orgânicos (PASQUALOTTO, 2022; PASQUALOTTO; SAMPAIO, 2022). Seguindo neste contexto, a literatura apontou drivers motivando a adoção da EC como, por exemplo, a conscientização sobre questões ambientais entre os consumidores (PIYATHANAVONG et al., 2019; GOVINDAN; HASANAGIC, 2018), a conscientização dos clientes para iniciativas verdes (MOKTADIR et al., 2018; JIA et al., 2020), o aumento da conscientização das necessidades de sustentabilidade entre os consumidores (TURA et al., 2019), e a pressão dos consumidores por produtos e serviços ecológicos (PIYATHANAVONG et al., 2019). Por outro lado, a falta de consciência ambiental dos consumidores (KIRCHHERR et al., 2018) e o fato de o comportamento de compra verde ser incerto entre os consumidores (MASI; DAY; GODSELL, 2017), podem barrar o processo de adoção da EC.

Segundo De Moraes e de Oliveira (2017), é necessário estimular as políticas públicas fortalecedoras da agricultura orgânica. Alinhados com esses autores, são apontados como *drivers* para adoção da EC dentro da **categoria político-legal**, a necessidade de promoção de políticas dedicadas à sustentabilidade (benefícios fiscais, empréstimos e subsídios) (MURA; LONGO; ZANNI, 2020) e de legislação do governo que promova diretamente a EC (GUE et al., 2019). Por outro lado, autores mencionam leis e regulamentos existentes obstruindo a EC como barreira à adoção da EC (GARCÉS-AYERBE et al., 2019; TURA et al., 2019).

Considerando a **categoria social**, a ida à feira orgânica, para os consumidores investigados no estudo de Portilho (2008), é uma forma de materialização de um desejo abstrato de contribuir para a busca de alternativas à produção agroindustrial e responsabilidade com relação aos impactos sociais e ambientais de suas opções de consumo. Nesse sentido, a literatura aponta a responsabilidade social (AGYEMANG et al., 2019), a consciência social (DE JESUS E MENDONÇA, 2018) e a preocupação com a saúde pública (KUMAR, 2019) como *drivers* para a adoção da EC, e as preocupações com a saúde e a segurança como uma barreira (DIECKMANN et al., 2020; NOHRA; PERENO; BARBERO, 2020).

Novas tecnologias surgem como instrumentos a fim de potencializar o desenvolvimento do meio rural (CONCEIÇÃO; FREITAS, 2018). Dentro da categoria tecnológica, alguns drivers foram identificados na literatura para a adoção da EC: a disponibilidade de tecno-

logia (MASI; DAY; GODSELL, 2017; AGYEMANG et al., 2019), inovação e novas tecnologias (AGYEMANG et al., 2019; HART et al., 2019), avanços tecnológicos (JABBOUR et al., 2020), e a ciência e tecnologia (GENG; DOBERSTEIN, 2008). Por outro lado, De Moraes e de Oliveira (2017) mencionam sobre a falta de acesso a tecnologias no contexto dos alimentos orgânicos. Nesta mesma linha, a falta de tecnologia adequada (XUE et al., 2010; ILIĆ; NIKOLIĆ, 2016; MASI; DAY; GODSELL, 2017; DE JESUS E MENDONÇA, 2018; ORMAZABAL et al., 2018; KUMAR, 2019), a falta de tecnologias compatíveis (TURA et al., 2019), e a falta de capacidade técnica e tecnológica (AGYEMANG et al., 2019) foram mencionadas na literatura como barreiras para a adoção da EC por vários autores.

A Figura 1 ilustra as categorias de *drivers* e barreiras para a adoção da EC numa perspectiva do consumidor de produtos orgânicos oriundos da literatura.

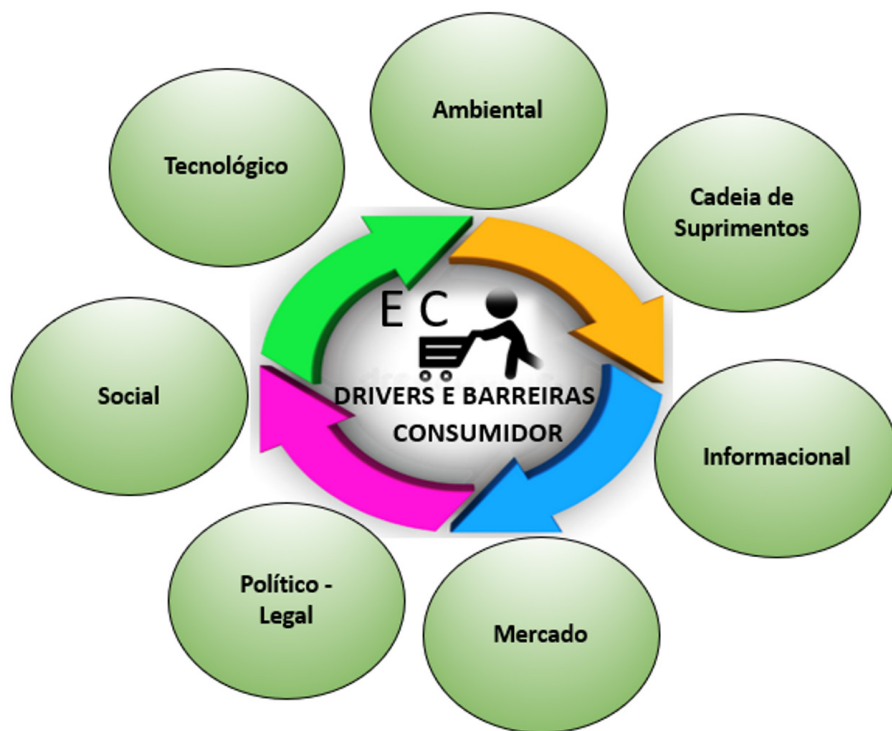


Figura 1 Categorias de *drivers* e barreiras para a adoção da EC numa perspectiva do consumidor de produtos orgânicos. *Fonte:* Elaborado pelos autores.

Por fim, o Quadro 5 sintetiza a relação dos *drivers* e das barreiras para a adoção da EC numa perspectiva do consumidor de produtos orgânicos.

Quadro 5 Síntese de *drivers* e barreiras para a adoção da EC numa perspectiva do consumidor de produtos orgânicos.

Categoria	Drivers	Barreiras
Ambiental	Mudança climática; Preocupações com aquecimento global, com impactos ambientais e com o estado do meio ambiente; Reutilização e reciclagem de materiais e embalagens; Incentivo a atividade de reduzir, reutilizar e reciclar, resultando na redução da quantidade de resíduos nos aterros sanitários; Redução de resíduos e do impacto ambiental; Sustentabilidade; Recuperação ambiental	
Cadeia de suprimentos	Conhecimento compartilhado na cadeia de suprimentos; Engajamento da cadeia de valor.	Falta de interesse e engajamento na cadeia, de integração e de colaboração dos atores da cadeia em iniciativas da EC.
Informacional	Treinamento e educação; Alfabetização ambiental; Troca de conhecimento; Necessidade de compartilhamento de informações para otimizar a redução, reutilização e reciclagem; Disponibilidade de informação.	Falta de treinamento e educação, de partilha de informação e comunicação, de comunicação eficaz, integração e cooperação entre os membros da cadeia de distribuição, de informação, informação confiável para o público; Visão pouco clara sobre EC; Conhecimento de como usar fluxos de materiais residuais não claro.
Mercado	Conscientização sobre questões ambientais e iniciativas verdes entre os consumidores/clientes; Mudança de preferências dos consumidores; Pressão por produtos e serviços ecológicos; Aumento da conscientização de sustentabilidade.	Falta de consciência ambiental; Comportamento de compra verde pelos consumidores é incerto; Aumento de preços não é apreciado pelos consumidores; Falta de interesse do consumidor.
Político – Legal	Legislação do governo que promova diretamente a EC; Políticas relativas à reciclagem e energia renovável; Promoção de políticas dedicadas à sustentabilidade e da conscientização pública.	Leis e regulamentos contra soluções à EC; Falta de consciência pública.
Social	Potencial geração de empregos; Redução da taxa de desemprego; Saúde pública; Responsabilidade social; Melhoria nas condições de saúde de pessoas e trabalhadores; Consciência social.	Preocupações com saúde e segurança.
Tecnológico	Inovação/novos conceitos/novas tecnologias; Disponibilidade de tecnologia; Avanços tecnológicos; Ciência e tecnologia.	Falta de tecnologias apropriadas, adequadas, de tecnologias compatíveis; Falta de capacidade técnica e tecnológica.

Fonte: Elaborado pelos autores.

Considerações Finais

Por meio de uma revisão sistemática da literatura, o presente estudo objetivou identificar os *drivers* e barreiras para a adoção da EC numa perspectiva do consumidor de produtos orgânicos. Considerando a análise de 53 artigos, objeto deste estudo, vários foram os setores foco de estudo de *drivers* e barreiras à EC localizados na literatura. Observou-se também que os estudos analisados tiveram aplicação em diferentes países e regiões. Ainda, foram identificados 35 *drivers* e 20 barreiras para a adoção da EC numa perspectiva do consumidor de produtos orgânicos, provenientes da literatura a partir da análise dos dados deste estudo.

Por fim, foram identificadas sete categorias de *drivers* e barreiras que podem impulsionar ou impedir a adoção da EC por parte do consumidor de produtos orgânicos: ambiental (aspectos relacionados à sustentabilidade, meio ambiente, gestão dos resíduos, reciclagem); cadeia de suprimentos (conhecimento, engajamento, interesse na cadeia de suprimentos); informacional (aspectos relativos à informação, conhecimento sobre EC, compartilhamento das informações, aprendizagem, treinamento); mercado (aspectos relacionados à conscientização, preferências, interesse e demanda dos consumidores); político-legal (leis, regulamentos, políticas públicas e conscientização pública); social (aspectos da sociedade e da comunidade, como geração de emprego e redução da taxa de desemprego, saúde pública, segurança, responsabilidade e consciência social), e tecnológico (aspectos relacionados à ciência e tecnologia, inovação tecnológica e capacidade técnica).

Os resultados deste estudo permitem a visualização de um panorama geral dos *drivers* e barreiras para a adoção da EC numa perspectiva do consumidor de produtos orgânicos. Esses resultados auxiliam na compreensão do o consumidor de produtos orgânicos no contexto da EC, uma vez que é considerado um agente importante da cadeia alimentar para que a EC se desenvolva. Ainda, os resultados deste estudo podem contribuir no desenvolvimento de processos circulares e na implementação da EC no contexto da produção orgânica, além de promover a sustentabilidade.

Como principal limitação do estudo pode ser apontada a utilização de apenas uma base de dados (Scopus) para a coleta dos dados. Assim, sugere-se que também sejam utilizadas outras bases de dados em estudos futuros.

Referências Bibliográficas

AGYEMANG, M.; KUSI-SARPONG, S.; KHAN, S. A.; MANI, V.; REHMAN, S. T.; KUSI-SARPONG, H. Drivers and barriers to circular economy implementation. **Management Decision**, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1108/MD-11-2018-1178>.

- ASHAOLU, T. J.; ASHAOLU, J. O. Perspectives on the trends, challenges and benefits of green, smart and organic (GSO) foods. **International Journal of Gastronomy and Food Science**, 100273, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijgfs.2020.100273>.
- BARBARITANO, M.; BRAVI, L.; SAVELLI, E. Sustainability and quality management in the Italian luxury furniture sector: a circular economy perspective. **Sustainability**, v. 11, n. 11, 3089, 2019. DOI: <https://doi.org/10.3390/su11113089>.
- BARDIN, L. **Análise de conteúdo**. São Paulo: Edições 70, 2016.
- BOLGER, K.; DOYON, A. Circular cities: exploring local government strategies to facilitate a circular economy. **European Planning Studies**, v. 27, n. 11, p. 2184–2205, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1080/09654313.2019.1642854>.
- BORRELLO, M.; CARACCILO, F.; LOMBARDI, A.; PASCUCCI, S.; CEMBALO, L. Consumers' perspective on circular economy strategy for reducing food waste. **Sustainability**, v. 9, n. 1, 141, 2017. DOI: <https://doi.org/10.3390/su9010141>.
- CAMACHO-OTERO, J.; BOKS, C.; PETTERSEN, I. N. User acceptance and adoption of circular offerings in the fashion sector: insights from user-generated online reviews. **Journal of Cleaner Production**, v. 231, p. 928–939, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.05.162>.
- CAMPBELL-JOHNSTON, K.; TEN CATE, J.; ELFERING-PETROVIC, M.; GUPTA, J. City level circular transitions: barriers and limits in Amsterdam, Utrecht and The Hague. **Journal of Cleaner Production**, v. 235, p. 1232–1239, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.06.106>.
- CHANG, Y. T.; HSIEH, S. H. A preliminary case study on circular economy in Taiwan's construction. **IOP Conference Series: Earth and Environmental Science**, v. 225, 012069, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1088/1755-1315/225/1/012069>.
- CONCEIÇÃO, A. D.; FREITAS, A. D. Cadeias curtas e internet: utilização de estratégias de comunicação na conexão entre consumidores e produtores. In: SIMPÓSIO SOBRE REFORMA AGRÁRIA E QUESTÕES RURAIS, 8., 2018. **Terra, trabalho e lutas no século XXI: projetos em disputa**. 2018.
- DE JESUS, A.; MENDONÇA, S. Lost in transition? Drivers and barriers in the eco-innovation road to the circular economy. **Ecological Economics**, v. 145, p. 75–89, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2017.08.001>.
- DE MATTOS, C. A.; DE ALBUQUERQUE, T. L. M. Enabling factors and strategies for the transition toward a circular economy (CE). **Sustainability**, v. 10, n. 12, 4628, 2018. DOI: <https://doi.org/10.3390/su10124628>.
- DE MORAES, M. D.; DE OLIVEIRA, N. A. M. Produção orgânica e agricultura familiar: obstáculos e oportunidades. **Desenvolvimento Socioeconômico em Debate**, v. 3, n. 1, p. 19–37, 2017. DOI: <https://doi.org/10.18616/rdsd.v3i1.3372>.
- DIECKMANN, E.; SHELDRIK, L.; TENNANT, M.; MYERS, R.; CHEESEMAN, C. Analysis of barriers to transitioning from a linear to a circular economy for end of life materials: a case study for waste feathers. **Sustainability**, v. 12, n. 5, 1725, 2020. DOI: <https://doi.org/10.3390/su12051725>.
- FAROOQUE, M.; ZHANG, A.; LIU, Y. Barriers to circular food supply chains in China. **Supply Chain Management: An International Journal**, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1108/SCM-10-2018-0345>.

GARCÉS-AYERBE, C.; RIVERA-TORRES, P.; SUÁREZ-PERALES, I.; LEYVA-DE LA HIZ, D. I. Is it possible to change from a linear to a circular economy? An overview of opportunities and barriers for European small and medium-sized enterprise companies. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 16, n. 5, 851, 2019. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijerph16050851>.

GARCÍA-QUEVEDO, J.; JOVÉ-LLOPIS, E.; MARTÍNEZ-ROS, E. Barriers to the circular economy in European small and medium-sized firms. **Business Strategy and the Environment**, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1002/bse.2513>.

GENG, Y.; DOBERSTEIN, B. Developing the circular economy in China: challenges and opportunities for achieving 'leapfrog development'. **The International Journal of Sustainable Development & World Ecology**, v. 15, n. 3, p. 231–239, 2008. DOI: <https://doi.org/10.3843/SusDev.15.3.6>.

GHISELLINI, P.; RIPA, M.; ULGIATI, S. Exploring environmental and economic costs and benefits of a circular economy approach to the construction and demolition sector: a literature review. **Journal of Cleaner Production**, v. 178, p. 618–643, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.11.207>.

GOVINDAN, K.; HASANAGIC, M. A systematic review on drivers, barriers, and practices towards circular economy: a supply chain perspective. **International Journal of Production Research**, v. 56, n. 1–2, p. 278–311, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1080/00207543.2017.1402141>.

GUE, I. H. V.; UBANDO, A. T.; PROMENTILLA, M. A. B.; TAN, R. R. Determining the causality between drivers of circular economy using the DEMATEL framework. **Chemical Engineering Transactions**, v. 76, p. 121–126, 2019. DOI: <https://doi.org/10.3303/CET1976021>.

GULDMANN, E.; HUULGAARD, R. D. Barriers to circular business model innovation: a multiple-case study. **Journal of Cleaner Production**, v. 243, 118160, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.118160>.

GUSMEROTTI, N. M.; TESTA, F.; CORSINI, F.; PRETNER, G.; IRALDO, F. Drivers and approaches to the circular economy in manufacturing firms. **Journal of Cleaner Production**, v. 230, p. 314–327, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.05.044>.

HART, J.; ADAMS, K.; GIESEKAM, J.; TINGLEY, D. D.; POMPONI, F. Barriers and drivers in a circular economy: the case of the built environment. **Procedia CIRP**, v. 80, p. 619–624, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.procir.2018.12.015>.

HARTLEY, K.; VAN SANTEN, R.; KIRCHHERR, J. Policies for transitioning towards a circular economy: expectations from the European Union (EU). **Resources, Conservation and Recycling**, v. 155, 104634, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2019.104634>.

ILIĆ, M.; NIKOLIĆ, M. Drivers for development of circular economy: a case study of Serbia. **Habitat International**, v. 56, p. 191–200, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.habitatint.2016.06.003>.

JABBOUR, C. J. C.; SEURING, S.; DE SOUZA JABBOUR, A. B. L.; JUGEND, D.; FIORINI, P. D. C.; LATAN, H.; IZEPII, W. C. Stakeholders, innovative business models for the circular economy and sustainable performance of firms in an emerging economy facing institutional voids. **Journal of Environmental Management**, v. 264, 110416, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.110416>.

JAEGER, B.; UPADHYAY, A. Understanding barriers to circular economy: cases from the manufacturing industry. **Journal of Enterprise Information Management**, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1108/JEIM-02-2019-0047>.

JARZĘBOWSKI, S.; BOURLAKIS, M.; BEZAT-JARZĘBOWSKA, A. Short Food Supply Chains (SFSC) as local and sustainable systems. **Sustainability**, v. 12, n. 11, 4715, 2020. DOI: <https://doi.org/10.3390/su12114715>.

JIA, F.; YIN, S.; CHEN, L.; CHEN, X. Circular economy in textile and apparel industry: a systematic literature review. **Journal of Cleaner Production**, 120728, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.120728>.

KANTERS, J. Circular building design: an analysis of barriers and drivers for a circular building sector. **Buildings**, v. 10, n. 4, 77, 2020. DOI: <https://doi.org/10.3390/buildings10040077>.

KAZANCOGLU, I.; KAZANCOGLU, Y.; YARIMOGLU, E.; KAHRAMAN, A. A conceptual framework for barriers of circular supply chains for sustainability in the textile industry. **Sustainable Development**, v. 28, n. 5, p. 1477–1492, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1002/sd.2100>.

KIRCHHERR, J.; PISCICELLI, L.; BOUR, R.; KOSTENSE-SMIT, E.; MULLER, J.; HUIBRECHTSE-TRUIJENS, A.; HEKKERT, M. Barriers to the circular economy: evidence from the European Union (EU). **Ecological Economics**, v. 150, p. 264–272, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2018.04.028>.

KUMAR, V. Circular economy in the manufacturing sector: benefits, opportunities and barriers. **Management Decision**, v. 57, n. 4, p. 1067–1986, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1108/MD-09-2018-1070>.

MAHPOUR, A. Prioritizing barriers to adopt circular economy in construction and demolition waste management. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 134, p. 216–227, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2018.01.026>.

MAITRE-EKERN, E.; DALHAMMAR, C. Towards a hierarchy of consumption behaviour in the circular economy. **Maastricht Journal European Comparative Law**, v. 26, p. 394–420, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1177/1023263X19840943>.

MANGLA, S. K.; LUTHRA, S.; MISHRA, N.; SINGH, A.; RANA, N. P.; DORA, M.; DWIVEDI, Y. Barriers to effective circular supply chain management in a developing country context. **Production Planning & Control**, v. 29, n. 6, p. 551–569, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1080/09537287.2018.1449265>.

MASI, D.; DAY, S.; GODSELL, J. Supply chain configurations in the circular economy: a systematic literature review. **Sustainability**, v. 9, n. 9, 1602, 2017. DOI: <https://doi.org/10.3390/su9091602>.

MILIOS, L.; BEQIRI, B.; WHALEN, K. A.; JELONEK, S. H. Sailing towards a circular economy: conditions for increased reuse and remanufacturing in the Scandinavian maritime sector. **Journal of Cleaner Production**, v. 225, p. 227–235, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.03.330>.

MOKTADIR, M. A.; RAHMAN, T.; RAHMAN, M. H.; ALI, S. M.; PAUL, S. K. Drivers to sustainable manufacturing practices and circular economy: a perspective of leather industries in Bangladesh. **Journal of Cleaner Production**, v. 174, p. 1366–1380, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.11.063>.

MURA, M.; LONGO, M.; ZANNI, S. Circular economy in Italian SMEs: a multi-method study. **Journal of Cleaner Production**, v. 245, 118821, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.118821>.

NOHRA, C. G.; PERENO, A.; BARBERO, S. Systemic design for policy-making: towards the next circular regions. **Sustainability**, v. 12, n. 11, p. 1–23, 2020. DOI: <https://doi.org/10.3390/su12114494>.

ORMAZABAL, M.; PRIETO-SANDOVAL, V.; PUGA-LEAL, R.; JACA, C. Circular economy in Spanish SMEs: challenges and opportunities. **Journal of Cleaner Production**, v. 185, p. 157–167, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.03.031>.

OZKAN-OZEN, Y. D.; KAZANCOGLU, Y.; MANGLA, S. K. Synchronizes barriers for circular supply chains in Industry 3.5/Industry 4.0 transition for sustainable resource management. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 161, 104986, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2020.104986>.

PASQUALOTTO, C. Mudanças no composto de marketing do processo de compra de alimentos orgânicos durante a pandemia do COVID-19. In: RIBEIRO, J. C.; DOS SANTOS, C. A.; CHARLES, A. S. (org.). **Ciências agrárias: estudos sistemáticos e pesquisas avançadas 2**. Ponta Grossa, PR: Atena Editora, 2022. p. 142–155.

PASQUALOTTO, C.; SAMPAIO, C. H. Mudanças no processo de compra e consumo de alimentos orgânicos durante a pandemia do COVID-19. **Iheringia, Série Botânica**, v. 77, 2022. DOI: <https://doi.org/10.21826/2446-82312022v77e2022007>.

PASQUALOTTO, C.; DE MENEZES, D. C. Sustentabilidade em feira de produtos alimentícios no Canadá. **Revista de Administração IMED**, v. 11, n. 1, p. 162–179, 2021. DOI: <https://doi.org/10.18256/2237-7956.2021.v11i1.4369>.

PASQUALOTTO, C.; DE MENEZES, D. C.; SOUTO, J. M. M. Consumers of organic products in the circular economy. **Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional**, v. 16, n. 1, p. 1–19, 2022. DOI: <https://doi.org/10.24857/rgsa.v16.2873>.

PIYATHANAVONG, V.; GARZA-REYES, J. A.; KUMAR, V.; MALDONADO-GUZMÁN, G.; MANGLA, S. K. The adoption of operational environmental sustainability approaches in the Thai manufacturing sector. **Journal of Cleaner Production**, v. 220, p. 507–528, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.02.093>.

PORTILHO, F. Consumidores de alimentos orgânicos: discursos, práticas e auto-atribuição de responsabilidade socioambiental. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE ANTROPOLOGIA, 26., 2008, Porto Seguro. **Anais [...]**. Porto Seguro: UFPEL, 2008.

RANTA, V.; AARIKKA-STENROOS, L.; RITALA, P.; MAKINEN, S. J. Exploring institutional drivers and barriers of the circular economy: a cross-regional comparison of China, the US, and Europe. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 135, p. 70–82, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2017.08.017>.

RITZÉN, S.; SANDSTRÖM, G. Ö. Barriers to the circular economy: integration of perspectives and domains. **Procedia CIRP**, v. 64, p. 7–12, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.procir.2017.03.005>.

ROBAINA, M.; VILLAR, J.; PEREIRA, E. T. The determinants for a circular economy in Europe. **Environmental Science and Pollution Research**, p. 1–13, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11356-020-07847-9>.

SCARPELLINI, S.; PORTILLO-TARRAGONA, P.; ARANDA-USÓN, A.; LLENA-MACARULLA, F. Definition and measurement of the circular economy's regional impact. **Journal of Environmental Planning and Management**, v. 62, n. 13, p. 2211–2237, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1080/09640568.2018.1537974>.

ŠEBO, J.; KÁDÁROVÁ, J.; MALEGA, P. Barriers and motives experienced by manufacturing companies in implementing circular economy initiatives: the case of manufacturing industry in Slovakia. In: INTERNATIONAL COUNCIL ON TECHNOLOGIES OF ENVIRONMENTAL PROTECTION (ICTEP), 2019. **Proceedings [...]**. IEEE, 2019. p. 226–229.

SEHNEM, S.; PEREIRA, S. C. F. Rumo à economia circular: sinergia existente entre as definições conceituais correlatas e apropriação para a literatura brasileira. **Revista Eletrônica de Ciência Administrativa**, v. 18, n. 1, p. 35–62, 2019. DOI: <https://doi.org/10.21529/RECADM.2019002>.

SHAO, J.; HUANG, S.; LEMUS-AGUILAR, I.; ÜNAL, E. Circular business models generation for automobile remanufacturing industry in China: barriers and opportunities. **Journal of Manufacturing Technology Management**, v. 31, n. 3, p. 542–571, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1108/JMTM-02-2019-0076>.

SIJTSEMA, S. J.; SNOEK, H. M.; VAN HAASTER-DE WINTER, M. A.; DAGEVOS, H. Let's talk about circular economy: a qualitative exploration of consumer perceptions. **Sustainability**, v. 12, n. 1, 286, 2020. DOI: <https://doi.org/10.3390/su12010286>.

SINGH, P.; GIACOSA, E. Cognitive biases of consumers as barriers in transition towards circular economy. **Management Decision**, v. 57, n. 4, p. 921–936, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1108/MD-08-2018-0951>.

TSENG, M. L.; CHIU, A. S.; CHIEN, C. F.; TAN, R. R. Pathways and barriers to circularity in food systems. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 143, p. 236–237, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2019.01.015>.

TURA, N.; HANSKI, J.; AHOLA, T.; STAHL, M.; PIIPARINEN, S.; VALKOKARI, P. Unlocking circular business: a framework of barriers and drivers. **Journal of Cleaner Production**, v. 212, p. 90–98, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.11.202>.

WIJETHILAKE, C.; UPADHAYA, B. Market drivers of sustainability and sustainability learning capabilities: the moderating role of sustainability control systems. **Business Strategy and the Environment**, p. 1–13, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1002/bse.2503>.

WERNING, J. P.; SPINLER, S. Transition to circular economy on firm level: barrier identification and prioritization along the value chain. **Journal of Cleaner Production**, v. 245, 118609, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.118609>.

WOLFSWINKEL, J. F.; FURTMUELLER, E.; WILDEROM, C. P. M. Using grounded theory as a method for rigorously reviewing literature. **European Journal of Information Systems**, v. 22, p. 45–55, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1057/ejis.2011.51>.

XUE, B.; CHEN, X. P.; GENG, Y.; GUO, X. J.; LU, C. P.; ZHANG, Z. L.; LU, C. Y. Survey of officials' awareness on circular economy development in China: based on municipal and county level. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 54, n. 12, p. 1296–1302, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2010.05.010>



Parte II

Inovação, Tecnologias e Valorização da sociobiodiversidade



CAPÍTULO 5

Análise da Sustentabilidade Amazônica no Contexto da Propriedade Intelectual

Alexsandro de Souza Cavalcante, Ana Karla de Souza Abud

Resumo

O mundo sofre com os resultados das mudanças climáticas. Dentro desse contexto, as inovações sustentáveis podem ser uma ferramenta importante em relação ao meio ambiente e para as riquezas naturais da Amazônia. Para a sua devida proteção, a Propriedade Intelectual pode exercer papel fundamental por meio das garantias do retorno financeiro para os criadores. Sendo assim, surge o seguinte problema: Como a Propriedade Intelectual pode contribuir para a proteção dos conhecimentos tradicionais da Amazônia? Trata-se de um estudo de natureza aplicada, com objetivo exploratório, desenvolvido por meio de levantamento de informações. É possível perceber que existem dispositivos jurídicos que contribuem para a sustentabilidade e para salvaguardar os conhecimentos tradicionais amazônicos, além de ferramentas como a Economia Circular. Como sugestão para estudos futuros, propõe-se investigar o uso de produtos da Amazônia como matérias-primas para cosméticos e o papel da PI na questão.

Palavras-chave: Sustentabilidade. Propriedade Intelectual. Conhecimentos Tradicionais.

Introdução

O mundo vem passando por diversos problemas ambientais. Várias partes do planeta enfrentam secas, enchentes, ondas de calor severo e outros fenômenos oriundos das mudanças climáticas. Desse modo, um número considerável de pessoas é diretamente afetado por esses eventos.

Diante desses problemas ambientais, a sustentabilidade vem ganhando destaque na sociedade. Empresas, governos e indivíduos buscam alternativas para que o país continue progredindo, mas sem afetar negativamente o meio ambiente.

As pessoas também estão modificando hábitos e procurando adequação a um modo de vida com menos agressão ao meio ambiente. As empresas que conseguem atender aos anseios da parcela da sociedade ambientalmente consciente acabam conquistando clientes e obtendo vantagem em relação aos concorrentes.

As tecnologias podem auxiliar no contexto da sustentabilidade. Muitos dispositivos, criados considerando o meio ambiente, são desenvolvidos por empresas e pela academia. Além disso, o governo vem proporcionando ferramentas para acelerar as inovações mencionadas.

Regiões que possuem riquezas naturais estão sofrendo com as consequências provenientes das mudanças climáticas. Entre as consequências estão a mortalidade de animais e os danos às plantações. Paralelamente, saberes locais podem tornar-se alvo de interesses econômicos de grandes empresas, situação que pode afetar as comunidades detentoras desses conhecimentos.

A Amazônia, como uma região com enorme diversidade de fauna e flora, precisa de proteção para as suas riquezas. Além disso, os seus povos necessitam que instrumentos jurídicos possam salvaguardar os seus elementos naturais, incluindo os saberes tradicionais.

A Propriedade Intelectual (PI) pode dar o suporte necessário para a proteção dos conhecimentos dos povos indígenas da Amazônia. A PI, juntamente com a legislação específica, protege os elementos, inclusive matérias-primas, da região, fornecendo os benefícios para os verdadeiros detentores dos direitos.

Diante do que foi visto, surge o seguinte problema: Como a Propriedade Intelectual pode contribuir para a proteção dos conhecimentos tradicionais da Amazônia?

Contexto

A Propriedade Intelectual (PI) estimula o desenvolvimento de inovações e soluções para a sociedade. De acordo com a *World Intellectual Property Organization* (WIPO - 2026a), a PI diz respeito às invenções provenientes da mente humana e possuem proteção jurídica, tendo uso na rotina e procurando equilibrar interesses financeiros dos criadores e os da coletividade.

Segundo Sales e Pires (2023), a população vive na chamada sociedade do conhecimento, na qual informações, produtos e serviços são amplamente desenvolvidos, necessitando da proteção da Propriedade Intelectual. No entanto, de acordo com os autores, apesar de o Brasil possuir destaque na produção científica, a PI ainda é pouco disseminada no meio acadêmico, inclusive na publicação de trabalhos.

Ainda seguindo o raciocínio dos autores mencionados no parágrafo anterior, uma consequência do cenário descrito é a fraca produção de trabalhos nos quais as universidades são requerentes de registro de marcas. O fato é preocupante, haja vista a importância que o universo acadêmico possui no desenvolvimento de novas tecnologias para a sociedade.

Sob essa perspectiva, é essencial o envolvimento das universidades brasileiras. Elas possuem pessoas qualificadas, como pesquisadores e alunos de destaque, que podem desenvolver estudos e produtos/serviços com alcance de toda a sociedade. Além disso, muitas instituições possuem a estrutura ideal para a atividade mencionada, como laboratórios equipados.

Na mesma linha de raciocínio, Lazzarin *et al.* (2024) mostraram a importância das Instituições de Ensino Superior (IES) no contexto da Propriedade Intelectual. Os autores observaram boas práticas na gestão da PI nas universidades brasileiras, como o ensino do tema na graduação, o oferecimento de cursos e minicursos e a contratação de empresas especializadas, entre outras práticas. No entanto, o estudo demonstrou que o cenário ainda precisa melhorar.

Dentro do contexto da Propriedade Intelectual existem as inovações sustentáveis. Essas inovações têm como um de seus principais pilares o respeito ao meio ambiente. Para Haqqani *et al.* (2026), adaptar a estrutura organizacional para um cenário mais ecológico pode resultar em inovação verde e em melhores retornos para a empresa. Além disso, a fidelização de clientes constitui outro benefício para as empresas.

Ainda analisando os benefícios organizacionais, a redução de custos operacionais é outro ponto positivo. Uma explicação é a reutilização de recursos que, em momentos anteriores, seriam descartados. Além disso, a eficiência energética pode ser uma consequência do investimento em sustentabilidade.

As inovações sustentáveis podem trazer benefícios para organizações, assim como para a sociedade. As pessoas têm acesso a cidades mais limpas e à manutenção de recursos naturais para gerações futuras. Outro fato marcante é a geração de empregos para a comunidade em que a empresa está inserida, promovendo renda e qualidade de vida para os indivíduos.

Para Garzia *et al.* (2025), as organizações que possuem estrutura voltada para a ecologia fazem investimentos em sustentabilidade e possuem boa comunicação acerca das suas práticas ambientais têm um crescimento mais saudável. Desse modo, embora os resultados possam demorar a se manifestar em razão da concorrência, as empresas que adotam essas práticas podem obter vantagens competitivas.

Ainda seguindo o raciocínio dos autores do parágrafo anterior, é importante que exista a formalização das práticas sustentáveis. De acordo com o estudo, elas devem aparecer em todas as etapas possíveis na cadeia de suprimentos, como compras, produção e logística. Assim sendo, é interessante que os parceiros estejam na mesma sintonia para que os resultados sejam concretos.

Dentro do contexto, é essencial a percepção, por parte das marcas, que boa parte da sociedade está em sintonia com ideais ecológicos. As organizações precisam desenvolver produtos e serviços ambientalmente mais sustentáveis, incorporar essas práticas às suas atividades internas e demonstrá-las por meio de ações transparentes.

Seguindo os ideais ecológicos, de acordo com Shao, Zhang e Wen (2025), a intenção de compra, por parte do consumidor, e o valor ambiental do produto possuem relação, sendo que o segundo ponto representa um diferencial. Além disso, é essencial que haja transparência no que diz respeito ao preço do produto, inclusive demonstrando os custos dos componentes sustentáveis.

A Economia Circular (EC) está dentro do contexto da sustentabilidade. A proposta é ampliar o ciclo de vida de produtos e embalagens. Uma consequência dessa atitude é a redução de resíduos no meio ambiente, uma vez que o descarte frequentemente ocorre de maneira inadequada.

Sob essa perspectiva, Danvers, Polonsky e Bridson (2026) demonstraram que empresas de embalagens localizadas em países que possuem as ideias da EC mais disseminadas conseguem apresentar melhores resultados. Alguns pontos mencionados são uma maior eficiência dos materiais, melhor recuperação das embalagens e integração do conteúdo reciclado.

Para entender melhor os ideais da Economia Circular, a Tabela 1 exhibe alguns pontos.

Tabela 1 Elementos que fazem parte da Economia Circular.

Elementos	Economia Circular
Origens do termo	Diferentes escolas de pensamento, implementação regulatória dos governos e agendas políticas.
Motivações principais	Melhor uso de recursos, evitar desperdícios e vazamento (de linear para circular).
Sistema priorizado	Sistema econômico (hierárquico).
Beneficiados	Atores econômicos e sociedade como um todo.
Financiamento	Governos, empresas e ONG's.

Fonte: Adaptado de Geissdoerfer et al. (2017).

É importante que exista a participação do governo, seja por meio de regulamentações ou de financiamento, como foi demonstrado pelos autores na tabela exibida. O poder público tem força para implementar mudanças que afetam, de maneira positiva, a vida da sociedade.

O uso dos recursos também é um dos principais elementos da Economia Circular. São eles que, depois de utilizados, são descartados. Um dos problemas está na destinação inadequada dos resíduos, inclusive quando materiais passíveis de reaproveitamento são encaminhados a aterros sanitários. Os depósitos em questão causam desconforto devido ao cheiro ruim e podem ser vetores de doenças.

A Economia Circular busca manter os recursos dentro de uma circularidade, evitando o caminho linear: comprar-usar-descartar. A obsolescência programada, que está dentro do contexto mencionado do modelo de linearidade, vai de encontro aos ideais da Economia Circular por não considerar outros modos de usar um determinado rejeito.

Os resíduos, como embalagens, são mantidos em um ciclo de vida que prolonga a sua utilização e adia a sua volta para o meio ambiente, com a possibilidade de nem retornar devido a diferentes maneiras de lidar. Muitas vezes, o que é tido como lixo, pode servir para gerar energia, proporcionando economia e acesso a recursos energéticos limpos. Além disso, outros resíduos, como fibras de frutas, podem servir para desenvolver produtos.

Outro benefício da EC é a proteção da biodiversidade. Ao atingir menos o meio ambiente, a fauna e a flora são mantidas, proporcionando riquezas naturais para todos. Além disso, as cidades ficam mais limpas, com menos resíduos espalhados por locais inadequados.

Dentro da área da PI e das inovações sustentáveis, uma preocupação é a biopirataria. Segundo Balogun (2023), a biopirataria pode ser combatida mediante a comprovação de que determinado elemento ou conhecimento local é mantido por uma comunidade específica. Sendo assim, aquele grupo protegido legalmente pode colher os benefícios.

O autor mencionado no parágrafo anterior também afirmou que a digitalização do conhecimento pode ajudar na proteção. O motivo, de acordo com o estudo, é que o registro digital torna público o dispositivo da comunidade. Como exemplo, Balogun (2023) citou a tentativa de preservar os sistemas de conhecimento indígena na África do Sul, reforçando a necessidade de cuidar de materiais relacionados a povos que possuem vasto acervo de saberes. Além disso, o meio universitário, por intermédio da ciência, pode ajudar na preservação de conhecimentos e artefatos de grande relevância para a cultura local.

Uma região que merece atenção, seguindo na linha da sustentabilidade, é a Amazônia. O local possui grande diversidade de fauna e flora, inclusive com materiais que servem

para a produção de medicamentos, alimentos e cosméticos, representando um mercado considerável. Além disso, os seus povos possuem um enorme acervo de saberes que passam as gerações.

Entre os recursos e potencialidades da Amazônia estão a madeira, o material genético e as áreas destinadas a atividades turísticas. Inclusive, a presença de turistas deve ser acompanhada de perto, pois a região pode ser afetada, de maneira negativa, com a presença de pessoas de fora do ambiente e que podem levar lixo para a comunidade.

Para Chakrabarty, Tanoue e Penteado (2023), os conhecimentos tradicionais estão há muito tempo no planeta, mas não possuem a devida proteção, apesar de os benefícios serem compartilhados por todos na sociedade. Sendo assim, são saberes que precisam do apoio da lei, até para que as comunidades possam ter o retorno merecido.

Seguindo a mesma linha de raciocínio, para Valadez (2025), materiais que podem ser alvos de biopirataria possuem grande impacto na sociedade, sendo matérias-primas de medicamentos e alimentos. De acordo com o estudo, algumas medidas para combater são o conhecimento a respeito do impacto ambiental da origem dos produtos, investimento em pesquisa e aconselhamento sobre bioética. Além disso, trazendo para o contexto amazônico, trata-se de uma região rica em materiais que podem ser alvo de grandes empresas.

Geethanjali e Shelke (2026) mostraram como o governo e as organizações não-governamentais podem ajudar no combate à biopirataria e na manutenção dos conhecimentos tradicionais. Além disso, o estudo demonstrou como o governo da Índia atuou para proteger produtos do país que estavam sendo alvos de biopirataria, como a *aloe vera* e a cúrcuma.

Ainda considerando dispositivos governamentais, existe o Decreto nº 4.339, que diz respeito à Política Nacional da Biodiversidade. De acordo com Brasil (2002), o instrumento possui, como um dos seus componentes, a preocupação com a gestão da biodiversidade e com pesquisas sobre os conhecimentos tradicionais. Além disso, aborda a utilização sustentável da variedade biológica e da biotecnologia, também considerando os valores sociais, econômicos e culturais.

Outra ferramenta do governo é o Decreto nº 8.772. De acordo com Brasil (2016), o dispositivo estimula a publicação de artigos, eventos científicos, pedidos de patentes, registro de cultivar, entre outros mecanismos. Além disso, dispõe sobre a repartição dos benefícios provenientes dos conhecimentos tradicionais, sobretudo considerando as comunidades locais, sendo algo muito benéfico para os povos amazônicos.

Uma das consequências positivas da repartição mencionada anteriormente é a bioeconomia. Para Wagh *et al.* (2024), o termo citado diz respeito a determinada ferramenta

que é capaz de unir avanços científicos, política e inovações, construindo um caminho sustentável para a sociedade.

Ainda seguindo o estudo do parágrafo anterior, os autores afirmam que a relação existente entre bioeconomia e inovações sustentáveis acontece ao extrair matéria-prima de determinado produto e procurar utilizar, ao máximo, os seus recursos. Além disso, Wagh *et al.* (2024) asseguram que a sustentabilidade deve ser um dos pilares do tipo de economia em questão.

Outro ponto essencial diz respeito às comunidades indígenas. Para a *World Intellectual Property Organization* (WIPO - 2026b), os Povos Indígenas e as comunidades locais possuem importância fundamental, sendo que a organização disponibiliza ferramentas voltadas para a proteção dos conhecimentos e expressões culturais tradicionais. É essencial articular a PI à proteção dos saberes desses povos, pois há necessidade de salvaguardar sua produção.

Por fim, as comunidades podem ter protegidos os seus produtos e ideias, além de terem acesso aos benefícios que os artefatos possam render. Além disso, é preciso entender que a riqueza da biodiversidade amazônica é grande, sendo que toda a sociedade precisa ter consciência a respeito do que a região pode oferecer.

Considerações Finais

O planeta passa por diversas transformações provenientes das mudanças climáticas. Dentro desse contexto, surgem as inovações sustentáveis, que buscam solucionar problemas reduzindo os impactos negativos sobre o meio ambiente. São ferramentas que ajudam no progresso social em conjunto com os recursos naturais.

A Amazônia é uma região que precisa de proteção para as suas riquezas, incluindo os conhecimentos tradicionais locais. Esse suporte pode ser dado pela Propriedade Intelectual, que busca estimular as inovações, garantir retorno financeiro aos criadores e proporcionar benefícios à sociedade.

Este estudo demonstrou que existem ferramentas jurídicas que buscam garantir a proteção dos recursos naturais, como a Política Nacional da Biodiversidade. Esses dispositivos podem beneficiar as comunidades locais, mas sua efetividade depende de mecanismos adequados de fiscalização, especialmente diante da exploração dos recursos naturais sem a correspondente repartição de benefícios.

A Economia Circular aparece como uma solução para resíduos de empresas e resíduos, mas também de produtos naturais, como fibras de frutas. Esta pesquisa demonstrou que o melhor uso de recursos e o não desperdício de materiais são algumas consequências da EC, podendo ser uma boa alternativa para empresas.

Este estudo contribui para a literatura ao apresentar ferramentas e dispositivos que podem ser utilizados na proteção dos conhecimentos tradicionais da Amazônia. Além disso, pode servir de base para o desenvolvimento de estudos na área.

Esta pesquisa contribui para a sociedade ao fornecer informações que podem subsidiar a tomada de decisões governamentais que envolvem Propriedade Intelectual e ações sustentáveis, sobretudo quando englobam a Amazônia. Além disso, as empresas podem utilizar essas informações como subsídio para investimentos mais conscientes em sustentabilidade e na região amazônica.

Seria interessante, como sugestão para estudos futuros, uma investigação sobre o uso de produtos da Amazônia como matérias-primas para cosméticos, área de grande impacto financeiro no Brasil, e o papel da PI na questão.

Referências Bibliográficas

BALOGUN, T. Digitization of Indigenous knowledge systems in Africa: the case of South Africa's National Recorded System (NRS). **Records Management Journal**, v. 33, n. 1, p. 88–102, 2023. Disponível em: <https://doi-org.ez20.periodicos.capes.gov.br/10.1108/RMJ-10-2022-0029>. Acesso em: 15 mar. 2026.

BRASIL. Decreto Nº 4.339, de 22 de agosto de 2002. **Institui princípios e diretrizes para a implementação da Política Nacional da Biodiversidade**. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/2002/D4339.htm. Acesso em: 7 abr. 2026.

BRASIL. Decreto Nº 8.772, de 11 de maio de 2016. **Regulamenta a Lei nº 13.123, de 20 de maio de 2015, que dispõe sobre o acesso ao patrimônio genético, sobre a proteção e o acesso ao conhecimento tradicional associado e sobre a repartição de benefícios para conservação e uso sustentável da biodiversidade**. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2015-2018/2016/Decreto/D8772.htm. Acesso em: 7 abr. 2026.

CHAKRABARTY, S. P.; TANOUÉ, M.; PENTEADO, A. The Trouble Is, You Think You Have Time: Traditional Knowledge of Indigenous Peoples in Japan and India, the Reality of Biodiversity Exploitation. **Environmental Management**, v. 72, p. 100–112, 2023. Disponível em: <https://doi-org.ez20.periodicos.capes.gov.br/10.1007/s00267-021-01560-0>. Acesso em: 18 mar. 2026.

DANVERS, S.; POLONSKY, M. J.; BRIDSON, K. The impact of packaging firms' circularity practices and policies on their environmental packaging performance. **The International Journal of Logistics Management**, v. 37, n. 7, p. 31–57, 2026. Disponível em: <https://doi-org.ez20.periodicos.capes.gov.br/10.1108/IJLM-02-2025-0097>. Acesso em: 20 mar. 2026.

GARZIA, C.; GAZZOLA, P.; SLERCA, E.; GENTILE, F. M. Sustainable innovation strategies and firm performance: evidence from the Italian food industry. **British Food Journal**, v. 127, n. 13, p. 862–

882, 2025. Disponível em: <https://doi-org.ez20.periodicos.capes.gov.br/10.1108/BFJ-05-2025-0606>. Acesso em: 18 mar. 2026.

GEETHANJALI, K. V.; SHELKE, A. F. Intellectual property rights and biodiversity: Peculiarizing issues of biopiracy and the prophylactic measures therein. **The Journal of World Intellectual Property**, v. 29, n. 1, p. 66-81, 2026. Disponível em: <https://doi-org.ez20.periodicos.capes.gov.br/10.1111/jwip.70000>. Acesso em: 10 abr. 2026.

GEISSDOERFER, M.; SAVAGET, P.; BOCKEN, N. M. P.; HULTINK, E. J. The Circular Economy – A new sustainability paradigm? **Journal of Cleaner Production**, v. 143, p. 757-768, 2017. Disponível em: 10.1016/j.jclepro.2016.12.048. Acesso em: 10 abr. 2026.

HAQQANI, K.; ALEEM, M.; MAHMOOD, S.; ALHUSSAN, A. A.; KHAFAGA, D. S.; EID, M. M.; EL-KENAWY, E.M. Green intellectual capital and organizational learning: pathways to sustainable innovation and firm performance in Pakistani SMEs. **Journal of Intellectual Capital**, v. 27, n. 7, p. 22-48, 2026. Disponível em: <https://doi-org.ez20.periodicos.capes.gov.br/10.1108/JIC-08-2025-0330>. Acesso em: 2 mai. 2026.

LAZZARIN, F. C.; SANTOS JUNIOR, E. L.; COLLA, E.; SILVA-BUZANELLO, R. A. Gestão da Propriedade Intelectual em Núcleos de Inovação Tecnológica de Instituições de Ensino Superior: cenário nacional. **Cadernos de Prospecção**, v. 17, n. 2, p. 371-385, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.9771/cp.v17i2.55781>. Acesso em: 10 mai. 2026.

SALES, M. A. O.; PIRES, E. A. Registro de Marca como Instrumento de Proteção de Ativos de Propriedade Intelectual nas Universidades: uma revisão bibliométrica. **Cadernos de Prospecção**, v. 16, n. 5, p. 1462-1479, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.9771/cp.v16i5.51500>. Acesso em: 25 mar. 2026.

SHAO, X.; ZHANG, X.; WEN, H. From waste to taste: understanding consumer perceptions and marketing strategies for edible food packaging. **British Food Journal**, v. 127, n. 13, p. 820-837, 2025. Disponível em: <https://doi-org.ez20.periodicos.capes.gov.br/10.1108/BFJ-06-2025-0791>. Acesso em: 25 abr. 2026.

VALADEZ, A. J. Sobre las biopatentes: el estado de la materia biológica en el sistema de patentes y problemáticas derivadas. **Revista de Bioética y Derecho**, n. 64, p. 176-196, 2025. Disponível em: <https://doi.org/10.1344/rbd2025.64.48836>. Acesso em: 3 mai. 2026.

WAGH, M. S.; SOWJANYA, S.; NATH, P. C.; CHAKRABORTY, A.; AMRIT, R.; MISHRA, B.; MISHRA, A. K.; MOHANTA, Y. K. Valorisation of agro-industrial wastes: Circular bioeconomy and biorefinery process – A sustainable symphony. **Process Safety and Environmental Protection**, v. 183, p. 708-725, 2024. Disponível em: <https://doi-org.ez20.periodicos.capes.gov.br/10.1016/j.psep.2024.01.055>. Acesso em: 5 mai. 2026.

WIPO. World Intellectual Property Organization. **What is Intellectual Property?** 2026a. Disponível em: <https://www.wipo.int/en/web/about-ip>. Acesso em: 16 mar. 2026.

WIPO. World Intellectual Property Organization. **Indigenous Peoples and Local Communities' Engagement**. 2026b. Disponível em: <https://www.wipo.int/en/web/traditional-knowledge/engagement>. Acesso em: 9 abr. 2026.



CAPÍTULO 6

Produção de conhecimento sobre Sociobiodiversidade Amazônica: Perspectivas de Domínio para a sustentabilidade

Mateus Rebouças Nascimento, Antônio Carlos Picalho

Resumo

Analisa como a produção de conhecimento sobre sociobiodiversidade amazônica tem sido organizada e quais dimensões estruturam esse domínio para a promoção da sustentabilidade. A pesquisa articula revisão teórico-conceitual e mapeamento temático de dados tratados no software VOSviewer. Os resultados indicam a centralidade dos termos sociobiodiversidade, Amazônia e bioeconomia, evidenciando um domínio interdisciplinar organizado em quatro dimensões: econômico-produtiva e bioeconômica; socioambiental de conservação e segurança alimentar; territorial e urbano-regional; e sociocultural, institucional e de práticas locais. O alinhamento com o desenvolvimento sustentável concentra-se nos ODS 15, 13 e 2, revelando vínculo com conservação, clima e segurança alimentar. Conclui-se que a sociobiodiversidade amazônica constitui campo estratégico para articular conhecimento científico, saberes tradicionais, sustentabilidade e desenvolvimento regional.

Palavras-chave: Sociobiodiversidade. Amazônia. Sustentabilidade. Bioeconomia.

Introdução

A produção de conhecimento no domínio da ciência concretiza-se no desenvolvimento de pesquisas em ambientes institucionais próprios, como universidades, institutos e centros de pesquisa, voltados à compreensão e à solução de questões de interesse social, ambiental, econômico, cultural e tecnológico. Tais investigações se efetivam por meio da disseminação de seus resultados em diferentes canais de comunicação científica, como artigos em periódicos, anais de eventos, capítulos de livro, dissertações, teses e demais formatos de registro do conhecimento científico, alimentando novos ciclos de produção a partir dos saberes já consolidados.

No contexto amazônico, essa produção assume contornos específicos, considerando que a Amazônia abriga a maior floresta tropical do planeta e uma das mais expressivas concentrações de diversidade biológica do mundo, “ocupando uma área de 6,3 milhões de km², que abrange Brasil, Bolívia, Colômbia, Equador, Guiana Francesa, Guiana, Peru, Suriname e Venezuela” (Brandão; Arieira; Nobre, 2024, p. 250). A essa dimensão territorial soma-se uma significativa diversidade sociocultural, constituída por povos indígenas de múltiplas etnias e línguas, comunidades quilombolas, ribeirinhos, seringueiros, quebradeiras de coco, pescadores artesanais e demais comunidades tradicionais.

Os saberes tradicionais associados à diversidade sociocultural amazônica configuram práticas relacionadas à biodiversidade, expressas no uso de plantas medicinais, em sistemas agroflorestais, no manejo de recursos pesqueiros e em técnicas de cultivo adaptadas às condições locais. Esses saberes constituem patrimônio informacional de valor científico, econômico e cultural, sendo transmitidos entre gerações por meio de formas próprias de organização comunitária. Conforme Miranda *et al.* (2025, p. 8), o conhecimento tradicional é “transmitido entre os membros da comunidade de forma diversa segundo critérios adotado pelo próprio grupo, como função social, gênero, idade, parentesco ou, ainda, preferências individuais”.

A relevância desses saberes amplia-se diante dos desafios que atravessam a região, como o desmatamento, a expansão da fronteira agropecuária, a exploração excessiva de recursos naturais, a apropriação indevida de terras e as ameaças aos modos de vida das populações locais. Os fatores mencionados evidenciam a necessidade de conservar a biodiversidade amazônica e, simultaneamente, assegurar a permanência dos sistemas culturais, produtivos e territoriais das comunidades que historicamente manejam esse ambiente. Nesse cenário, a sociobiodiversidade amazônica configura-se como objeto de investigação que atravessa múltiplas áreas do conhecimento, demandando contribuições das ciências biológicas, das ciências sociais, das ciências ambientais, entre outros campos.

A investigação do conhecimento registrado sobre essa temática, por intermédio dos canais comunicativos da ciência, pode ser realizada mediante a aplicação de técnicas dos estudos métricos da informação. A análise proporcionada por esses estudos contribui para identificar como o conhecimento é produzido, disseminado e organizado, permitindo a construção de indicadores sobre os principais atores de determinado domínio, suas redes de colaboração, as temáticas discutidas, os canais de comunicação utilizados e os possíveis impactos dessa produção para a sociedade.

Nesse sentido, mapear como a produção de conhecimento sobre sociobiodiversidade amazônica tem sido discutida permite verificar não apenas o que tem sido produzido, mas também quais dimensões estruturam esse domínio. Identificar essas dimensões tor-

na-se relevante quando se considera que a sociobiodiversidade amazônica não constitui apenas um objeto de investigação acadêmica, mas também um ativo estratégico para a promoção da inovação, da sustentabilidade e do desenvolvimento regional.

A forma como o conhecimento sobre o tema se organiza, isto é, quais conceitos o estruturam, quais metodologias o investigam e quais instituições o sustentam, condiciona diretamente a capacidade de transformar esse patrimônio em produtos, processos, políticas e práticas que beneficiem tanto a sociedade quanto as populações que historicamente produzem e preservam esses saberes. Diante dessa perspectiva, o objetivo deste capítulo é analisar como a produção de conhecimento sobre sociobiodiversidade amazônica tem sido organizada.

Para tanto, busca-se responder à seguinte questão norteadora: como a produção de conhecimento sobre sociobiodiversidade amazônica tem sido articulada e quais dimensões a estruturam para a promoção da sustentabilidade? A discussão é conduzida em caráter teórico-conceitual, articulada a uma metodologia de mapeamento de temáticas por meio de *software* métrico que sistematiza como tais dimensões podem ser evidenciadas no levantamento da produção científica sobre o tema.

O entendimento de domínio adotado nesta pesquisa refere-se a uma comunidade de pesquisadores que compartilha objetos de investigação, referenciais teóricos, vocabulários, métodos e canais de comunicação, estruturando-se em torno de questões comuns que orientam a produção de conhecimento. No caso da sociobiodiversidade amazônica, essa delimitação fundamenta-se no fato de que o tema não se ancora em um único campo disciplinar, mas se constitui na integração de múltiplas áreas que dialogam, nem sempre de maneira articulada, em torno de um objeto compartilhado.

Para a identificação do domínio focado nas temáticas discutidas, foi construída uma expressão de busca composta por termos relacionados à sociobiodiversidade e à Amazônia: ("*Sociobiodiversity*" OR "*Socio-biodiversity*") AND ("*Amazonian*" OR "*Amazon*" OR "*Amazonic*" OR "*Amazônia*" OR "*Amazonia*" OR "*Amazônica*"). Os dados foram coletados em maio de 2026 na base Web of Science, resultando na recuperação de 43 documentos alinhados à temática. A escolha da base justifica-se por seu caráter multidisciplinar e pela possibilidade de exportação dos registros em formato compatível com o VOSviewer, utilizado para a geração automatizada dos grafos métricos. Para o tratamento e a visualização das redes, foi utilizada a versão 1.6.20 do *software*.

Amazônia e Sociobiodiversidade: Bases Conceituais para a Produção de Conhecimento

Pensar a Amazônia como base conceitual para a produção de conhecimento requer compreendê-la para além de uma reserva de recursos naturais, de uma fronteira econômica ou de um espaço de biodiversidade. A região constitui um território complexo, produzido por relações históricas, sociais, culturais, ecológicas, políticas e econômicas que se articulam em diferentes escalas. Nessa perspectiva, a Amazônia não pode ser compreendida apenas como um bioma, mas como uma formação socioespacial marcada por múltiplas territorialidades, ressaltada na “territorialidade humana que qualifica a Amazônia na relação do ser humano/povos e natureza” (Silva, 2025, p. 2).

Na atualidade, o território amazônico na perspectiva de Oliveira Neto (2024, p. 75) está “organizado dentro de uma racionalização centrada na necessidade de estabelecer e de potencializar os fluxos materiais em diversas escalas, principalmente na escala regional, nacional e internacional”. Ter a compreensão territorial é fundamental para analisar a sociobiodiversidade, pois a diversidade amazônica não se encontra dissociada das formas de ocupação, manejo e significação construídas historicamente pelos sujeitos que habitam a região.

O território não atua somente como um espaço físico, mas como ambiente de reprodução cultural, econômica, simbólica e política. É nele que se constituem práticas de uso dos recursos naturais, formas de organização comunitária, relações de pertencimento e estratégias de resistência diante de processos de expropriação e mercantilização da natureza, sendo este território “situando a Amazônia como arena de tensões entre projetos estatais, interesses econômicos e modos de vida tradicionais” (Amaral; Cajado, 2025, p. 172).

A sociobiodiversidade emerge da necessidade de compreender as relações entre natureza e sociedade de forma integrada. Diferentemente de uma abordagem restrita à biodiversidade como conjunto de espécies, genes ou ecossistemas, a sociobiodiversidade incorpora os sistemas socioculturais que participam da produção, conservação, uso e transmissão dos conhecimentos associados à natureza. Assim, trata-se de um “conceito que expressa a inter-relação entre a diversidade biológica e a diversidade de sistemas socioculturais” (Brasil, 2009, p. 9).

Nesse sentido, a sociobiodiversidade é compreendida para além da soma entre biodiversidade e diversidade cultural, sendo a relação dinâmica entre ambas, envolvendo a questão histórica e dinâmica entre a diversidade cultural humana e os ecossistemas, desempenhando função na conservação da natureza, na segurança alimentar e na adaptação

às mudanças climáticas (Joly, 2025, p. 2). Os modos de vida na Amazônia, suas práticas produtivas e seus sistemas de conhecimento contribuem para a biodiversidade e participam de sua manutenção e transformação.

Essa perspectiva permite reconhecer que os saberes tradicionais associados à sociobiodiversidade possuem racionalidades próprias de produção, validação e circulação, sendo “uma totalidade de saberes e práticas de origem local estabelecidas por meio de experiências e observações por diferentes grupos sociais e locais” (Fonseca, 2025, p. 77). Embora nem sempre sejam registrados nos formatos convencionais da ciência, tais saberes constituem sistemas informacionais complexos, sustentados pela oralidade, pela memória coletiva, pela experiência prática e pelas relações comunitárias.

Desse modo, o conhecimento tradicional é uma forma legítima de compreender, classificar, manejar e conservar a natureza, oriundo na “fonte da espiritualidade em interconexão com o território, não prevendo distinções entre o empírico e o sagrado” (Moreira, 2025, p. 33). Oliveira, Chaves e Miranda (2025, p. 3) reforçam ainda que os conhecimentos tradicionais são fundamentais “tanto para a preservação cultural quanto para o fortalecimento de práticas sustentáveis no território”.

A sociobiodiversidade amazônica também introduz uma dimensão epistemológica para a produção científica. Ao estudar os saberes, práticas e territórios tradicionais, a ciência precisa refletir sobre quem define os problemas de pesquisa, quais conhecimentos são reconhecidos como válidos, quais sujeitos aparecem como atores e quais permanecem apenas como fontes de informação, onde discutir sociobiodiversidade implica questionar a relação entre ciência e saberes tradicionais.

No campo da inovação, a sociobiodiversidade amazônica apresenta um potencial estratégico, desde que a inovação seja compreendida para além da lógica estritamente tecnológica ou mercadológica. Inovar, nesse contexto, envolve criar soluções sustentáveis e territorialmente comprometidas, capazes de valorizar produtos, processos, técnicas, serviços e formas organizativas que fortaleçam comunidades locais, promovam geração de renda, conservem ecossistemas e respeitem os modos de vida tradicionais. Assim, a inovação vinculada à sociobiodiversidade aproxima-se da inovação social, compreendida como campo de “proposições de reformulação de processos a partir de novos conhecimentos alinhados à realidade social, com maior capilaridade e inércia” (Faria; Vasconcellos Sobrinho; Mascarenhas, 2025, p. 3).

O conceito de inovação social é compreendido, em sua essência, a partir da “criação de valor social e da melhoria dos padrões da qualidade de vida das pessoas” (Moreira *et al.*, 2024, p. 5). Nessa direção, Reinaldo e Pinto (2023) compreendem o ecossistema de inovação social como um ambiente local ou regional constituído pela interação entre diferentes

atores, como empresas, empreendedores sociais, organizações com ou sem fins lucrativos, fundos de investimento, incubadoras, universidades, organizações não governamentais, governos, comunidades e demais instituições. Esses atores compartilham capacidades e recursos, financeiros ou não, com a finalidade de enfrentar problemas sociais de forma inovadora, reduzir impactos negativos e/ou ampliar impactos positivos na sociedade.

A Figura 1 apresenta o processo de inovação social, no qual a geração de impacto decorre de etapas sucessivas que envolvem investigação, análise e proposição de soluções, formalização e projeto piloto, manutenção, avaliação e escalabilidade (Silva, 2018). Essa representação evidencia que a inovação social se desenvolve de modo gradual e articulado, partindo da identificação de problemas sociais até alcançar a ampliação de seus efeitos e a mudança social sistêmica.

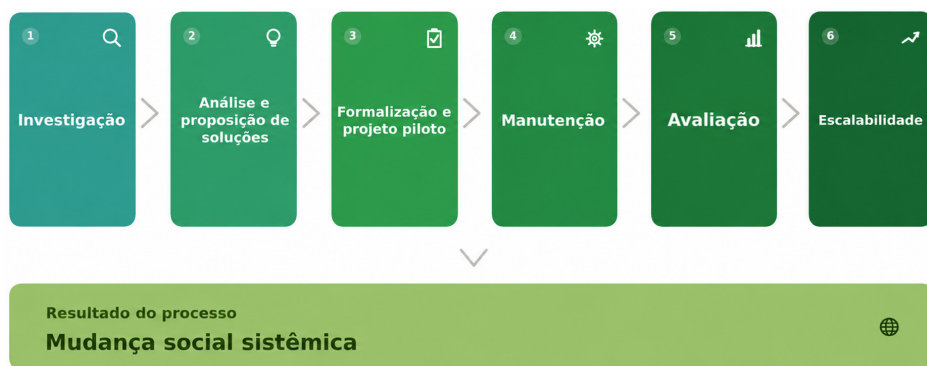


Figura 1 Processo de inovação social. Fonte: Adaptado de Silva (2018, p. 51).

O processo representado demonstra que a inovação depende de ciclos de aprendizagem, experimentação e ajuste contínuo. Desse modo, o impacto social não resulta apenas da criação de uma ideia inovadora, mas da capacidade de consolidá-la, avaliá-la e ampliá-la em diálogo com os atores envolvidos e com as necessidades do território. Cabe destacar que é uma tarefa difícil avaliar e mensurar o impacto de qualquer forma de inovação (Silva, 2018).

Aplicada à sociobiodiversidade amazônica, a inovação social pode ser situada como uma dimensão estratégica no domínio. A articulação entre atores, instituições, comunidades e recursos possibilita compreender de que modo os saberes tradicionais e científicos podem ser mobilizados na construção de soluções voltadas à conservação da biodiversidade, à valorização dos territórios e à promoção do desenvolvimento regional sustentável. Assim, a sociobiodiversidade deixa de ser tratada apenas como objeto de investigação

acadêmica e passa a ser compreendida como campo de interação entre conhecimento, inovação, governança e transformação social.

No âmbito da produção de conhecimento, a sociobiodiversidade amazônica configura-se como objeto interdisciplinar, pois mobiliza contribuições de diferentes áreas do conhecimento. As ciências biológicas contribuem para a identificação e compreensão da biodiversidade; as ciências ambientais discutem conservação, sustentabilidade e manejo; as ciências sociais analisam territórios, conflitos, práticas culturais e relações de poder; a economia e o desenvolvimento regional examinam cadeias produtivas e alternativas de geração de renda; e a Ciência da Informação oferece instrumentos para mapear, organizar e interpretar a produção registrada sobre o tema. Essa pluralidade demonstra que a sociobiodiversidade não pertence a um único campo disciplinar, mas se constitui em uma zona de interface entre diferentes domínios.

Compreender a Amazônia a partir da sociobiodiversidade significa reconhecer que a produção de conhecimento sobre a região está situada em um campo de relações entre natureza, cultura, território, ciência, política e economia. Essa perspectiva oferece base teórica para analisar a produção de conhecimento sobre o domínio e quais dimensões emergem desse processo. A partir dessas bases conceituais, a sociobiodiversidade amazônica pode ser compreendida como uma temática em construção, cuja organização depende da articulação entre conceitos, métodos, atores e canais de comunicação científica.

Domínios Temáticos Sobre Sociobiodiversidade Amazônica

Após a delimitação conceitual da sociobiodiversidade amazônica como campo de conhecimento, esta seção apresenta os domínios temáticos da produção de conhecimento. O mapeamento evidencia como os termos associados ao domínio se conectam, quais temáticas ocupam posições centrais e de que modo os agrupamentos formados contribuem para compreender as dimensões que estruturam a produção científica sobre o tema.

A Figura 2 apresenta o mapa de conhecimentos sobre sociobiodiversidade amazônica, no qual cada nó corresponde a uma temática, a espessura das linhas indica a intensidade da coocorrência e as cores distinguem os agrupamentos temáticos identificados. A rede reúne 91 temáticas, distribuídas em 18 agrupamentos, dos quais aproximadamente dois terços se estabelecem no interior dos próprios agrupamentos e um terço os atravessa. Essa configuração revela um domínio simultaneamente especializado em frentes temáticas próprias e articulado por conexões que asseguram coesão ao conjunto.

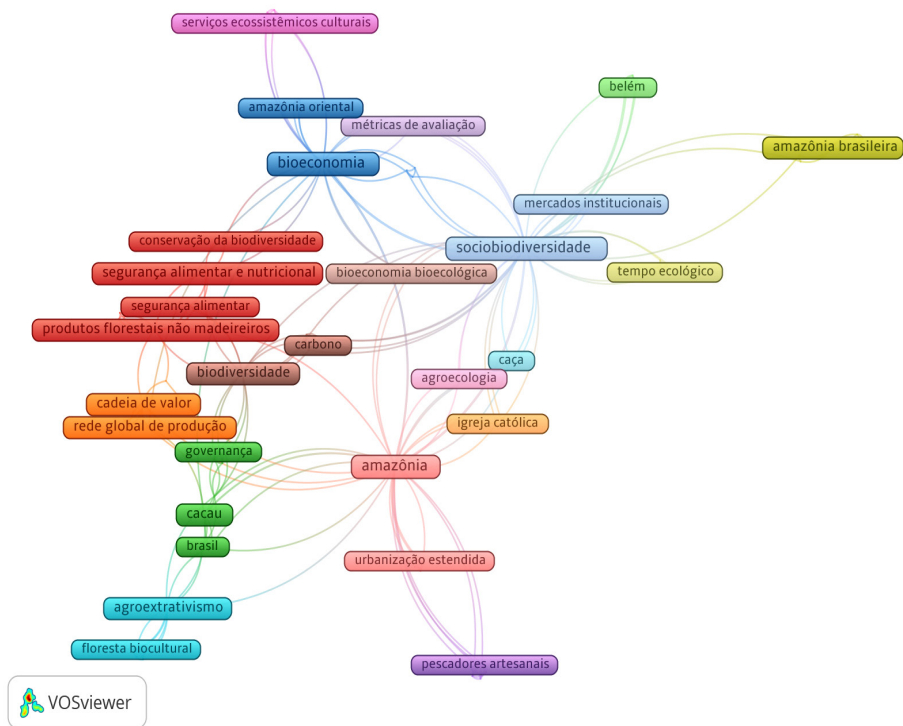


Figura 2 Mapa de conhecimentos sobre sociobiodiversidade amazônica. *Fonte:* Elaborado pelos autores (2026).

No mapa, três temáticas se destacam pela centralidade na rede, tanto pelo número de ocorrências quanto pela força total de ligação: sociobiodiversidade, Amazônia e bioeconomia. Esses nós centrais explicitam a densidade do núcleo da rede e operam como eixos estruturantes do domínio. A sociobiodiversidade funciona como conceito organizador e agregador, enquanto Amazônia opera como recorte territorial e bioeconomia introduz uma perspectiva de valorização econômica da biodiversidade. A leitura dos agrupamentos permite interpretar a rede a partir de quatro dimensões temáticas relacionadas ao domínio da produção de conhecimento sobre sociobiodiversidade amazônica.

A primeira é a dimensão econômico-produtiva e bioeconômica, que reúne temáticas como bioeconomia, bioeconomia bioecológica, cadeia de valor, rede global de produção, produtos florestais não madeireiros, cacau e mercados institucionais. O conjunto evidencia uma vertente do domínio voltada à valorização econômica da sociobiodiversidade, articu-

lando cadeias produtivas, circulação de produtos da floresta e estratégias de inserção em mercados, o que aproxima o debate da geração de renda e do desenvolvimento regional.

A segunda é a dimensão socioambiental de conservação e segurança alimentar, expressa em temáticas como biodiversidade, conservação da biodiversidade, carbono, segurança alimentar e segurança alimentar e nutricional. Essa dimensão mostra que a sociobiodiversidade amazônica também é pensada a partir da proteção do patrimônio natural e de sua relação com a sustentabilidade dos sistemas alimentares, indicando uma agenda em que conservação ambiental e garantia de condições de vida aparecem de forma articulada.

A terceira é a dimensão territorial e urbano-regional, estruturada a partir do nó Amazônia e de suas conexões com Amazônia brasileira, Amazônia oriental, Belém, Brasil e urbanização estendida. O eixo demonstra que a produção de conhecimento não se limita à floresta como espaço abstrato, mas incorpora recortes territoriais e dinâmicas regionais e urbanas, permitindo compreender a sociobiodiversidade em suas relações com o território amazônico em diferentes escalas.

A quarta é a dimensão sociocultural, institucional e de práticas locais, que agrega temáticas como agroextrativismo, floresta biocultural, serviços ecossistêmicos culturais, pescadores artesanais, caça, igreja católica, governança, tempo ecológico e métricas de avaliação. O agrupamento sugere que o domínio também é estruturado por práticas sociais e culturais, formas de organização e mediações institucionais que participam da produção de conhecimento sobre a sociobiodiversidade, evidenciando a presença de saberes situados, atores locais e diferentes formas de interpretar e gerir a relação entre sociedade e natureza.

A Tabela 1 apresenta a distribuição da produção sobre sociobiodiversidade amazônica por Grande Área do Conhecimento do CNPq, considerando a afinidade temática predominante das classificações recuperadas na Web of Science. A tabela organiza-se em quatro colunas. A primeira identifica a Grande Área do Conhecimento. A segunda informa o número de ocorrências, isto é, quantas vezes os documentos do corpus foram associados a cada área. A terceira expressa o percentual dessas ocorrências em relação ao total. A quarta apresenta a ênfase temática predominante, indicando os principais enfoques associados a cada agrupamento disciplinar.

Observa-se que as Ciências Humanas concentram a maior parte das ocorrências, com pouco mais de um terço do total, seguidas pela categoria Outra/Interdisciplinar, com cerca de um quarto, e pelas Ciências Biológicas, com quase um quinto. Em conjunto, essas três frentes respondem por aproximadamente quatro quintos da produção, evidenciando que a sociobiodiversidade amazônica constitui um objeto de pesquisa estruturado simultaneamente por dimensões sociais, territoriais, ambientais e ecológicas. Esse resultado reforça o

caráter interdisciplinar do domínio, no qual sociedade, território, biodiversidade, conservação e sustentabilidade aparecem como eixos articuladores da produção científica.

Tabela 1 Distribuição da produção sobre sociobiodiversidade amazônica por Grande Área do Conhecimento (CNPq)

Grande Área do Conhecimento (CNPq)	Ocorrências	% das ocorrências	Ênfase temática predominante
Ciências Humanas	19	33,9%	Território, sociedade, cultura, educação, religião, relações sociais e estudos regionais
Outra / Interdisciplinar	15	26,8%	Sustentabilidade, meio ambiente, estudos ambientais e ciência multidisciplinar
Ciências Biológicas	10	17,9%	Biodiversidade, conservação, ecologia e espécies vegetais
Ciências Agrárias	6	10,7%	Produção, manejo, floresta, agricultura e alimentos
Ciências Exatas e da Terra	3	5,4%	Sistemas de informação, geografia física, clima e atmosfera
Ciências Sociais Aplicadas	3	5,4%	Economia, direito, administração pública e políticas institucionais

Fonte: Elaborado pelos autores (2026).

As Ciências Humanas apresentam ênfase em território, sociedade, cultura, educação, religião, relações sociais e estudos regionais, o que evidencia sua centralidade na compreensão das dinâmicas socioculturais e territoriais associadas à sociobiodiversidade amazônica. A categoria Outra/Interdisciplinar reúne enfoques relacionados à sustentabilidade, ao meio ambiente, aos estudos ambientais e à multidisciplinaridade, demonstrando que parte expressiva da produção se organiza em torno de problemas transversais que ultrapassam os limites disciplinares tradicionais. Já as Ciências Biológicas concentram-se em biodiversidade, conservação, ecologia e espécies vegetais, indicando a relevância da dimensão ecológica para a compreensão do domínio.

As Ciências Agrárias aparecem de forma complementar, associadas à produção, ao manejo, à floresta, à agricultura e aos alimentos, aspectos diretamente vinculados às cadeias produtivas e aos usos sustentáveis dos recursos naturais. As Ciências Exatas e da Terra têm participação pontual, com ênfase em sistemas de informação, geografia física,

clima e atmosfera, indicando contribuições técnico-metodológicas para a análise espacial e ambiental. As Ciências Sociais Aplicadas também apresentam discussões voltadas à economia, ao direito, à administração pública e às políticas institucionais, contribuindo para a compreensão das dimensões econômicas, jurídicas e de gestão pública relacionadas à sociobiodiversidade amazônica.

Quanto ao alinhamento da produção com a Agenda 2030, a Figura 3 apresenta a distribuição dos documentos analisados conforme os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da Organização das Nações Unidas (ONU), evidenciando as dimensões do desenvolvimento sustentável para as quais o domínio mais contribui. Considerando que um mesmo documento pode alinhar-se a mais de um objetivo, observa-se que o ODS 15 (Vida Terrestre) é o mais representativo, presente em 22 documentos (51,2%), seguido pelo ODS 13 (Ação Contra a Mudança Global do Clima), com 18 documentos (41,9%), e pelo ODS 2 (Fome Zero e Agricultura Sustentável), com 17 documentos (39,5%).



Figura 3 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável alinhados à produção sobre sociobiodiversidade amazônica. *Fonte:* Elaborado pelos autores (2026).

A predominância do ODS 15 relaciona-se com a natureza do domínio, tendo em vista que esse objetivo se volta para a proteção, recuperação e uso sustentável dos ecossistemas terrestres, a gestão sustentável das florestas e a contenção da perda de biodiversidade, dimensões diretamente relacionadas à conservação da sociobiodiversidade amazônica. A ocorrência do ODS 13 sinaliza que a produção articula a sociobiodiversidade ao debate cli-

mático, reconhecendo o papel da floresta amazônica na regulação do clima, ao passo que a expressiva ocorrência do ODS 2 evidencia a vinculação do tema à segurança alimentar e à agricultura sustentável, dimensão na qual os sistemas tradicionais de manejo e os produtos da sociobiodiversidade assumem papel relevante.

Destacam-se também objetivos voltados às dimensões sociais do desenvolvimento, como o ODS 1 (Erradicação da Pobreza) e o ODS 3 (Saúde e Bem-Estar). A ocorrência desses objetivos reforça o caráter sociobiodiverso da produção, no qual a conservação ambiental é articulada à melhoria das condições de vida das populações tradicionais, seja pela geração de renda associada aos produtos da sociobiodiversidade, seja pela relação entre os saberes tradicionais e as práticas de saúde. Observa-se a ocorrência do ODS 11 (Cidades e Comunidades Sustentáveis) e do ODS 14 (Vida na Água), ambos presentes em 7 documentos, este último associado aos ecossistemas que permeiam a pesca, relevantes no contexto amazônico.

A baixa ocorrência de objetivos relacionados à inovação, ao trabalho e à produção responsável sugere uma lacuna na articulação entre a sociobiodiversidade amazônica e as dimensões produtivas e institucionais do desenvolvimento sustentável. Esse resultado indica uma agenda de pesquisa ainda pouco explorada, especialmente no que se refere à apropriação dos preceitos da inovação social, cuja orientação articula geração de valor econômico, transformação social e ampliação do bem-estar coletivo (Portales, 2019).

Considerações Finais

Diante do exposto, infere-se que os estudos sobre sociobiodiversidade amazônica concentram-se nas dimensões ambiental, climática e de segurança alimentar do desenvolvimento sustentável, articulando-as a aspectos sociais, como a erradicação da pobreza e a promoção da saúde. Tal distribuição evidencia o diálogo do domínio com a Agenda 2030, especialmente no que se refere à conservação dos ecossistemas, ao enfrentamento das mudanças climáticas e ao bem-estar das populações tradicionais.

Retomando o objetivo deste capítulo, que consistiu em analisar como a produção de conhecimento sobre sociobiodiversidade amazônica tem sido organizada e quais dimensões a estruturam para a promoção da sustentabilidade, conclui-se que esse campo se organiza de forma interdisciplinar, articulando conceito, território e sustentabilidade. A centralidade dos termos sociobiodiversidade, Amazônia e bioeconomia demonstra que o domínio se estrutura a partir de três eixos organizadores: a sociobiodiversidade como categoria conceitual, a Amazônia como recorte territorial e a bioeconomia como perspectiva de valorização dos recursos naturais e dos saberes associados.

Em resposta à questão de pesquisa, os resultados indicam que esse domínio é constituído por quatro dimensões principais. A primeira é a dimensão econômico-produtiva e bioeconômica, relacionada às cadeias de valor, aos produtos florestais não madeireiros, aos mercados institucionais e às estratégias de geração de renda. A segunda é a dimensão socioambiental de conservação e segurança alimentar, que articula biodiversidade, carbono, conservação e sistemas alimentares sustentáveis. A terceira é a dimensão territorial e urbano-regional, que evidencia a Amazônia em diferentes escalas e dinâmicas espaciais. A quarta é a dimensão sociocultural, institucional e de práticas locais, composta por temas como agroextrativismo, saberes situados, governança, práticas tradicionais e mediações institucionais.

Essas dimensões demonstram que a sociobiodiversidade amazônica não é tratada apenas sob a lógica da conservação ambiental, mas a partir de um conjunto de relações entre biodiversidade, território, cultura, economia, políticas públicas e práticas sociais. Nesse sentido, a sustentabilidade aparece como eixo integrador, ao conectar a proteção dos ecossistemas à segurança alimentar, ao fortalecimento dos modos de vida tradicionais, à valorização dos produtos da floresta e à construção de alternativas de desenvolvimento regional.

Destaca-se, portanto, que a sociobiodiversidade amazônica se configura como um domínio de conhecimento em construção, marcado pela interdisciplinaridade e pela necessidade de maior integração entre ciência, saberes tradicionais, políticas públicas e práticas territoriais. A contribuição do capítulo está em evidenciar que o mapeamento pode auxiliar na visualização de temáticas prioritárias, permitindo identificar centralidades, agrupamentos temáticos, lacunas e possibilidades de articulação entre diferentes campos do conhecimento.

Conclui-se que compreender a organização desse domínio é fundamental para pensar o futuro da inovação na Amazônia. Mais do que um objeto de investigação, a sociobiodiversidade apresenta-se como caminho estratégico para articular conservação ambiental, valorização cultural, geração de renda e desenvolvimento regional sustentável.

Referências Bibliográficas

- AMARAL, M.; CAJADO, R. A. Quando o território fala: narrativas quilombolas e percepções sobre mudanças climáticas na Amazônia Atlântica. **Ciência & Trópico**, Recife, v. 49, n. 2, 2025. Disponível em: <https://doi.org/10.33148/ctrpico.v49i2.2676>. Acesso em: 20 maio 2026.
- BRANDÃO, D. O.; ARIEIRA, J.; NOBRE, C. A. Impactos das mudanças climáticas na sociobioeconomia da Amazônia. **Estudos Avançados**, São Paulo, v. 38, n. 112, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/s01034014.202438112.014>. Acesso em: 25 maio 2026.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Agrário. Ministério do Meio Ambiente. Ministério do Desenvolvimento Social e Combate à Fome. **Plano Nacional de Promoção das Cadeias de Produtos da Sociobiodiversidade**. Brasília, DF: MDA; MMA; MDS, 2009.

FARIA, T. L. M.; VASCONCELLOS SOBRINHO, M.; MASCARENHAS, D. F. Inovação em governança na Amazônia: atores e processos. **Administração de Empresas em Revista**, [S.l.], v. 1, n. 38, 2025. Disponível em: <https://revista.unicuritiba.edu.br/index.php/admrevista/article/view/6921>. Acesso em: 29 maio 2026.

FONSECA, D. L. de S. **A gestão do conhecimento indígena: proposta de um modelo conceitual para o contexto amazônico**. Orientadora: Profa. Dra. Thaís Batista Zaninelli. 2025. 337 f. Tese (Doutorado) - Programa de Pós-graduação em Ciência da Informação/Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2025. Disponível em: <https://repositorio.uel.br/items/8090e4cd-9d-55-40fe-bd83-ebab5efe1ced>. Acesso em: 20 maio 2026.

JOLY, C. A. Biodiversidade, sociobiodiversidade e mudanças climáticas: O link indissolúvel. **Ciência e Cultura**, São Paulo, v. 77, n. 4, 2025. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.48207/2317-6660.20250057>. Acesso em: 20 maio 2026.

MIRANDA, E. B. de *et al.* Bem viver, conhecimento tradicional e conhecimento ecológico local. **Revista de Geopolítica**, [S. l.], v. 16, n. 4, 2025. Disponível em: <https://doi.org/10.56238/revgeo-v16n4-059>. Acesso em: 23 maio 2026.

MOREIRA, N. X. Inter-relações entre conhecimento tradicional, biodiversidade e defesa nacional. **Diálogos Soberania e Clima**, Brasília, v. 4, n. 1, 2025. Disponível em: <https://soberaniaeclima.org.br/wp-content/uploads/2025/04/Dialogos-Soberania-e-Clima-Especial-Marco-2025-Portugues-04-30-41.pdf>. Acesso em: 25 maio 2026.

MOREIRA, P. V. *et al.* Parceria empresa-ONG: inovação social para o desenvolvimento comunitário na Amazônia brasileira. **Interações**, Campo Grande, v. 25, n. 3, 2024. Disponível em: <https://interacoes.ucdb.br/interacoes/article/view/4366>. Acesso em: 29 maio 2026.

OLIVEIRA NETO, T. Território e circulação na Amazônia contemporânea: fluxos, redes e sazonalidades. **Revista Geopolítica Transfronteiriça**, Tabatinga, v. 8, n. 2, 2024. Disponível em: <http://periodicos.uea.edu.br/index.php/revistageotransfronteirica/article/view/3392>. Acesso em: 23 maio 2026.

OLIVEIRA, D. M. da S.; CHAVES, J. de O.; MIRANDA, A. C. G. Valorização do conhecimento tradicional: contribuições da etnobotânica na preservação cultural no fortalecimento das práticas sustentáveis locais. **Aracê**, [S. l.], v. 7, n. 12, 2025. Disponível em: <https://periodicos.newsciencepubl.com/arace/article/view/11401>. Acesso em: 20 maio 2026.

PORTALES, L. **Social innovation and social entrepreneurship: fundamentals, concepts, and tools**. [S. l.]: Springer Nature B.V., 2019.

REINALDO, C. M.; PINTO, F. R. Ecossistema de inovação social: uma revisão sistemática. **Boletim de Conjuntura**, Boa Vista, v. 16, n. 48, 2023. Disponível em: <https://revistaboletimconjuntura.com.br/boca/article/view/2966>. Acesso em: 29 maio 2026.

SILVA, R. G. da C. Amazônia, dinâmicas territoriais e conflitos agrários: revisão de uma trajetória de curta duração. **Revista Nera**, Presidente Prudente, v. 28, n. 1, 2025. Disponível em: <https://doi.org/10.47946/rnera.v28i1.10467>. Acesso em: 20 maio 2026.

SILVA, R. L. M. da. **Inovação Social**: um estudo a partir das parcerias desenvolvidas ao longo do seu processo em empresas sociais brasileiras e britânicas. Orientadora: Profa. Dra. Andréa Paula Segatto. 2018. 305 f. Tese (Doutorado) - Programa de Pós-graduação em Administração/Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2018. Disponível em: <https://acervodigital.ufpr.br/xmlui/handle/1884/58757>. Acesso em: 20 maio 2026.

Segundo os referenciais utilizados por Barbieri et al. (2025), a economia circular pode ser compreendida como um sistema econômico regenerativo que busca manter a utilidade dos recursos pelo maior tempo possível, reduzindo desperdícios e promovendo a reutilização, a remanufatura e o reaproveitamento de materiais. Esse modelo também se relaciona diretamente com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), especialmente no que se refere à preservação ambiental, ao uso eficiente de recursos e à promoção de formas sustentáveis de produção e consumo.

Segundo Ferguson et al. (2020), os desafios relacionados à conservação ambiental, à exploração ilegal de recursos naturais e às fragilidades estruturais presentes na Amazônia

evidenciam a necessidade de modelos produtivos capazes de conciliar desenvolvimento econômico, transparência nas cadeias produtivas e preservação ambiental, sem ampliar os impactos sobre o território amazônico.

Nesse contexto, a inovação tecnológica surge como elemento estratégico para fortalecer práticas sustentáveis, ampliar a eficiência produtiva e consolidar mecanismos de rastreabilidade nas cadeias produtivas amazônicas. Conforme destacado por Ferreira e Rodrigues (2025), tecnologias digitais como *blockchain*, sistemas geoespaciais, sensoramento remoto e ferramentas de monitoramento em tempo real vêm sendo aplicadas para rastrear produtos, verificar origens, monitorar áreas de produção e fortalecer mecanismos de certificação e governança territorial, contribuindo para maior transparência e sustentabilidade das atividades econômicas na região.

Além de contribuir para a transparência das cadeias produtivas, essas tecnologias também favorecem a agregação de valor econômico aos produtos amazônicos. Ferreira e Rodrigues (2025) destacam que mecanismos de rastreabilidade, certificação e reconhecimento de origem fortalecem a competitividade desses produtos em mercados nacionais e internacionais cada vez mais orientados por critérios de sustentabilidade e responsabilidade socioambiental.

O presente capítulo tem como objetivo analisar o papel das tecnologias de rastreabilidade como vetor de inovação sustentável na economia circular amazônica, discutindo suas contribuições para o fortalecimento de cadeias produtivas sustentáveis, a valorização da sociobiodiversidade e a promoção de modelos econômicos mais resilientes e regenerativos.

Metodologicamente, o capítulo foi elaborado a partir de pesquisa bibliográfica de abordagem qualitativa, com base na literatura nacional e internacional sobre economia circular, bioeconomia, design circular e tecnologias voltadas à sustentabilidade. A seleção das fontes privilegiou estudos que discutem a aplicação dessas abordagens no contexto amazônico, permitindo uma análise crítica das contribuições da inovação tecnológica para o fortalecimento das cadeias produtivas e para a transição rumo a modelos mais sustentáveis de desenvolvimento.

2. Economia Circular e Sustentabilidade na Amazônia

A economia circular tem sido apresentada como uma alternativa ao modelo econômico linear predominante nas sociedades industriais contemporâneas. Conforme destacam Korhonen et al. (2018), esse modelo busca manter a utilidade dos recursos pelo maior tempo possível, reduzindo desperdícios e promovendo ciclos regenerativos de materiais e energia. Diferentemente da lógica linear baseada na extração, produção, consumo e des-

carte, a economia circular propõe sistemas capazes de otimizar o uso dos recursos, prolongar ciclos produtivos e estimular práticas sustentáveis.

Conforme apresentado por Barbieri et al. (2025), autores como Korhonen et al. (2018) destacam que a economia circular busca manter a utilidade dos recursos por meio da circulação contínua de materiais, da utilização de energias renováveis e da cooperação entre diferentes atores econômicos e sociais. A Ellen MacArthur Foundation (2015) também define a economia circular como um sistema regenerativo baseado na reutilização, remanufatura e recuperação de materiais.

No contexto amazônico, a economia circular apresenta potencial significativo em razão da diversidade biológica da região e da presença de cadeias produtivas relacionadas à sociobiodiversidade. Conforme destacam Leda, Mota e Cereto (2025), produtos como castanha-da-amazônia, cacau, óleos vegetais, fibras naturais e frutos amazônicos podem integrar modelos produtivos sustentáveis orientados pela valorização de recursos regionais, pelo uso eficiente de insumos e pela redução de desperdícios.

Além disso, a adoção de práticas circulares na Amazônia pode contribuir diretamente para a preservação da biodiversidade e para a redução da pressão sobre os recursos naturais. De acordo com Barbieri et al. (2025), a economia circular na região pode favorecer a proteção dos ecossistemas ao reduzir o uso intensivo de recursos pela indústria de transformação, além de estimular a utilização de tecnologias mais limpas e renováveis.

Outro aspecto relevante consiste na possibilidade de articulação entre saberes tradicionais e inovação tecnológica. A economia circular amazônica não se limita apenas à reutilização de materiais, mas também envolve a valorização de conhecimentos locais, técnicas tradicionais e práticas produtivas historicamente desenvolvidas pelas populações amazônicas.

Nesse sentido, o desenvolvimento sustentável da Amazônia depende da construção de modelos econômicos capazes de integrar conservação ambiental, geração de renda e fortalecimento das comunidades locais.

O debate sobre sustentabilidade na região também envolve questões urbanas e territoriais. Ribeiro, Monteiro e Amaral (2021, apud Barbieri et al., 2025) destacam que a Amazônia pode ser compreendida como uma “floresta urbanizada”, marcada pela coexistência entre áreas naturais e centros urbanos em expansão. Nesse contexto, a sustentabilidade amazônica exige abordagens integradas capazes de conciliar conservação ambiental, desenvolvimento regional e inclusão social.

Entretanto, diversos desafios ainda dificultam a consolidação de modelos circulares na região amazônica. Conforme apontam Hina et al. (2021, apud Barbieri et al., 2025), obstáculos como deficiência de infraestrutura logística, limitações de conectividade digital,

ausência de políticas públicas estruturadas, dificuldades de acesso a mercados, escassez de capacitação técnica e baixa incorporação tecnológica comprometem a implementação de práticas sustentáveis e de economia circular na Amazônia. Apesar dessas limitações, estudos recentes demonstram que a região apresenta condições favoráveis para o fortalecimento de modelos sustentáveis baseados em inovação, bioeconomia e tecnologias aplicadas à rastreabilidade e gestão territorial (Ferreira; Rodrigues, 2025).

3. Bioeconomia, Inovação Tecnológica e Cadeias Produtivas Amazônicas

A bioeconomia amazônica tem sido amplamente discutida como estratégia de desenvolvimento sustentável baseada no uso responsável da biodiversidade regional. Diferentemente de modelos econômicos dependentes da exploração predatória de recursos naturais, a bioeconomia busca promover geração de valor econômico a partir do uso sustentável de ativos biológicos, conhecimentos tradicionais e inovação tecnológica.

Segundo Ferreira e Rodrigues (2025), a bioeconomia amazônica vem se estruturando a partir da adoção de tecnologias emergentes aplicadas às cadeias produtivas da socio-biodiversidade, buscando alinhar conservação ambiental, geração de valor econômico e desenvolvimento social.

Nesse cenário, tecnologias digitais, biotecnologias e sistemas de monitoramento territorial têm desempenhado papel estratégico na modernização de cadeias produtivas amazônicas.

Entre os exemplos destacados por Ferreira e Rodrigues (2025), encontram-se iniciativas voltadas ao processamento sustentável de óleos vegetais, ao aprimoramento da extração artesanal, ao desenvolvimento de embalagens biodegradáveis, à aplicação de tecnologias de rastreabilidade e certificação e ao fortalecimento de cadeias produtivas sustentáveis.

Essas iniciativas demonstram que a inovação tecnológica pode contribuir não apenas para o aumento da eficiência produtiva, mas também para a valorização de produtos regionais e para a ampliação da competitividade de empreendimentos amazônicos.

A incorporação de tecnologias sustentáveis nas cadeias produtivas amazônicas também se relaciona diretamente aos princípios da economia circular. Barbieri et al. (2025) destacam que a adoção de práticas circulares na Amazônia contribui para a preservação da biodiversidade, para o uso mais eficiente dos recursos naturais e para o fortalecimento de modelos produtivos sustentáveis alinhados às demandas contemporâneas de responsabi-

lidade socioambiental. Nesse sentido, inovação tecnológica e sustentabilidade tornam-se elementos complementares na construção de novas dinâmicas econômicas para a região.

Além disso, Leda, Mota e Cereto (2025) ressaltam que iniciativas associadas ao Design Circular vêm ampliando a valorização de produtos naturais amazônicos por meio da integração entre sustentabilidade, inovação e conhecimentos tradicionais. Para os autores, estratégias voltadas ao reaproveitamento de materiais, ao uso eficiente de insumos e ao fortalecimento das cadeias de valor locais podem contribuir para consolidar modelos econômicos mais resilientes e compatíveis com a conservação do ecossistema amazônico.

A atuação da Natura com comunidades agroextrativistas do Baixo Tocantins representa um exemplo prático de bioprospecção e desenvolvimento de fitocosméticos integrado à bioeconomia. Esse caso emblemático, mapeado originalmente por Silva (2020) e revisado por Ferreira e Rodrigues (2025), demonstra como a articulação entre corporações, cooperativas (como a CART e COFRUTA) e universidades fortalece as cadeias locais de valor por meio de tecnologias de rastreabilidade e certificação. Esse tipo de articulação evidencia como a inovação tecnológica pode fortalecer cadeias produtivas sustentáveis e ampliar processos de inclusão social e desenvolvimento regional.

Outro aspecto relevante refere-se à valorização da origem dos produtos amazônicos. O reconhecimento da procedência, associado a mecanismos de certificação e rastreabilidade, tem se tornado elemento estratégico para agregação de valor econômico.

Ainda segundo Ferreira e Rodrigues (2025), o reconhecimento da origem por meio de Documentos de Origem Certificada (DOC), associado à crescente demanda dos consumidores por sustentabilidade, favorece a valorização econômica dos produtos amazônicos e amplia sua inserção em mercados especializados orientados por critérios socioambientais.

Além disso, a inovação tecnológica pode contribuir para a redução de desperdícios e para o uso mais eficiente dos recursos naturais, princípios centrais da economia circular. Entretanto, apesar dos avanços observados, a bioeconomia amazônica ainda enfrenta importantes limitações estruturais.

Grande parte das atividades produtivas da Amazônia ainda opera com tecnologias de baixa ou média complexidade, utilizando processos simples de beneficiamento e agregando reduzido valor econômico aos produtos da biodiversidade (Ferreira; Rodrigues, 2025). Entre os principais desafios para o fortalecimento da bioeconomia amazônica destacam-se a infraestrutura precária de energia e conectividade, as limitações logísticas, a dificuldade de acesso a tecnologias digitais, a baixa integração entre pesquisa científica e produção local e a ausência de investimentos estruturados em inovação. Esses fatores dificultam a consolidação de cadeias produtivas mais sofisticadas e limitam o potencial competitivo da região em mercados globais. Ainda assim, estudos recentes indicam que o

avanço de tecnologias digitais aplicadas à gestão territorial, ao monitoramento ambiental e à rastreabilidade pode representar importante vetor de transformação sustentável para a Amazônia (Ferreira; Rodrigues, 2025; Ferguson et al., 2020).

4. Tecnologias de Rastreabilidade e Transparência nas Cadeias Produtivas

As tecnologias de rastreabilidade vêm ganhando relevância no contexto das cadeias produtivas amazônicas em razão da crescente demanda por transparência, sustentabilidade e controle de origem dos produtos (Ferguson et al., 2020; Ferreira; Rodrigues, 2025).

Nas cadeias produtivas, a rastreabilidade está associada à capacidade de acompanhar informações relacionadas à origem, ao processamento, ao transporte e à comercialização dos produtos ao longo de sua trajetória produtiva (Ferguson et al., 2020; Spinelli-Araujo et al., 2024). Na Amazônia, esses mecanismos tornam-se particularmente relevantes diante dos desafios relacionados ao desmatamento ilegal, à exploração irregular de recursos naturais e à necessidade de fortalecimento da governança ambiental (Ferguson et al., 2020).

Conforme destacado pelo Instituto Igarapé, soluções tecnológicas de rastreabilidade podem contribuir para ampliar a transparência das cadeias de suprimentos amazônicas, reduzir riscos associados à ilegalidade e fortalecer mecanismos de monitoramento ambiental (Ferguson et al., 2020).

Além disso, consumidores, investidores e mercados internacionais vêm exigindo cada vez mais informações relacionadas à origem e à sustentabilidade dos produtos comercializados. Nesse contexto, tecnologias digitais tornam-se ferramentas estratégicas para assegurar maior confiabilidade, transparência e integridade às informações associadas às cadeias produtivas amazônicas (Ferguson et al., 2020; Ferreira; Rodrigues, 2025).

Conforme destacam Ferguson et al. (2020), Ferreira e Rodrigues (2025) e Spinelli-Araújo et al. (2024), o fortalecimento da rastreabilidade nas cadeias produtivas amazônicas tem sido impulsionado pela adoção de diferentes tecnologias digitais voltadas ao monitoramento, registro, certificação e gerenciamento de informações ao longo de todo o ciclo produtivo. Entre as principais soluções empregadas destacam-se o *blockchain*, o sensoriamento remoto, os sistemas geoespaciais e as plataformas digitais de gestão de dados.

4.1 Blockchain

O *blockchain* tem sido apontado como uma das tecnologias mais promissoras para a rastreabilidade de cadeias produtivas sustentáveis.

Conforme apontado por Ferreira e Rodrigues (2025), a aplicação do *blockchain* na cadeia produtiva do cacau, analisada originalmente por Tejos et al. (2022), demonstrou ser uma solução viável para assegurar a transparência de origem. Essa tecnologia de registro digital descentralizado e criptografado baseia-se em conceitos estruturais de imutabilidade discutidos por Babich e Hilary (2020), permitindo o compartilhamento seguro de dados entre atores de uma mesma cadeia. Complementarmente, Ferguson et al. (2020), em análise estratégica para o Instituto Igarapé, destacam o potencial do *blockchain* para mitigar riscos de fraudes e lavagem de ativos nas cadeias da soja, pecuária e madeira — *commodities* diretamente associadas ao risco de desmatamento na Amazônia —, viabilizando o registro imutável de transações da granja ao atacadista.

Além de reduzir riscos de fraude e adulteração de informações, o *blockchain* pode ampliar a credibilidade de produtos sustentáveis em mercados internacionais.

4.2 Sensoriamento remoto e monitoramento territorial

O sensoriamento remoto também desempenha papel relevante na gestão sustentável de recursos naturais amazônicos.

Conforme descrito por Ferreira e Rodrigues (2025), essas tecnologias vêm sendo utilizadas para monitorar mudanças climáticas, acompanhar transformações nos ecossistemas e apoiar o planejamento territorial sustentável.

Sistemas de monitoramento em tempo real permitem acompanhar áreas de produção, identificar desmatamentos, monitorar práticas de manejo, verificar conformidade ambiental e apoiar órgãos de fiscalização.

A Embrapa (2024) destaca que o uso de dados em tempo real pode auxiliar tanto produtores quanto instituições públicas na gestão mais eficiente dos territórios amazônicos.

Ao possibilitar a obtenção de informações georreferenciadas em tempo real, o sensoriamento remoto fortalece os processos de rastreabilidade ao permitir a verificação contínua das condições ambientais e das áreas de produção. Dessa forma, a tecnologia contribui para aumentar a confiabilidade das informações registradas ao longo da cadeia produtiva e para subsidiar ações de monitoramento e fiscalização ambiental (Ferreira; Rodrigues, 2025)

4.3 sistemas geoespaciais e plataformas digitais

Ferramentas geoespaciais também têm ampliado a capacidade de monitoramento e gestão de cadeias produtivas amazônicas.

O estudo sobre o sistema AgroTag aplicado à cadeia da castanha-da-amazônia demonstra como plataformas digitais podem fortalecer processos de rastreabilidade e gestão territorial.

Segundo Spinelli-Araújo et al. (2024), a sistematização e rastreabilidade das informações possibilitam o acompanhamento contínuo das áreas produtivas, permitindo verificar práticas de manejo, sustentabilidade das regiões manejadas e consistência dos dados registrados.

O uso integrado de sistemas geoespaciais e aplicativos móveis amplia o potencial de construção de redes colaborativas na região. Na cadeia da castanha-da-amazônia, por exemplo, o monitoramento via AgroTag atua em conjunto com a tecnologia analítica de espectroscopia de reflectância (que avalia quimicamente as amostras via radiação eletromagnética), permitindo cruzar dados geoespaciais de origem a laudos de sanidade que atestam a ausência de aflatoxinas no produto.

Além disso, essas tecnologias podem reduzir custos operacionais, aumentar a eficiência de processos e fortalecer mecanismos de certificação e controle de origem.

Nesse sentido, iniciativas como o AgroTag evidenciam o potencial das plataformas digitais para integrar informações geoespaciais, dados de campo e mecanismos de certificação, fortalecendo a rastreabilidade de produtos da sociobiodiversidade amazônica e ampliando a transparência das cadeias produtivas (Spinelli-Araújo et al., 2024).

5. Design Circular, Valorização de Produtos Naturais e Sustentabilidade

O design circular (DC) representa uma importante dimensão da economia circular aplicada à valorização de produtos naturais amazônicos. Conforme destacam Leda, Mota e Cereto (2025), o Design Circular propõe repensar a forma como os produtos são concebidos, produzidos e consumidos, adotando estratégias voltadas à redução de desperdícios, ao prolongamento da vida útil dos produtos e ao uso mais eficiente dos recursos disponíveis. No contexto amazônico, essa abordagem apresenta potencial significativo para fortalecer cadeias produtivas sustentáveis e promover a valorização dos recursos naturais regionais.

A aplicação dos princípios do ecodesign permite o desenvolvimento de produtos com menor impacto ambiental, estimulando o reaproveitamento de materiais, a utilização de insumos renováveis, a redução da geração de resíduos e a valorização de matérias-primas locais. Além dos benefícios ambientais, tais práticas contribuem para o fortalecimento da identidade territorial dos produtos amazônicos e para a agregação de valor às cadeias produtivas vinculadas à sociobiodiversidade (Leda; Mota; Cereto, 2025).

Nesse contexto, o design circular também se destaca por sua capacidade de integrar inovação, sustentabilidade e conhecimentos tradicionais. Ainda de acordo com Leda, Mota e Cereto (2025), essa abordagem pode consolidar-se como instrumento de transformação econômica e social, promovendo modelos produtivos capazes de respeitar e valorizar a sociobiodiversidade amazônica. Dessa forma, a articulação entre design, inovação e sustentabilidade contribui para a construção de cadeias produtivas mais resilientes e alinhadas às crescentes demandas por responsabilidade socioambiental.

Outro aspecto relevante refere-se à ampliação da presença digital e ao uso do comércio eletrônico como estratégias de fortalecimento das cadeias produtivas amazônicas. O fortalecimento das cadeias de valor por meio de plataformas digitais pode ampliar a visibilidade dos produtos amazônicos nos mercados nacional e internacional, potencializando sua competitividade e ampliando oportunidades de inserção comercial. Essa integração entre inovação tecnológica, design e sustentabilidade reforça o papel da economia circular como instrumento de desenvolvimento regional sustentável.

Entretanto, a consolidação dessas iniciativas ainda depende da superação de desafios estruturais relacionados à infraestrutura, ao acesso a financiamento, à conectividade digital e à formulação de políticas públicas capazes de estimular a inovação e fortalecer modelos produtivos sustentáveis na Amazônia (Leda; Mota; Cereto, 2025; Barbieri et al., 2025).

6. Desafios Estruturais para a Inovação Sustentável na Amazônia

Apesar do potencial da bioeconomia e das tecnologias aplicadas à rastreabilidade, a implementação de modelos sustentáveis na Amazônia ainda enfrenta obstáculos significativos. Entre os principais desafios destaca-se a precariedade da infraestrutura disponível em grande parte do território amazônico. Conforme apontam Silva, Artaxo e Vital (2023, apud Ferreira; Rodrigues, 2025), as limitações de infraestrutura energética e conectividade digital na Amazônia comprometem o funcionamento estável e contínuo de ferramentas avançadas como o blockchain, a Internet das Coisas (IoT) e os gêmeos digitais, que dependem da coleta e do processamento de dados em nuvem em tempo real.

Outro desafio relevante refere-se à baixa capacitação técnica e às dificuldades de acesso à inovação por parte de pequenos produtores e comunidades locais. A implementação de tecnologias voltadas à rastreabilidade e ao monitoramento das cadeias produtivas demanda treinamento especializado, acesso a equipamentos adequados, suporte institucional e maior integração entre pesquisa científica e produção regional. Nesse contexto,

Ferreira e Rodrigues (2025) destacam que grande parte das atividades produtivas amazônicas ainda opera com reduzido nível de agregação tecnológica, baseando-se predominantemente em processos simples de beneficiamento e agregando baixo valor econômico aos produtos da biodiversidade.

Além das limitações tecnológicas e estruturais, questões regulatórias e institucionais também representam desafios importantes para a consolidação de modelos produtivos sustentáveis. De acordo com Barbieri et al. (2025), o avanço da economia circular na Amazônia depende da formulação de políticas públicas capazes de estimular práticas sustentáveis, fortalecer mecanismos de governança e ampliar incentivos à inovação. A ausência de marcos regulatórios integrados pode dificultar processos de certificação, padronização de informações, integração de sistemas e acesso a mecanismos de financiamento, limitando a expansão de cadeias produtivas sustentáveis.

Outro fator crítico refere-se à pressão exercida por atividades ilegais sobre os recursos naturais amazônicos. Conforme destaca Ferguson et al. (2020), cadeias produtivas associadas ao desmatamento ilegal e à exploração irregular de recursos naturais comprometem os esforços de sustentabilidade e dificultam o fortalecimento de mercados orientados por critérios socioambientais. Nesse cenário, as tecnologias de rastreabilidade assumem papel estratégico ao ampliar a transparência das cadeias produtivas e fortalecer mecanismos de monitoramento e governança territorial.

Contudo, a efetividade dessas soluções depende da articulação entre diferentes atores sociais, institucionais e econômicos. A construção de modelos sustentáveis para a Amazônia exige a integração entre governos, universidades, empresas, organizações da sociedade civil, comunidades locais e instituições de pesquisa, além da ampliação dos investimentos em ciência, tecnologia e inovação voltados às especificidades territoriais da região. Somente por meio dessa abordagem integrada será possível consolidar cadeias produtivas mais resilientes, competitivas e alinhadas aos princípios da sustentabilidade e da economia circular (Barbieri et al., 2025; Ferreira; Rodrigues, 2025).

7. Perspectivas para a Economia Circular Amazônica

As transformações associadas à economia circular e à inovação tecnológica apontam novas perspectivas para o desenvolvimento sustentável da Amazônia. A crescente valorização de produtos sustentáveis em mercados nacionais e internacionais, associada à expansão das tecnologias digitais e dos mecanismos de rastreabilidade, tende a favorecer o fortalecimento de cadeias produtivas baseadas na sociobiodiversidade e na bioeconomia regional (Ferreira; Rodrigues, 2025; Ferguson et al., 2020).

Além disso, a integração entre conhecimentos tradicionais e tecnologias contemporâneas cria oportunidades para a construção de modelos produtivos mais inclusivos, resilientes e sustentáveis. Nesse contexto, as tecnologias de rastreabilidade apresentam potencial para fortalecer a governança ambiental, ampliar a transparência das cadeias produtivas, reduzir assimetrias de informação e agregar valor econômico aos produtos amazônicos, aumentando a confiança entre produtores, consumidores, investidores e demais atores envolvidos nas cadeias de valor (Ferguson et al., 2020; Spinelli-Araújo et al., 2024).

Paralelamente, iniciativas associadas ao design circular e à bioeconomia demonstram que a inovação sustentável pode contribuir para a geração de renda, a valorização dos recursos naturais regionais e o fortalecimento das identidades territoriais, sem comprometer a conservação ambiental. Conforme destacam Leda, Mota e Cereto (2025), a integração entre design, inovação e sustentabilidade representa uma oportunidade para promover novas formas de desenvolvimento capazes de conciliar competitividade econômica e preservação da sociobiodiversidade amazônica.

Entretanto, a consolidação dessas perspectivas depende da superação de desafios históricos relacionados à infraestrutura, à desigualdade regional, à conectividade digital e ao acesso à inovação. Nesse sentido, torna-se fundamental fortalecer políticas públicas voltadas ao incentivo à inovação sustentável, ampliar investimentos em ciência e tecnologia, promover a inclusão digital, apoiar cadeias produtivas locais e estimular mecanismos de cooperação entre governos, universidades, empresas e comunidades (Barbieri et al., 2025; Ferreira; Rodrigues, 2025).

Dessa forma, a economia circular amazônica não deve ser compreendida apenas como uma alternativa econômica, mas como uma estratégia integrada de desenvolvimento territorial sustentável. A construção desse modelo exige a articulação entre sustentabilidade ambiental, inovação tecnológica, inclusão social e valorização da biodiversidade, de modo a criar condições para um desenvolvimento regional capaz de gerar prosperidade econômica sem comprometer os ativos ambientais que sustentam a própria dinâmica da Amazônia (Barbieri et al., 2025).

8. Considerações Finais

A economia circular tem se consolidado como uma importante alternativa para a construção de modelos produtivos mais sustentáveis na Amazônia, especialmente diante dos desafios ambientais, sociais e econômicos que caracterizam a região. Ao propor o uso eficiente dos recursos naturais, a redução de desperdícios e a valorização dos ciclos produtivos, essa abordagem oferece novas possibilidades para conciliar desenvolvimento econômico, conservação ambiental e inclusão social.

A análise realizada ao longo deste capítulo demonstrou que as tecnologias de rastreabilidade desempenham papel estratégico nesse processo, atuando como vetores de inovação sustentável. Ferramentas como *blockchain*, sensoriamento remoto, sistemas geoespaciais e plataformas digitais ampliam a capacidade de monitoramento, certificação e transparência das cadeias produtivas amazônicas, contribuindo para o fortalecimento da governança territorial, para a valorização da sociobiodiversidade e para a ampliação da competitividade dos produtos regionais em mercados cada vez mais orientados por critérios socioambientais.

Os estudos analisados também evidenciam que a integração entre inovação tecnológica, bioeconomia e economia circular pode fortalecer cadeias produtivas mais resilientes, inclusivas e alinhadas aos princípios do desenvolvimento sustentável. Além de favorecer a agregação de valor econômico aos recursos da biodiversidade amazônica, essas iniciativas contribuem para ampliar a confiança entre produtores, consumidores, investidores e demais atores envolvidos nas cadeias de valor.

Entretanto, a consolidação desse cenário ainda depende da superação de desafios estruturais relacionados à infraestrutura, à conectividade digital, à capacitação técnica e ao fortalecimento de políticas públicas voltadas à inovação sustentável. Da mesma forma, torna-se fundamental ampliar a articulação entre governos, instituições de pesquisa, universidades, empresas e comunidades locais, de modo a criar ambientes favoráveis à difusão tecnológica e ao desenvolvimento de soluções compatíveis com as especificidades territoriais da Amazônia.

Conclui-se, portanto, que as tecnologias de rastreabilidade possuem potencial significativo para apoiar a transição para modelos econômicos mais sustentáveis na região amazônica. Mais do que instrumentos de controle e monitoramento, essas tecnologias configuram-se como mecanismos capazes de promover transparência, gerar valor econômico, fortalecer a governança ambiental e impulsionar processos de inovação orientados pela sustentabilidade. Nesse sentido, sua integração aos princípios da economia circular representa uma oportunidade estratégica para o desenvolvimento de negócios verdes e para a construção de um futuro mais sustentável para a Amazônia.

Referências Bibliográficas

BARBIERI, L. A.; COHEN, M.; MANNARELLI FILHO, T.; ZAVATTI, W. Y. Y.; RODRIGUES, M. C. M.; ÁVILA, L. V. Repensando recursos e sustentabilidade: a economia circular na Amazônia Ocidental. **Journal of Media Critiques**, v. 11, n. 28, p. 1–22, 2025.

ELLEN MACARTHUR FOUNDATION. **Towards the circular economy: economic and business rationale for an accelerated transition**. Cowes: Ellen MacArthur Foundation, 2015.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). **Governança territorial e inovação digital: o uso de dados em tempo real no monitoramento e gestão de biomas**. Brasília, DF: Embrapa, 2024.

FERGUSON, B.; SEKULA, J.; SZABÓ, I. **Soluções tecnológicas para a rastreabilidade da cadeia de suprimentos na Amazônia brasileira: oportunidades para o setor financeiro**. Rio de Janeiro: Instituto Igarapé, 2020.

FERREIRA, D. L.; RODRIGUES, L. C. **Tecnologias para a bioeconomia amazônica: soluções inovadoras para o desenvolvimento sustentável na floresta**. Itacoatiara, AM: Centro de Estudos Superiores de Itacoatiara, Universidade do Estado do Amazonas (UEA), 2025.

KORHONEN, J. et al. Circular economy as an essentially contested concept. **Journal of Cleaner Production**, v. 175, p. 37–46, 2018.

LEDA, G. O.; MOTA, S. C.; CERETO, M. P. Design circular na Amazônia e a valorização de produtos naturais regionais. **Arcos Design**, Rio de Janeiro, v. 18, n. 2, p. 337–356, jul. 2025.

RIBEIRO, H.; MONTEIRO, M.; AMARAL, R. Urbanização e sustentabilidade na Amazônia: dinâmicas de uma floresta urbanizada. **Novos Cadernos NAEA**, v. 24, n. 1, 2021.

SANTOS, D. M. A.; VIANA, W. C. (org.). **Economia circular: princípios e práticas para a sustentabilidade**. Guarujá, SP: Editora Científica Digital, 2025.

SILVA, S. P. A experiência da Natura com cadeias produtivas da sociobiodiversidade na Amazônia. **Sustentabilidade em Debate**, Brasília, DF, v. 11, n. 2, p. 123–137, 2020.

SPINELLI-ARAUJO, L.; COSTA, P.; VICENTE, L. E. Rastreabilidade da castanha-da-amazônia: experiências e oportunidades com tecnologias móveis e redes colaborativas na Amazônia brasileira. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SELPER, 21., 2024, Belém. **Anais [...]**. Belém: SELPER, 2024.

RESUMO

Palavras-chave: Corantes naturais; Biocosméticos; Resíduos de Madeira; Economia Circular.

Apropriamo-nos de commodities, transformamos em produtos para consumo e quando o produto não tem mais uso – simplesmente o descartamos. Por muitos anos, pensamos nos recursos do nosso planeta como ilimitados, vivendo muito no presente e sem pensar no bem-estar das gerações futuras que nos seguirão. O desperdício é a fase final de um processo conhecido como “economia linear”. Esse tem sido o modus operandi econômico e social há muitos anos (Morseleto, 2023; Neves e Marques, 2022; FCC-Group, 2020;

Sandin e Peters, 2018; McKinsey & Company, 2016; Veiga, 2012; Daly & Farley, 2008), e isso só acentua o desperdício de recursos expresso no volume de resíduos sólidos gerados.

Segundo a ABREMA (2024), em 2023 o Brasil gerou 80,9 milhões de toneladas de resíduos, sendo 7,5% (6 milhões de t) provenientes da região Norte, que apresentou os piores índices de destinação adequada – apenas 38% foram para aterros sanitários. A Política Nacional de Resíduos Sólidos (Lei nº 12.305/2010) estabelece uma hierarquia de prioridades: não geração, redução, reutilização, reciclagem, tratamento e disposição final adequada, promovendo práticas sustentáveis e a economia circular. Essa hierarquia de resíduos prioriza as práticas menos nocivas ao meio ambiente e contribui para o estabelecimento de uma economia mais circular.

O setor florestal madeireiro na Amazônia, uma das principais regiões produtoras de madeira tropical, tem baixo rendimento e gera muitos resíduos sem aproveitamento. Na década de 1990, esse setor foi alvo de debates por impulsionar a ocupação predatória. Até 1994, as técnicas de manejo florestal eram quase inexistentes na região, mas avanços ocorreram com melhorias na fiscalização e na regulamentação, especialmente após a Lei de Gestão de Florestas Públicas (Lei nº 11.284/2006) (Ramos et al., 2017; Veríssimo & Pereira, 2014; Brand et al., 2002).

Diante desse cenário, torna-se pertinente relacionar a geração de resíduos sólidos à economia circular, explorando a possibilidade de desenvolver biocosméticos com corantes naturais extraídos de resíduos madeireiros de espécies amazônicas, como forma de reaproveitamento desse material.

Procedimentos Metodológicos

A pesquisa teve caráter aplicado por almejar gerar conhecimentos com fins práticos (Severino, 2002), e se enquadra enquanto pesquisa exploratória, uma vez que “tem como propósito proporcionar maior familiaridade com o problema, com vistas a torná-lo mais explícito – proporcionar uma visão geral acerca de determinado fato ou problema” (Gil, 2010, p. 27; Reis, 2012, p. 59), e no geral assume as formas de pesquisa documental, bibliográfica e estudo de caso. Assim, a pesquisa se configura em bibliográfica, com apoio de pesquisa documental, o que envolve uma base empírica, seleção de um objeto de pesquisa, que pode ser um fato ou fenômeno estudado nos seus vários aspectos (Reis, pp. 57-8).

Há uma interface entre a pesquisa documental e a pesquisa bibliográfica. O que as diferencia é a natureza das fontes: a pesquisa bibliográfica recorre às contribuições de diferentes autores sobre o tema, isto é, para fontes secundárias; já a pesquisa documental recorre a materiais que ainda não receberam tratamento analítico, ou seja, as fontes primárias (Sá-Silva, De Almeida e Guindani, 2009).

A pesquisa bibliográfica contribuiu para a revisão da literatura e para o esclarecimento do problema, a partir de informações secundárias já publicadas, principalmente em livros, artigos de periódicos e, mais recentemente, em materiais disponibilizados na Internet (GIL, 2010). Paralelamente, a pesquisa documental possibilitou o acesso a dados que permitiram circunscrever uma realidade específica, relacionada ao local e ao universo da investigação. Ao tomar a realidade amazônica como referência, estabeleceu-se a conexão com o estudo de caso, o qual viabilizou a aplicação do conhecimento produzido no processo experimental de elaboração de biocosméticos, utilizando corantes obtidos a partir de resíduos madeireiros de espécies amazônicas.

Seguindo Cohen da Silva et al. (2019) e Micareta et al. (2019) acerca dos Biocosméticos faciais, baseados em corantes oriundos de resíduos madeireiros de espécies amazônicas, é possível identificar que a fase experimental envolve a coleta de amostras de resíduos de madeira provenientes de indústrias madeireiras, localizadas no município de Santarém, Pará. Os resíduos de madeira (serragem de lenho e casca) são coletados durante o beneficiamento e identificados no laboratório da UFOPA por espécie: Maçaranduba, Cumarú, Jatobá e Ipê amarelo. Em seguida, a matéria-prima é processada e submetida a análises químicas e físico-químicas, seguindo métodos oficiais, para viabilizar seu uso no desenvolvimento de biocosméticos.

Ecologia Industrial

Erkman (1997, p. 1) questiona se há uma nova perspectiva sobre o sistema industrial – a Ecologia industrial? Sua ideia é que a expressão é surpreendente e intrigante e que imediatamente chama nossa atenção. Na reflexão de Erkman (1997), o aspecto intrigante advém do elemento surpresa, visto que à primeira vista, a “ecologia industrial” é uma contradição, algo como um paradoxo – “claro e escuro” ou “queimar ou enxugar gelo”, uma vez que o costume é considerar o sistema industrial separado e até em conflito com a biosfera, estando as fábricas e as cidades de um lado e a natureza, de outro; o problema consiste em tentar minimizar o impacto do sistema industrial sobre o que está ‘fora’ dele: seus arredores, o “ambiente”. Desde a década de 1950, esse ângulo de fim de tubo foi o adotado por ecologistas, cuja primeira série de estudos focava nas consequências das várias formas de poluição na natureza, onde o sistema industrial e as fábricas eram geradoras dos danos, e não era possível vê-las como elemento de sustentabilidade ambiental.

A ecologia industrial explora a suposição oposta. O sistema industrial pode ser visto como certo tipo de ecossistema; afinal, o sistema industrial, assim como ecossistemas naturais, pode ser descrito como uma distribuição de materiais, energia e fluxos de informação. Além disso, todo o sistema industrial depende de recursos e serviços fornecidos pela biosfera, e dela não pode ser dissociado (Erkman, 1997).

Erkman (1997) aponta que a ecologia industrial resistiu intuitivamente nos últimos 30 anos e que foram feitas várias tentativas de delimitá-la e geralmente foi infrutífera. A expressão ganhou dimensão material no início dos anos 1990, inicialmente, entre vários engenheiros industriais vinculados à Academia Nacional de Engenharia dos EUA. Atualmente, o conceito de “ecologia industrial” ganha destaque em universidades e empresas, tornando-se um chavão devido à sua crescente popularidade.

Diante dessa constatação, Erkman (1997, p.1) define o que ele entende ser a Ecologia Industrial e, para isso, busca diferenciar de “metabolismo industrial”, como forma de evitar confusão. Ele define “metabolismo industrial” como o conjunto dos materiais e fluxos de energia passando pelo sistema industrial, sendo estudado a partir de uma ação essencialmente analítica e abordagem descritiva (basicamente uma aplicação de princípio do balanço de materiais), visando compreender a circulação dos materiais e fluxos de energia ligados à atividade humana, desde a extração inicial até a inevitável reintegração, mais cedo ou mais tarde, nos ciclos biogeoquímicos. Já a ecologia industrial vai além.

A ideia, primeira, é entender como funciona o sistema industrial, como é regulado e sua interação com a biosfera, tendo por base o que é conhecido sobre ecossistemas, para determinar como poderia ser reestruturado para torná-lo compatível com o funcionamento dos ecossistemas naturais. Erkman (1997) apontava haver certa imprecisão na definição do que seria a Ecologia Industrial, e de que vários autores não deixavam claro a diferença entre metabolismo industrial e ecologia industrial.

A ecologia industrial é uma iniciativa que visa diminuir o impacto dos negócios no meio ambiente, promovendo o “ganha-ganha” da ecoeficiência, ou seja, que haja ganhos na redução material do consumo de energia e economia de custos no processo da produção. A ecologia industrial se caracteriza pela promoção de “ecossistemas industriais”, envolvendo a interação entre empresas, e daí a metáfora com ecossistemas naturais. (Chagas; Caldeiras-Pires, 2022).

Seu surgimento decorre da aspiração humana de integrar sistemas artificiais a sistemas pertencentes à natureza. Nessa perspectiva, a ecologia industrial oferece uma visão holística que considera simultânea e amplamente, a necessária interação do ser humano com a natureza, para além dos aspectos econômico, mas também social, vinculada à metáfora entre ecossistemas naturais e industriais. (Chagas e Caldeiras-Pies, 2022; Trevisana et al., 2016; Deutz & Gibbs, 2009; Martínez Alier, 2003;).

Economia Circular - O Caminho para um Futuro Sustentável

A economia circular propõe uma visão que ultrapassa o modelo industrial extrativo tradicional de “pegar, processar e descartar”. Seu objetivo é redefinir o crescimento econô-

mico, concentrando-se em benefícios positivos para toda a sociedade. Apoiada pela transição para fontes de energia renováveis, essa abordagem busca criar capital econômico, natural e social, fundamentando-se em três princípios essenciais: i) **Superar a geração de resíduos e poluição** (*Eliminate waste and pollution*) - redesenhar sistemas produtivos para evitar externalidades negativas (ex.: descarte de resíduos madeireiros); transformar serragem em corantes para biocosméticos, evitando queima ou aterramento; ii) **Manter produtos e materiais em uso** (*Keep products and materials in use*) - maximizar a vida útil de recursos através de reuso, reciclagem e regeneração, reutilizar resíduos madeireiros como insumos para novas cadeias produtivas (ex.: cosméticos); iii) **Regenerar sistemas naturais** (*Regenerate natural systems*) - promover práticas que restaurem ecossistemas (ex.: reduzir extração de madeira nativa), o uso de resíduos florestais diminui a pressão sobre florestas primárias, como a Amazônia. (Ellen Macarthur Foundation, 2020).

A economia circular visa à atividade econômica que constrói e reconstrói a integridade geral do sistema. O conceito reconhece a importância da economia que precisa trabalhar efetivamente em todas as escalas – para grandes e pequenas empresas, para organizações e indivíduos, global e localmente. A transição para uma economia circular não equivale apenas a ajustes destinados a reduzir os impactos negativos da economia linear. Em vez disso, representa uma mudança sistêmica que cria resiliência a longo prazo, gera oportunidades de negócios e econômicas e fornece benefícios ambientais e sociais (Ellen Macarthur Foundation, 2020). O principal objetivo da economia circular é tornar os sistemas econômicos e os processos industriais mais ecológicos e sustentáveis.

Em relação à produção de biocosméticos a partir de resíduos madeireiros, a Figura 1 apresenta uma nova cadeia produtiva, caracterizada por: i) superação da destinação inadequada de resíduos; ii) manutenção de materiais em uso; e iii) contribuição para a regeneração da floresta.

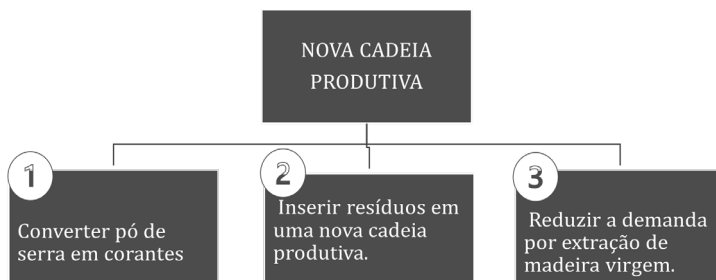


Figura 1 Nova cadeia produtiva de biocosméticos a partir de resíduos madeireiros. *Fonte:* Elaborada pelos próprios autores.

Geração de Resíduos de Madeiras

Hoornweg e Bhada-Tata (2012) e Hoornweg, Bhada-Tata e Kennedy (2013), em estudos elaborados para o Banco Mundial, projetaram que até 2025 cerca de 4,3 bilhões de habitantes urbanos produzirão aproximadamente 1,42 kg de resíduos sólidos por pessoa ao dia, totalizando 2,2 bilhões de toneladas anuais. Desse montante, estima-se que 1,54 milhões de toneladas correspondam a resíduos de madeira, o que representa cerca de 7% de todo o volume gerado. Tal perspectiva evidencia a necessidade de repensar a gestão da cadeia produtiva da madeira. No caso da Amazônia, dados do Imazon (2010) indicam que entre 40% e 60% da madeira explorada transforma-se em resíduos — como pó de serra, cascas e toras não aproveitadas —, havendo ainda poucas iniciativas voltadas à valorização econômica desse material.

A indústria madeireira na Amazônia tem poucos estudos sobre sua cadeia produtiva, especialmente em gestão de resíduos. A reutilização ou reciclagem desses resíduos deveria ser padrão, mas muitas empresas não adotam tais práticas por falta de conhecimento ou fiscalização. Uma das soluções comuns é a queima a céu aberto, que gera CO₂ e agrava mudanças climáticas e problemas respiratórios tanto para trabalhadores quanto para comunidades próximas. (IMAZON, 2010; Ramos et al., 2017; SFB & IMAZON, 2010).

Os resíduos madeireiros, quando gerenciados de forma correta, podem trazer benefícios econômicos e ambientais para toda a sociedade. Algumas formas ou metodologias de reciclagem já estão relatadas na literatura. As principais alternativas para a reciclagem ou a reutilização dos resíduos de madeira recomendadas são: compostagem, geração de energia, produção de painéis, fabricação de pequenos artefatos de madeira e utilização como condicionantes do solo (Ciribelli & Fernandes, 2011; Monteiro et al., 2010; Ruivo et al., 2007; Szabó Junior, 2010; Zenid, 2009). A Tabela 1 mostra a quantidade estimada de resíduos produzidos no Brasil em 2009.

A Tabela 2 apresenta o número de empresas madeireiras na Amazônia brasileira, o consumo de toras, o processamento e a quantidade de resíduos gerados em m³ em 2009.

Lima Melo et al., (2012) e IDAE (2012) apontavam que o maior percentual de resíduos formados se constituiu de aparas, seguidas por costaneiras e serragem. Basicamente as costaneiras são as partes da madeira retiradas no processo primário de industrialização (desdobramento) da madeira. Essas tábuas costaneiras têm uma face plana e outra curva, apresentando uma forma de meia lua, onde se encontra o alburno e parte do cerne. E que os resíduos originados no processo produtivo têm sua destinação relacionada ao respectivo valor agregado destes, indicando porque a lenha e a serragem, sendo de menor valor agregado, são vendidas para fábricas de cerâmicas de tijolos para queima. Diver-

samente, as costaneiras e aparas de maior valor agregado são vendidas para pequenas movelarias próximas à serraria. O destino dado aos resíduos em que 42,77% de aparas, encontrados para a espécie de maçaranduba, pode-se destinar 21,03%, conforme sugerem, para fabricação de artefatos, correspondendo a 0,14 m³; o restante de 0,54 m³ destina-se para gerar energia, juntamente com a serragem – queima.

Tabela 1 Quantidade estimada de resíduos de madeira produzidos no Brasil em 2009.

Estados	Consumo de toras (milhares em m³)	Produção processada total (milhares em m³)	Quantidade de Resíduos gerados (milhares em m³)
Acre	422	193	229
Amapá	94	41	53
Amazonas	367	144	223
Maranhão	254	90	164
Mato Grosso	4.004	1795	2209
Pará	6.599	2550	4049
Rondônia	2200	950	1250
Roraima	188	70	118
Amazônia Legal	14.128	5.833	8.295

Fonte: Ramos et al. (2017, p. 7).

Tabela 2 Número de empresas, consumo, produção e quantidade de resíduos gerados no Estado do Pará em 2009.

Fonte Geradora	Resíduos de Madeira (1000 t/ano)	%
Indústria madeireira	27.750	90,7%
Construção Civil	923	3,0%
Meio Ambiente (podas de árvores urbanas)	1.930	6,3
Total	30.603	100,0

Fonte: Ramos et al. (2017, p. 6).

Ramos et al. (2016, p. 2) assinalam que os resíduos madeireiros, quando gerenciados de forma correta, podem trazer benefícios econômicos e ambientais para toda a sociedade. Algumas formas ou metodologias de reciclagem já estão relatadas na literatura. As principais alternativas para a reciclagem ou a reutilização dos resíduos de madeira recomendadas são: compostagem, geração de energia, produção de painéis, fabricação de pequenos artefatos de madeira e utilização como condicionantes do solo; não há identificação para uso em biocósméticos.

A ABNT NBR 10004:2004, anexos (p. 77) classifica os resíduos de madeira como não perigosos. Enquanto resíduos sólidos alcançam o conceito da ABNT (2004) que define resíduos sólidos como descartáveis ou inúteis resultantes das atividades humanas, em estado sólido, semissólidos ou semilíquido (com conteúdo líquido insuficiente para que esse fluido possa se movimentar livremente), nessa perspectiva o excesso de geração de resíduos da indústria madeireira a sua má disposição faz com que este torne-se nocivo aos humanos.

Ramos et al. (2016, p.11) apontam problemas socioambientais dos resíduos da indústria madeireira incluem danos ambientais, como poluição de água, ar e solo devido ao descarte inadequado de resíduos tratados quimicamente ou em excesso, assoreamento de rios, contaminação por substâncias tóxicas e aumento do efeito estufa pela liberação de CO₂. Socialmente, há riscos à saúde e segurança da população e trabalhadores, com destaque para problemas respiratórios, dermatológicos e intestinais causados pela queima a céu aberto e o descarte próximo a áreas de abastecimento de água, além do risco de incêndios.

Biocosméticos

Martínez-Merino e Gil (2012) destacam que, com o esgotamento das fontes fósseis, a biomassa, entendida como materiais orgânicos de origem animal, vegetal ou microbiana; será a principal fonte de matérias-primas básicas. A adoção dessa economia exige mudanças nos processos produtivos, já que, ao contrário das fontes fósseis pobres em oxigênio, a biomassa apresenta elevado teor desse elemento. Avanços já são observados na produção de combustíveis, polímeros, solventes, surfactantes, lubrificantes, fibras compósitas, agroquímicos e medicamentos, abrindo também possibilidades para aplicações em biocosméticos.

Os cosméticos alinhados à tendência dos consumidores verdes devem ser livres de excipientes sintéticos e provenientes de cadeias produtivas sustentáveis (Bilal; Iqbal, 2019; Novak; Sydney; Soccol, 2014). Embora a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) estabeleça parâmetros técnico-científicos para o registro desses produtos, ainda não há regulamentação específica para os chamados naturais ou biocosméticos (BRASIL, 2015). Nesse contexto, a certificação é realizada por entidades independentes que garantem tanto a qualidade quanto a origem dos insumos, como a Ecocert e o Instituto Biodinâmico (IBD) (Lyrio Et Al., 2011; Kalicanin; Velimirovic, 2016).

Os cosméticos à base de matérias-primas de origem natural e a expansão da indústria de cosméticos naturais ou biocosméticos têm resultado em forte questionamento pelos países detentores de biodiversidade. Ressalta-se a perspectiva ecológica no que questionam os impactos do extrativismo comercial sobre a floresta e sobre as populações

tradicionais, pois, o uso de insumos naturais (tanto por empresas de cosméticos tradicionais quanto por aquelas especializadas em produtos naturais) tem como limite a escala da coleta e a sustentabilidade da floresta (Daly & Farley, 2008; SEBRAE / ESPM, 2009), sendo que o esforço de coleta põe em risco os ecossistemas e isso realça a preocupação com as mudanças climáticas.

Segundo Coutinho e Bomtempo (2011), a preocupação com as mudanças climáticas e as medidas que vêm sendo adotadas no mundo para seu controle deverão ter impacto direto na atividade industrial. Essa perspectiva tem levado ao crescimento de investimento em tecnologias e produtos mais “limpos”. Nesse contexto, abrem-se oportunidades para o desenvolvimento de uma indústria baseada em Matérias-Primas Renováveis (MPR). Além dos biocombustíveis já conhecidos, um fluxo de inovações em desenvolvimento pode estar lançando as bases de uma indústria integrada de exploração da biomassa. Essa indústria pode ultrapassar os limites da produção de biocombustíveis e oferecer rotas para a substituição de matérias-primas fósseis e introdução de novos produtos químicos. No futuro, quando a base de matérias-primas deixar de ser fóssil, energia e química serão certamente indústrias muito diferentes das atuais.

A substituição das matérias-primas fósseis por recursos naturais suscita preocupações quanto ao impacto sobre fontes extrativistas e à garantia da escala de produção. Contudo, o reuso de recursos representa uma estratégia eficaz para enfrentar o desperdício. No caso da Amazônia, o volume de resíduos madeireiros é significativo e, em geral, recebe destinação pouco nobre, embora ainda haja quem considere o setor de cosméticos como frívolo e existam poucos estudos sobre o aproveitamento desses resíduos. Historicamente, o Brasil tem sua origem vinculada à exploração do pau-brasil (*Caesalpinia echinata*) (Cruz; Xavier, e Ito, 2021), utilizado como corante vermelho industrial. Com o avanço da síntese química, os corantes naturais perderam espaço, mas atualmente recuperam relevância em produtos de apelo sustentável, especialmente nos cosméticos, onde os biocosméticos ganham destaque cultural. (Ferreira et al; 2024; Negi, 2025).

Em publicação conjunta a *Diversum*¹/ ONU / França/ FEBEA² (2017, p. 20) reportam-se a pegada cultural do setor cosmético e fazem o questionamento “por que há tanto interesse na pegada cultural do setor de cosmético hoje? _ Pois, os cosméticos são frequentemente vistos como frívolos, não essenciais, artificiais, divertidos. Destacam que a questão merece ser reconsiderada, tanto historicamente quanto em escala contemporânea. Essa releitura é ainda mais útil e necessária, visto que a dimensão cultural está ganhan-

1. Diversum. <https://www.diversum.net/en/association/a.php?t=presentation&id=7>

2. Federação de Empresas de Beleza (FEBEA). <https://www.febea.fr/fr/la-febea/nos-missions>

do importância em nossas sociedades sob o efeito de vários fatores. E, hoje, a humanidade justifica e considera, ainda mais, a cultura, em sentido amplo, como um dos principais desafios do desenvolvimento sustentável.

Na visão da Diversum/ ONU / França/ FEBEA, um olhar histórico mostra que os cosméticos são uma atividade cultural antiga. E são também um setor-chave da economia, que sabe ser mutável. Portanto, é normal que esteja na vanguarda de uma nova modernidade. Os cosméticos são um ator nessa nova modernidade, buscando sua vocação como produtora de bem-estar. Ao fazê-lo, traz uma série de benefícios culturais que nem sempre são claramente identificados.

A aventura humana tem sido inseparável dos cosméticos. Desde o início, os seres humanos adotaram um conjunto de práticas que se somam à natureza e transformam a aparência do corpo ou do rosto. As primeiras estatuetas disponíveis revelam que existem formas de tatuagens, arranjos de toucas e, pode-se supor, formas de pinturas de rosto. Todas as sociedades paleolíticas modificaram o corpo. Portanto, é invariável: o ser humano não aceita o corpo recebido pela natureza. (Da cruz et al, 2021).

Pesquisas mostram que provavelmente havia uso de tintas ocre ou pretas nos neandertais. Assim, marcas no corpo, marcas de cosméticos existem desde o *Homo sapiens*. Essas impressões cosméticas são intervenções que não são exclusivamente estéticas. A estética, ou seja, o embelezamento no sentido estrito do termo, a busca pela beleza, é apenas um aspecto. Ela é procurada, mas provavelmente não é a mais importante; é apenas uma parte de um todo muito maior. Cosméticos primitivos e pré-modernos são principalmente atividades simbólicas. Simbólico em que as marcas, as cores, as linhas, os desenhos – para homens e mulheres em outros lugares – significam coisas; eles significam o cosmos, a relação com forças invisíveis, a organização do mundo (Diversum/ ONU / França/ FEBEA, 2017, p. 20)

Registros no Papiro de Turim e no Papiro Strike (Deir el-Medina)³ descrevem que trabalhadores das tumbas reais no Vale dos Reis paralisaram seus trabalhos por atraso no pagamento de salários (que incluíam alimentos, óleos e outros suprimentos). Cosméticos eram parte dos “salários”: Egípcios usavam kohl (pigmento de galena/antimônio) nas pálpebras para proteção solar e contra infecções oculares, além de óleos vegetais para hidratação. A falta desses itens poderia, sim, ser um fator de insatisfação.

3. O chamado “Papiro de greve” escrito por Amunnakht. https://collezioni.museoegizio.it/en-GB/material/Cat_1880

Biocosméticos Baseados em Corantes Naturais oriundos de Resíduos Madeireiros de Espécies Amazônicas

Em levantamento da produção científica voltada ao uso de resíduos de madeira, foram identificados resultados de pesquisas e ações para produção de etanol de segunda geração (Klüh; 2022; Rabelo, 2012; Silva et al.; 2010); produção de hidrogênio verde (Bachofen, 2024; Lara e Richter, 2023); mas não foram identificados usos do pó de serra na indústria da cosmetologia. A destinação mais comum para esse resíduo é a queima para a geração de energia. Quanto ao uso dos resíduos, como base para uma economia circular; identificamos o estudo de Kowszyk e Maher (2018) feito para a Fundação EU-LAC voltado a economia circular e os mecanismos de proteção ao meio ambiente e produção de energia limpa.

Kowszyk e Maher (2018, p. 35-99) abordam casos de setores industriais na Europa e América Latina que usam resíduos sólidos reciclados como base produtiva, integrando a economia circular em sua estratégia. No Quadro 1 abaixo temos uma síntese dos casos estudados.

Quadro 1 Síntese de Estudos de Caso - Empresas que inovam usando resíduos sólidos.

Empresa / País	Setor	Estratégia de Economia Circular	Impactos
Ananas Anam (Reino Unido/Filipinas)	Moda e têxtil	Produz Piñatex , fibra alternativa ao couro feita de folhas de abacaxi descartadas.	Redução de resíduos agrícolas; geração de renda para agricultores; expansão em moda sustentável; vendas estimadas em €2,8 milhões (2019).
Better Future Factory (Holanda)	Design e manufatura	Cria produtos e mobiliário a partir de plásticos reciclados .	Reciclou mais de 220 toneladas de plástico; promove educação em CE para milhares de estudantes; modelo de negócio centrado em inovação circular.
Closing the Loop (Holanda)	Tecnologia / eletrônicos	Reciclagem de celulares usados na África, evitando que virem lixo tóxico.	Mais de 2 milhões de celulares reciclados; geração de empregos locais; crescimento de receita de €250 mil para €700 mil (2017).
Donar (Eslovênia)	Mobiliário	Produz móveis com materiais reciclados (ex.: garrafas PET).	Cada produto recicla ~70 garrafas plásticas; políticas sociais (igualdade de gênero, jornada de 6h/dia); recebeu 54% de financiamento público inicial.
LATU (Uruguai)	Pesquisa e inovação	Laboratório tecnológico que promove CE em empresas e comunidades.	Recicla 800 kg/mês de resíduos; redução anual de 10 toneladas de CO ₂ ; modelo inclusivo com cooperativas de catadores; 500 funcionários.
Neptuno Pumps (Chile)	Indústria de bombas hidráulicas	Design modular e reciclável, prolongando vida útil e eficiência energética.	Clientes economizam até 70% de energia e reduzem 75% de resíduos sólidos; poupança de €4,3 milhões em manutenção para um cliente; crescimento de 25%/ano em vendas.
Pulpo SA (Argentina)	Gestão de resíduos	Reciclagem de poliestireno expandido (EPS) em materiais biodegradáveis.	Substitui o equivalente a 500 caminhões de lixo em EPS; aumento de 50% nas vendas; metas sociais (mais mulheres em cargos de liderança, inclusão de pessoas com deficiência).

Fonte: Kowszyk e Maher (2018, p. 35-99)

Kowszyk e Maher (2018) mostram que a economia circular é aplicável em setores como moda, tecnologia, indústria pesada, design e gestão de resíduos, trazendo valor econômico, social e ambiental. Na Europa predominam startups inovadoras focadas em design e reciclagem criativa; já na América Latina vê-se empresas consolidadas com impacto na eficiência industrial e inclusão social; esses exemplos indicam que a circularidade pode ser central na estratégia de negócios, não apenas um adicional sustentável (Kowszyk e Maher, 2018). No foco do estudo, resíduos de madeiras amazônicas, identificou-se Cohen da Silva et al. (2019) e Nicaretta et al. (2019) elas destacam o aproveitamento de resíduos madeireiros amazônicos para obter corantes naturais e desenvolver biocosméticos faciais.

Nicaretta et al. (2019) destacam que resíduos madeireiros de espécies amazônicas são fontes promissoras de bioativos e corantes. A busca pelo uso do Cumarú (*Dipteryx odorata*), Maçaranduba (*Manilkara huberi*), Jatobá (*Hymenaea courbaril*) e Ipê amarelo (*Tabebuia serratifolia*) no desenvolvimento de biocosméticos favorece a reutilização da serragem, criando alternativas sustentáveis e agregando valor à biodiversidade amazônica. Para isso, é necessário superar o modelo linear vigente na cadeia produtiva da madeira, como ilustra a Figura 2.



Figura 2 Economia linear da indústria madeireira. *Fonte:* Elaborada pelos próprios autores..

É preciso superar essa limitação no âmbito da Amazônia brasileira, com destaque para o estado do Pará, cuja produção de madeira e geração de resíduos estão entre as mais expressivas da região. Nesse sentido, torna-se necessário avançar em direção a uma economia circular, conforme a síntese apresentada na Figura 3.



Figura 3 Aplicação da economia circular na cadeia produtiva da madeira. *Fonte:* Elaborada pelos próprios autores.

Por fim, espera-se que essa nova cadeia produtiva possibilite o aproveitamento do pó de serra de madeiras amazônicas como matéria-prima para novos biocosméticos. A Figura 4 sintetiza essa perspectiva, apontando para o estabelecimento de um mercado sustentável.



Figura 4 Mercado sustentável como destino dos resíduos de madeira na Amazônia. *Fonte:* Elaborada pelos próprios autores.

conclusões

O uso de resíduos madeireiros amazônicos para criar biocosméticos representa uma perspectiva de se alcançar inovação tecnológica alinhada à Economia Circular. O processo tecnológico pode transformar subprodutos como serragem e cascas em corantes naturais para cosméticos, permitindo: i) a redução de resíduos sólidos e poluição ao reinserir milhões de m³/ano no ciclo produtivo, ii) o aproveitamento desses resíduos como matéria-prima estratégica, exemplificando a ecologia industrial, e iii) a valorização econômica de resíduos antes descartados, diminuindo a pressão sobre florestas nativas e promovendo sua recuperação. Mas ainda há muito a se fazer para chegarmos nesse patamar.

Apesar do potencial, a proposta enfrenta desafios como estudos de volumetria para medir a absorção dos resíduos pela indústria de biocosméticos, controle de qualidade dos corantes naturais e aceitação pelo mercado. A pesquisa mostra que aproveitar resíduos na produção de biocosméticos pode impulsionar a bioeconomia regional, mas exige investimentos em P&D, políticas de incentivo e parcerias entre setores.

Referências Bibliográficas

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS (ABRELPE). **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil 2018/2019**. [S. l.]: ABRELPE, [2019].

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **ABNT NBR 10004: resíduos sólidos – classificação**. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.

BACHOFEN, R. M. **Análise da viabilidade dos processos de produção de hidrogênio verde a partir de biomassa**. 2024. 71 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Química) – Escola de Química, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2024.

BANCO MUNDIAL. **What a Waste Global Database**. 2018. Disponível em: https://datatopics.worldbank.org/what-a-waste/trends_in_solid_waste_management.html.

BILAL, M.; IQBAL, H. M. N. An insight into toxicity and human-health-related adverse consequences of cosmeceuticals: a review. **Science of the Total Environment**, v. 670, n. 1, p. 555–568, 2019.

BRAND, M. A.; MUÑIZ, G. I. B. de; SILVA, D. A.; KLOCK, U. Caracterização do rendimento e quantificação dos resíduos gerados em serraria através do balanço de materiais. **Revista Floresta**, v. 32, n. 2, p. 247–259, 2002.

BRASIL. Lei nº 11.284, de 2 de março de 2006. Dispõe sobre a gestão de florestas públicas para a produção sustentável. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 2006.

BRASIL. Resolução nº 7, de 10 de fevereiro de 2015. Dispõe sobre os requisitos técnicos para a regularização de produtos de higiene pessoal, cosméticos e perfumes. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 2015.

CHAGAS, M. J. R.; CALDEIRA-PIRES, A. de A. Relação conceitual entre economia circular, ecologia industrial e Cradle to Cradle: um ensaio teórico. **Novos Cadernos NAEA**, v. 25, n. 2, p. 211–231, maio/ago. 2022.

COHEN DA SILVA, M. E. et al. Biocosméticos faciais baseados em pigmentos oriundos de resíduos madeireiros de espécies amazônicas [resumo]. In: UNIVERSIDADE FEDERAL DO OESTE DO PARÁ (ed.). **Resumos de comunicações científicas: IV Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia da Madeira**. Santarém: CTM, 2019.

COUTINHO, P.; BOMTEMPO, J. V. Roadmap tecnológico em matérias-primas renováveis: uma base para a construção de políticas e estratégias no Brasil. **Química Nova**, v. 34, n. 5, p. 910–916, 2011.

CRUZ, G. S. da; XAVIER, I. M. **Revisão de literatura sobre os principais corantes naturais de origem vegetal empregados em cosméticos**. 2021. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso Superior de Tecnologia em Cosméticos) – Faculdade de Tecnologia de Diadema “Luigi Papaiz”, Diadema, 2021. Disponível em: <https://ric.cps.sp.gov.br/handle/123456789/21801>.

DALY, H.; FARLEY, J. **Economia ecológica: princípios e aplicações**. [S. l.]: Instituto Piaget, 2008.

DEUTZ, P.; GIBBS, D. Industrial ecology and regional development: eco-industrial development as cluster policy. **Regional Studies**, v. 42, n. 10, p. 1313–1328, 2008.

DIVERSUM; ONU; FRANÇA; FEBEA. **L’empreinte culturelle du secteur cosmétique**. [S. l.]: Diversum, 2017.

ELLEN MACARTHUR FOUNDATION. **Concept: what is a circular economy? A framework for an economy that is restorative and regenerative by design**. 2020. Disponível em: <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/circular-economy/concept>.

ERKMAN, S. Industrial ecology: an historical view. **Journal of Cleaner Production**, v. 5, n. 1–2, p. 1–10, 1997. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0959-6526\(97\)00003-6](https://doi.org/10.1016/S0959-6526(97)00003-6).

FCC-GROUP. **From linear to circular economy: closing the loop**. 2020. Disponível em: <https://www.fcc-group.eu/en/fcc-cee-group/news-and-media/stories-of-waste/from-linear-to-circular-economy-closing-the-loop.html>.

FERREIRA, J. H. M. et al. Corantes naturais: extração e utilização no tingimento de substratos orgânicos como alternativa sustentável. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE QUÍMICA, 2024. **Anais [...]**. 2024.

FERNANDES, S. L.; CIRIBELLI, T. O. Valorização de resíduos agroflorestais na cadeia produtiva de biocosméticos. **Revista Brasileira de Energias Renováveis**, v. 5, 2011.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. [S. l.]: Atlas, 2010.

GOMES, J. I.; SAMPAIO, S. S. **Aproveitamento de resíduos de madeira em três empresas madeireiras do Estado do Pará**. Belém: [s. n.], 2004. (Comunicado Técnico).

HOORNWEG, D.; BHADA-TATA, P. **What a waste: a global review of solid waste management**. [S. l.]: World Bank, 2012. (Urban Development Series; Knowledge Papers, n. 15). Disponível em: <http://hdl.handle.net/10986/17388>.

HOORNWEG, D.; BHADA-TATA, P.; KENNEDY, C. Environment: waste production must peak this century. **Nature**, v. 502, n. 7473, p. 615–617, 2013.

HORST, D. J.; BEHAINNE, J. J. R. Reutilização de resíduos de madeira para produção de etanol de segunda geração, utilizando HPLC para mapeamento do tratamento com ácido nítrico diluído (HNO₃) e *Saccharomyces cerevisiae*. **Revista de Engenharia e Tecnologia**, v. 4, n. 2, p. 75, ago. 2012.

INSTITUTO DO HOMEM E MEIO AMBIENTE DA AMAZÔNIA (IMAZON). **Fatos florestais da Amazônia**. [S. l.]: Imazon, 2010.

INSTITUTO PARA LA DIVERSIFICACIÓN Y AHORRO DE LA ENERGÍA (IDAE). **Mapa tecnológico: calor y frío renovables**. [S. l.]: Observatorio Tecnológico de la Energía, 2012.

KALIČANIN, B.; VELIMIROVIĆ, D. A study of the possible harmful effects of cosmetic beauty products on human health. **Biological Trace Element Research**, v. 170, n. 2, p. 476–484, 2016.

KOWSYK, Y.; MAHER, R. **Case studies on circular economy models and integration of Sustainable Development Goals in business strategies in the EU and LAC**. Hamburg: EU-LAC Foundation, 2018. DOI: <https://doi.org/10.12858/1018EN>. Disponível em: https://eulacfoundation.org/en/system/files/case_studies_circular_economy_eu_lac.pdf. Acesso em: 3 mar. 2025.

LARA, D. M. de; RICHTER, M. F. Hidrogênio verde: a fonte de energia do futuro. **Cadernos NAEA**, v. 26, n. 1, p. 413–436, jan./abr. 2023.

LYRIO, E. S.; FERREIRA, G. G.; ZUQUI, S. N.; SILVA, A. G. Recursos vegetais em biocosméticos: conceito inovador de beleza, saúde e sustentabilidade. **Natureza**, v. 9, n. 1, p. 47–51, 2011.

MARTÍNEZ ALIER, J. Ecología industrial y metabolismo socioeconómico: concepto y evolución histórica. **Economía Industrial**, n. 351, p. 15–26, 2003.

MARTÍNEZ-MERINO, V.; GIL, M. J. Fuentes renovables para la producción de materias primas y energía. **Anales de Química**, v. 108, n. 3, p. 205–214, 2012.

MCKINSEY CENTER FOR BUSINESS. **The circular economy: moving from theory to practice**. 2016. Disponível em: <https://www.isb-global.com/wp-content/uploads/The-circular-economy-Moving-from-theory-to-practice.pdf>.

MELO, L. F. et al. Extração de corantes naturais de cascas de árvores amazônicas para aplicação em cosméticos. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v. 22, 2012.

MONTEIRO, K. F. G.; KERN, D. C.; RUIVO, M. L. P.; RODRIGUES, T. E.; COMETTI, J. L. S. Uso de resíduos de madeira como alternativa de melhorar as condições ambientais em sistema de reflorestamento. **Acta Amazonica**, Manaus, v. 40, n. 3, set. 2010. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0044-59672010000300001>. Acesso em: 4 jun. 2014.

MORSELETT, P. Sometimes linear, sometimes circular: states of the economy and transitions to the future. **Journal of Cleaner Production**, v. 390, 136138, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.136138>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652623002962>. Acesso em: 29 mar. 2025.

NEGI, A. Natural dyes and pigments: sustainable applications and future scope. **Sustainable Chemistry**, v. 6, n. 3, 2025.

NEVES, S. A.; MARQUES, A. C. Drivers and barriers in the transition from a linear economy to a circular economy. **Journal of Cleaner Production**, v. 341, 130865, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.130865>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652622005030>. Acesso em: 29 mar. 2025.

NICARETTA, B. C. et al. **Biocosmetics containing natural pigment from wood waste of Amazonian species *Hymenaea courbaril* (Jatobá)**. 2019. Disponível em: <https://proceedings.science/cifarp-2019/papers/biocosmetics-containing-natural-pigment-from-wood-waste-of-amazonian-species-hymenaea-courbaril-jatoba->.

NOVAK, A. C.; SYDNEY, E. B.; SOCCOL, C. R. Biocosmetics. In: BRAR, S.; DHILLON, G.; SOCCOL, C. (ed.). **Biotransformação da biomassa residual em bioquímicos de alto valor**. Nova Iorque: Springer, 2014. DOI: https://doi.org/10.1007/978-1-4614-8005-1_16.

RABELO, S. C. **Avaliação e otimização de pré-tratamento e hidrólise enzimática do bagaço de cana-de-açúcar para a produção de etanol de segunda geração**. 2010. 414 f. Tese (Doutorado em Engenharia Química) – Faculdade de Engenharia Química, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2010. Disponível em: <https://repositorio.unicamp.br/acervo/detalhe/770600>.

RAMOS, W. F.; RUIVO, M. de L. P.; JARDIM, M. A. G.; PORRO, R.; CASTRO, R. M. da S.; SOUZA, L. M. de. Analysis of the wood industry in Amazonia: management, use and storage of waste. **Revista Brasileira de Ciências Ambientais**, Rio de Janeiro, n. 43, p. 1–16, 2017. DOI: <https://doi.org/10.5327/Z2176-947820170057>. Disponível em: https://www.rbciamb.com.br/Publicacoes_RBciAMB/article/view/114. Acesso em: 31 mar. 2025.

REIS, L. G. **Produção de monografias da teoria à prática: método de educar pela pesquisa (MEP)**. [S. l.]: SENAC, 2012.

RUIVO, M. L. P.; MONTEIRO, K. F. G.; SILVA, R. M.; SILVEIRA, I. M.; QUARESMA, H. D. A. B.; SÁ, L. D. A.; PROST, M. T. R. Gestão florestal e implicações socioambientais na Amazônia oriental (estado do Pará). **Oecologia Brasiliensis**, 2007.

SANDIN, G.; PETERS, G. M. Environmental impact of textile reuse and recycling: a review. **Journal of Cleaner Production**, [S. l.], v. 184, p. 353–365, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.02.266>.

SÁ-SILVA, J. R.; DE ALMEIDA, C. D.; GUINDANI, J. F. Pesquisa documental: pistas teóricas e metodológicas. **Revista Brasileira de História & Ciências Sociais**, v. 1, n. 1, p. 1–14, 2009.

SEBRAE; ESPM. **Cosméticos: estudos de mercado**. [S. l.]: SEBRAE; ESPM, 2008.

SERVIÇO FLORESTAL BRASILEIRO; IMAZON. **A atividade madeireira na Amazônia brasileira: produção, receita e mercados**. [S. l.]: SFB; Imazon, 2010.

SEVERINO, A. J. **Metodologia do trabalho científico**. [S. l.]: Cortez, 2000.

SILVA, P. M. da; ANTUNES, I. F.; BEVILAQUA, G. P.; FEIJÓ, C. T. Variedade crioula versus cultivar: conceitos, significados e distinções. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROECOLOGIA, 12. **Anais [...]**. Rio de Janeiro, v. 19, n. 1, 2024.

SZABÓ JÚNIOR, A. M. **Educação ambiental e gestão de resíduos**. 3. ed. São Paulo: Rideel, 2010.

TREVISANA, M. et al. Industrial ecology, industrial symbiosis and industrial eco-park: to know to apply. **Electronic Journal of Management & System**, v. 11, n. 2, p. 204–215, 2016.

UN-HABITAT. **World Cities Report**. 2017. Disponível em: <https://unhabitat.org/un-habitat-launches-the-world-cities-report-2016>.

UNIDEP. **Report: Waste Management Outlook for Latin America and the Caribbean**. 2018. Disponível em: <https://www.unenvironment.org/resources/report/waste-management-outlook-latin-america-and-caribbean>.

VEIGA, J. E. **Meio ambiente e desenvolvimento**. [S. l.]: SENAC, 2012.

VERÍSSIMO, A.; PEREIRA, D. **A expansão madeireira na Amazônia**. Belém: Imazon, 2014. Disponível em: https://imazon.org.br/PDFimazon/Portugues/estado_da_amazonia/a-expansao-madeireira-na-amazonia.pdf. Acesso em: 31 mar. 2025.

WORLD BANK. **What a Waste 2.0: a global snapshot of solid waste management to 2050**. Washington, DC: The World Bank, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1596/978-1-4648-1329-0>. Disponível em: <https://openknowledge.worldbank.org/>.

ZENID, G. J. (coord.). **Madeira: uso sustentável na construção civil**. 2. ed. São Paulo: IPT, 2009. Disponível em: Biblioteca Florestal. Acesso em: 31 mar. 2025.



Parte III

Território, Cadeias Produtivas e Impactos Socioeconômicos

1. Introdução

Apesar da existência de agentes econômicos ligados à cadeia dos resíduos sólidos no Amapá, ainda há baixa sistematização territorial, logística e econômica dos fluxos existentes, dificultando o planejamento, a rastreabilidade e a proposição de soluções estruturadas. Esse cenário é agravado pela histórica dependência interestadual para etapas de transformação industrial, pela predominância da informalidade em parcela significativa da cadeia e pela escassez de dados consolidados sobre os agentes, fluxos e rotas envolvidos.

No plano normativo, a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), instituída pela Lei nº 12.305/2010, estabelece princípios e instrumentos para a gestão integrada dos resíduos sólidos, com ênfase na responsabilidade compartilhada, na logística reversa e na promoção da economia circular. Contudo, a implementação efetiva desses instrumentos

pressupõe o conhecimento detalhado da realidade territorial, o que requer levantamentos sistemáticos ainda incipientes em contextos amazônicos como o do Amapá (BRASIL, 2010).

1.1 Contexto geral

O crescimento urbano brasileiro das últimas décadas foi acompanhado pelo aumento proporcional na geração de resíduos sólidos urbanos. Segundo o Censo Demográfico de 2022, o Brasil concentra mais de 87% de sua população em áreas urbanas, condição que intensifica os desafios logísticos associados à coleta, triagem, transporte e destinação final dos resíduos (IBGE, 2022). Na região amazônica, esses desafios ganham dimensão adicional: as limitações de infraestrutura viária, a extensão territorial, a dispersão populacional e a sazonalidade dos rios impõem restrições logísticas que tornam a gestão de resíduos estruturalmente mais complexa e onerosa do que em outras regiões do país.

A dependência interestadual para etapas de beneficiamento e transformação dos resíduos é um traço estrutural relevante nesse contexto. Grande parte dos materiais recicláveis coletados no Amapá é destinada a estados como Pará e Amazonas, onde há maior capacidade industrial instalada, o que implica custos logísticos elevados, perda de valor agregado e ausência de encadeamento produtivo local.

1.2 Contexto local

Macapá e Santana configuram o principal eixo urbano-logístico do Estado do Amapá. Macapá, como capital e maior município do estado, concentra a maior parte das atividades comerciais, institucionais e de serviços, sendo também o principal gerador de resíduos sólidos urbanos da região. Santana, por sua vez, sedia o porto fluvial de maior movimentação de cargas do estado, exercendo papel estratégico no escoamento de materiais para outros estados e regiões do país (Agência de Notícias do Amapá, 2024).

A despeito da relevância desse eixo, a cadeia dos resíduos sólidos em Macapá ainda carece de dados consolidados que permitam compreender sua organização territorial, econômica e logística. A informalidade prevalece em expressiva parcela dos agentes envolvidos, e essa invisibilidade institucional dificulta o planejamento público, compromete a rastreabilidade dos fluxos e limita o potencial de estruturação de políticas de fomento à economia circular na região (NASCIMENTO, 2024).

É nesse cenário que se insere a presente pesquisa, vinculada ao Programa UNIFAP Digital – Recicla Amazônia, Trilha 3 – Ações de Reciclagem e Logística Reversa. O estudo tem como objetivo estruturar preliminarmente o mapeamento espacial da cadeia formal dos resíduos sólidos em Macapá, identificando geradores, atores, rotas logísticas e gargalos

operacionais, com vistas a subsidiar políticas de economia circular adequadas ao contexto amazônico.

2. Metodologia

O percurso metodológico adotado foi estruturado em consonância com os objetivos propostos e com o estágio atual de desenvolvimento do estudo. Trata-se de uma investigação em fase exploratória, voltada à compreensão preliminar da organização territorial, econômica e logística da cadeia dos resíduos sólidos no município de Macapá, com extensão ao eixo logístico do município de Santana.

A opção por uma abordagem quali-quantitativa justifica-se pela natureza do objeto de investigação: ao mesmo tempo que demanda quantificação e espacialização dos agentes e fluxos identificados, a análise requer interpretação qualitativa dos padrões territoriais, das dinâmicas econômicas e das relações institucionais que estruturam a cadeia local (CRESWELL, 2014).

2.1 Natureza e delineamento da pesquisa

Quanto aos fins, a pesquisa caracteriza-se como exploratória e descritiva. A dimensão exploratória decorre da escassez de estudos sistematizados sobre a cadeia dos resíduos sólidos no Amapá. A dimensão descritiva expressa-se na sistematização e espacialização dos dados coletados, visando à caracterização dos padrões de geração, distribuição territorial dos agentes e configuração preliminar das rotas logísticas (VERGARA, 2016).

Quadro 1 Delineamento metodológico da pesquisa.

Dimensão	Caracterização	Referência
Natureza	Pesquisa aplicada	Gil (2010)
Objetivo	Exploratória e descritiva	Vergara (2016)
Abordagem	Quali-quantitativa	Creswell (2014)
Estratégia	Levantamento documental e análise territorial	Yin (2015)

Fonte: Elaborado pelos autores (2025).

2.2 Levantamento de dados secundários

A construção da base empírica desta etapa apoiou-se predominantemente em fontes de dados secundários de origem institucional, documental e acadêmica, complementadas por observações exploratórias de campo, conforme sistematizado no Quadro 2.

Quadro 2 Fontes de dados secundários utilizadas.

Fonte	Informações utilizadas	Período de referência
IBGE	Densidade populacional, saneamento, divisão de bairros	Censo 2022
IAS / SNIS	Cobertura de coleta e indicadores de saneamento municipal	2024
JUCAP / REDESIM	Empresas formalmente cadastradas; CNAEs do setor de resíduos	1º quad. 2025
PMM / SEMURB	Dados de coleta municipal (toneladas/valores)	2019
Agência de Notícias do AP	Infraestrutura logística e modais de transporte	2024
Literatura acadêmica	Gestão de RSU, logística reversa, economia circular, contexto amazônico	2001–2024
PNRS / ABNT NBR 10004	Classificação normativa dos resíduos e instrumentos de política	2004 / 2010

Fonte: Elaborado pelos autores (2025).

2.3 construção cartográfica e análise territorial

A análise territorial foi operacionalizada por meio da construção de representações cartográficas dos dados sistematizados. Foram elaborados mapas temáticos com base em critérios de densidade populacional, atividades econômicas, presença institucional, cobertura de coleta, eixos viários e expansão urbana. A construção cartográfica seguiu critérios de intensidade relativa – não representando volumes absolutos, mas a tendência combinada dos fatores analisados (NASCIMENTO, 2024).

2.4 Etapas previstas de pesquisa de campo

A presente etapa não contempla ainda coleta de dados primários por meio de entrevistas ou formulários estruturados. As etapas subsequentes preveem: identificação dirigida

dos geradores, aplicação de formulários semiestruturados, entrevistas com atores-chave, georreferenciamento sistemático dos pontos de coleta e validação territorial das rotas preliminares propostas.

3. Caracterização territorial da geração de resíduos sólidos

A compreensão dos padrões de geração de resíduos sólidos urbanos em Macapá requer uma abordagem que articule densidade populacional, dinâmica econômica e organização territorial. A análise parte do pressuposto de que a geração de resíduos não ocorre de forma homogênea no espaço urbano, sendo influenciada por fatores como intensidade das atividades comerciais, presença institucional, nível de ocupação do solo e infraestrutura disponível (IBGE, 2022; IAS, 2024).

Com base nos dados secundários levantados, foi construído um mapa de calor do potencial de geração de RSU por bairro (Figura 1), com quatro níveis de intensidade relativa definidos a partir da combinação de seis critérios, conforme o Quadro 3.

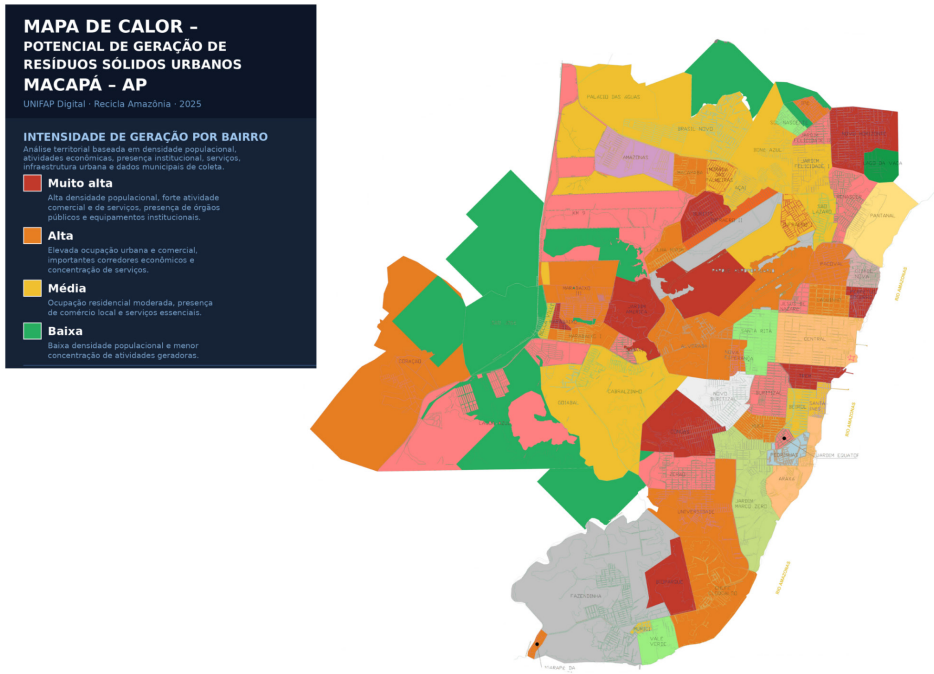


Figura 1 Mapa de calor do potencial de geração de RSU por bairro – Macapá/AP. Fonte: Elaborado pelos autores com base em IBGE (2022), JUCAP (2025), PMM/SEMURB (2019) e IAS (2024).

Quadro 3 Critérios utilizados na construção do mapa de calor de geração de RSU.

Critério	Variável utilizada	Fonte
Densidade populacional	População por bairro e expansão urbana recente	IBGE, Censo 2022
Atividades econômicas	Empresas formalmente cadastradas por bairro (CNAEs)	JUCAP/REDESIM, 2025
Presença institucional	Órgãos públicos, universidades, hospitais, equipamentos	PMM; levantamento documental
Cobertura de coleta	Percentual de domicílios atendidos por coleta regular	IAS/SNIS, 2024
Infraestrutura urbana	Eixos viários, corredores comerciais, uso do solo	PMM; observação de campo
Dados históricos de coleta	Volume coletado por região (toneladas/mês)	PMM/SEMURB, 2019

Fonte: Elaborado pelos autores (2025).

3.1 Padrão territorial de geração: eixo central e periferias

Os resultados preliminares indicam que a geração de RSU em Macapá apresenta comportamento espacialmente concentrado, com tendência de formação de um eixo central de alta intensidade que se estende dos bairros Centro, Santa Rita e Trem em direção ao Pacoval e Buritizal. Os bairros classificados como de muito alta intensidade concentram alta densidade econômica, institucional e populacional. Os de alta intensidade constituem zonas de geração secundária; os de média intensidade apresentam perfil predominantemente residencial, com comércio local; e os de baixa intensidade correspondem a áreas periféricas e de expansão.

Quadro 4 Classificação dos bairros por nível de intensidade de geração de RSU.

Nível	Bairros representativos	Características predominantes
Muito alta	Centro, Santa Rita, Buritizal, Trem, Pacoval	Alta densidade populacional, forte atividade comercial e de serviços, presença de órgãos públicos e equipamentos institucionais de grande porte
Alta	Infraero I e II, Laguinho, Beírol, Novo Buritizal, Perpétuo Socorro	Elevada ocupação urbana e comercial, importantes corredores econômicos e concentração de serviços

Quadro 4 Classificação dos bairros por nível de intensidade de geração de RSU (continuação).

Nível	Bairros representativos	Características predominantes
Média	Macapaba, Araxá, Congós, Marabaixo I e II, Nova Esperança	Ocupação residencial moderada, presença de comércio local e serviços essenciais; área de consolidação intermediária
Baixa	Fazendinha, Cabralzinho, Zerão, Goiabal, áreas de expansão	Baixa densidade populacional e menor concentração de atividades geradoras; áreas periféricas e de expansão recente

Fonte: Elaborado pelos autores com base em IBGE (2022), JUCAP (2025), PMM/SEMURB (2019) e IAS (2024).

3.2 Corredores funcionais e estrutura territorial

A análise espacial identificou cinco corredores funcionais que estruturam os fluxos de geração, coleta e escoamento de resíduos, detalhados no Quadro 5. O corredor de maior centralidade logística é o Eixo Macapá–Santana, que articula os polos de geração e consolidação com o Porto de Santana, principal ponto de saída interestadual. O bairro Marabaixo, com 12 registros JUCAP, apresenta evidências preliminares de conformação como polo operacional intermediário.

Quadro 5 Corredores funcionais identificados na cadeia de resíduos sólidos de Macapá.

Corredor	Bairros abrangidos	Função na cadeia de resíduos
Eixo BR-210 / Zona Norte	Brasil Novo, Macapaba, Cidade Nova, Infraero I e II	Geração residencial e comercial; corredor de entrada de materiais da zona norte rumo ao centro
Eixo Pacoval / Centro	Pacoval, Santa Rita, Central, Trem	Principal eixo gerador; alta densidade de comércio, serviços e instituições; maior diversidade de resíduos
Eixo Buritizal / Duca Serra	Buritizal, Novo Buritizal, Santa Inês	Geração residencial e comercial de médio porte; corredor de acesso ao polo logístico do Marabaixo
Eixo Marabaixo	Marabaixo I, II e IV, Araxá	Polo de consolidação e triagem; maior concentração de empresas de reciclagem (12 registros JUCAP); recebe fluxos dos demais eixos
Eixo Macapá–Santana	Marabaixo, Duca Serra, Porto de Santana	Corredor de expedição interestadual; materiais consolidados seguem para Belém, Manaus e outros estados

Fonte: Elaborado pelos autores com base em análise territorial (2025).

3.3 Limitações da caracterização e agenda de verificação

A caracterização possui limitações inerentes ao seu caráter exploratório. Os níveis de intensidade foram atribuídos com base em variáveis indiretas, sem medição direta dos volumes gerados. Os dados históricos da Prefeitura datam de 2019, insuficientes para capturar transformações urbanas recentes. A base JUCAP registra apenas agentes formais, não capturando catadores autônomos e intermediários informais que respondem por parcela significativa dos fluxos reais.

4. Cadeia produtiva e atores territoriais

A análise da cadeia produtiva dos resíduos sólidos em Macapá requer a identificação dos agentes que a compõem, sua distribuição territorial e seu papel funcional. Esta seção apresenta os resultados do levantamento junto à base JUCAP (75 registros), complementado pela identificação de atores obrigatórios previstos na PNRS e de cadeias emergentes com baixa institucionalização formal.

4.1 Distribuição por atividade econômica: especialização em materiais metálicos

A análise dos CNAEs revela especialização marcada em materiais metálicos: 65% dos 75 registros estão vinculados a atividades de comércio e recuperação de sucatas e resíduos metálicos. Essa concentração sugere maior viabilidade econômica dos metais no contexto local, associada a menor exigência de infraestrutura de armazenamento e demanda consolidada de compradores interestaduais.

Quadro 6 Distribuição das empresas formais da cadeia de resíduos por atividade econômica (CNAE) – Macapá/AP.

Atividade (CNAE)	Nº de empresas	% do total
Comércio atacadista de resíduos e sucatas metálicos (4687-7/03)	24	32%
Recuperação de materiais metálicos, exceto alumínio (3831-9/99)	16	21%
Comércio atacadista de resíduos não metálicos (4687-7/02)	10	13%
Recuperação de sucatas de alumínio (3831-9/01)	9	12%
Recuperação de materiais plásticos (3832-7/00)	6	8%

Quadro 6 Distribuição das empresas formais da cadeia de resíduos por atividade econômica (CNAE) – Macapá/AP (continuação).

Atividade (CNAE)	Nº de empresas	% do total
Recuperação de materiais não especificados (3839-4/99)	5	7%
Comércio atacadista de resíduos de papel e papelão (4687-7/01)	5	7%
Total	75	100%

Fonte: JUCAP/REDESIM, Mapa de Empresas do Amapá, 1º quadrimestre de 2025. Organizado pelos autores.

Chama atenção a presença de apenas 5 registros em papel/papelão e 6 em plásticos – materiais de alto volume nos eixos centrais. Esse dado corrobora o pressuposto de gargalo de escala logística nesses segmentos, que favorece a informalidade.

4.2 Territorialização dos atores: Marabaixo como polo operacional

A distribuição espacial dos agentes formais revela tendência de agrupamento em bairros com características logísticas específicas. O Marabaixo concentra 12 dos 75 registros (16% do total), reforçando a hipótese de polo intermediário da cadeia.

Quadro 7 Distribuição territorial das empresas formais da cadeia de resíduos por bairro – Macapá/AP.

Bairro	Nº de empresas	Hipótese sobre concentração
Marabaixo (I, II e IV)	12	Disponibilidade de lotes maiores, galpões, acesso rodoviário e menor custo territorial
Novo Horizonte	5	Corredor de entrada da zona norte; proximidade com eixo BR-210
Infraero I e II	4	Área de armazenamento e logística urbana; operadores de médio porte
Jardins (diversos)	3	Dispersão residual; perfil ainda a confirmar em campo
Pacoval	2	Presença comercial próxima ao eixo central gerador
Buritizal	2	Corredor Buritizal–Duca Serra; acesso ao polo Marabaixo

Quadro 7 Distribuição territorial das empresas formais da cadeia de resíduos por bairro – Macapá/AP (continuação).

Bairro	Nº de empresas	Hipótese sobre concentração
Perpétuo Socorro	2	Zona intermediária; perfil a confirmar
Congós	2	Área sul; possível captação de fluxos do eixo Buritizal
Brasil Novo	2	Entrada zona norte; corredor BR-210
Araxá	1	Dispersão; perfil a confirmar

Fonte: JUCAP/REDESIM (2025). Organizado pelos autores.

4.3 A ACAM: ator associativo singular na cadeia local

Destaca-se a Associação dos Catadores de Macapá (ACAM), único agente associativo identificado no levantamento como formalmente reconhecido com atividade econômica em gestão de resíduos no Estado do Amapá. Seu perfil de CNAEs secundários abrange o conjunto mais amplo de atividades do setor entre todos os agentes identificados.

Quadro 8 Perfil cadastral e operacional da ACAM.

Campo	Informação
Razão social	Associação dos Catadores de Macapá — ACAM
CNPJ	05.131.878/0001-80
Fundação	27/02/2002 — ativa há mais de 23 anos
Localização	BR-210, km 14, Comunidade Ilha Redonda s/n, bairro Lagoa Azul — adjacente ao aterro sanitário municipal
CNAE principal	9430-8/00 — Atividades de associações de defesa de direitos sociais
CNAEs secundários	Coleta de resíduos não-perigosos; recuperação de alumínio, metais e plásticos; compostagem; comércio atacadista de resíduos metálicos, não-metálicos e papel/papelão; transporte rodoviário de carga municipal
Modelo operacional	Recebe materiais no aterro sanitário; não realiza coleta direta nos bairros; volume dependente da regularidade da coleta pública municipal
Singularidade	Único agente associativo do setor formalmente reconhecido com atividade econômica em gestão de resíduos no Estado do Amapá

Fonte: Receita Federal / JUCAP (2025). Organizado pelos autores.

A ACAM opera no aterro sanitário municipal (BR-210, km 14), recebendo materiais via coleta pública – não realizando coleta direta nos bairros. Seu volume operacional está condicionado à regularidade da coleta municipal, o que configura vulnerabilidade estrutural. Em perspectiva de economia circular, sua integração aos circuitos de microcoleta dos eixos centrais representa uma das oportunidades estratégicas de maior potencial.

4.4 cadeias obrigatórias da PNRS: estrutura e lacunas locais

A PNRS estabelece obrigação de logística reversa para determinadas categorias, independentemente de regulamentação municipal. O levantamento indica que a maioria das cadeias obrigatórias apresenta estruturação incipiente ou ausente em Macapá.

Quadro 9 Cadeias obrigatórias da PNRS: situação preliminar em Macapá/AP.

Produto / embalagem	Decreto regulamentador	Situação preliminar em Macapá
Pneus	Dec. 11.413/2023	Fluxo preliminar identificado; rota parcialmente estruturada
Óleos lubrificantes	Dec. 4.680/2003	Coletores identificados; destino interestadual
Eletroeletrônicos	Dec. 10.240/2020	Baixa institucionalização local; fluxo predominantemente informal
Embalagens plásticas	Dec. 10.936/2022	Cadeia parcial; gargalo de escala para expedição
Pilhas e baterias	Dec. 6.403/2008	Sem estrutura local identificada; destinação a confirmar
Lâmpadas	Dec. 9.177/2017	Sem estrutura local identificada; destinação a confirmar
Agrotóxicos / embalagens	Dec. 4.074/2002	Não abrange contexto urbano predominante da pesquisa

Fonte: BRASIL (2010) e levantamento documental dos autores (2025).

4.5 cadeias emergentes: fluxos com baixa visibilidade institucional

O levantamento identificou fluxos com potencial econômico relevante, mas baixíssima institucionalização local. Essas cadeias operam predominantemente por redes informais, sem cadastro empresarial e sem destinação estruturada.

Quadro 10 Cadeias produtivas emergentes com baixa visibilidade institucional – Macapá/AP.

Cadeia	Gerador principal	Resíduo / material	Situação / potencial
Moda / têxtil	Confecções, bazares, feiras	Retalhos, tecidos, uniformes	Não estruturado; potencial para ecodesign e reaproveitamento criativo
Banners / gráfica	Gráficas, eventos	Lona, PVC, papel especial	Acúmulo em armazenamento; sem destinação estruturada
Pescado	Feiras, peixarias, frigoríficos	Madeira de caixa, gelo, embalagens	Descarte semanal; potencial para biomassa e briquetes
Madeira	Construção civil, marcenarias	Resíduos de madeira tratada e bruta	Fluxo parcial; potencial para briquetes e reaproveitamento
Fantasia / eventos	Escolas de samba, festas	Tecidos, isopor, plásticos	Sazonal; sem destinação estruturada identificada
Eletroeletrônicos	Residências, empresas, governo	Equipamentos obsoletos, componentes	Cadeia obrigatória PNRS com baixa institucionalização local

Fonte: Levantamento documental e observação de campo exploratória. Elaborado pelos autores (2025).

O caroço de açaí, pela sua natureza amazônica e pelo volume gerado cotidianamente, representa a cadeia emergente de maior potencial estratégico para articular economia circular e bioeconomia amazônica – tema desenvolvido nas considerações finais.

5. Rotas Logísticas Preliminares

As rotas logísticas dos resíduos sólidos em Macapá organizam-se como estrutura hierarquizada de coleta e consolidação, na qual os materiais percorrem etapas sucessivas de agregação de volume antes de serem expedidos para outros estados. Essa lógica aproxima-se dos modelos do tipo Milk Run, nos quais múltiplos pontos geradores são atendidos em circuitos planejados antes do encaminhamento aos polos logísticos de maior escala (QUEIROZ; GARCIA, 2007).

As rotas são projetadas em três níveis: microcoleta local nos bairros geradores, consolidação intermediária no Marabaixo e expedição pelo eixo Marabaixo–Duca Serra–Santa-ana-Porto. As rotas têm caráter preliminar e exploratório; sua validação depende das etapas subsequentes de campo.

5.1 Estrutura territorial: os nós da cadeia logística

Quadro 11 Nós logísticos da cadeia de resíduos sólidos em Macapá e Santana.

Nó logístico	Função na rota	Características territoriais
Eixo Centro–Santa Rita–Pacoval–Buritizal	Geração primária	Principal zona geradora; alta densidade comercial e institucional; dispersão dos pontos de geração exige microcoleta em circuito
Zona Norte (BR-210 / Infraero / Novo Horizonte)	Geração secundária	Crescimento urbano acelerado; eixo de entrada da BR-210; geração crescente, ainda com baixa cobertura de coleta seletiva
Marabaixo (I, II e IV)	Consolidação intermediária	Polo operacional com maior concentração de empresas (12 registros JUCAP); galpões; lotes amplos; acesso rodoviário
Duca Serra	Corredor de passagem	Ligação viária entre Marabaixo e a rodovia para Santana; sem função de armazenamento identificada nesta etapa
Porto de Santana	Expedição interestadual	Principal ponto de saída de materiais recicláveis para outros estados; cargas consolidadas seguem para Belém, Manaus e demais destinos
Aterro sanitário (BR-210, km 14)	Recuperação terminal	Localização da ACAM; recebe materiais da coleta pública; ponto de triagem e comercialização na etapa de disposição final

Fonte: Elaborado pelos autores com base em análise territorial, JUCAP (2025) e observações de campo (2025).

O fluxo predominante parte dos eixos de geração central em direção ao polo do Marabaixo, de onde segue pelo corredor de Duca Serra até o Porto de Santana. Um fluxo secundário parte da zona norte, convergindo igualmente para o Marabaixo. A ACAM opera como ponto de recuperação na etapa terminal, fora do fluxo principal.

5.2 Nível 1 - Microcoleta: circuitos nos bairros geradores

A primeira etapa corresponde à coleta nos bairros geradores, com múltiplas paradas, realizada por veículos de menor porte operados por sucateiros, cooperativas e coletores privados. Foram projetados cinco circuitos preliminares de microcoleta.

Quadro 12 Circuitos preliminares de microcoleta por zona territorial – Macapá/AP.

Circuito	Bairros percorridos	Materiais predominantes / perfil gerador
Circuito 1 — Central	Centro, Santa Rita, Trem, Pacoval	Papelão, PET, embalagens plásticas, papel institucional, resíduos de serviços; maior diversidade de materiais
Circuito 2 — Zona Norte	Brasil Novo, Macapaba, Infraero I e II, Novo Horizonte	Resíduos residenciais e comerciais; plásticos, metais, papel; volume crescente por expansão urbana
Circuito 3 — Sul–Buritizal	Buritizal, Novo Buritizal, Santa Inês, Congós	Resíduos residenciais e comerciais de médio porte; metais, plásticos; corredor de acesso ao Marabaixo
Circuito 4 — Institucional	Universidades, hospitais, secretarias, fóruns	Papel, eletrônicos, resíduos de saúde (fluxo específico), embalagens; requer agendamento e logística dedicada
Circuito 5 — Aterro / ACAM	Coleta pública → aterro BR-210, km 14	Materiais segregados na disposição final; triagem pela ACAM; volume dependente da regularidade da coleta municipal

Fonte: Elaborado pelos autores com base em análise territorial e dados JUCAP (2025).

5.3 Nível 2 - consolidação: o polo do Marabaixo

A segunda etapa corresponde à consolidação no Marabaixo: recebimento, triagem, prensagem e armazenamento até o fechamento de carga. O fechamento de carga é gargalo crítico – especialmente para papelão, que demanda aproximadamente 30 toneladas para viabilizar expedição em carreta. A ACAM opera em paralelo como segundo ponto de consolidação, dependente da coleta pública.

5.4 Nível 3 - Expedição: corredor Marabaixo-Santana-Porto

A terceira etapa corresponde ao escoamento interestadual por carretas e caminhões de grande porte, sem paradas intermediárias. Santana articula o transbordo para Belém, Manaus e demais destinos. A identificação dos operadores logísticos de Santana está prevista para as etapas de campo.

5.5 Rotas especiais: fluxos por tipo de material

Quadro 13 Rotas especiais por tipo de resíduo – Macapá/AP.

Rota especial	Gerador / origem	Frequência estimada	Situação e observações
Pneus	Borracharias, frotas, concessionárias	Contínua	Cadeia obrigatória PNRS; coleta parcialmente estruturada; destino interestadual
Pescado / caixaria	Feiras, peixarias, frigoríficos	Semanal	Descarte de madeira de caixaria e embalagens; sem destinação estruturada; potencial para biomassa
Moda / têxtil	Confecções, bazares, feiras de rua	Mensal / irregular	Sem estrutura de coleta; acúmulo em geradores; potencial para ecodesign e logística reversa
Eletroeletrônicos	Residências, empresas, governo	Irregular	Cadeia obrigatória PNRS com baixa estruturação local; fluxo informal predominante
Banners / gráfica	Gráficas, agências, eventos	Mensal / após eventos	Acúmulo em armazenamento; sem destinação estruturada identificada
Caroço de açaí	Feiras, mercados, domicílios, batedores	Diária / sazonal	Alto volume; potencial para biomassa, carvão e fertilizante; sem rota estruturada identificada

Fonte: Levantamento documental e observação de campo exploratória. Elaborado pelos autores (2025).

O caroço de açaí, descartado junto com resíduos orgânicos, representa oportunidade de valorização para biomassa, carvão vegetal e fertilizante – com alta aderência à bioeconomia amazônica.

5.6 Limitações do modelo de rotas e agenda de validação

As rotas constituem modelo preliminar baseado em fontes secundárias. A ausência de dados sobre frequência real, volumes efetivos e acordos operacionais limita a precisão do modelo. A informalidade da cadeia indica que as rotas reais são provavelmente mais complexas do que as projetadas – o campo poderá revelar nós, circuitos e fluxos não visíveis nesta etapa.

6. Pressupostos e Gargalos Identificados

Esta seção sistematiza os pressupostos preliminares e os gargalos identificados ao longo das etapas anteriores. Os pressupostos são hipóteses iniciais a serem verificadas

nas etapas subsequentes de campo. Os gargalos correspondem às disfunções e bloqueios operacionais identificados na cadeia.

6.1 Pressupostos preliminares da pesquisa

Quadro 14 Pressupostos preliminares da pesquisa sobre a cadeia de resíduos sólidos em Macapá/AP.

Nº	Pressuposto	Base de evidência e hipótese
P1	Geração territorialmente desigual	Concentração nos eixos Centro–Santa Rita–Pacoval–Buritizal, associada à densidade econômica e institucional (IBGE, 2022; JUCAP, 2025)
P2	Cadeia formal com concentração espacial não aleatória	Marabaixo com 12 registros JUCAP; agrupamento relacionado a fatores logísticos, disponibilidade territorial e acessibilidade viária
P3	Especialização da cadeia local em materiais metálicos	65% dos CNAEs vinculados a comércio e recuperação de metais; maior viabilidade econômica por unidade de peso
P4	Papel e plástico com dependência de escala logística	Gargalo de fechamento de carga identificado; necessidade de aproximadamente 30 t para expedição de papelão
P5	Transformação industrial predominantemente fora do estado	Fluxos identificados para Belém, Manaus e outros estados; Amapá opera como território de coleta, triagem e consolidação
P6	Santana como nó logístico central de expedição	Porto fluvial principal para escoamento interestadual; análises de corredores de transporte confirmam papel estratégico
P7	Cadeias produtivas com baixa visibilidade institucional	Fluxos têxteis, banners, pescado, madeira, eletrônicos e caroço de açaí identificados sem estrutura formal
P8	Estrutura territorial pode subsidiar otimização de coleta	Corredores espaciais identificados permitem modelagem de circuitos de microcoleta com convergência para o polo do Marabaixo
P9	Campo poderá alterar significativamente a modelagem	Dados atuais derivam de fontes secundárias e registros formais; agentes informais, fluxos ocultos e relações não cadastradas ainda não identificados

Fonte: Elaborado pelos autores com base em IBGE (2022), JUCAP (2025), PMM (2019), IAS (2024) e análise territorial.

Os pressupostos P1 a P3 conformam o diagnóstico territorial básico: geração concentrada no eixo central, agentes formais concentrados no Marabaixo e especialização em metais. P4 e P5 descrevem as limitações estruturais mais relevantes: gargalo de escala para papel/plástico e dependência interestadual. P6 a P8 descrevem oportunidades: centralidade de Santana, cadeias emergentes e potencial de otimização logística. P9 reconhece o limite de validade das análises baseadas em fontes secundárias.

6.2 Gargalos sistematizados da cadeia

Quadro 15 Gargalos identificados na cadeia de resíduos sólidos de Macapá/AP.

Gargalo	Dimensão	Impacto sobre a cadeia
Dependência logística interestadual	Estrutural	Perda de valor agregado; custos logísticos elevados; vulnerabilidade a variações de preço e disponibilidade de transporte
Baixa capacidade industrial transformadora local	Estrutural	Amapá opera como exportador de matéria-prima reciclável sem beneficiamento; impede geração de emprego e renda no território
Ausência de rastreabilidade dos fluxos	Informacional	Impossibilidade de mensurar volumes, eficiência e impacto; dificulta captação de recursos e elaboração de políticas públicas
Gargalo de escala para papel e plástico	Operacional	Necessidade de grande volume para expedição inviabiliza operadores isolados; favorece informalidade e perda de material recuperável
Predominância da informalidade	Institucional	Catadores e intermediários sem registro operam fora das estatísticas e sem acesso a crédito, contratos e políticas de fomento
Escassez de dados consolidados	Informacional	Base de dados municipais desatualizada (2019); ausência de sistema de monitoramento; prejudica planejamento e tomada de decisão
Baixa integração institucional	Governança	Ausência de articulação entre Prefeitura, empresas, associações e geradores formais; cadeias obrigatórias PNRS sem estruturação local
Custos logísticos amazônicos	Territorial	Distâncias, modais limitados e sazonalidade encarecem transporte; reduzem margem dos operadores locais
Armazenamento inadequado	Operacional	Ausência de infraestrutura de galpões fora do Marabaixo; limitação para fechamento de carga; perdas por degradação
Dependência da ACAM em relação à coleta pública	Institucional	Único agente associativo formal opera no aterro; volume condicionado à regularidade da coleta municipal

Fonte: Elaborado pelos autores com base em análise territorial, JUCAP (2025), IAS (2024) e observações de campo (2025).

O gargalo de maior impacto estrutural é a dependência logística interestadual para beneficiamento. A ausência de rastreabilidade é um gargalo transversal que afeta todas as demais dimensões. A predominância da informalidade, combinada com a baixa integração institucional, resulta em fragmentação dos fluxos e ausência de mecanismos de governança. A ACAM, como único agente associativo formal, poderia exercer papel articulador – mas sua dependência da coleta pública limita atualmente seu alcance.

6.3 Relação entre pressupostos e gargalos: implicações para a agenda de campo

A leitura conjunta dos pressupostos e gargalos estabelece prioridades para o campo: visitas técnicas ao Marabaixo para verificar P2 e P3; entrevistas com empresas de papel/plástico e compradores interestaduais para P4; mapeamento de feiras, peixarias e gráficas para P7. A verificação de P9 – de que o campo alterará a modelagem – é, paradoxalmente, a mais importante: é o reconhecimento de que este diagnóstico é um ponto de partida, não um resultado final.

7. Considerações Finais

O presente capítulo apresentou os resultados preliminares do mapeamento espacial e diagnóstico exploratório da cadeia formal dos resíduos sólidos no município de Macapá, desenvolvido no âmbito do Programa UNIFAP Digital – Recicla Amazônia. A pesquisa encontra-se em fase exploratória, sustentada por levantamentos documentais, análise territorial e observações preliminares de campo, sem ainda contemplar as etapas de entrevistas estruturadas e georreferenciamento sistemático.

7.1 Síntese dos resultados preliminares

Os resultados confirmam que a cadeia de resíduos sólidos em Macapá apresenta estrutura territorialmente hierarquizada, com geração concentrada no eixo central – especialmente Centro, Santa Rita, Pacoval, Buritizal e Trem – e consolidação intermediária no Marabaixo (16% dos registros formais JUCAP). A expedição interestadual ocorre predominantemente pelo Porto de Santana. A cadeia formal está especializada em materiais metálicos (65% dos CNAEs). A ACAM, como único agente associativo formal identificado no levantamento, ocupa posição singular, porém com alcance operacional limitado pela dependência da coleta pública.

7.2 oportunidades para a economia circular no contexto amazônico

Quadro 16 Oportunidades industriais e de circularidade identificadas – Macapá/AP.

Material	Processo / produto	Escala mínima viável	Aderência ao contexto amazônico
Metais / alumínio	Consolidação e fundição local	Média-alta	Cadeia já estruturada; oportunidade de agregar etapa industrial em vez de exportar sucata bruta
Plásticos (PET, PEAD, filme)	Moagem, flakes (flocos de PET), extrusão	Média	Gargalo de volume superável com articulação entre coletores; demanda mercado comprador local ou regional
Papel / papelão	Enfardamento para exportação; celulose a prazo	Alta (≈30 t/carreta)	Exige consolidação coletiva; arranjo cooperativo ou contrato com atacadista interestadual
Caroço de açaí	Biomassa, carvão vegetal, fertilizante	Baixa-média	Alta aderência amazônica; volume diário expressivo; baixo custo de coleta; mercado em crescimento
Madeira (caixaria pescado)	Briquetes, reaproveitamento em construção	Baixa	Resíduo semanal de feiras; coleta concentrada facilita logística; tecnologia de briquetagem acessível
Têxtil / moda	Ecodesign, upcycling, reaproveitamento criativo	Baixa	Potencial de economia solidária; articulação com cooperativas de costura e design local
Vidro	Moagem e reaproveitamento em construção civil	Média	Volume dependente de distribuidoras de bebidas; potencial para uso em pavimentação e argamassa

Fonte: Elaborado pelos autores com base em análise da cadeia e levantamento documental (2025).

O caroço de açaí destaca-se pelo potencial de articular economia circular e bioeconomia amazônica: volume expressivo, baixa exigência de escala inicial, alta disponibilidade de matéria-prima e forte aderência às diretrizes de bioeconomia (UGAYA, 2001). A cadeia têxtil apresenta potencial pela via da economia solidária e do ecodesign. Para os materiais de maior volume – metais, plásticos e papel – a oportunidade central está no desenvolvimento de infraestrutura local de beneficiamento que reduza a dependência interestadual.

7.3 Pontos estratégicos de coleta e otimização logística

Quadro 17 Pontos estratégicos de coleta sugeridos para otimização logística – Macapá/AP.

Localização sugerida	Bairros atendidos	Justificativa territorial
Eixo Centro / Santa Rita	Centro, Santa Rita, Trem	Maior densidade de geração; presença de comércio, serviços e instituições; alta diversidade de materiais
Pacoval / Laguinho	Pacoval, Laguinho, Perpétuo Socorro	Segundo eixo gerador de alta intensidade; bairros com corredores comerciais relevantes
Marabaixo (polo central)	Marabaixo I, II e IV, Araxá	Já funciona como polo de consolidação; ponto natural de recebimento de circuitos de microcoleta
Zona Norte / BR-210	Brasil Novo, Infraero I e II, Novo Horizonte	Expansão urbana acelerada; corredor de entrada da zona norte; ponto de consolidação secundário
Buritizal / Duca Serra	Buritizal, Novo Buritizal, Santa Inês	Corredor de acesso ao polo Marabaixo; ponto intermediário que reduz deslocamento dos coletores da zona sul
Aterro / ACAM (BR-210, km 14)	Recebimento via coleta pública	Já operacional; integração com circuitos de microcoleta poderia ampliar volume e qualidade dos materiais processados

Fonte: Elaborado pelos autores com base em análise territorial (2025). Sujeito a validação em campo.

A integração da ACAM a essa rede – por meio de articulação com os coletores dos circuitos centrais – permitiria ampliar o volume e a qualidade dos materiais processados, reduzindo a dependência exclusiva da coleta pública. Essa integração pressupõe resolução de questões operacionais a serem investigadas nas etapas de campo.

7.4 Perspectivas para as próximas etapas

As agendas prioritárias identificadas são: entrevistas semiestruturadas com operadores da cadeia no Marabaixo, Novo Horizonte e Infraero; formulários junto a geradores formais dos circuitos centrais; georreferenciamento dos pontos de coleta, triagem e consolidação; caracterização dos operadores logísticos de Santana; e quantificação dos volumes de carço de açai e demais cadeias emergentes.

A validação das rotas preliminares propostas é a contribuição mais imediata esperada do campo. Os dados primários deverão confirmar, revisar e ampliar o quadro analítico aqui apresentado, permitindo a construção de um modelo territorial da cadeia de resíduos sólidos de Macapá com maior precisão e capacidade de subsidiar políticas públicas e investimentos orientados à economia circular na Amazônia.

Referências Bibliográficas

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 10004: resíduos sólidos – classificação**. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.

AGÊNCIA DE NOTÍCIAS DO AMAPÁ. **Informações sobre infraestrutura logística e modais de transporte no Estado do Amapá**. 2024.

BRASIL. Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS). **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 2010.

CRESWELL, J. W. **Projeto de pesquisa: métodos qualitativo, quantitativo e misto**. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2014.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2010.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Censo Demográfico 2022: resultados da população e saneamento**. Rio de Janeiro: IBGE, 2024.

INSTITUTO ÁGUA E SANEAMENTO (IAS). **Sistema de Informações sobre Saneamento Municipal – Macapá/AP: dados compilados a partir do SNIS e Censo Demográfico**. 2024.

JUNTA COMERCIAL DO ESTADO DO AMAPÁ (JUCAP); SEBRAE; REDESIM. **Mapa de Empresas do Amapá**. 2. ed. 1º quadrimestre de 2025.

NASCIMENTO, V. H. P. da C. do. **Vulnerabilidade socioambiental de uma cidade amazônica: estudo sobre Macapá-AP**. 2024. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2024.

PREFEITURA MUNICIPAL DE MACAPÁ. Secretaria Municipal de Manutenção Urbanística. Departamento de Gestão Sustentável de Resíduos Sólidos. **Quadro I – levantamento de resíduos sólidos urbanos (toneladas/valores)**. Macapá, 2019.

QUEIROZ, L.; GARCIA, A. **Gestão de resíduos sólidos segundo a técnica de análise do ciclo de vida**. 2007.

UGAYA, C. **Ciclo de vida de produtos e aplicações em gestão ambiental**. 2001.

VERGARA, S. C. **Projetos e relatórios de pesquisa em administração**. 16. ed. São Paulo: Atlas, 2016.

YIN, R. K. **Estudo de caso: planejamento e métodos**. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2015.



CAPÍTULO 10

Indicação Geográfica do Guaraná de Maués (AM): Impactos Produtivos, Econômicos e Territoriais no Principal Polo Produtor do Brasil

Valdir Silva da Conceição, Jaqueline Santos Vieira, David Vieira dos Santos,
Angela Machado Rocha, Marcelo Santana Silva

RESUMO

O guaraná é um produto originário da Amazônia, com relevância econômica, cultural e medicinal. O município de Maués (AM), reconhecido em 2018 com a Indicação Geográfica (IG), destaca-se como principal referência nacional na produção de guaraná. O presente estudo teve como objetivo analisar os impactos da IG sobre os aspectos produtivos e econômicos do município no período de 2010 a 2024. A metodologia caracterizou-se como descritiva e exploratória, com abordagem qualitativa, utilizando revisão bibliográfica, documental e dados secundários da EMBRAPA, IBGE e INPI. Os resultados demonstraram que a IG não aumentou imediatamente a produtividade ou a área cultivada, mas promoveu significativa valorização econômica do produto. Maués consolidou-se como principal polo econômico do guaraná brasileiro, apresentando aumento do valor da produção e do preço médio. Conclui-se que a IG fortaleceu a identidade territorial, agregou valor ao produto e contribuiu para o desenvolvimento regional sustentável da Amazônia.

Palavras-chave: Amazônia. Desenvolvimento Territorial. Inovação.

Introdução

O Brasil é um dos maiores produtores de frutas do mundo, e cada produto apresenta características e qualidades diferenciadas em função de seu local de produção, seja em território nacional ou em outros países. Essa condição é influenciada por fatores naturais,

como solo, relevo, clima, umidade, temperatura e altitude, bem como por fatores humanos, como o saber-fazer, o manejo da cultura, entre outros (Retamales, 2011; Leite, 2025; Alves; Carioca, 2026).

A diferenciação de produtos geralmente torna-se uma vantagem competitiva no mundo globalizado, criando, em alguns casos, nichos de mercado decorrentes dessa condição. Constitui, também, um mecanismo que facilita a penetração em mercados exigentes, principalmente no que se refere à qualidade, ao manuseio, à procedência, à durabilidade, à sustentabilidade, à forma de uso da mão de obra e ao respeito ao meio ambiente (Matraves et al., 2005; Maiorki; Dallabrida, 2015; Vieira; Pellin, 2015).

Existem diversos produtos que são reconhecidos por sua origem geográfica, como o champagne, vinho espumante produzido na região de mesmo nome, localizado na França. No Brasil, destaca-se a cachaça, produto genuinamente brasileiro protegido por meio de legislação federal (da Conceição et al., 2023; Januário et al., 2025).

Há diversas formas de proteger um produto e proporcionar a sua inserção em mercados exigentes, sendo uma delas a Indicação Geográfica (IG), que possui, entre seus atributos, a capacidade de tornar o produto um diferencial competitivo.

A IG diz respeito às características únicas de um processo produtivo, como o método de produção, as técnicas do cultivo e manejo, o saber-fazer e a notoriedade do produto ou serviço. É definida como um sinal distintivo utilizado em produtos ou serviços que possuem origem geográfica, além de reputação, qualidade e características inerentes ao seu local de origem. Essas características podem ser resultado de conhecimentos ou processos tradicionais transmitidos intergeracionalmente em um determinado território (Brasil, 1996; Bruch; Vitrolles; Favero, 2014). Trata-se de um instrumento de promoção e salvaguarda do patrimônio cultural, aderente à preservação ambiental, que gera responsabilidade social e contribui para o desenvolvimento territorial (Reis, 2015). Em alguns casos, o conhecimento é de domínio público, não havendo condições de impedir seu uso ou apropriação indevida por terceiros.

A legislação que trata da IG é a Lei nº 9.279/1996, conhecida como Lei da Propriedade Industrial (LPI), especialmente em seus artigos 176 a 182, nos quais constam as definições e modalidades de proteção: Indicação de Procedência (IP) e Denominação de Origem (DO) (Brasil, 1996).

A IP diz respeito ao nome geográfico de país, cidade, região ou localidade de seu território que tenha se tornado conhecido como centro de extração, produção ou fabricação de determinado produto ou prestação de serviço. Por outro lado, a DO refere-se ao nome geográfico de país, cidade, região ou localidade de seu território que designe produto ou serviço cujas qualidades ou características sejam inerentes ao meio geográfico, incluindo fatores naturais e/ou humanos (Brasil, 1996).

O reconhecimento de uma IG pode gerar benefícios multidimensionais para os territórios produtores. No âmbito social, contribui para o fortalecimento da identidade, para o aumento da confiança entre consumidores e produtores e para a promoção do desenvolvimento local. No aspecto ambiental, incentiva a preservação da biodiversidade, a conservação dos recursos naturais e a manutenção das características ambientais que conferem singularidade aos produtos. Sob a perspectiva econômica, favorece a diferenciação da produção, a agregação de valor, o acesso a mercados especializados, o aumento da renda dos produtores e o estímulo ao turismo associado ao patrimônio cultural e produtivo da região (Medeiros; Passador; Passador, 2016; Török et al., 2020; Medeiros; Raiher; Passador, 2021; Dallabrida, 2026).

Atualmente, existem diversos setores de apoio às IGs, como o Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas (SEBRAE), os Institutos de Ensino Superior (IES) e a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), entre outros. Embora seu uso no Brasil seja relativamente recente em comparação à Europa, as IGs vêm apresentando crescimento significativo no país. Até 28 de maio de 2026, existiam 130 IP, sendo 129 nacionais e 1 estrangeira. Já as DO totalizavam 43, dos quais 33 eram nacionais e 10 estrangeiras (INPI, 2026).

O guaranzeiro, cujo nome científico é *Paullinia cupana*, é uma espécie de cipó arbustivo e trepadeira. O guaraná é um produto originário da região amazônica, encontrado no Brasil e na Venezuela, principalmente no município de Maués, que possui tradição no cultivo e na produção da planta pelos indígenas Maués. Em termos globais, o Brasil é o único país do mundo que produz guaraná em escala mundial (Schimpl et al., 2013; Marques et al., 2019; Sampaio et al., 2026).

O chá do guaraná é utilizado há séculos pelos nativos amazônicos, principalmente para reduzir a fome e auxiliar na perda de peso. O padre João Felipe Bettendorf, em 1664, relatou que, no período anterior à colonização, os indígenas Sateré-Mawé (filhos do guaraná) utilizavam o fruto para produzir uma bebida com poder estimulante (Schimpl et al., 2013; Marques et al., 2019).

O termo “guaraná” é oriundo da palavra indígena *uaranã*, que significa “olho de gente”, pois o fruto, quando aberto, apresenta semelhança com o olho humano (Silva, 2016; Baqueiro et al., 2023). Quando maduro, o fruto apresenta coloração vermelha, polpa branca e sementes pretas.

O guaraná é utilizado no setor de bebidas para a fabricação de refrigerantes. Já no setor de cosméticos, é empregado no tratamento de pele oleosa e celulite. Também é usado na indústria farmacêutica para a produção de xaropes — produtos de indústrias com elevado nível tecnológico e de capitalização —, além de sucos, pó (grão torrado e moído),

bastões (guaraná em rama triturado e pilado, moldado em formato de bastão, seco e defumado), cosméticos, sabões, xampus, entre outros produtos. As etapas de beneficiamento tradicional são fermentação, despolpamento, lavagem, torrefação, trituração, panificação e defumação (Silva, 2016; Sampaio et al., 2026).

As principais propriedades medicinais do guaraná são: adstringente, afrodisíaca, antibacteriana, antidepressiva, antidiarreica, diaforética, diurética, estimulante e vasodilatadora. Pode ser preparado como chá, bebida energética, extrato e nutrição funcional (Marques, 2016; Soares Filho, 2022).

O guaraná é utilizado para combater diarreia, dor de cabeça, enxaqueca, fadiga, câibra, cólicas, neuralgia, obesidade e paralisia. Em sua composição, encontram-se cafeína, proteínas, ferro, amido, açúcares, potássio, tanino, teofilina, fósforo, cálcio, tamina, teobromina, guaranina, saponina e vitamina A (Marques, 2016).

A partir da década de 1970, o cultivo do guaraná expandiu-se para todo o Brasil, principalmente para a Bahia, que atualmente é o maior produtor do país (Marques et al., 2019; Sampaio et al., 2026).

Na Bahia, sua introdução ocorreu no Território de Identidade Baixo Sul, composto pelos municípios de Aratuípe, Cairu, Camamu, Gandu, Ibirapitanga, Igrapiúna, Ituberá, Jaguaripe, Nilo Peçanha, Piraí do Norte, Presidente Tancredo Neves, Taperoá, Teolândia, Valença e Wenceslau Guimarães. A economia agrícola da região possui forte base na agricultura familiar, destacando-se o cultivo de cravo, piaçava, guaraná e dendê (Sampaio et al., 2026).

O guaraná adaptou-se naturalmente à região em decorrência das condições edafoclimáticas, como índice pluviométrico, umidade relativa do ar, temperatura e fertilidade do solo, principalmente no município de Taperoá. As técnicas agrícolas utilizadas nessa região contribuíram para uma maior produtividade quando comparado à região amazônica. A produção regional é direcionada às indústrias de bebidas instaladas na região e à exportação para outros países (Silva, 2016; Baqueiro et al., 2023).

As diferenças entre o guaraná produzido na Bahia e o produzido no Amazonas são significativas. O guaraná baiano apresenta maior teor de cafeína, catequina e epicatequina em sua composição. Por outro lado, o guaraná amazônico possui como principais componentes os ácidos graxos (Silva, 2016).

O guaraná da Amazônia é produzido de forma artesanal, sendo a secagem realizada em fornos. Por essa razão é preferido pelas indústrias de refrigerantes e farmacêuticas importadoras de extratos. Em contrapartida, o guaraná baiano apresenta secagem natural ao sol (Marques, 2016; Lima, 2019; Sampaio et al., 2026).

O território de Maués possui o clima equatorial, com solos férteis que favorecem o cultivo do guaraná (Dias; de Jesus; Martins, 2025).

O objetivo do presente trabalho é verificar se o reconhecimento da IG do guaraná de Maués contribui para ganhos econômicos.

Metodologia

A metodologia aplicada caracterizou-se como descritiva, tendo como meio investigativo a pesquisa bibliográfica, com a utilização de literatura especializada, bases de dados confiáveis e fontes secundárias (Gil, 2019).

O presente estudo foi realizado a partir de uma revisão bibliográfica, abordando inicialmente conteúdos relacionados ao guaraná, sua origem e sua importância para o desenvolvimento econômico. Também foi incluído um estudo relacionado à Indicação Geográfica.

O caráter da pesquisa foi exploratório, pois teve a finalidade de proporcionar maior familiaridade com o problema investigado, colaborando para o aperfeiçoamento das ideias e permitindo, dessa forma, um entendimento mais amplo dos diversos aspectos referentes ao tema estudado (Gil, 2019).

Utilizou-se a abordagem qualitativa, considerando a finalidade do presente estudo, que teve como propósito o aprofundamento das interpretações relacionadas ao objeto de pesquisa, permitindo uma compreensão mais ampla dos aspectos relativos ao tema pesquisado (Gil, 2019).

A coleta de dados secundários consistiu em pesquisa bibliográfica, por meio da consulta à legislação vigente, literatura acadêmica, materiais disponíveis sobre o tema e sites institucionais, como o do Instituto Nacional da Propriedade Industrial (INPI). A pesquisa bibliográfica foi elaborada com o auxílio de materiais já publicados e disponíveis para consulta (Gil, 2019). O material usado foi do tipo impresso e virtual, incluindo livros, revistas, artigos científicos, anais de eventos e trabalhos de conclusão de curso (teses, dissertações e monografias) (Lakatos, Marconi, 1992).

Também foram consultados documentos provenientes da EMBRAPA, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), entre outras fontes relevantes. A estruturação das etapas da pesquisa pode ser observada no Quadro 1.

Quadro 1 Etapas metodológicas da pesquisa.

Etapas	Descrição	Procedimentos	Fontes de dados
1 – Definição do problema e objetivos	Delimitação do tema e formulação da questão de pesquisa	Formulação da problemática, definição dos objetivos geral e específicos e delimitação espacial e temática da pesquisa	Literatura acadêmica, documentos institucionais e legislação relacionada à IG
2 – Revisão bibliográfica	Levantamento teórico sobre o objeto de estudo	Consulta e análise de livros, artigos científicos, anais de eventos, legislação vigente e trabalhos de conclusão de curso	Base de dados científicas, periódicos acadêmicos, biblioteca digital, INPI, EMBRAPA e legislação federal
3 – Caracterização do território	Análise das características geográficas, históricas, socioeconômicas da área de estudo	Levantamento de dados sobre os municípios produtores e importância socioeconômica do cultivo do guaraná	IBGE, EMBRAPA, SEBRAE, documentos institucionais e publicações técnicas
4 – Análise do produto	Identificação das características produtivas e diferenças do guaraná	Levantamento sobre cultivo, produtividade	IBGE, literatura especializada
5 – Síntese e interpretação dos resultados	Integração das informações obtidas	Sistematização dos dados bibliográficos e análise crítica das informações relacionadas ao guaraná e à IG	Dados obtidos na revisão bibliográfica e em documentos institucionais
6 – Conclusões e recomendações	Elaboração das conclusões da pesquisa e indicação de perspectivas futuras	Apresentação das conclusões sobre a relevância da IG para o desenvolvimento territorial e sugestões para estudos futuros	Resultados da pesquisa e interpretação dos dados analisados

Fonte: Elaborada pelos autores (2026)

Resultados e Discussão

A produção de guaraná em 2024 demonstra forte concentração em poucos municípios, com destaque absoluto para Maués, reconhecido em 2018 com a IG do guaraná pelo Instituto Nacional da Propriedade Industrial (INPI). O selo distintivo de IG consolidou o município como referência nacional em qualidade, tradição e identidade territorial do produto.

Em 2024, os seis maiores produtores apresentam o panorama observado no Quadro 2.

Maués atingiu seu maior valor de produção em 2024, retornando à liderança em volume entre os seis maiores produtores. O Quadro 2 representa uma fotografia recente e relevante para avaliar o impacto consolidado da IG.

O destaque absoluto em termos de valor de produção é Maués, que faturou mais do que os outros cinco municípios juntos, com uma diferença de R\$ 2,7 milhões.

Quadro 2 Panorama dos maiores produtores de guaraná.

Município	Produção (t)	Valor da produção (x1000 R\$)	Área plantada (ha)	Área colhida (ha)	Rendimentos (kg/ha)
Maués – AM	444	22.000	2.250	2.220	200
Ituberá - BA	383	3.778	1.140	1.140	336
Taperoá – BA	302	4.582	1.078	1.078	280
Valença – BA	289	5.124	1.000	1.000	289
Camamu – BA	193	3.778	770	770	251
Nilo Peçanha – BA	126	2.046	315	315	400

Fonte: Autoria própria, com base em dados do IBGE (2026).

Maués apresentou o menor rendimento entre os seis municípios, configurando-se como o destaque negativo nesse indicador. O município possui a menor área colhida, correspondendo a 34% do total, mas produz apenas 28% do volume total, em razão de sua baixa produtividade.

Nilo Peçanha apresentou a maior produtividade (400 kg/ha), embora possua uma área reduzida, equivalente a 5% do total. Caso Maués apresentasse o mesmo rendimento, sua produção teria sido o dobro da atual.

O guaraná de Maués é comercializado a um preço entre 2,5 e 5 vezes superior aos concorrentes. Embora Maués apresente menor eficiência produtiva, em razão do baixo rendimento, é o município mais lucrativo em termos de valor de produção. Esse resultado pode estar associado, entre outros fatores, ao reconhecimento da IG e à diferenciação de origem do produto, aspectos que podem favorecer a agregação de valor e preços superiores aos do mercado convencional.

A diferenciação de preço pode ser observada no Quadro 3.

Quadro 3 Fatores de diferenciação do preço do guaraná de Maués.

Fator	Maués	Concorrentes
Indicação Geográfica	Sim (desde 2018)	Não
Diferenciação de mercado	Produto premium, rastreável. Amazônico	Commodity
Canais de comercialização	Mercados institucionais, gourmet, orgânicos	Mercado tradicional
Percepção de qualidade	Associado à origem e tradição	Genérico

Fonte: Autoria própria (2026).

O reconhecimento do produto gera uma marca regional, permitindo que Maués capture um prêmio de preço que nenhum concorrente consegue alcançar.

Em termos de eficiência, ao comparar à área colhida com o valor da produção - isto é, a relação entre a área colhida e o valor gerado pela produção – observa-se que para gerar R\$ 1 milhão, Maués necessita apenas de 101 hectares. Por outro lado, Ituberá precisa de 302 hectares, quase o triplo da área, o que demonstra maior eficiência econômica, embora não física, no período analisado.

Portanto, os dados indicam uma mudança relevante no desempenho econômico de Maués no período posterior ao reconhecimento da IG. Apesar de apresentar a menor produtividade física entre os seis maiores produtores, o município lidera em volume de produção, devido a maior área cultivada, e domina amplamente em valor de produção, em razão do preço mais elevado por kg, favorecido pelo selo IG. Como resultado, um único município faturou mais do que os outros cinco concorrentes juntos.

Essa condição demonstra que, com o reconhecimento como IG, não é necessário ser o mais produtivo para ser o mais lucrativo, revelando que a origem do produto pode agregar mais valor do que a própria quantidade produzida.

A produção do guaraná nos principais municípios pode ser observada no Quadro 4.

Quadro 4 – Quantidade produtiva (t).

Ano	Município					
	Maués AM	Ituberá BA	Taperoá BA	Valença BA	Camamu BA	Nilo Peçanha BA
2010	911	632	660	312	345	272
2011	371	697	749	359	372	291
2012	384	600	640	320	378	266
2013	300	600	640	320	378	266
2014	370	600	640	320	-	266
2015	329	600	640	320	378	266
2016	319	600	640	359	378	266
2017	392	500	260	198	100	90
2018	240	468	285	250	139	102
2019	331	420	330	260	154	110
2020	391	376	319	250	231	104
2021	299	480	351	272	217	104
2022	344	499	337	272	206	100
2023	200	407	311	279	222	106
2024	444	383	302	289	193	126
Média	375	524	474	292	193	182
Média (2010-2017)	422	604	609	314	333	248
Média (2019-2024)	335	428	325	270	204	108

Fonte: Autoria própria, com base em dados do IBGE (2026).

Maués Antes e Depois da Indicação Geográfica (2010-2024)

A evolução da produção de guaraná em Maués revela mudanças importantes após o reconhecimento da IG em 2018.

No período pré-IG (2010-2017), observa-se um pico de produção em 2010, com 911 t, representando um ano excepcionalmente elevado. A média do período, desconsiderando o ano de 2010, foi de aproximadamente 352 t/ano. Após 2010, verificou-se uma queda brusca de 911 para 371 t em 2011, sem retorno aos patamares anteriores ao longo dos anos seguintes. Em 2017, ocorreu uma leve recuperação, com produção aproximada de 392 t. A maior oscilação negativa em comparação a 2010 ocorreu em 2013, representando uma redução de aproximadamente 67,1%.

O ano de 2018, marcado pelo reconhecimento do guaraná de Maués como IG, também registrou a menor produção da série histórica até então, com apenas 240 t. Existem diversas possíveis causas para esse cenário, como a transição para os padrões exigidos pela IG ou mesmo uma queda natural do ciclo produtivo, semelhante ao observado em anos anteriores.

No período pós-IG (2019-2024), observou-se uma recuperação gradual da produção, alcançando 331 t em 2019 e 391 t em 2020. Entretanto, ocorreram novas quedas em 2021 (299 t) e em 2023 (200 t), sendo este último o pior resultado da série no período pós-IG. Em 2024, registrou-se forte recuperação, com produção de 444 t, representando o maior volume produtivo pós-2010 e superando os níveis observados no período pré-IG, com exceção de 2010. A média pós-IG foi de aproximadamente 335 t anuais.

Os resultados observados indicam que a IG não provocou aumento imediato da produção. Pelo contrário, o ano de reconhecimento registrou o menor volume até então. Esse comportamento pode ser considerado comum, uma vez que o reconhecimento exige adequações produtivas, rastreabilidade e adoção de práticas mais rigorosas, fatores que podem reduzir a oferta no curto prazo.

A partir de 2020, observam-se sinais de valorização do produto, embora a produção ainda apresente instabilidade. As oscilações entre 200 e 444 t demonstram possíveis vulnerabilidades relacionadas às condições climáticas ou ao manejo.

O ano de 2024 destaca-se como o melhor resultado do período pós-IG, o que pode indicar maior adaptação dos produtores às exigências do reconhecimento e maior interesse de compradores pelo produto diferenciado.

Portanto, a IG não reverteu imediatamente a tendência de queda de produção pós-2010. Contudo, os resultados de 2024 sugerem um possível efeito positivo tardio. Além

disso, fatores externos, como clima, preços de mercado e políticas locais, parecem exercer influência tão ou mais relevante do que a IG analisada de forma isolada.

comparação com outros Municípios Mais Produtivos do Brasil

A comparação com outros municípios produtores permite realizar uma análise comparativa em relação à IG de Maués.

Entre 2010 e 2024, Ituberá apresentou a maior média de produção, com aproximadamente 524 t, enquanto Maués registrou média de 375 t. Observa-se que, no período pós-IG, nenhum município apresentou crescimento médio da produção, indicando um declínio geral da produção de guaraná nesses polos produtivos. Esse cenário pode estar relacionado a fatores naturais, à concorrência com outras culturas mais rentáveis ou à falta de renovação de pomares.

A menor média de redução da produção foi observada em Valença, com aproximadamente 16%, seguido de Maués, com redução de cerca de 26%.

A IG não impediu a queda da produção em Maués, mas contribuiu para amortecer a redução em comparação aos concorrentes diretos. Esse resultado pode estar relacionado às condições ambientais mais favoráveis do município, além de possível menor impacto de secas e pragas em relação aos demais produtores.

Entre 2011 e 2016, os municípios de Ituberá e Taperoá lideravam a produção com ampla vantagem, mas apresentaram forte queda a partir de 2017. Em 2024, Maués retomou a liderança, enquanto os municípios concorrentes registraram produção moderada.

Valor da Produção

O valor da produção (em mil R\$) permite uma interpretação mais adequada para a análise do desenvolvimento econômico da produção do guaraná.

Os valores nominais apresentados não foram corrigidos pelos índices de inflação para atualização monetária aos valores atuais. A tabela com os valores da produção pode ser observada no Quadro 5.

Quadro 5 Valor da produção (em mil R\$).

Ano	Município					
	Maués AM	Ituberá BA	Taperoá BA	Valença BA	Camamu BA	Nilo Peçanha BA
2010	7288	3792	3960	1872	2076	1652
2011	3710	3972	4269	2046	2120	1658
2012	2760	4200	4480	2240	2646	1862
2013	5400	4230	4512	2256	2665	1875
2014	8140	4548	4851	2426	-	2016
2015	7403	4548	4851	2426	2865	2016
2016	6580	4548	4851	2579	2691	2016
2017	6664	4000	2103	1624	600	645
2018	4320	3650	1938	1750	973	755
2019	7878	4620	3630	2860	1694	1210
2020	9501	3948	3350	2625	2426	1092
2021	6279	7680	4496	3484	2757	1420
2022	11008	8623	4533	3763	2984	1365
2023	10000	5372	3932	4130	3505	1484
2024	22200	6218	4582	5134	3778	2046
Média	7942	4930	4023	2748	2413	1539
Média (2010-2017)	5993	4230	4235	2184	2238	1715
Média (2019-2024)	11144	6077	4087	3666	2857	1436

Fonte: Autoria própria (2026).

Produção em Maués

O preço do guaraná apresentou forte valorização no período pós-IG. No período pré-IG a média do valor da produção foi de aproximadamente R\$ 5,993 milhões, enquanto a média do preço por produção foi de cerca de R\$ 14,00/kg. No período pós-IG, a média do valor da produção passou para aproximadamente R\$ 11,144 milhões, e a média do preço por produção atingiu cerca de R\$ 21,00/kg. A média do valor da produção foi de aproximadamente R\$ 7,942 milhões e a média do preço por produção representou cerca de R\$ 33,00/kg. Apesar da redução do volume médio de produção, o preço médio no período pós-IG aumentou cerca de 86%.

Em 2023, ano que apresentou a menor produção da série histórica, o valor da produção permaneceu elevado, em torno de R\$ 10 milhões, em razão do aumento do preço do produto. Já em 2024, a elevada produção (444 t), combinada ao preço recorde, resultou em faturamento de aproximadamente R\$ 22,2 milhões, representando o maior valor histórico da série analisada.

No período posterior ao reconhecimento da IG, a valorização econômica do produto foi superior à variação do volume produzido, indicando aumento do valor gerado mesmo com menor produção média.

Antes da IG, o valor da produção dependia fortemente do volume produzido. Em 2018, embora o volume tenha sido reduzido, o preço já se encontrava acima da média. No período pós-IG, os preços atingiram patamares mais elevados, principalmente a partir de 2022. Em 2024, o valor da produção foi superior à soma dos quatro anos anteriores.

Portanto, a IG não reverteu a queda de volume de produção em Maués, que apresentou redução média de aproximadamente 10%, mas coincidiu com uma transformação expressiva nos preços do produto. O valor da produção quase dobrou, com crescimento aproximado de 86%, mesmo diante da redução da quantidade produzida. Em 2024, a combinação entre boa safra e preço recorde permitiu que Maués atingisse o maior faturamento da série histórica, superando amplamente o pico produtivo de 2010.

Do ponto de vista econômico, o período posterior ao reconhecimento do produto como IG foi marcado por aumento significativo do valor da produção, mesmo com o volume estável ou em leve queda.

Entretanto, a dependência da valorização do preço constitui um fator de risco, uma vez que, caso o mercado deixe de pagar preços diferenciados pelo produto reconhecido como IG, haverá impacto direto sobre a renda dos produtores. Dessa forma, torna-se necessária a manutenção da diferenciação, da qualidade e da reputação do produto.

Panorama Geral dos Seis Maiores Produtores

O valor da produção dos seis maiores municípios produtores de guaraná do Brasil em 2024 permite comparar o desempenho econômico de Maués com os seus principais concorrentes.

O município de Maués apresentou o maior crescimento absoluto e relativo, sendo o único que quase dobrou o faturamento médio, com crescimento de aproximadamente 86%. Entre os municípios analisados, apenas Taperoá e Nilo Peçanha não registraram crescimento.

Maués, isoladamente, faturou mais do que os outros cinco municípios juntos, com uma diferença aproximada de R\$ 442 mil.

Em 2024, Maués respondeu por mais da metade do valor total produzido pelos seis maiores polos produtores. Em 2010, sua participação correspondia a cerca de 35%. Dessa forma, a IG coincidiu com um ganho superior a 15 pontos percentuais na participação do valor do total produzido.

No período posterior à IG, observa-se em Maués maior dissociação entre o preço e o volume produzido. Enquanto os demais municípios competiam com base em preços de

commodity, Maués passou a comercializar um produto diferenciado, com rastreabilidade e origem protegida.

Portanto, no período posterior ao reconhecimento da IG, Maués apresentou expressiva valorização do produto e consolidou-se como o principal polo econômico entre os municípios analisados. Antes da IG, Maués já possuía relevância econômica, representando cerca de 35% do valor produzido pelos seis municípios analisados. Após a IG, tornou-se dominante, alcançando 50,5% em 2024, com faturamento 83% superior ao do segundo colocado, Ituberá.

Área Destinada, Área Colhida e Rendimento

As variáveis área destinada à colheita, área colhida e rendimento possuem relações intrínsecas e evidenciam o impacto da IG de Maués concedida em 2018.

A área destinada à colheita representa a intenção de produção relacionada ao plantio e à manutenção da cultura. Já a área colhida representa a execução efetiva da colheita. Por sua vez, o rendimento médio corresponde à produtividade associada às condições do solo e ao manejo. Os Quadros 6, 7 e 8 apresentam a evolução dessas variáveis no período entre 2010 e 2024.

Quadro 6 Área destinada a colheita (ha).

Ano	Município					
	Maués AM	Ituberá BA	Taperoá BA	Valença BA	Camamu BA	Nilo Peçanha BA
2010	4640	1580	1650	780	865	680
2011	4700	1585	1665	798	885	692
2012	4700	1500	1600	800	900	700
2013	4700	1500	1600	800	900	700
2014	2610	1500	1600	800	-	700
2015	2700	1500	1600	800	900	700
2016	2700	1500	1600	798	900	700
2017	2800	1200	1368	979	750	300
2018	2400	1200	1100	1000	770	310
2019	2110	1200	1100	1000	770	315
2020	2450	1140	1100	1000	770	315
2021	2300	1200	1100	1030	762	302
2022	3000	1188	1111	1061	747	293
2023	2250	1140	1100	1029	710	315
2024	2250	1140	1100	1029	710	315
Média	3087	1338	1358	912	814	489
Média (2010-2017)	3946	1483	1585	819	871	647
Média (2019-2024)	2393	1168	1098	1020	755	309

Fonte: Autoria própria (2026).

Quadro 7 Área colhida (ha)

Ano	Município					
	Maués AM	Ituberá BA	Taperoá BA	Valença BA	Camamu BA	Nilo Peçanha BA
2010	4640	1580	1650	780	865	680
2011	1485	1585	1665	798	885	692
2012	2400	1500	1600	800	900	700
2013	4700	1500	1600	800	900	700
2014	2610	1500	1600	800	-	700
2015	2700	1500	1600	800	900	700
2016	2700	1500	1600	798	900	700
2017	2800	1200	1368	979	750	300
2018	2400	1200	1100	1000	770	310
2019	2110	1200	1100	1000	770	315
2020	2450	1140	1100	1000	770	315
2021	2300	1200	1100	1030	762	302
2022	2645	1188	1111	1061	747	293
2023	2220	1140	1100	1029	710	315
2024	2220	1140	1078	1029	710	315
Média	2539	1338	1358	912	814	489
Média (2010-2017)	2717	1483	1585	819	871	647
Média (2019-2024)	2324	1168	1098	1020	755	309

Fonte: Autoria própria (2026).

Quadro 8 Rendimento médio (kg/ha).

Ano	Município					
	Maués AM	Ituberá BA	Taperoá BA	Valença BA	Camamu BA	Nilo Peçanha BA
2010	196	400	400	400	400	400
2011	249	439	449	449	420	420
2012	160	400	400	400	420	380
2013	125	400	400	400	420	380
2014	142	400	400	400	-	380
2015	122	400	400	400	420	380
2016	122	400	400	450	420	380
2017	140	417	190	202	133	300
2018	100	390	259	250	181	329
2019	157	350	300	260	200	349
2020	160	330	290	250	300	330
2021	130	400	319	264	285	344
2022	130	420	303	256	276	341
2023	90	357	283	271	313	337
2024	200	336	280	289	251	400
Média	148	389	338	329	317	363
Média (2010-2017)	157	407	380	388	376	378
Média (2019-2024)	145	366	296	265	271	350

Fonte: Autoria própria (2026)

Área Destinada à Colheita Em Maués

Antes da IG, no período entre 2011 e 2013, o município mantinha cerca de 4.700 ha destinados à colheita, mas nem sempre toda essa área era efetivamente colhida. Ou seja, havia grande ociosidade, com apenas 32% a 51% da área destinada sendo utilizada para a colheita. Diversos fatores podem explicar essa situação, como falta de mão de obra, abandono de plantações antigas ou registros de área total sem distinção entre áreas aptas e improdutivas.

Em 2024, a área destinada à colheita foi reduzida para 2.250 ha, indicando provável encerramento de ciclos de plantios antigos, migração para outras culturas ou revisão metodológica dos dados.

No período pós-IG, a área destinada estabilizou-se em torno de 2.300 a 2.400 ha, representando redução de aproximadamente 38% em relação à média do período pré-IG (3.946 ha).

O menor percentual entre a área destinada para o plantio e a área efetivamente colhida (32%) ocorreu em 2011, com diferença de 3.215 ha.

A partir de 2014, as duas áreas passaram a se equivaler (100% colhido), com exceção de 2022 (88%). Esse comportamento sugere mudança metodológica ou gestão mais realista do cadastro produtivo.

Rendimento Médio

O recorde histórico de rendimento ocorreu em 2011, com 249 kg/ha. O pior resultado da série foi registrado em 2023, com apenas 90 kg/ha. No período pós-IG, o melhor desempenho ocorreu em 2020, com rendimento de 200 kg/ha.

O rendimento médio do período pré-IG foi de 157 kg/ha, servindo como referência para avaliar a evolução da produtividade ao longo do tempo. Em 2018, ano de reconhecimento da IG, o rendimento médio foi de 100 kg/ha, representando redução de aproximadamente 38%.

No período pós-IG, o rendimento médio foi de 145 kg/ha, indicando queda de cerca de 8% em relação ao período pré-IG. Esses resultados demonstram que o reconhecimento como IG não aumentou a produtividade média, ocorrendo, inclusive, leve redução. O ano de 2023 foi particularmente crítico, com rendimento de apenas 90 kg/ha, o pior da série histórica, o que explica, em parte, o baixo volume produzido (200 t), mesmo com relativa estabilidade da área colhida.

Em 2024, o rendimento médio atingiu 200 kg/ha, representando crescimento de aproximadamente 27% em relação à média do período pré-IG. Esse resultado corresponde ao segundo melhor desempenho da série histórica, sendo superado apenas por 2011. Associado a uma área colhida de 2.220 ha, esse rendimento contribuiu para a produção de 444 t.

O rendimento variou de 90 a 249 kg/ha ao longo da série histórica, indicando forte dependência de fatores climáticos, manejo produtivo ou ciclos bienais do guaranazeiro.

Em 2018, o rendimento foi muito baixo (100 kg/ha), possivelmente em razão do período de transição, no qual os produtores precisam se adaptar às novas exigências de certificação da IG.

O volume produzido pode ser calculado pela seguinte fórmula:

$$\text{Volume (t)} = (\text{Área colhida} \times \text{Rendimento}) / 1.000.$$

De modo geral, a comparação entre os períodos pré-IG e pós-IG demonstra que a área destinada à colheita reduziu aproximadamente 39%, a área colhida diminuiu cerca de 14%, o rendimento médio caiu 8% e o percentual da área destinada efetivamente colhida aumentou 28 pontos percentuais.

Portanto, a IG não impediu a redução da área cultivada. Pelo contrário, a área continuou diminuindo, sugerindo que fatores estruturais, como êxodo rural, envelhecimento de pomares ou mudanças no perfil das culturas agrícolas, exerceram maior influência do que a própria certificação.

A relação entre área destinada e área colhida aumentou de 69% para 97%, indicando possível abandono de áreas improdutivas anteriormente registradas como destinadas à produção; maior profissionalização dos produtores após a IG e mudanças metodológicas na coleta dos dados.

A produtividade média caiu ligeiramente de 157 para 145 kg/ha (-8%). Entre as possíveis causas estão as exigências da IG, como adoção de práticas mais sustentáveis e redução do uso de insumos químicos, fatores que podem diminuir o rendimento no curto prazo; condições climáticas adversas em alguns anos; e envelhecimento dos guaranazais sem renovação adequada.

A volatilidade do rendimento aumentou, uma vez que o coeficiente de variação passou de 25% (pré-IG) para 28% (pós-IG), com extremos mais acentuados, variando entre 90 e 200 kg/ha.

Em todos os aspectos, 2024 foi um ano emblemático para o guaraná de Maués, apresentando redução de 6% na área destinada, redução de 4% na área colhida, aumento de 38% no rendimento e crescimento de 33% no volume produzido em relação à média do período pós-IG. Esses resultados indicam que é possível alcançar alta produtividade, estabilizar a área e crescer o valor da produção.

Portanto, a IG de Maués não reverteu a tendência de redução da área plantada e nem aumentou a produtividade média. Contudo, trouxe maior transparência ao cadastro produtivo, permitindo maior equivalência entre a área destinada e a área efetivamente colhida. Além disso, em anos de bom rendimento, possibilitou o alcance de recordes históricos de produção e faturamento. O principal desafio no período pós-IG consiste em estabilizar a produtividade em níveis elevados e reverter a redução da área colhida.

Panorama dos Principais Produtores Nacionais

A análise dos seis maiores municípios produtores de guaraná do Brasil em 2024, considerando os dados de área destinada, área colhida e rendimento médio no período de 2010 a 2024, permite uma comparação robusta do impacto da IG de Maués em relação aos concorrentes que não possuem IG. Os resultados podem ser observados nos Quadros 6, 7 e 8.

Os municípios concorrentes de Maués apresentam, em praticamente todos os anos, equivalência entre área destinada e área colhida, indicando maior precisão cadastral ou gestão produtiva mais eficiente. Maués somente passou a apresentar essa equivalência a partir de 2014.

Em relação à área colhida, Maués perdeu cerca de 14%, enquanto Taperoá (-31%) e Nilo Peçanha (-52%) também registraram fortes reduções. Por outro lado, Valença foi o único município que ampliou a área colhida (25%), comportamento considerado atípico e positivo.

Todos os municípios apresentaram perdas de produtividade. Maués teve uma das menores reduções (-8%), ao lado de Nilo Peçanha (-7%). Já Valença (32%) e Camamu (-28%) registraram quedas acentuadas, o que pode indicar crise fitossanitária ou efeitos climáticos adversos na região.

Taperoá perdeu 22% da produtividade, além de 31% da área cultivada, configurando situação particularmente crítica para um município que já foi o maior produtor do Brasil.

O volume produzido caiu em todos os municípios analisados. Maués apresentou a segunda menor redução (-21%), ficando atrás apenas de Valença (-14%). Em contrapartida, Taperoá (-47%) e Nilo Peçanha (-56%) praticamente colapsaram em termos produtivos.

Os rendimentos registrados em 2017 foram particularmente críticos para os municípios de Nilo Peçanha (-21%), Taperoá (53%), Valença (-55%) e Camamu (-68%). Esses resultados provavelmente estão associados à seca severa ocorrida no Sul da Bahia entre 2015 e 2016, com efeitos tardios sobre a cultura, além do envelhecimento dos pomares sem renovação adequada ou do desinvestimento na atividade, favorecendo a migração para outras culturas agrícolas.

Maués também apresentou queda em 2018, mas conseguiu recuperar-se nos anos seguintes.

Em relação à proporção entre área destinada e área efetivamente colhida, os municípios concorrentes apresentam praticamente 100% de eficiência produtiva. Já Maués, entre 2010 e 2013, possuía eficiência média de apenas 52%, demonstrando grande ociosidade. Após 2014, esse percentual aumentou para aproximadamente 98%. A IG não impactou diretamente esse indicador, uma vez que a mudança ocorreu antes de sua concessão.

A produtividade de Maués é quase metade da média observada nos demais municípios produtores. Esse resultado pode estar associado ao sistema de manejo mais extensivo em Maués, em comparação aos sistemas semi-intensivos dos outros municípios; ao menor uso de tecnologia e insumos; e às características do solo amazônico de várzea, distintas dos solos mais adaptáveis ao cultivo do guaraná em outras regiões produtoras.

Comparativamente à média dos demais municípios, Maués apresentou menor perda de área colhida (-14%), menor redução de produtividade (-8%), menor queda do volume produzido (-21%), além de expressivos ganhos no preço do produto (+114%) e forte crescimento do valor da produção (+86%).

Portanto, embora a IG não tenha tornado Maués mais produtivo fisicamente do que os demais municípios, ela contribuiu para proteger o município da queda generalizada que atingiu os outros polos produtores. Enquanto os demais municípios perderam área e produtividade em ritmo mais acelerado, Maués conseguiu estabilizar melhor seus indicadores físicos e, principalmente, apresentou expressiva valorização do produto no período posterior ao reconhecimento da IG.

Considerações Finais

A presente pesquisa permitiu analisar os impactos da Indicação Geográfica (IG) do guaraná de Maués sobre aspectos produtivos e econômicos do principal polo produtor do Brasil, respondendo à problemática proposta acerca da capacidade de certificação em promover valorização territorial e desenvolvimento regional. Os resultados demonstram que, embora a IG não tenha provocado aumento imediato da produtividade ou expansão

da área cultivada, promoveu significativa agregação de valor ao produto, elevando o preço do guaraná e ampliando a renda dos produtores locais.

Os dados analisados evidenciaram que Maués consolidou-se como principal referência econômica do guaraná brasileiro após o reconhecimento da IG, alcançando participação dominante no valor total da produção nacional entre os principais municípios produtores. Mesmo diante da redução da área cultivada e da oscilação da produtividade ao longo da série histórica, o município apresentou maior capacidade de valorização econômica em comparação aos concorrentes sem certificação.

A pesquisa também demonstrou que a IG representa um importante instrumento de desenvolvimento territorial, fortalecendo a identidade regional, a rastreabilidade do produto, a preservação do saber-fazer tradicional e a valorização da biodiversidade amazônica. Nesse contexto, o estudo reforça a importância das IGs como mecanismos de inovação territorial capazes de integrar tradição, sustentabilidade e competitividade econômica.

Do ponto de vista científico, o trabalho contribui para o avanço do conhecimento sobre os efeitos econômicos e produtivos das IGs na Amazônia, especialmente em cadeias produtivas associadas à sociobiodiversidade. Além disso, apresenta aplicação prática relevante ao demonstrar que políticas de valorização territorial podem gerar impactos positivos sobre a renda dos produtores, mesmo em cenários de estabilidade ou redução da produção física.

Os resultados obtidos indicam que o principal diferencial competitivo de Maués deixou de ser apenas o volume produzido, passando a concentrar-se na reputação, qualidade e origem do produto. Assim, conclui-se que a IG agregou valor econômico ao guaraná e fortaleceu o posicionamento estratégico do município no mercado nacional e internacional.

Entretanto, os resultados também evidenciam desafios importantes, como a redução da área cultivada, a volatilidade da produtividade e a dependência da valorização de preços para manutenção da renda dos produtores. Esses fatores demonstram a necessidade de políticas públicas voltadas à renovação dos guaranazais, assistência técnica, sucessão rural, adaptação climática e fortalecimento da organização produtiva local.

Para pesquisas futuras, recomenda-se aprofundar estudos relacionados aos impactos sociais da IG sobre a agricultura familiar, à percepção dos consumidores sobre produtos certificados, às estratégias de comercialização do guaraná amazônico e aos efeitos das mudanças climáticas sobre a produção regional. Também se sugere investigar comparativamente outras IGs brasileiras associadas à sociobiodiversidade amazônica, permitindo compreender diferentes modelos de desenvolvimento territorial sustentável.

Por fim, o estudo reforça a relevância da inovação baseada na valorização dos recursos territoriais amazônicos, demonstrando que a Amazônia possui potencial estratégico para gerar desenvolvimento econômico sustentável por meio da integração entre conhecimento tradicional e biodiversidade, identidade cultural e mecanismos de proteção territorial, como a IG.

Referências Bibliográficas

ALVES, M. E. F.; CARIOCA, M. F. P. **Cafeicultura no Brasil: relevância econômica e fatores que influenciam na qualidade**. 2026. 52 f. Monografia (Graduação) – Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2026.

BAQUEIRO, A. U. P. et al. Potencial de indicação geográfica para o guaraná de Taperoá-Bahia. **Observatório de la Economía Latinoamericana**, v. 21, n. 3, p. 1422–1441, 2023.

BRASIL. Lei nº 9.279, de 14 de maio de 1996. Regula direitos e obrigações relativos à propriedade industrial. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 1996.

BRUCH, K.; VITROLLES, D.; FÁVERO, K. C. **Curso de propriedade intelectual & inovação no agro-negócio: módulo II: indicação geográfica**. 4. ed. 2014.

DA CONCEIÇÃO, V. S. et al. **Análise do processo de internacionalização da cachaça com registro de indicação geográfica**. [S. l.]: Seven Editora, 2023.

DALLABRIDA, V. R. Indicação geográfica e desenvolvimento: o enfoque territorial como diretriz e a patrimonialização e geração de renda de qualidade territorial como propósito. **Revista Comunicação Universitária**, Belém, v. 6, p. 1–18, 2026. DOI: <https://doi.org/10.69675/RCU.2763-7646.11630>.

DIAS, R. S.; DE JESUS, E. L.; MARTINS, C. A. M. G. O selo de indicação geográfica (IG) do Guaraná de Maués e o turismo local. **Revista Rosa dos Ventos – Turismo e Hospitalidade**, v. 17, n. 3, e170302, 2025.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2019.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Taperoá: histórico**. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/ba/taperoa/historico>. Acesso em: 28 maio 2026.

JANUÁRIO, J. G. B. et al. Geographical indications: comparing protection models and reviewing scientific literature on wines. **Food and Humanity**, v. 5, 100689, 2025.

LAKATOS, E. M.; MARCONI, M. A. **Metodologia do trabalho científico**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 1992.

LEITE, M. P. **Desafios e potenciais de espécies nativas de frutas comercializadas no mercado municipal em Humaitá-AM**. 2026. 41 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado) – Universidade Federal do Amazonas, Humaitá, 2025.

LIMA, L. S. N. H. **Guaraná pow[d]er: produção de guaraná em pó a partir do processo de spray-drying**. 2019. 83 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2019.

MAIORKI, G. J.; DALLABRIDA, V. R. A indicação geográfica de produtos: um estudo sobre sua contribuição econômica no desenvolvimento territorial. **Interações**, Campo Grande, v. 16, n. 1, 2015.

MARQUES, L. L. M. **Investigações fitoquímicas e biológicas de extratos obtidos por tecnologia supercrítica de sementes de *Paullinia cupana* (guaraná)**. 2016. 216 f. Tese (Doutorado) – Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2016.

MARQUES, L. L. M. et al. *Paullinia cupana*: a multipurpose plant – a review. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v. 29, n. 1, p. 77–110, 2019.

MATRAVES, C. et al. Product differentiation, turbulence and sustainability of competitive advantage. In: **Titulo volume non avalorato**. 2005.

MEDEIROS, M. L.; PASSADOR, C. S.; PASSADOR, J. L. Implications of geographical indications: a comprehensive review of papers listed in CAPES' journal database. **RAI Revista de Administração e Inovação**, v. 13, n. 4, p. 315–329, 2016.

MEDEIROS, M. L.; RAIHER, A. P.; PASSADOR, J. L. Geographical indications and their impact on territorial development: empirical evidence for Brazilian municipalities. **Studies of Applied Economics**, v. 39, n. 8, 2021.

REIS, L. L. M. **Indicação geográfica no Brasil: determinantes, limites e possibilidades**. 2015. 270 f. Tese (Doutorado em Geografia) – Instituto de Geociências, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2015.

RETAMALES, J. B. World temperate fruit production: characteristics and challenges. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 33, p. 121–130, 2011.

SAMPAIO, G. M. et al. Potential for geographical indication of Guaraná from Taperoá-Bahia: territorial, productive and socioeconomic factors. **Trees**, v. 9, p. 10, 2026.

SCHIMPL, F. C. et al. Guarana: revisiting a highly caffeinated plant from the Amazon. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 150, n. 1, p. 14–31, 2013.

SILVA, G. S. **Avaliação do perfil químico de guaraná (*Paullinia cupana*) empregando RMN, HPLC e UPLC-MS associadas a ferramentas quimiométricas visando à sua indicação geográfica**. Dissertação (Mestrado em Química) – Universidade Estadual de Santa Cruz.

SOARES FILHO, A. A. F. Uso *in natura* do guaraná (*Paullinia cupana* Kunth): estudo quantitativo no município de Maués (AM), Brasil. **Brazilian Journal of Natural Sciences**, 2022.

TÖRÖK, Á. et al. Understanding the real-world impact of geographical indications: a critical review of the empirical economic literature. **Sustainability**, v. 12, n. 22, 9434, 2020.

VIEIRA, A. C. P.; PELLIN, V. As indicações geográficas como estratégia para fortalecer o território: o caso da indicação de procedência dos Vales da Uva Goethe. **Desenvolvimento em Questão**, [S. l.], v. 13, n. 30, p. 155–174, 2015. DOI: <https://doi.org/10.21527/2237-6453.2015.30.155-174>

.



CAPÍTULO 11

Do Extrativismo à Academia: Desafios Socioeconômicos no Quilombo João Pereira

Rebeca S. dos Santos, Antônio Pinheiro

RESUMO

O ensaio, *Do Extrativismo à Academia: Desafios Socioeconômicos no Quilombo João Pereira*, analisa as vulnerabilidades estruturais e o potencial de emancipação da comunidade quilombola localizada em Santarém (PA). Para isso, utiliza um relato de experiência fundamentado e a observação participante de uma mulher quilombola, discente da Universidade Federal do Oeste do Pará (Ufopa), para investigar os gargalos produtivos inerentes ao extrativismo de frutos nativos, como o açaí e o cupuaçu. O texto conceitua o desafio produtivo local como uma “corrida contra a decomposição”, caracterizada pela necessidade de comercialização da produção em menos de 24 horas devido à ausência de infraestrutura e tecnologias de beneficiamento e armazenamento. Essa limitação técnica reforça a marginalização histórica, a dependência sazonal e a periferização geográfica do território. Em contrapartida, demonstra como o acesso à Educação Superior, impulsionado pelo Processo Seletivo Quilombola, atua como vetor de transformação estrutural, argumentando que a convergência entre os saberes ancestrais e o conhecimento técnico-científico acadêmico é fundamental para desenvolver tecnologias sociais, agregar valor à bioeconomia local e combater a evasão estudantil. Assim, as reflexões desenvolvidas indicam que o empoderamento acadêmico pode contribuir para ressignificar o quilombo, transformando-o de um espaço historicamente invisibilizado em um centro dinâmico de produção de conhecimento e resistência territorial na Amazônia.

Palavras-chave: Extrativismo. Logística. Saberes. Educação Superior. Amazônia.

1. Introdução: O Território e a Identidade

O Quilombo João Pereira, situado na região do Planalto e nas áreas de várzea ao longo do Rio Maicá, em Santarém (PA), constitui um território em que a dinâmica social é intrinsecamente ligada à preservação de culturas ancestrais e ao uso sustentável da biodiversidade amazônica. Historicamente, a comunidade se estabeleceu como um espaço de resistência, onde a sobrevivência familiar depende diretamente da interação com plantas

nativas e árvores frutíferas que compõem a paisagem local. Esse ecossistema não é apenas uma fonte de recursos, mas o alicerce de uma identidade remanescente que se manifesta no trabalho manual e no manejo da terra. No entanto, essa abundância natural contrasta com os gargalos socioeconômicos.

A subsistência das famílias quilombolas se baseia primordialmente no extrativismo e cultivo de espécies nativas como o açaí, o cupuaçu e a castanha. Contudo, essa economia de base ancestral enfrenta barreiras históricas, relacionadas à logística de escoamento e à ausência de tecnologias de armazenamento, que limitam a durabilidade dos produtos e forçam a comercialização em menos de 24 horas para evitar a perda total da produção. Tais obstáculos não comprometem apenas a segurança econômica e a geração de renda das comunidades; eles repercutem diretamente nas trajetórias educacionais, uma vez que as dificuldades de acesso e a dependência da sazonalidade das safras historicamente impuseram barreiras para que os jovens concluíssem os estudos sem precisar abandonar o território.

O relato baseia-se nas informações coletadas por uma estudante quilombola de graduação junto aos membros de sua comunidade, articuladas às suas próprias percepções sobre as condições do território e de seu entorno.

1.1 Metodologia

Metodologicamente, o texto apresenta-se como um ensaio de natureza descritiva, materializado a partir de um relato de experiência fundamentado. Parte da posição da autora como sujeito e observadora, sendo uma mulher negra, quilombola e estudante universitária na Universidade Federal do Oeste do Pará (Ufopa), numa perspectiva já apontada poeticamente por Gadelha (1991, p. 15): “[...] Uma exposição é o que é a vida, cada um de nós é a um mesmo tempo, máquina e retrato”.

A perspectiva ensaística confere ao texto caráter reflexivo, subjetivo e autoral, voltado a explorar ideias, questionar e interpretar, sem a exigência de comprovação própria de estudos de natureza experimental. Para a estruturação das reflexões apresentadas, adotou-se como espaço de observação o Quilombo João Pereira, onde a autora reside, localizado na região do Planalto e nas áreas de várzea do Rio Maicá, em Santarém (PA). A análise se baseia na vivência direta da dinâmica social e produtiva do território, especificamente no que tange ao extrativismo de espécies nativas, como açaí, cupuaçu e castanha; foi utilizado o método da observação participante, em que a percepção da realidade comunitária é confrontada com o conhecimento técnico-científico adquirido no ambiente acadêmico.

Esse diálogo entre saberes permitiu identificar os “gargalos” logísticos e as barreiras educacionais enfrentadas pela comunidade. O texto foi estruturado sob a ótica do Território como Espaço de Resistência, analisando como a infraestrutura e o acesso à Educação Superior atuam como vetores de transformação e permanência geracional. Dessa forma, o ensaio não se limita a uma descrição subjetiva, mas propõe uma reflexão crítica sobre a função social da universidade e a necessidade de tecnologias aplicáveis ao contexto quilombola, em que a narrativa é acompanhada de um contraponto técnico-científico.

Cabe informar que o uso de IA generativa (Copilot) foi empregado para garantir maior fluidez e padronização normativa, conforme as normas da ABNT, durante a revisão do texto. A tecnologia serviu apenas para aprimorar clareza, coesão e consistência formal, sem afetar interpretação, análise ou conclusões. Todas as decisões de conteúdo são de responsabilidade exclusiva dos autores. Em relação à condição de quilombola destaca-se que, segundo o Decreto nº 4887/2003, a comunidade é quem se autodefine como quilombola, com base em autoatribuição e laços territoriais específicos, pressupondo ancestralidade negra relacionada à resistência histórica (artigo 2º). Essa ancestralidade, relevante ao grupo, não exige comprovação biológica.

1.2 Relato da aluna quilombola

Do território quilombola para comunidades vizinhas

[...] No território quilombola, a dinâmica dos negócios de compra e venda entre as comunidades vizinhas sustenta muitas famílias. Essas práticas envolvem cultura ancestral, geração de renda e manejo de plantas nativas e árvores frutíferas ao longo do rio Maicá, como ocorre no quilombo João Pereira e em outras comunidades das áreas de planalto e várzea.

Durante anos, os moradores enfrentaram dificuldades para escoar os produtos derivados das frutas, especialmente pela curta duração e pela necessidade de manter a qualidade das polpas, que se estragavam em menos de 24 horas caso não fossem vendidas. Antigamente, não se produziam derivados justamente pela dificuldade de comercialização e pelo tempo necessário para chegar aos pontos de transporte. Com o passar dos anos, houve melhorias para os agricultores rurais que, por meio do cultivo de pequenos pomares familiares, conseguiram acessar recursos públicos.

Desde 1988, um remanescente quilombola relata que trabalhavam com o extrativismo de castanha, açaí, cupuaçu e outras frutas, além da comercialização de

árvores frutíferas. Para escoar esses produtos, era necessário percorrer quilômetros até conseguir transporte do quilombo João Pereira para Santarém.

Da mesma forma que o escoamento dos frutos era difícil, o acesso à educação também apresentava desafios. Para concluir o Ensino Fundamental, muitas crianças precisavam sair do próprio quilombo. Hoje, o Ensino Médio é oferecido em comunidades vizinhas, e a Universidade Federal localizada em Santarém possibilita, desde 2015, a formação de universitários quilombolas por meio do processo seletivo específico.

A determinação dos moradores em garantir o sustento familiar e buscar recursos governamentais para melhorar as linhas de transporte contribuiu significativamente para que os jovens concluíssem o Ensino Médio e ingressassem no Ensino Superior. Como muitas famílias dependem do trabalho manual e não têm condições de morar fora da comunidade, a renda familiar varia conforme o período de safra.

As safras duram de dois a três meses. Desde 2013, minha família cultiva pequenos pomares em nosso território de herança. Com as vendas entre comunidades e para mercados externos, conseguimos permanecer na comunidade, gerar renda e facilitar nossa permanência na cidade de Santarém para estudar na universidade.

Entretanto, muitos produtores rurais enfrentam dificuldades porque a produção não dura o ano inteiro. A falta de equipamentos industriais impede que algumas famílias processem e armazenem as frutas por mais tempo. Além disso, muitas sementes deixam de ser plantadas por falta de perspectiva de venda, o que leva à perda de frutos ainda na terra ou após a colheita. Sem polpas para comercializar fora da safra, muitos produtores enfrentam crises econômicas e, por vezes, precisam sair de suas terras para comprar produtos mais caros fora do território.

A Universidade Federal representa uma grande oportunidade para que estudantes quilombolas desenvolvam propostas que beneficiem suas próprias comunidades. Assim como conquistamos melhorias no transporte, também podemos, por meio do conhecimento adquirido, criar projetos para produzir em maior escala, com produtos orgânicos, gerando emprego e fortalecendo a economia dentro do território quilombola.

2. O Gargalo da Produção e a Perecibilidade: A Corrida Contra a Decomposição

A produção extrativista no Quilombo João Pereira é marcada por uma severa limitação temporal imposta pela alta perecibilidade dos frutos nativos. Atualmente, a dinâmica de comercialização se configura como uma “corrida contra o tempo”, na qual as polpas e os derivados precisam ser vendidos em um intervalo inferior a 24 horas para evitar a perda total da produção do dia. Essa urgência limita o poder de negociação do produtor e restringe o alcance das vendas às comunidades vizinhas e ao mercado imediato de Santarém, impedindo o acúmulo de excedentes e a valorização do produto beneficiado. Isso evidencia uma carência da comunidade: a necessidade de tecnologias de beneficiamento e conservação.

A fragilidade econômica da comunidade é acentuada pela carência de infraestrutura tecnológica e equipamentos industriais que permitam o processamento adequado e o armazenamento de longo prazo. Sem tecnologias de conservação, como câmaras frias ou sistemas de envase a vácuo, os produtores enfrentam crises financeiras cíclicas no período de entressafra. A incapacidade de estocar a produção para venda fora do período de colheita obriga o escoamento imediato a preços baixos, resultando em um cenário em que muitos produtores reduzem o plantio por receio de que as sementes e frutos apodreçam antes de chegar ao consumidor final; Nesse sentido, enfrentam-se questões relativas à infraestrutura e à logística, com impactos sobre a permanência no território.

Historicamente, o isolamento geográfico e a precariedade do transporte dificultaram o acesso aos mercados externos, distantes quilômetros do território quilombola. A conquista de linhas de transporte e a melhoria no acesso viário demonstraram ser fatores determinantes para a viabilização do comércio externo e para a geração de renda local. Mais do que um facilitador econômico, a infraestrutura de transporte atua como um vetor de permanência: ao permitir que os jovens quilombolas transitem entre a comunidade e a cidade para estudar, sem a necessidade de abandonar sua terra por falta de condições de moradia externa. Essa logística fortalece o vínculo com o território e contribui para a continuidade das atividades familiares, dependentes do trabalho manual e da sazonalidade das safras.

Melo (2023, p.143) lembra que não era qualquer lugar que os negros escolhiam para se refugiarem, era lugar de difícil acesso e, na Amazônia, geralmente, nos lugares distantes, e nas perspectivas mais recentes esses espaços têm caráter periférico. O conceito moderno de periferia rompe com a visão meramente geométrica, focando na desigualdade de poder e acesso, e se aproxima da subalternidade e dependência, na perspectiva de Milton Santos

(2002), quando percebeu as periferias como espaços opacos, em que as suas dependências dos centros econômicos, ocorrem, devido à carência de tecnologia e infraestrutura.

Edna Castro (2008) aponta que na Amazônia, o isolamento geográfico é uma forma de periferização. Diante da dificuldade de acesso a políticas públicas de saúde e educação em territórios ribeirinhos e quilombolas, e, isso, expressa o que ela nomeou de “frentes de expansão” que ignoram a logística da vida local. Mas é possível relacionar a invisibilidade e ausência do estado, enquanto espaço da espoliação urbana ou territorial, onde o Estado atua de forma seletiva, frequentemente ausente na garantia de direitos, mas presente na repressão (Kowarick, 1979).

Mello et al. (2024) discutem a invisibilidade histórica dos territórios quilombolas na Amazônia e relacionam isso com políticas ambientais, conservação da biodiversidade e justiça climática. O estudo traz constatações que açodam o relato da Quilombola, em relação ao seu quilombo, e as condições marginais que o relato demonstra, os autores se reportam a uma marginalidade histórica.

A marginalidade histórica dos quilombolas é constatada quando se aponta que o Estado demorou 35 anos após a Constituição de 1988 para produzir dados oficiais sobre quilombolas. Os autores apontam que “[...] Sem mapas precisos [...] essas comunidades ficam às margens do imaginário nacional” (Mello et al., 2024, p. 120).

Mello et al. (2024) apontam que as Políticas ambientais ignoram quilombolas. O Plano Nacional de Áreas Protegida (PNAP) (Brasil, 2006) reconhece territórios quilombolas como áreas protegidas, mas não foi efetivado; a Política Nacional de Gestão Territorial e Ambiental Quilombola (PNGTAQ) só foi criada em 2023, após décadas de ausência estatal. Subestimam a contribuição ambiental quilombola, porém dados do MapBiomas (2013, p. 128) apontam que os Territórios Quilombolas estão na liderança da preservação da cobertura vegetal nativa no Brasil; os quilombolas desmataram apenas 4,7% entre 1985~2022, contra 25% das áreas privadas.

A realidade do Quilombo João Pereira se assemelha, ao que relata Melo (2023), ao se reportar ao Território Quilombola Saracura, sua localização em área de várzea, onde a comunidade tem como meio de subsistência, a pesca e a agricultura. Melo (2023) adentra em outro ponto sensível narrado pela aluna quilombola, o acesso à escola, à educação.

Ela aponta que dentre os diferentes fatores que contribuíram para a evasão escolar, no quilombo do Saracura é a questão econômica. Para isso, recorre a Sousa (2015, p. 120, *apud* Melo, 2023, p.160) quando aponta que devido ao trabalho familiar da pesca, as crianças auxiliam na economia da família, pescam junto com seus pais e essa realidade é o principal fator que acompanha crianças e adolescentes em idade escolar ao longo dos

anos e da sua vida acadêmica, pois a comunidade tem como meio de subsistência, a pesca e a agricultura, daí, muitos alunos, abandonarem a escola para ajudar na renda familiar.

3. Educação como Valor de Transformação - O Contexto Educacional: Da Exclusão à Inclusão Institucional

O acesso à educação para moradores do Quilombo João Pereira foi marcado por severas restrições geográficas e estruturais. Relata-se que, para concluir o Ensino Fundamental, as crianças eram obrigadas a se deslocar para fora do quilombo devido à inexistência de escolas locais, e isso não é uma realidade dos quilombolas do João Pereira, Silva *et al.* (2022) apontam essa ausência do Estado em outros quilombos do estado do Pará. Essa barreira se estendia ao Ensino Médio, realizado em comunidades vizinhas, exigindo uma logística complexa para conciliar os estudos com o trabalho manual necessário ao sustento familiar.

Melo (2023) destaca que a educação tem se tornado bandeira de luta desses grupos, pois adentrar ao mundo letrado constitui para eles desafio urgente e necessário. Essa constatação ressalta no relato da aluna quilombola, no que ela aponta o ingresso de jovens quilombolas na Ufopa após 2015; visualiza a universidade como possibilidade de retorno e contribuição ao território, colocando a educação como forma de melhorar a produção, gerar renda e permanecer no quilombo.

O discurso que sustenta o projeto Amazônia 4.0, idealizado por Carlos e Ismael Nobre, propõe uma terceira via de desenvolvimento, unindo a biodiversidade da floresta em pé com tecnologias da Quarta Revolução Industrial (biotecnologia, IA, rastreabilidade) e, segundo eles, o projeto visa criar uma bioeconomia de alto valor agregado, com foco na sustentabilidade e no protagonismo de povos indígenas e comunidades tradicionais, o que já apontava Berta Becker (2005) ao defender a floresta em pé. O Discurso sustenta-se na ideia da sociedade do conhecimento, onde o saber pode salvar a floresta, quer seja saber científico ou tradicional.

Até agora, as leis ambientais nacionais e internacionais e os esforços de conservação não conseguiram reverter o desmatamento e a degradação na Amazônia. A proposta do Instituto de Tecnologia da Amazônia (AmIT) é urgente e necessária, focando no empoderamento social, na preservação das florestas e rios, restauração e uso racional das áreas degradadas, com estratégias para inclusão social, educação, saúde, capacitação e geração de renda (AmIT, 2022, p.2. Sumário Executivo).

Jocelito Salvador (2013), apoiado em Peter Drucker, destaca que a sociedade do conhecimento estabelece um modelo econômico pós-capitalista, onde o conhecimento é o principal recurso, substituindo terra, trabalho e capital. O trabalhador do conhecimento é altamente qualificado, impulsionando inovação e liderança organizacional com foco na produtividade intelectual. No entanto, povos tradicionais têm saberes próprios que são frequentemente subvalorizados frente ao conhecimento científico e tecnológico, tal leitura fortalece a percepção de quilombolas de necessitarem entrar na universidade como trampolim para um outro nível de vida.

A quilombola aponta que um marco transformador na trajetória da comunidade ocorreu em 2015, com a implementação do Processo Seletivo Quilombola na Universidade Federal do Oeste do Pará (Ufopa), facilitando a formação de universitários remanescentes de quilombos, e possibilitando que a juventude vislumbresse horizontes para além da subsistência imediata; esse ciclo de produção e circulação do conhecimento favorece o retorno da jovem ao território em condições de contribuir para seu fortalecimento. Na perspectiva de Gomes (2017), o ingresso na Ufopa, o acesso ao Ensino Superior por populações quilombolas reconfigura o espaço acadêmico, transformando a universidade em um campo de saberes construídos na luta por emancipação.

Mendes e Sachs (1997) apontam que cabe às universidades e institutos de pesquisa da Amazônia, papel fundamental na reflexão sobre o conhecimento disponível, ou que precisa ser produzido para aclarar a fisionomia desejável da nova Amazônia, contribuir de forma significativa, para a Amazônia do século XXI. Nesse sentido, Mendes (2001) apontava que para reinventar a Amazônia todos os conhecimentos e saberes são válidos, e Abramovay (2019) reportou ser necessária a superação de práticas predatórias que inibem a emergência de uma economia do conhecimento da natureza, caminho desejável para melhorar as condições de vida de quem vive na Amazônia, um enfrentamento a permanência da economia de destruição da natureza.

A formação superior, no contexto quilombola, não representa apenas uma ascensão individual, e sim o fechamento de um ciclo de desenvolvimento para todo o território. O acesso ao conhecimento técnico e acadêmico permite que o aluno retorne à sua base com propostas estruturadas para o beneficiamento de produtos orgânicos em larga escala. Mediante a elaboração de projetos que atraiam recursos e tecnologias, se torna possível reverter o cenário de desperdício da produção frutífera, transformando o potencial extrativista em uma fonte sustentável de geração de emprego e renda dentro da própria comunidade. Há uma percepção de que os quilombolas já veem a educação como instrumento de transformação social, formação crítica para enfrentar desigualdades e meio de fortalecimento do protagonismo quilombola na produção de conhecimento (Melo, 2023)

A educação atua como a ferramenta estratégica necessária para que os recursos naturais, açaí, cupuaçu e castanha deixem de ser apenas itens de sobrevivência diária e passem a sustentar um modelo de desenvolvimento econômico autônomo e resiliente, nessa perspectiva, evidencia-se a função social da universidade e seu efeito no quilombo. É necessário pensar os quilombos como Centro de Saberes, de enfrentamento às condições periféricas (Porto-Gonçalves, 2006)

Na perspectiva da decolonialidade, trazida por Porto-Gonçalves (2006), o quilombo deixa de ser periferia para se tornar um centro produtor de vida e biodiversidade, exercitando resistência na perspectiva da territorialidade. Para Porto-Gonçalves (2006), o território quilombola não é apenas terra, mas territorialidade, um espaço de reprodução cultural e resistência, onde se vivencia a relação entre sustentabilidade vs. Capital, pois enquanto o centro (agronegócio) degrada, a periferia (quilombo) conserva, usando seu saber tradicional.

Conhecimentos tradicionais são reconhecidos em debates ambientais e culturais, mas ainda considerados inferiores ao conhecimento científico. A sociedade do conhecimento valoriza diplomas e pesquisa formal, enquanto saberes tradicionais são transmitidos oralmente e pela prática, fora dos sistemas de validação. Embora comunidades preservem conhecimentos essenciais, não são vistas como produtoras de conhecimento moderno.

A Convenção da Diversidade Biológica (CDB/ONU, 1992) destaca o artigo 8j, que trata da repartição de benefícios com povos e comunidades tradicionais pelo uso econômico do conhecimento dessas comunidades para acessar recursos da biodiversidade e desenvolver tecnologias. O valor do conhecimento tradicional é crescente devido à sua importância para comunidades e setores como agricultura e indústria.

Muitos produtos, incluindo medicamentos, cosméticos e artesanatos, derivam desse saber. Povos indígenas e comunidades tradicionais manejam recursos genéticos e promovem biodiversidade de forma sustentável há séculos, contribuindo significativamente para a conservação, fornecendo práticas e informações valiosas à comunidade global (CDB/ONU, 1992).

Considerações Finais

A partir das reflexões tecidas, ao longo deste ensaio, se evidencia que o Quilombo João Pereira vivencia um cenário de contrastes; se por um lado o território é rico em biodiversidade e saberes tradicionais; por outro, esbarra em gargalos socioeconômicos e logísticos. A urgência no escoamento dos produtos extrativistas, caracterizada como a "corrida contra a decomposição", vai além de uma simples carência de equipamentos de

processamento ou refrigeração; ela expressa o sintoma de uma marginalização e invisibilidade históricas impostas pelo Estado às comunidades tradicionais da Amazônia.

Diante desse quadro de isolamento e periferização, o ingresso de jovens quilombolas no Ensino Superior apresenta-se como um divisor de águas e uma importante ferramenta de transformação social e decolonial. A universidade deixa de ser um espaço restrito à academia tradicional e passa a ser vislumbrada como um instrumento coletivo de retorno e fortalecimento comunitário. O foco é na simbiose entre o conhecimento empírico do manejo da terra e o instrumental técnico-científico acadêmico e como as somas são capazes de gerar soluções concretas para os desafios locais. Por meio dessa união, é possível conceber projetos e tecnologias sociais que contornem a perecibilidade da safra, agregando valor à produção e gerando renda estável na entressafra.

É perceptível que o desenvolvimento sustentável e autônomo do território quilombola se conecta à educação e à infraestrutura. Transformar o quilombo em um autêntico centro produtor de conhecimentos não visa apenas assegurar a conservação de sua biodiversidade e de suas raízes identitárias, mas também construir uma perspectiva de autonomia econômica e de permanência das futuras gerações no território. A educação, aqui, não se expressa como fuga do quilombo, mas como o alicerce essencial para a dignidade, a resistência e a consolidação da territorialidade na Amazônia contemporânea.

Referências Bibliográficas

ABRAMOVAY, R. **Amazônia: por uma economia do conhecimento da natureza**. São Paulo: Elefante, 2019.

BECKER, B. Não basta preservar a floresta. **Desafios do Desenvolvimento**, IPEA, ano 2, n. 11, jun. 2005. Disponível em: https://www.ipea.gov.br/desafios/index.php?id=1321%3Aber-ta-becker-nao-basta-preservar-a-floresta&format=pdf&option=com_content. Acesso em: 14 abr. 2026.

BRASIL. **Decreto nº 4.887, de 20 de novembro de 2003**. Regulamenta o procedimento de identificação, reconhecimento, delimitação, demarcação e titulação das terras ocupadas por remanescentes das comunidades dos quilombos. Brasília, DF: Presidência da República, 2003. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/2003/d4887.htm. Acesso em: 14 abr. 2026.

CASTRO, E. **Sociedade, território e conflitos: Amazônia no século XXI**. Belém: NAEA, 2008.

CONVENÇÃO SOBRE DIVERSIDADE BIOLÓGICA; ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS (ONU). **Artigo 8(j) – conhecimento tradicional, inovações e práticas: conhecimento tradicional e a Convenção sobre Diversidade Biológica: seu papel e valor**. 1992. Disponível em: <https://www.cbd.int/traditional/intro.shtml>. Acesso em: 13 abr. 2026.

GADELHA, R. **Um estreito chamado horizonte**. São Paulo: Massao Ohno Editor, 1991.

GOMES, N. L. **O movimento negro educador: saberes construídos nas lutas por emancipação**. Petrópolis: Vozes, 2017.

INFOAMAZONIA. **Entre lutas e conquistas: a realidade de alunos quilombolas na Ufopa em Santarém**. 2023. Disponível em: <https://infoamazonia.org/2023/03/06/entre-lutas-e-conquistas-a-realidade-dos-alunos-quilombolas-na-ufopa-em-santarem-pa/>. Acesso em: 14 abr. 2026.

INSTITUTO DE TECNOLOGIA DA AMAZÔNIA (AmIT). **Amazônia 4.0: sumário executivo**. 2022. Disponível em: https://amazonia4.org/wp-content/uploads/AmIT_Amazonia4p0_Sumario-Executivo-Out_2022.pdf. Acesso em: 13 abr. 2026.

KOWARICK, L. **A espoliação urbana**. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1979.

MAPBIOMAS. **Coleção 8: MapBiomias Quilombolas**. 2023. Disponível em: https://brasil.mapbiomas.org/wp-content/uploads/sites/4/2023/12/FACT_MapBiomias_Quilombos_18.12.pdf. Acesso em: 14 abr. 2026.

MELLO, J. P. et al. Fronteiras marginais: a luta das comunidades quilombolas da Amazônia brasileira contra a invisibilidade no debate sobre conservação ambiental. **Amazônica – Revista de Antropologia**, [S. l.], v. 16, n. 2, p. 115–142, jan. 2024. DOI: <https://doi.org/10.18542/amazonica.v16i2.15884>. Disponível em: <https://periodicos.ufpa.br/index.php/amazonica/article/view/15884>. Acesso em: 30 mar. 2026.

MELO, V. S. **Educação escolar em um quilombo de várzea na Amazônia paraense: lutas e desafios (2018–2022)**. 2023. Dissertação (Mestrado em Educação) – Universidade Federal do Oeste do Pará, Santarém, 2023. Disponível em: <https://repositorio.ufopa.edu.br/items/2841d-192-7ae9-43ef-a897-5a6af0ef19b3>. Acesso em: 30 mar. 2026.

MENDES, A. D. **Amazônia – modos de (o) usar**. Manaus: Editora Valer, 2001.

MENDES, A. D.; SACHS, I. A inserção da Amazônia no mundo. In: CASTRO, E.; PINORN, F. (org.). **Faças do trópico úmido: questões e conceitos sobre desenvolvimento e meio ambiente**. Belém: CEJUP; UFPA/NAEA, 1997. p. 133–146.

PORTO-GONÇALVES, C. W. De saberes e de territórios: diversidade e emancipação a partir da experiência latino-americana. In: CECENIA, A. E. (coord.). **Em los desafíos de las emancipaciones en un contexto militarizado**. Buenos Aires: CLACSO, Consejo Latinoamericano de Ciencias Sociales, 2006. p. 151–197. Disponível em: <https://biblioteca.clacso.edu.ar/clacso/gt/20101019090853/6Goncalves.pdf>. Acesso em: 14 abr. 2026.

SALVADOR, J. A. **A sociedade do conhecimento e suas consequências nas corporações**. Conducere Desenvolvimento Corporativo, 2013. Disponível em: https://inovacao.ufrj.br/images/artigo_Salvador_Sociedade_do_Conhecimento.pdf. Acesso em: 14 abr. 2026.

SANTOS, M. **A natureza do espaço: técnica e tempo, razão e emoção**. São Paulo: EdUSP, 2002.

SILVA, M. das G. da et al. Comunidades quilombolas na Amazônia: resistência e reafirmação de territórios ancestrais para a reprodução da existência. **Revista de Políticas Públicas**, [S. l.], v. 25, n. 2, p. 565–584, jan. 2022. Disponível em: <https://periodicoseletronicos.ufma.br/index.php/rppublica/article/view/18460>. Acesso em: 5 mar. 2026.



CAPÍTULO 12

Gestão de Resíduos Sólidos no Bairro Santa Teresa na cidade de Tefé - AM: Uma Análise sobre os Impactos na qualidade de vida dos Moradores

Eubia Andréa Rodrigues, Ariane da Silva Borges, Cláudia Balbino Mello,
Samuel Lucas Nunes da Silva, Monique Barbosa da Silva,
Matheus de Souza Inhumá Delgado

RESUMO

Este artigo analisa a gestão dos resíduos sólidos no bairro Santa Teresa, na cidade de Tefé-AM, com o objetivo de compreender como as práticas de descarte, a oferta de serviços públicos e o acesso à informação ambiental impactam a qualidade de vida dos moradores. A metodologia é mista, combinando procedimentos quantitativos e qualitativos, caracteriza-se como um relato de experiência vinculado a um projeto de extensão universitária. A coleta de dados foi realizada por meio da aplicação de questionários aos moradores, observações diretas, registros fotográficos e diálogos com órgãos municipais. Os resultados evidenciam a presença de fragilidades estruturais relacionadas ao descarte inadequado de resíduos sólidos, à percepção negativa do abastecimento de água e à limitada circulação de informações ambientais. Conclui-se que a gestão dos resíduos sólidos está associada a desigualdades socioambientais persistentes, reforçando a necessidade de ações integradas que articulem políticas públicas, educação ambiental e participação social em contextos urbanos amazônicos.

Palavras-chave: Resíduos Sólidos. Educação Ambiental. Qualidade de Vida. Espaço Urbano.

Introdução

A urbanização é um processo histórico que produz a cidade como espaço de convivência, circulação e conflito, no qual se materializam as relações sociais, econômicas e polí-

ticas de uma sociedade. A cidade, portanto, não pode ser compreendida apenas como um conjunto de elementos físicos, mas como um tecido vivo de práticas cotidianas e disputas pela apropriação do espaço. Autores como Ana Fani Alessandri Carlos e Roberto Lobato Corrêa destacam que o urbano expressa desigualdades, sobretudo quando o crescimento das cidades não ocorre de forma articulada à oferta de infraestrutura e serviços essenciais, refletindo diretamente na qualidade de vida da população (Carlos, 2007; Corrêa, 2003).

No contexto amazônico, essas contradições assumem características próprias, marcadas pela forte relação entre rios, florestas e áreas urbanizadas, além das limitações históricas de infraestrutura básica. A cidade de Tefé, localizada na calha do Médio Solimões, consolidou-se como um importante centro regional, atraindo população e atividades econômicas, ao mesmo tempo em que enfrenta desafios decorrentes da expansão urbana e da crescente demanda por saneamento, abastecimento de água e gestão de resíduos (Rodrigues, 2011). Esse processo evidencia que a centralidade regional não garante, por si só, condições urbanas homogêneas em todo o território, mas uma urbanização que se expressa através da desigualdade socioespacial.

Essas formas e relações condicionam o processo de urbanização e a formação e consolidação dos bairros. No caso de Tefé, a propagação de bairros periféricos está diretamente relacionada a esse processo de urbanização. O bairro Santa Teresa surge a partir de políticas de reassentamento de moradores que anteriormente ocupavam áreas consideradas de risco nas margens de corpos d'água, dando origem a um espaço urbano marcado pelo distanciamento do centro e por carências estruturais. O bairro, nesse sentido, deve ser entendido como lugar de pertencimento e de vivência cotidiana, onde se constroem identidades e relações sociais, mas também onde se evidenciam as fragilidades do planejamento urbano.

Entre os problemas mais recorrentes nesses territórios, destaca-se a gestão inadequada dos resíduos sólidos, associada à insuficiência de políticas públicas efetivas, à precariedade da infraestrutura urbana e à limitada circulação de informações ambientais. O acúmulo de resíduos em vias públicas, terrenos baldios e áreas próximas às residências contribui para a degradação ambiental, o comprometimento da drenagem urbana e o aumento de riscos à saúde, especialmente em contextos onde o acesso à água tratada e ao saneamento é limitado (Seiffert, 2007). Esses impactos são potencializados quando práticas de descarte inadequado se tornam parte do cotidiano sem alternativas viáveis ou ações educativas contínuas.

Diante desse cenário, a Educação Ambiental e a participação comunitária tornam-se estratégias fundamentais para enfrentar os desafios socioambientais urbanos. A extensão universitária, ao articular ensino, pesquisa e ação social, possibilita a aproximação entre a

universidade e a comunidade, favorecendo a construção coletiva de diagnósticos e o estímulo a práticas mais sustentáveis.

Por meio de atividades educativas, visitas técnicas, aplicação de questionários e ações de sensibilização, projetos de extensão contribuem para fortalecer o protagonismo social e ampliar a compreensão crítica sobre os problemas ambientais vivenciados localmente (Reigota, 2006).

Nesse contexto, o presente artigo analisa a gestão dos resíduos sólidos no bairro Santa Teresa, na cidade de Tefé-AM, a partir dos resultados de um projeto de extensão universitária desenvolvido ao longo de 15 meses. A análise considera tanto os dados obtidos em campo, com pontuações sobre a percepção dos moradores sobre resíduos, infraestrutura urbana e qualidade da água, quanto a dimensão educativa das ações realizadas. Ao articular esses elementos, buscou-se compreender como as práticas de gestão de resíduos e a circulação de informações ambientais influenciam a qualidade de vida no bairro e apontar caminhos para o fortalecimento de políticas públicas e ações comunitárias voltadas à justiça socioambiental em contextos urbanos amazônicos.

Referencial Teórico

cidade, urbanização e produção do espaço urbano

A cidade é frequentemente apresentada como um espaço caracterizado pela concentração de população, atividades econômicas e serviços, delimitado territorialmente e dotado de infraestrutura construída (Dicio, 2023). Essa definição inicial, ainda que útil para uma compreensão básica, tende a enfatizar apenas os aspectos físicos do urbano, sem abarcar os processos históricos, sociais e políticos que estruturam e transformam o espaço ao longo do tempo, limitando a compreensão de sua complexidade.

Em uma leitura mais aprofundada, a cidade deve ser entendida como resultado de um processo histórico-social, produzido pela ação humana e pelas relações estabelecidas em diferentes contextos. O espaço urbano expressa o acúmulo de gerações, práticas cotidianas e decisões políticas que moldam a paisagem e organizam a vida social. Nessa perspectiva, a cidade reflete a sociedade que a produz, revelando valores, interesses e contradições que se materializam no território (Carlos, 2007).

A cidade também se configura como lugar de uso e convivência, no qual se realizam encontros, trocas e experiências diversas. O urbano ganha sentido a partir das práticas sociais que nele se desenvolvem, sendo vivenciado como espaço de simultaneidade e interação. O valor de uso do espaço, nesse contexto, assume papel central, pois é por meio dele

que se constrói o cotidiano e se estabelecem relações sociais que conferem significado à vida urbana (Lefebvre, 2001).

Entretanto, o espaço urbano não é homogêneo nem neutro. A produção da cidade ocorre de forma desigual, uma vez que diferentes grupos sociais se apropriam do território conforme suas condições econômicas e posições sociais. Essa desigualdade faz com que o urbano também seja marcado por tensões e conflitos, inserindo-se diretamente nos mecanismos de reprodução do capital e assumindo papel estratégico na organização social (Lefebvre, 1968), para o autor:

A cidade cessa de ser o contingente, o receptáculo passivo dos produtos e da produção. O que subsiste e se reafirma da realidade urbana, o centro de decisão, entra desde agora na produção dos meios de produção e dos dispositivos de exploração do trabalho social por aqueles que detêm a informação, a cultura e os poderes de decisão (Lefebvre, 1968, p. 145).

O processo de urbanização está intimamente ligado a essa lógica de produção do espaço, manifestando-se por meio de um crescimento seletivo e desigual. A expansão urbana acompanha interesses econômicos e decisões políticas que orientam o planejamento, resultando em territórios com distintos níveis de acesso à infraestrutura e aos serviços públicos. Dessa forma, a urbanização contribui para a configuração de desigualdades socioespaciais persistentes (Carlos, 2007).

A segregação socioespacial emerge, nesse contexto, como uma expressão concreta dessas desigualdades. Áreas centrais tendem a concentrar investimentos e atenção ao desenvolvimento de equipamentos urbanos, enquanto bairros periféricos convivem com menor presença do poder público e maiores fragilidades estruturais. A periferização, portanto, integra o próprio processo de produção do espaço urbano, evidenciando a distribuição desigual dos recursos na cidade (Corrêa, 2003).

Na concepção de Corrêa (2003), as cidades diferenciam-se entre si conforme suas funções, estruturas econômicas e formas de organização territorial, o que resulta em distintas configurações espaciais. Essas diferenças decorrem de processos históricos específicos e das escolhas realizadas no âmbito do planejamento urbano, revelando que o espaço urbano é resultado de relações sociais e econômicas que se materializam de maneira desigual no território.

No contexto contemporâneo, Santos (1994) discorre que a urbanização ocorre sob a influência do meio técnico-científico-informacional, no qual a modernização do espaço se dá de forma seletiva. As inovações técnicas e os serviços mais complexos concentram-se

em determinadas áreas, enquanto outras permanecem à margem desse processo, aprofundando as desigualdades territoriais e sociais presentes no urbano.

Ao analisar essas desigualdades no território brasileiro, a Amazônia constitui um exemplo marcado por particularidades ambientais, culturais e econômicas relacionadas à forma histórica de ocupação do território. As cidades amazônicas desenvolveram-se em estreita relação com os rios, que estruturaram fluxos de circulação e atividades econômicas. Entretanto, a expansão urbana recente tem introduzido padrões de ocupação que nem sempre consideram essas especificidades (Santos, 1994).

Nesse cenário de globalização da urbanização, Tefé se destaca como uma cidade média que exerce papel central na rede urbana do Amazonas, especialmente na calha do Médio Solimões. Sua centralidade regional decorre da concentração de serviços, atividades administrativas e fluxos populacionais provenientes de municípios vizinhos, configurando-se como referência econômica e social na região (Rodrigues, 2011). Mesmo inserida em condições periféricas, Tefé constitui importante nó da malha urbana amazonense, funcionando como ponto regional de escoamento e atendimento às demandas urbanas do Médio Solimões antes do deslocamento para Manaus.

Dessa forma, a configuração urbana de Tefé deve ser compreendida a partir da formação histórica do território, que revela que essa centralidade foi construída ao longo do tempo, a partir de processos de ocupação e reorganização espacial vinculados à dinâmica regional. Registros históricos indicam que Tefé apresentava melhores condições estruturais em comparação a outras localidades do entorno, o que favoreceu sua consolidação como polo urbano regional (Queiroz, 2015).

Entretanto, ao analisar o crescimento urbano de Tefé, Rodrigues (2011) apresenta elementos essenciais para a compreensão da urbanização amazônica, que ocorreu de forma gradual e nem sempre planejada, resultando na incorporação de novos bairros ao perímetro urbano sem a implantação adequada de infraestrutura básica. Esse padrão de expansão evidencia contradições típicas da urbanização amazônica, em que a centralidade regional convive com fragilidades internas e desigualdades socioespaciais.

Dessa forma, a análise da cidade, da urbanização e da produção do espaço urbano permite compreender que o espaço não é neutro, mas resultado de relações sociais historicamente construídas. Essa compreensão fornece base teórica para a análise das desigualdades socioambientais presentes nos bairros periféricos e para a reflexão sobre os desafios urbanos enfrentados em cidades amazônicas como Tefé (Carlos, 2007; Santos, 1994).

Gestão ambiental, resíduos sólidos e educação ambiental

Conforme Seiffert (2007), a gestão ambiental surge como resposta histórica às transformações provocadas pelo crescimento urbano, pela intensificação dos processos produtivos e pelo uso crescente dos recursos naturais. Ao longo do século XX, tornou-se evidente que os modelos de desenvolvimento baseados na exploração ilimitada da natureza produziram impactos ambientais e sociais de difícil reversão, exigindo novas formas de planejamento e controle das relações entre sociedade e ambiente.

Inicialmente, a preocupação ambiental esteve associada à mitigação pontual dos efeitos da poluição, sobretudo em contextos industriais. Com o avanço das décadas, Seiffert (2007) analisa que a gestão ambiental passou a incorporar uma visão mais ampla, articulando prevenção, planejamento e educação, reconhecendo que os problemas ambientais não são apenas técnicos, mas profundamente sociais, econômicos e culturais.

Nesse processo, a questão dos resíduos sólidos assume centralidade, pois está diretamente ligada aos padrões de produção e consumo da sociedade contemporânea. A geração de resíduos é resultado das atividades humanas cotidianas e reflete escolhas de consumo, hábitos culturais e modelos econômicos que privilegiam o descarte rápido e a obsolescência de produtos, ampliando os impactos ambientais nos espaços urbanos (Cinquetti, 2006). Esse padrão de consumo, associado às transformações tecnológicas da modernidade, trouxe avanços significativos para a produção e para o mercado, mas também intensificou problemas relacionados à sustentabilidade, ampliando a pressão sobre os recursos naturais e produzindo consequências para a relação entre sociedade e natureza.

Por este viés, é fundamental distinguir conceitualmente resíduos e lixo, uma vez que essa diferenciação orienta práticas e políticas públicas. Resíduo refere-se ao material que sobra de uma atividade e que ainda possui potencial de reutilização ou reciclagem, enquanto lixo corresponde ao descarte definitivo, quando esse potencial é desperdiçado. A confusão entre esses conceitos contribui para práticas inadequadas de destinação e para o aumento da degradação ambiental (Cinquetti, 2006).

A destinação inadequada dos resíduos sólidos gera impactos socioambientais significativos, especialmente em áreas urbanas periféricas. O acúmulo de resíduos em vias públicas, terrenos baldios e corpos d'água compromete a qualidade do solo, da água e do ar, além de favorecer a proliferação de vetores de doenças. Esses impactos atingem de forma mais intensa populações socialmente vulneráveis, evidenciando a dimensão desigual dos problemas ambientais urbanos (Seiffert, 2007).

A gestão ambiental, nesse sentido, deve ser compreendida a partir de múltiplos pressupostos, que Seiffert (2007) identifica como sociais, ecológicos e culturais. O primeiro,

social, reconhece que os grupos mais pobres são frequentemente os mais expostos aos danos ambientais, vivendo em áreas com infraestrutura precária e menor acesso a serviços públicos. Já o pressuposto ecológico enfatiza a necessidade de limitar o uso de recursos não renováveis e reduzir a geração de resíduos, buscando maior equilíbrio entre sociedade e natureza. Por fim, o pressuposto cultural destaca a importância de considerar os valores, saberes e práticas locais na formulação de estratégias ambientais.

A partir desses pressupostos, Seiffert (2007) reconhece que cada território possui especificidades socioculturais que influenciam a relação da população com o ambiente, tornando inadequadas soluções padronizadas e descontextualizadas. O respeito à cultura local é condição essencial para a efetividade das ações de gestão ambiental.

Sob o ponto de vista geográfico, a forma de ocupação do espaço urbano influencia diretamente a intensidade dos impactos ambientais. A impermeabilização do solo, a ausência de áreas verdes e a concentração de atividades poluidoras contribuem para problemas como ilhas de calor, alagamentos e acúmulo de resíduos. Esses elementos reforçam a necessidade de integrar a gestão ambiental ao planejamento territorial (Seiffert, 2007).

Nesse contexto, Reigota (2006) destaca a Educação Ambiental como dimensão estratégica da gestão ambiental, por seu potencial de transformar valores, atitudes e práticas sociais. Ela ultrapassa a mera transmissão de informações, assumindo caráter crítico e formativo, voltado à compreensão das causas estruturais da crise ambiental e à construção de uma consciência coletiva comprometida com a sustentabilidade.

Sendo assim, Reigota (2006) ressalta a importância de tratar a Educação Ambiental como prática política, pois prepara os sujeitos para reconhecer seus direitos, deveres e responsabilidades na defesa do meio ambiente. Ao estimular a participação social, contribui para o fortalecimento da cidadania e para a atuação crítica frente às decisões que afetam o território e a qualidade de vida das comunidades.

Nesse sentido, a Educação Ambiental dialoga com perspectivas pedagógicas críticas, que valorizam o diálogo, a problematização da realidade e a construção coletiva do conhecimento. A formação de uma consciência ambiental não ocorre de forma impositiva, mas a partir do reconhecimento das experiências vividas e da reflexão sobre o cotidiano, especialmente em contextos marcados por desigualdades socioambientais (Freire, 2005).

Por estas perspectivas, a Educação Ambiental pode ser ainda entendida, como uma solução prática, como propõe Cinquetti (2006):

A Educação Ambiental (EA) pode ser entendida como atividade educativa que integra conhecimento, valores e participação política atinente à questão ambiental, tendo por objetivo a promoção do processo em que as pessoas se edu-

cam na busca pessoal e intersubjetiva de conscientização a respeito da crise ambiental e do papel que cada uma desempenha enquanto corresponsável pelos problemas e sobre as possibilidades de cada uma participar das alternativas de solução (Cinquetti, 2006, p. 86).

Dessa forma, os princípios dos 3R — reduzir, reutilizar e reciclar — constituem uma das bases práticas da Educação Ambiental aplicada à gestão dos resíduos sólidos. Nessa perspectiva, a redução do consumo e do desperdício ocupa lugar prioritário, seguida pela reutilização de materiais e pela reciclagem, estratégias que contribuem para minimizar a pressão sobre os recursos naturais e diminuir os impactos ambientais do descarte inadequado (Cinquetti, 2006).

Associado a esses princípios, o conceito de consumo sustentável, conforme Kloetzel (1998), pressupõe repensar os padrões de aquisição e uso de bens e serviços, buscando atender às necessidades humanas sem comprometer a capacidade do planeta de sustentar as gerações futuras. Essa abordagem reconhece que a crise ambiental está profundamente ligada aos modos de consumo e não apenas à ausência de tecnologias ou infraestrutura.

Em áreas urbanas periféricas, a Educação Ambiental assume papel ainda mais relevante, pois pode fortalecer a participação social e a mobilização comunitária frente aos problemas ambientais cotidianos. A construção de espaços de diálogo, oficinas, ações educativas e práticas coletivas permite transformar o vínculo dos moradores com o território em uma força ativa para a reivindicação de direitos e a melhoria das condições de vida (Porto-Gonçalves, 2006). Isso permite que os grupos mais vulneráveis estejam mais preparados para eventos adversos e tenham maior voz no fortalecimento do território.

Assim, a articulação entre gestão ambiental, resíduos sólidos e Educação Ambiental revela-se fundamental para enfrentar os desafios socioambientais contemporâneos. Ao integrar dimensões técnicas, sociais e educativas, torna-se possível construir práticas mais justas e sustentáveis, especialmente em contextos urbanos marcados por desigualdades, onde a participação da comunidade é elemento central para a efetividade das políticas ambientais (Seiffert, 2007; Reigota, 2006).

Metodologia

A pesquisa adotou uma abordagem metodológica mista, combinando procedimentos quantitativos e qualitativos, adequada à análise de problemas socioambientais em contextos urbanos. O estudo também se caracteriza como relato de experiência, uma vez que os dados analisados foram produzidos no âmbito de um projeto de extensão universitária,

permitindo a articulação entre investigação acadêmica e realidade local. Essa abordagem possibilitou compreender tanto os aspectos mensuráveis quanto as percepções dos moradores sobre a gestão dos resíduos sólidos, a infraestrutura urbana e a qualidade da água no bairro estudado.

O recorte espacial da pesquisa corresponde ao bairro Santa Teresa, localizado na cidade de Tefé-AM. A definição da área de estudo considerou critérios territoriais e temáticos, especialmente a presença de fragilidades relacionadas ao saneamento ambiental e ao descarte de resíduos sólidos. Para apoio à análise espacial e organização das atividades de campo, foi elaborado o mapa de localização do bairro (Figura 1)

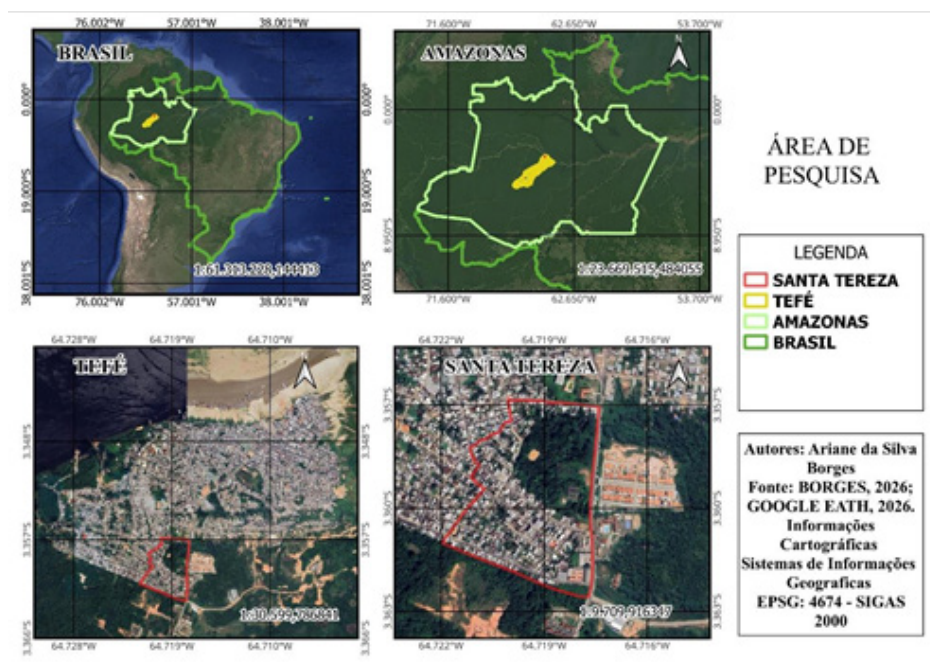


Figura 1 Mapa de localização do bairro Santa Teresa, município de Tefé-AM. *Fonte:* Projeto de Extensão Gestão dos Resíduos Sólidos no Bairro Santa Teresa (2025) .

O mapa permitiu situar o bairro Santa Teresa no contexto urbano de Tefé-AM, auxiliando na delimitação da área investigada e na compreensão da distribuição espacial dos dados coletados. Esse recurso metodológico contribuiu para orientar o trabalho de campo, a aplicação dos instrumentos de coleta de dados e a sistematização das informações obtidas, sem constituir elemento de análise dos resultados.

A coleta de dados foi realizada por meio da aplicação de 30 questionários aos moradores do bairro, contendo questões fechadas e abertas relacionadas ao perfil sociodemográfico, à percepção sobre o abastecimento de água, à gestão dos resíduos sólidos e ao acesso à informação ambiental. Os questionários foram aplicados presencialmente, possibilitando também a realização de observações diretas e registros fotográficos. Complementarmente, foram considerados diálogos institucionais com órgãos públicos municipais, utilizados como fonte de informação contextual.

Os dados quantitativos foram tabulados e organizados em gráficos, enquanto os dados qualitativos foram analisados de forma descritiva, em diálogo com o referencial teórico adotado.

Resultados e Discussão

Perfil socioambiental e demográfico dos moradores

A caracterização sociodemográfica dos moradores do bairro Santa Teresa constitui elemento central para a leitura dos resultados da pesquisa, pois permite compreender como fatores como idade, gênero, escolaridade, origem e tempo de moradia influenciam a percepção sobre os serviços públicos, a gestão dos resíduos sólidos e as condições socioambientais locais.

Em relação à faixa etária, os dados evidenciam a predominância de moradores entre 40 e 50 anos, grupo que corresponde a 63% dos entrevistados. As demais faixas etárias apresentam participação menor, com 27% concentrados entre 50 e 60 anos e 10% entre 19 e 30 anos. Esse perfil indica que a pesquisa alcançou majoritariamente adultos com trajetória consolidada no bairro, o que contribui para uma leitura comparativa entre diferentes momentos da ocupação urbana e das políticas públicas implementadas.

A concentração em faixas etárias mais elevadas sugere maior acúmulo de experiências relacionadas às transformações do bairro, permitindo identificar continuidades e agravamentos de problemas como o descarte inadequado de resíduos, falhas na drenagem urbana e irregularidades no abastecimento de água.

Quanto ao gênero, observa-se uma distribuição equilibrada entre os entrevistados, com 53% de mulheres e 47% de homens. Essa composição favorece a pluralidade de percepções, especialmente considerando que, no cotidiano doméstico, mulheres frequentemente assumem maior responsabilidade pelo uso da água, pela organização da moradia e pelo manejo dos resíduos, o que tende a ampliar a sensibilidade em relação a problemas sanitários e ambientais.

A análise da origem dos moradores revela que 21 dos 30 entrevistados são naturais de Tefé-AM, enquanto 5 são oriundos de Fonte Boa-AM e 4 de Coari-AM. Esses dados

demonstram forte enraizamento local, aliado a uma mobilidade regional típica de cidades amazônicas que exercem papel de centralidade na oferta de serviços públicos, comércio e oportunidades de trabalho.

Esse vínculo territorial prolongado reforça a legitimidade das percepções apresentadas, uma vez que moradores com longa permanência tendem a acompanhar de forma mais direta as ações do poder público e seus reflexos nas condições de vida da comunidade.

No que se refere à escolaridade, verifica-se que a grande maioria possui ensino médio completo, seguido pelo ensino fundamental e por uma parcela menor com ensino superior completo. Esse perfil educacional atua como fator intermediário no acesso à informação ambiental e na apropriação de conceitos relacionados à gestão dos resíduos sólidos, influenciando tanto o conhecimento sobre políticas públicas quanto a adoção de práticas como a coleta seletiva.

A análise do tempo de moradia no bairro evidencia que 16 entrevistados residem no Santa Teresa há mais de cinco anos, enquanto 15 afirmam morar no local há mais de dez anos, e apenas 4 possuem tempo de residência inferior a cinco anos. Esses números indicam elevada estabilidade residencial e forte vínculo com o território, o que contribui para uma percepção mais crítica e consistente sobre os problemas estruturais enfrentados pela comunidade.

A situação da moradia reforça esse quadro de estabilidade, uma vez que 23 entrevistados declararam residir em casa própria, enquanto 4 vivem em imóveis alugados e 3 em moradias cedidas. Embora a predominância da propriedade indique segurança habitacional, ela não se traduz, necessariamente, em condições adequadas de infraestrutura urbana e saneamento ambiental.

De forma integrada, o perfil sociodemográfico revela uma população adulta, majoritariamente estável no território, com forte vínculo local e experiência acumulada sobre a realidade urbana do bairro Santa Teresa. Esses elementos ajudam a compreender a percepção crítica expressa nos demais resultados, especialmente no que se refere à avaliação negativa do serviço de água, ao desconhecimento sobre políticas públicas de resíduos sólidos e às dificuldades de adoção de práticas ambientais mais sustentáveis.

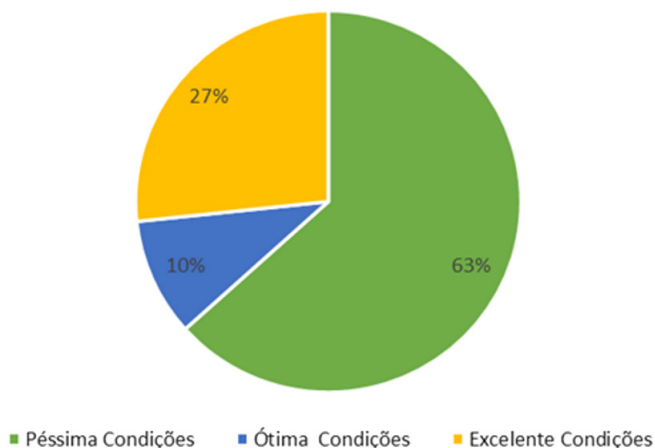
Avaliação do serviço de abastecimento de água e vulnerabilidade sanitária

A avaliação do serviço de abastecimento de água no bairro Santa Teresa revela um quadro de insatisfação significativa por parte dos moradores, evidenciando uma situação de vulnerabilidade sanitária que contrasta com a abundância hídrica característica da re-

gião amazônica. Os dados obtidos por meio dos questionários indicam que a percepção negativa do serviço é predominante e recorrente no cotidiano da comunidade.

Quando questionados sobre a qualidade do serviço de água, 63% dos entrevistados classificaram o abastecimento como péssimo, enquanto apenas 10% consideraram o serviço ótimo e 27% o avaliaram como excelente. Essa distribuição evidencia que, para a maioria dos moradores, o acesso à água tratada é marcado por irregularidades e insuficiências que comprometem as condições básicas de vida, como pode ser constatado no gráfico 1.

Gráfico 1 Avaliação do serviço de abastecimento de água pelos moradores do bairro Santa Teresa.



Fonte: Dados da pesquisa de campo (2025).

Os relatos associados a essa avaliação negativa apontam problemas como falta frequente de água, baixa pressão nas tubulações e desconfiança quanto ao tratamento da água distribuída. Em alguns casos, os moradores mencionaram a necessidade de recorrer a fontes alternativas, como poços, igarapés ou armazenamento de água da chuva, muitas vezes sem qualquer controle de qualidade, ampliando os riscos à saúde.

Essa percepção de precariedade do abastecimento está diretamente relacionada às condições ambientais observadas no bairro (Figuras 2 e 3). O descarte inadequado de resíduos sólidos, especialmente em áreas próximas a valas, terrenos baldios e cursos d'água, potencializa a contaminação ambiental e reforça a sensação de insegurança quanto à água consumida pela população.

A vulnerabilidade sanitária torna-se ainda mais evidente quando se considera que a maioria dos entrevistados reside no bairro há longos períodos, convivendo de forma contínua com essas limitações. A persistência dos problemas ao longo do tempo indica falhas

estruturais na gestão do saneamento e dificuldade de resposta efetiva do poder público às demandas da comunidade.



Figuras 2 e 3. Diagnóstico da qualidade da água distribuída aos moradores do bairro Santa Teresa. *Fonte:* Dados da pesquisa de campo (2025).

O diálogo institucional realizado durante o projeto, especialmente com a Coordenação de Educação Ambiental e órgãos municipais, revelou que parte dessas fragilidades está associada à ausência de informações claras para a população sobre o funcionamento do sistema de abastecimento e sobre os canais formais de reivindicação e denúncia. Essa lacuna informacional contribui para o distanciamento entre a comunidade e a gestão dos serviços públicos.

Nesse contexto, a avaliação negativa do serviço de água não pode ser interpretada como percepção isolada, mas como expressão de um conjunto de fatores estruturais e ambientais que se sobrepõem. A precariedade do abastecimento, associada ao manejo inadequado dos resíduos sólidos, reforça um cenário de injustiça socioambiental, no qual populações urbanas periféricas permanecem mais expostas a riscos sanitários.

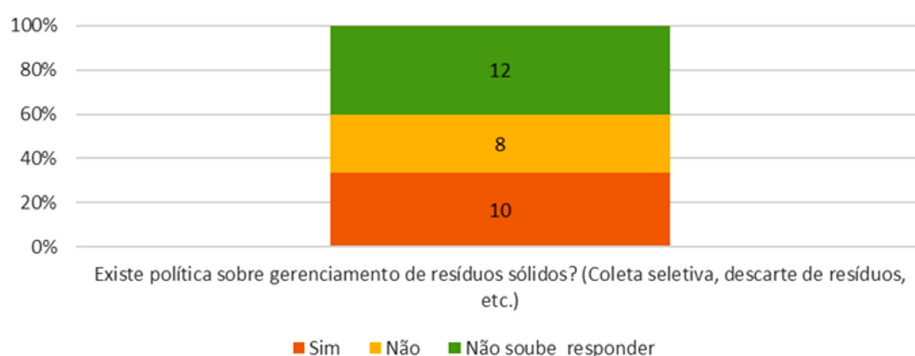
Os resultados indicam, portanto, a necessidade de ações integradas que articulem gestão ambiental, saneamento básico e Educação Ambiental, fortalecendo a comunicação entre poder público e comunidade. A melhoria da qualidade da água no bairro Santa Teresa depende não apenas de investimentos em infraestrutura, mas também da ampliação do acesso à informação e da participação social nos processos decisórios relacionados ao saneamento.

Percepção dos moradores sobre resíduos sólidos e práticas de redução do lixo

A percepção dos moradores do bairro Santa Teresa em relação aos resíduos sólidos evidencia uma distância significativa entre a vivência cotidiana e a compreensão sobre políticas públicas e práticas ambientais. Os dados coletados mostram que, embora o descarte inadequado de resíduos seja um problema amplamente percebido no território, as ações individuais e coletivas voltadas à sua mitigação ainda são limitadas.

Quando questionados sobre a existência de políticas públicas (Gráfico 2) relacionadas ao gerenciamento de resíduos sólidos, como coleta seletiva e descarte adequado, apenas 10 entrevistados afirmaram ter conhecimento dessas iniciativas. Em contrapartida, 8 moradores responderam que não existem políticas dessa natureza no bairro, enquanto 12 pessoas declararam não saber informar sobre sua existência. Esse dado revela que 40% dos participantes não possuem qualquer informação sobre ações públicas voltadas aos resíduos, indicando falhas nos processos de comunicação institucional.

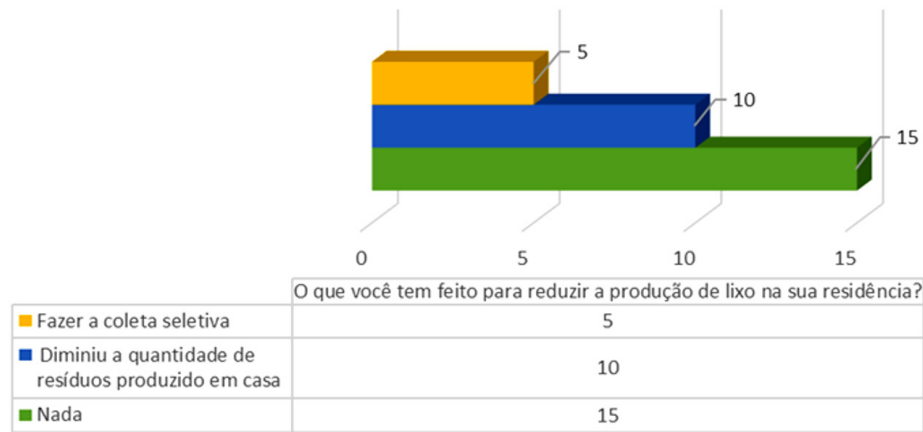
Gráfico 2 Conhecimento dos moradores sobre políticas públicas de gerenciamento de resíduos sólidos.



Fonte: Dados da pesquisa de campo (2025).

A ausência ou fragilidade da informação ambiental reflete-se diretamente nas práticas adotadas no cotidiano doméstico (Gráfico 3). Ao serem questionados sobre o que fazem para reduzir a produção de lixo em suas residências, 15 moradores afirmaram não realizar nenhuma ação, 10 declararam apenas reduzir a quantidade de resíduos, enquanto apenas 5 entrevistados relataram praticar a coleta seletiva. Esses números demonstram que 50% da amostra não adota qualquer estratégia de redução ou reaproveitamento dos resíduos.

Gráfico 3 Práticas adotadas pelos moradores para reduzir a produção de lixo domiciliar.



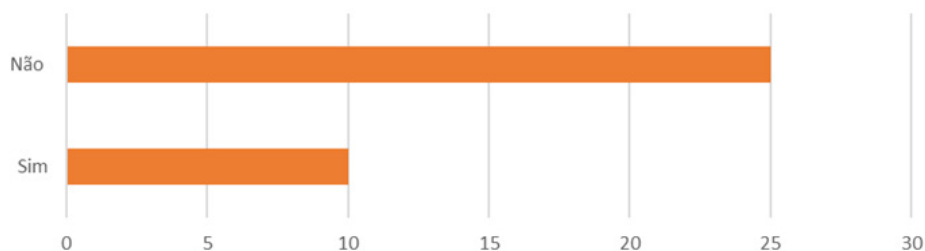
Fonte: Dados da pesquisa de campo (2025).

Esse cenário dialoga com a distinção conceitual entre resíduo e lixo, discutida por Cinquetti (2006), para quem o resíduo só se transforma em lixo quando descartado sem preservação de seu potencial social, econômico ou ambiental. A predominância da resposta “nada” indica que, no cotidiano do bairro, grande parte dos resíduos gerados percorre diretamente a chamada “rota do lixo”, sem passar por processos de redução, reutilização ou reciclagem.

A fragilidade das práticas ambientais também está associada à baixa circulação de informações educativas (Gráfico 4). Do total de entrevistados, 20 moradores afirmaram não receber nenhum tipo de informativo ambiental por meios como rádio, redes sociais ou outras formas de comunicação, enquanto apenas 10 pessoas declararam ter acesso a esse tipo de conteúdo. Isso significa que dois terços da amostra estão à margem de ações sistemáticas de educação ambiental.

A literatura aponta que a Educação Ambiental, quando restrita a ações pontuais ou ausente do cotidiano comunitário, tende a produzir baixo impacto na transformação de hábitos. Para Reigota (2006), a Educação Ambiental deve ser compreendida como prática política e social, capaz de preparar os cidadãos para exigir direitos e participar ativamente das decisões que afetam seu território. A ausência de informativos no bairro Santa Teresa contribui para a manutenção de práticas ambientalmente insustentáveis e para o enfraquecimento da participação social.

Gráfico 4 Recebimento de informações ambientais pelos moradores por meio de canais de comunicação.



Fonte: Dados da pesquisa de campo (2025).

Destaca-se ainda que a maioria dos moradores apresenta vínculo duradouro com o território, conforme indicado pelo tempo de moradia no bairro. Esse dado sugere que o problema não está relacionado à rotatividade populacional, mas à ausência de políticas continuadas de sensibilização e acompanhamento. Como destaca Seiffert (2007), a gestão ambiental eficaz depende da integração entre instrumentos técnicos e envolvimento social, especialmente em áreas urbanas periféricas.

Nesse sentido, a baixa adesão às práticas de redução do lixo não pode ser atribuída exclusivamente à falta de interesse individual, mas deve ser compreendida como resultado de um contexto marcado por escassez de infraestrutura, déficit informacional e distanciamento entre poder público e comunidade. A inexistência de pontos de coleta seletiva visíveis e de campanhas permanentes reforça essa lógica de descarte indiferenciado.

vulnerabilidade socioambiental e dinâmicas cotidianas no bairro Santa Teresa

A leitura integrada dos dados obtidos na pesquisa evidencia que os problemas ambientais identificados no bairro Santa Teresa não se manifestam de forma isolada, mas estão profundamente associados às dinâmicas sociais, econômicas e territoriais que estruturam o cotidiano da população. Trata-se de um contexto marcado por vulnerabilidades sobrepostas, nas quais precariedade urbana, limitações nos serviços públicos e fragilidades informacionais se combinam, produzindo impactos diretos sobre a qualidade de vida.

A permanência prolongada dos moradores no território, aliada à estabilidade habitacional, contribui para o fortalecimento dos vínculos comunitários, mas também expõe a população a um convívio contínuo com deficiências estruturais. A ausência de melhorias significativas ao longo do tempo reforça sentimentos de frustração e naturalização da pre-

cariedade, sobretudo em relação à infraestrutura urbana, ao saneamento ambiental e à destinação dos resíduos sólidos.

As observações de campo (Figuras 4 e 5) revelaram que grande parte das vias do bairro apresenta pavimentação incompleta ou inexistente, favorecendo o acúmulo de água em períodos chuvosos e dificultando o escoamento superficial. Esse cenário, associado à presença constante de resíduos descartados de forma inadequada, contribui para a formação de focos de proliferação de vetores, agravando os riscos sanitários e ampliando a exposição da população a doenças de veiculação hídrica e ambiental.



Figuras 4 e 5 Diagnóstico dos problemas de infraestrutura urbana no bairro Santa Teresa. *Fonte:* Dados da pesquisa de campo (2025).

O acúmulo recorrente de resíduos sólidos em terrenos baldios, margens de vias e áreas próximas às residências demonstra que a fragilidade da coleta regular e a inexistência de pontos estruturados de coleta seletiva resultam em práticas cotidianas de descarte aleatório. Essa realidade não apenas compromete a paisagem urbana, mas intensifica processos de degradação ambiental e risco à saúde coletiva.

Nesse contexto, a vulnerabilidade socioambiental manifesta-se como expressão da desigualdade na distribuição dos serviços públicos urbanos. Embora a cidade de Tefé exerça papel estratégico na rede urbana amazônica, bairros periféricos como Santa Teresa

permanecem à margem dos investimentos estruturais, revelando assimetrias na oferta de saneamento, drenagem, pavimentação e Educação Ambiental.

A precariedade observada também reflete limitações institucionais no planejamento urbano e ambiental, especialmente no que se refere à articulação entre políticas de habitação, saneamento básico e gestão de resíduos sólidos. A ausência de estratégias integradas resulta na fragmentação das ações públicas, dificultando a construção de soluções permanentes e territorialmente adequadas.

Do ponto de vista social, as dificuldades enfrentadas pelos moradores revelam uma condição de exposição prolongada a riscos ambientais, que se traduz em impactos diretos sobre o bem-estar físico e psicológico. A convivência cotidiana com lixo acumulado, água de qualidade duvidosa e infraestrutura precária contribui para a sensação de insegurança, desconforto e invisibilidade social.

Essa realidade reforça a compreensão de que os problemas ambientais urbanos não são meramente técnicos, mas essencialmente sociais, uma vez que afetam de forma desigual diferentes segmentos da população. Nos espaços periféricos, os riscos ambientais tendem a se concentrar, aprofundando processos de segregação socioespacial e injustiça ambiental.

Ações educativas e impactos do projeto de extensão

As ações educativas do projeto concentraram-se no diagnóstico ambiental participativo e na sensibilização da comunidade do bairro Santa Teresa sobre a problemática dos resíduos sólidos e seus impactos na qualidade de vida. As atividades foram desenvolvidas ao longo de 15 meses, articulando observação em campo, diálogo com moradores, produção de materiais educativos e participação em eventos acadêmicos e institucionais.

As visitas técnicas ao bairro Santa Teresa (Figura 6 e 7) constituíram a base empírica do projeto. Nessas atividades, foram realizados registros fotográficos, observações sistemáticas e diálogos informais com os moradores, permitindo identificar pontos críticos de acúmulo de resíduos, problemas de infraestrutura urbana e situações associadas à qualidade da água. Esses dados subsidiaram tanto o diagnóstico ambiental quanto a definição das ações educativas.

A aplicação de 30 questionários representou uma etapa central do projeto, possibilitando reunir informações quantitativas e qualitativas sobre a percepção dos moradores. Esse momento também funcionou como espaço de escuta e aproximação com a comunidade, favorecendo a reflexão dos próprios entrevistados sobre práticas de descarte, infraestrutura urbana e condições ambientais do bairro.



Figuras 6 e 7 Aplicação de questionário no bairro Santa Teresa. *Fonte:* Dados da pesquisa de campo (2025).

As ações educativas ganharam maior visibilidade durante a Semana do Meio Ambiente (Figura 8 e 9), realizada entre 2 e 6 de junho de 2025, na Escola Municipal Bertholletia Excelsa e na Praça Remanso do Boto. Nesse período, foram desenvolvidas atividades de sensibilização com foco na poluição plástica, reutilização de materiais e descarte adequado de resíduos. Como apoio pedagógico, foram confeccionados 15 brinquedos recicláveis, utilizados nas oficinas com crianças e moradores.



Figuras 8 e 9 Exposição dos brinquedos recicláveis durante a Semana do Meio Ambiente. *Fonte:* Dados da pesquisa de campo (2025).

Além das atividades comunitárias, o projeto foi apresentado em eventos acadêmicos e ambientais, como a XII Semana de Geografia da UEA, o I Seminário de Pós-Graduação em Geografia(s) e suas Diversidades e a ECO-Amazônia, em Manaus. Essas participações

permitiram socializar os resultados do projeto e fortalecer a articulação entre ensino, pesquisa e extensão.

O diálogo institucional com a Coordenação de Educação Ambiental da SEMMALP e as visitas ao Viveiro Municipal de Tefé contribuíram para ampliar a compreensão sobre a gestão ambiental no município e apoiar a análise dos limites e possibilidades das políticas públicas locais relacionadas aos resíduos sólidos.

De forma geral, as ações desenvolvidas possibilitaram a construção de um diagnóstico ambiental consistente, fortaleceram o diálogo entre universidade e comunidade e estimularam a reflexão crítica dos moradores sobre a relação entre resíduos sólidos, infraestrutura urbana e qualidade de vida. Embora não resolva problemas estruturais, o projeto evidenciou o papel da extensão universitária como instrumento de aproximação social, produção de conhecimento aplicado e educação ambiental.

Considerações Finais

A análise desenvolvida ao longo deste estudo evidenciou que a gestão dos resíduos sólidos no bairro Santa Teresa, em Tefé-AM, constitui um problema socioambiental complexo, diretamente relacionado às condições de infraestrutura urbana, ao acesso desigual aos serviços públicos e à limitada circulação de informações ambientais. Os resultados demonstraram que, apesar do forte vínculo dos moradores com o território e da estabilidade habitacional, persistem fragilidades estruturais que impactam a qualidade de vida, especialmente no que se refere ao descarte inadequado de resíduos e à percepção negativa sobre o abastecimento de água.

Observou-se que a ausência de políticas públicas claramente percebidas pela população e a baixa adesão a práticas de redução, reutilização e reciclagem não podem ser interpretadas como desinteresse individual, mas como reflexo de um contexto marcado por déficit informacional, escassez de alternativas estruturadas e distanciamento entre poder público e comunidade. Nesse sentido, a educação ambiental mostrou-se elemento estratégico para ampliar a compreensão crítica dos moradores sobre os problemas ambientais vivenciados, fortalecendo o diálogo e estimulando formas de participação social voltadas à melhoria das condições locais.

Conclui-se que a articulação entre gestão ambiental, políticas públicas e ações educativas é fundamental para o enfrentamento das desigualdades socioambientais em bairros periféricos de cidades amazônicas. Embora o projeto de extensão não tenha a pretensão de resolver problemas estruturais, ele contribuiu para a construção de um diagnóstico socioambiental consistente e para o fortalecimento do vínculo entre universidade e comu-

nidade. Os achados do estudo reforçam a necessidade de ações contínuas, integradas e territorialmente orientadas, capazes de transformar o conhecimento produzido em subsídios para políticas públicas mais eficazes e socialmente justas.

Referências Bibliográficas

- Carlos, Ana Fani Alessandri. **A Cidade**. 2. Ed. São Paulo: Contexto, 2007.
- CINQUETTI, Heloísa Chalmers Sislá. **Educação ambiental e resíduos sólidos**. São Paulo: Cor-
tez, 2006.
- CORRÊA, Roberto Lobato. **O espaço urbano**. 4. ed. São Paulo: Ática, 2003.
- DICIO. **Dicionário Online de Português**. Verbete: cidade. Disponível em: <https://www.dicio.com.br/cidade/>. Acesso em: 25 jan. 2026.
- FREIRE, Paulo. **Pedagogia da autonomia: saberes necessários à prática educativa**. 31. ed. São Paulo: Paz e Terra, 2005.
- KLOETZEL, Kurt. **O que é meio ambiente**. São Paulo: Brasiliense, 1998.
- LEFEBVRE, Henri. **A revolução urbana**. Belo Horizonte: Editora UFMG, 1968.
- LEFEBVRE, Henri. **O direito à cidade**. São Paulo: Centauro, 2001.
- PORTO-GONÇALVES, Carlos Walter. **A globalização da natureza e a natureza da globalização**. 4. ed. Rio de Janeiro: Civilização Brasileira, 2006.
- QUEIROZ, Kristian Oliveira de. **A formação histórica do território tefeense**. Curitiba: Editora CRV, 2015.
- REIGOTA, Marcos. **O que é educação ambiental**. 2. ed. São Paulo: Brasiliense, 2006.
- RODRIGUES, Eubia Andréa. Rede urbana do Amazonas: Tefé como cidade média de responsabi-
lidade territorial na calha do Médio Solimões. 2011. 133 f. **Dissertação (Mestrado em Geografia)**
- Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2011
- SANTOS, Milton. **A natureza do espaço: técnica e tempo, razão e emoção**. São Paulo: Hucitec, 1994.
- SEIFFERT, Mari Eliza Bernardes. **Gestão ambiental: instrumentos, esferas de ação e educação ambiental**. São Paulo: Atlas, 2007.



Parte IV

Aproveitamento de Resíduos e Desenvolvimento de Bioprodutos



CAPÍTULO 13

Physicochemical characterization of cocoa Pod Husk (*Theobroma cacao* L.)

Maria Yasmin Santiago Nascimento,
Márcia Fernanda Pereira de Souza,
Erika Milene Pinto de Sousa

ABSTRACT

This work aimed to carry out the physicochemical characterization of cocoa pod husk (*Theobroma cacao* L.) and propose possible technological applications for this biomass. The methodology involved physicochemical analyses, including moisture content, bulk and real density, porosity, ash content, volatile matter, fixed carbon, pH, and point of zero charge. The results showed values close to those found in the literature, indicating the reliability of the study. The potential of cocoa pod husk for use in adsorption and biosorption processes, especially in effluent treatment, is highlighted. Moreover, the utilization of this agro-industrial waste contributes to the reduction of environmental impacts and to sustainable development. In this way, cocoa pod husks present viability in environmental applications, encouraging the use of regional resources and the generation of innovative solutions in the Amazon.

Keywords: Agro-industrial waste. Cocoa pod husk. Biosorption. Adsorption. Sustainability. Wastewater treatment.

Introduction

According to Silva, Tagliaferro and Oliveira (2021), solid and semi-solid waste includes all those originating from residences, industries, hospitals, commerce, urban cleaning services, and agriculture. The improper management of these wastes causes various problems to human health, as inappropriate disposal can lead to the contamination of water bodies. In Brazil, Law No. 12,305 was enacted in 2010, which established the National Solid Waste Policy, addressing the guidelines for solid waste management and the management responsibilities of each generator.

After 20 years of deliberation in the National Congress, the aforementioned Law allowed the country to make the necessary progress in addressing the environmental, economic, and social problems resulting from inadequate waste management (Rauber, 2011). However, the generation of waste has become so high that the country is now in fourth place in the ranking, behind only the United States of America, China, and India (Martins et al., 2023).

When improperly managed, these wastes can cause several environmental problems, including soil and water contamination. Various methods can be used for water treatment, including coagulation, flocculation, adsorption, and biosorption (Abukhadra & Allah, 2019).

Brazil has fertile soils and considerable climatic diversity across its regions, resulting in a wide variety of biomass resources (Martins & Carrino, 2023). From this perspective, one of the biomasses produced by the country is cocoa pod husk (*Theobroma cacao* L.). According to Veríssimo (2012), cocoa belongs to the Sterculiaceae family and there are three main types of cocoa tree varieties, the most common being Forastero, which is responsible for 90% of the world's cocoa bean production.

In this context, this study aimed to determine the physicochemical characteristics of cocoa pod husk (*Theobroma cacao* L.) and propose potential technological applications.

Materials and Methods

Raw material

The cocoa pod husk was obtained from a private property located in Tracuateuazinho – PA (Figure 1). The location is situated in the mesoregion of Northeast Pará and the Bragantina microregion, under the geographical coordinates 1°13'37" S and 47°00'27" W (IBGE, 2019). The selected husks were collected from the same cacao tree and met a standardized size criterion. After collection, they were stored under refrigeration until the time of laboratory analysis.

Location of the analyses

The physicochemical analyses of cocoa pod husks were conducted at the Laboratory of Engineering and Environment of the Federal Rural University of the Amazon - Capanema Campus.

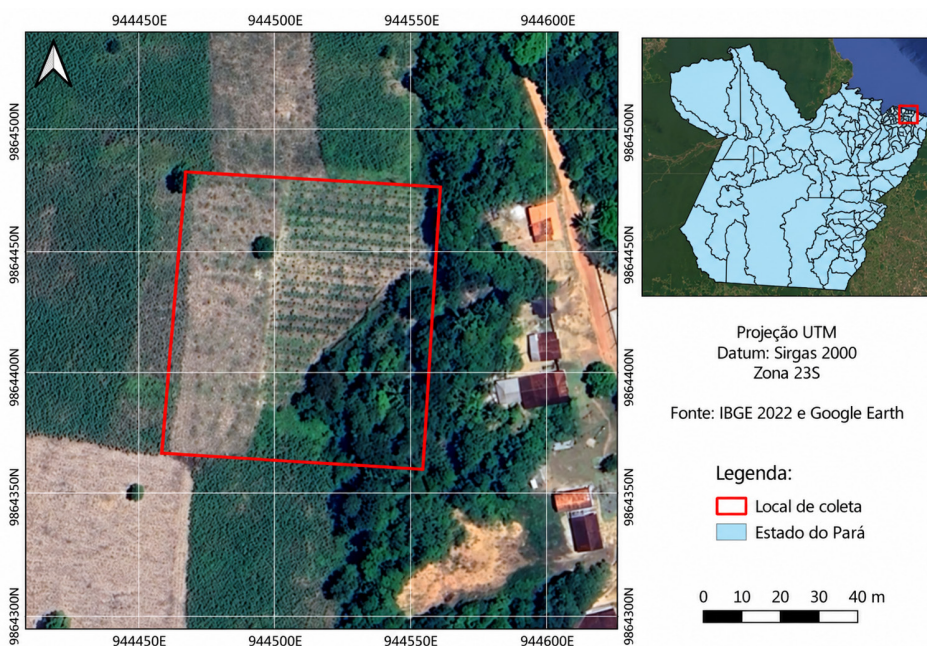


Figure 1 Map of the Location of the Cocoa Pod Husk Collection Property. *Source:* Authors (2026).

Physicochemical characterization of cocoa pod husk

The physicochemical characterization of the biomass was determined through analyses of moisture content, bulk and real densities, porosity, ash content, volatile matter, fixed carbon, pH and point of zero charge.

Moisture content

The moisture content analysis was carried out according to Silva et al. (2015) and calculated using Equation 1.

$$MC\% = \frac{W_w - W_d}{W_w} \times 100 \quad (1)$$

Where:

MC: Moisture content (%);

Ww: Wet weight (g);

Wd: Dry weight (after 24 h) (g).

Bulk Density

This analysis was conducted in accordance with the ASTM D2854-09 standard (Grauito et al., 2007; Namane et al., 2005) and Equation 2 was used for its quantification.

$$BD = m/v \quad (2)$$

Where:

BD: Bulk density (g/cm³);

m: Mass of biomass (g);

v: Occupied bulk volume (cm³).

Real Density

The tests for determining real density were conducted according to the NBR165 Standard and calculated following ASTM D2854-09 (Ramos, 2005), using Equation 3.

$$RD = ma/[ma - (mw - mw')] \quad (3)$$

Where:

RD: Real density (g/cm³);

ma: Mass of biomass (g);

mw: Mass of the volumetric flask + water + biomass (g);

mw': Mass of the volumetric flask + water (g).

Porosity

With the values obtained from the real and bulk density equations, the porosity percentage of the material was determined, following the ABNT NBR 9165 Standard (ABNT, 1985) and Equation 4.

$$\phi = \left[1 - \left(\frac{BD}{RD} \right) \right] \times 100 \quad (4)$$

Where:

Φ: Porosity (%);

BD: Bulk density (g/cm³);

RD: Real density (g/cm³).

Ash Content

Ash content was determined according to ASTM E1755-01, "Standard Method for the Determination of Ash in Biomass," and calculated using Equation 5.

$$\text{Ash (\%)} = \left(\frac{m_3 - m_1}{m_2 - m_1} \right) \times 100 \quad (5)$$

Where:

Ash (%): Ash content (%);

m_1 : Mass of empty crucible (g);

m_2 : Mass of crucible + initial sample (g);

m_3 : Mass of crucible + ash (g).

Volatile Matter

For the determination of the volatile matter, the methodology of the ASTM D3175-07 Standard (ASTM INTERNATIONAL, 2007) was used, and the quantification was carried out using Equation 6.

$$\text{VM (\%)} = \left(\frac{m_2 - m_3}{m_1} \right) \times 100 \quad (6)$$

Where:

VM (%): Volatile matter (%);

m_1 : Mass of the initial sample (g);

m_2 : Mass of crucible + initial sample (g);

m_3 : Mass of crucible + final sample (g).

Fixed Carbon

The fixed carbon was determined according to the ASTM D3172-89 Standard (ASTM INTERNATIONAL, 1989), using Equation 7.

$$\text{FC (\%)} = 100 - (\text{AC} + \text{VM}) \quad (7)$$

Where:

FC: Fixed Carbon (%);

AC: Ash content;

VM: Volatile matter.

pH

The pH analysis in suspension was carried out using 50 mL beakers, where 3 g of biomass and 30 mL of distilled water were first added in a 1:10 (solid:solution) ratio (Singh et al., 2010). The pH was determined using the Tekna T-1000 pH meter.

Point of Zero charge

The analysis was conducted according to the method proposed by Regalbuto and Robles (2004), using seven pH values (4, 5, 6, 7, 8, 9 and 10). In each flask, 50 mL of distilled water and 0.05 g of biomass were added, and the pH levels were controlled using hydrochloric acid and sodium hydroxide, both with a molar concentration of 0.1 M. The resulting suspensions were subjected to agitation in a Luca-22 Shaker incubator for 24 hours at a temperature of 30 °C. The construction of the graph and the determination of the point of zero charge were obtained using the Origin software.

Results

Physicochemical characterization of cocoa pod husk

Moisture content

Pereira (2013) reported a moisture content of 84.2% for cocoa pod husk. In the present study, the moisture content was 85.1%, which is consistent with the value reported in the literature.

Bulk Density

The value of the bulk density of cocoa pod husk obtained in this study was 0.40 g/cm³. This result is consistent with values reported in the literature, where Bot et al. (2024) found a husk density of 0.40 g/cm³ in briquettes produced from cocoa pod husk, a value similar to that observed in this study. Similarly, Adebayo et al. (2022) reported a bulk density of 0.38 g/cm³ for materials derived from cocoa pod husk.

Real Density

The real density of cocoa pod husk was 0.69 g/cm³. Visvanathan et al. (2021), in a study of the physical properties of cocoa fruit, reported a real density of 0.66 g/cm³, which is close to the value obtained in the present study.

Porosity

The porosity of the cocoa pod husk was 40.61%, a value similar to that observed in studies that used cocoa pod husk residues as soil conditioners. According to Santos et al. (2013), lignocellulosic plant biomasses exhibit a high porous structure, with porosity values ranging approximately between 35% and 60%, depending on the moisture content, compaction and treatment applied to the material. Thus, it is noted that the biomass used in this study falls within this percentage range.

Ash Content

The ash content found in this study was 9.91%. This value is consistent with data found in the study conducted by Ozung et al. (2016), in which this analysis presented a value of 9.30%. Furthermore, in a study conducted by Alemaewor et al. (2009), the cocoa pod husk showed a value of 9.14% for ash content.

volatile Matter

The volatile matter content found for cocoa pod husk was 67.37%, a value close to that reported in the literature by Ghysels et al. (2022), who found a volatile matter of 67.13% in biomass characterization analyses of cocoa pod husk.

Fixed Carbon

The fixed carbon content obtained in this study was 23.57%. In research conducted by Pereira (2013), the same analysis showed a value of 23.34%. Thus, the immediate chemical composition of this biomass for this analysis showed a value similar to that found in the literature.

pH

The pH value found in this study was 7.75, a result that is relatively distant when compared to the values reported in the literature. Rozendo (2018) found a pH of 5.46 for cocoa pod husk, a value identical to that observed by Herrera-Rengifo et al. (2020), in the characterization of cocoa pod husk used for starch extraction. These differences may be related to the differences in the origin of the raw material used. Factors such as climatic conditions, moisture content, nutrient availability in the soil, and environmental characteristics of the cultivation site can directly influence the chemical properties of cocoa pod husks, including pH, which contributes to variations between the results found in different studies.

Point of Zero Charge

The value found for the point of zero charge was 6.9 (Figure 2). This value is comparable to the research conducted with adsorbent obtained from modified cocoa pod husk, which had a value of 6.3 for the same analysis, a value relatively close to that found in this study (Reyes & Campoverde, 2024).

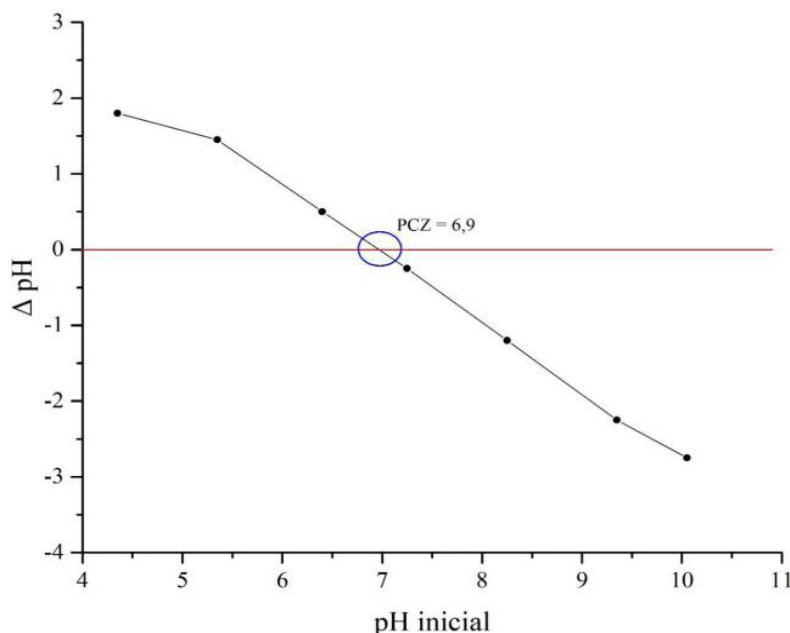


Figure 2 Graph of Point of Zero Charge. Source: Authors (2026).

conclusion

Based on the results obtained in this study, it was possible to more clearly understand the potential of cocoa pod husk (*Theobroma cacao* L.) as a biomass with relevant and promising physicochemical characteristics for technological applications. The analyzes conducted showed that the values for moisture content, bulk density, real density, porosity, ash content, volatile matter and fixed carbon remain close to those found in the literature, which reinforces the reliability of the obtained data and the consistency of the analyzed material.

Moreover, the pH value and the point of zero charge indicate that cocoa pod husk exhibits properties that can favor its use in processes such as adsorption and biosorption,

especially in wastewater treatment and the removal of contaminants from water bodies. In this sense, the study meets its main objective and points to viable pathways for the technological application of the analyzed biomass.

Another relevant aspect is the valorization of an agro-industrial waste abundant in the Amazon region. By proposing the utilization of cocoa pod husks, the work contributes not only to the reduction of environmental impacts associated with improper waste disposal, but also to the development of sustainable solutions aligned with the local reality. This approach reinforces the importance of integrating scientific knowledge and sustainable practices, especially in a region like the Amazon, where biodiversity and the availability of biomass represent great opportunities for innovation.

In this way, the results obtained expand the knowledge about the use of lignocellulosic waste and demonstrate that cocoa pod husk can be considered a viable and low-cost alternative for environmental applications. However, it is important to highlight that further studies are still necessary, especially regarding the efficiency of the material in real treatment processes, its regeneration capacity, and possible chemical modifications that could enhance its performance.

Thus, this study reinforces the importance of investing in innovative solutions based on regional resources, contributing to the sustainable development of the Amazon. By transforming waste into opportunities, a path is opened for new environmental technologies and the construction of a more balanced future, in which economic growth and environmental preservation go hand in hand.

References

ABUKHADRA, M. R.; ALLAH, A. F. S. Synthesis and characterization of kaolinite nanotubes (KNTs) as a novel carrier for 5-fluorouracil of high encapsulation properties and controlled release. **Inorganic Chemistry Communications**, v. 103, p. 30–36, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.inoche.2019.03.018>. Acesso em: 16 mar. 2026.

ADEBAYO, A. S. et al. Characterizations of alpha-cellulose and microcrystalline cellulose isolated from cocoa pod husk as a potential pharmaceutical excipient. **Journal of Applied Pharmaceutical Science**, v. 12, n. 9, 2022. Disponível em: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC9457090/>. Acesso em: 16 mar. 2026.

ALEMAWOR, F. et al. Effect of *Pleurotus ostreatus* fermentation on cocoa pod husk composition: influence of fermentation period and Mn²⁺ supplementation on the fermentation process. **African Journal of Biotechnology**, v. 8, n. 9, p. 1950–1958, 2009. Disponível em: https://hero.epa.gov/hero/index.cfm/reference/details/reference_id/780075. Acesso em: 15 mar. 2026.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 9165: Carvão vegetal - Determinação da densidade relativa aparente, relativa verdadeira e porosidade. Rio de Janeiro: **ABNT**, 1985.

ASTM INTERNATIONAL. **ASTM D3172-89**: Standard practice for proximate analysis of coal and coke. West Conshohocken, PA: ASTM International, 1989.

ASTM INTERNATIONAL. **ASTM D3175-07**: Standard test method for volatile matter in the analysis sample of coal and coke. West Conshohocken, PA: ASTM International, 2007.

BOT, B. V. et al. Physicochemical characterization of briquette fuel produced from cocoa pod husk in Cameroon. **Results in Engineering**, 2024. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S235248472400026X>. Acesso em: 16 mar. 2026.

GRATUITO, M. K. B. et al. Production of activated carbon from coconut shell: optimization using response surface methodology. **Bioresource Technology**, v. 99, n. 11, p. 4887–4895, 2007.

GHYSELS, S. et al. Study of cocoa pod husks thermal decomposition. **Applied Sciences**, v. 12, n. 18, p. 9318, 2022. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2076-3417/12/18/9318> . Acesso em: 16 mar. 2026.

HERRERA-RENGIFO, J. D. et al. Extracción de almidón de cáscara de cacao (*Theobroma cacao* L.) como alternativa de bioprospección. **Revista ION**, v. 33, n. 2, p. 25–34, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.18273/revion.v33n2-2020002> . Acesso em: 16 mar. 2026.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Divisão territorial brasileira (DTB). Rio de Janeiro: **IBGE**, 2019. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/orga-nizacao-do-territorio/divisao-regional/23701-divisao-territorial-brasileira.html> . Acesso em: 25 set. 2025.

MARTINS, A. C. S. et al. Degradação ambiental nas favelas: projeto referente aos impactos dos resíduos sólidos no bairro Vila dos Pescadores, município de Cubatão-SP. Cubatão: ETEC de Cubatão – Centro Paula Souza, 2023. Disponível em: https://ric.cps.sp.gov.br/bits-tream/123456789/19556/1/etimma_2023_martins_degradacao-ambiental.pdf . Acesso em: 16 mar. 2026.

MARTINS, L. R.; CARRINO, A. L. Um estudo sobre a biomassa: uma fonte renovável de energia limpa. **Revista Interface Tecnológica**, v. 20, n. 2, p. 531–544, 2023. DOI: <https://doi.org/10.31510/inf.v20i2.1728> .

OZUNG, P. O. et al. Proximate composition and fibre fractions of raw and processed cocoa pod husk meal. **Agricultural and Environmental Sciences Research**, 2016. Disponível em: <https://www.asianonlinejournals.com/index.php/AESR/article/download/149/1082> . Acesso em: 15 mar. 2026.

PEREIRA, I. O. **Viabilidade da utilização da casca de cacau como combustível no aquecimento de ar para secagem de amêndoas de cacau**. 2013. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais, 2013.

RAMOS, M. A. B. **Remoção de íon Cr (III) de solução aquosa por adsorção e biossorção**. 2005. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Pará, Belém, 2005.

RAUBER, M. E. Apointamentos sobre a Política Nacional de Resíduos Sólidos, instituída pela Lei Federal nº 12.305, de 02.08.2010. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental (REGET)**, v. 4, n. 4, p. 1–24, 2011. Disponível em: <https://periodicos.ufsm.br/reget> . Acesso em: 16 mar. 2026.

REGALBUTO, J. R.; ROBLES, J. **The engineering of Pt/Carbon catalyst preparation**. University of Illinois: Chicago, 2004.

ROZENDO, A. S. **Produção de pectinases a partir de cascas de cacau (*Theobroma cacao* L.) em fermentação submersa com aplicação na clarificação de suco de maçã**. 2018. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Bioprocessos e Biotecnologia) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2018. Disponível em: <https://acervodigital.ufpr.br/handle/1884/70139> . Acesso em: 14 mar. 2026.

SANTOS, F. A. et al. Potencial da palha de cana-de-açúcar para produção de etanol. **Química Nova**, São Paulo, v. 35, n. 5, p. 1004-1010, 2013.

SILVA, I. O.; TAGLIAFERRO, E. R.; OLIVEIRA, A. J. Gerenciamento dos resíduos sólidos domiciliares no município de Jales – SP e sua relação com a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS). **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 1, p. 11475–11499, 2021. DOI: <https://doi.org/10.34117/bjdv7n1-782>.

SILVA, D. A.; YAMAJI, F. M.; BARROS, J. L.; RÓZ, A. L.; NAKASHIMA, G. T. **Caracterização de biomassas para a briquetagem**. Floresta, Curitiba, v. 45, n. 4, p. 713-722, out./dez. 2015.

SINGH, V. et al. Sondagem de expansão térmica de grafeno e dispersão modal a baixa temperatura usando ressonadores de sistemas nanoeletromecânicos de grafeno. **Nanotecnologia**, v. 21, n. 16, 2010.

REYES, A. M. Z.; CAMPOVERDE, G. A. L. Evaluación del potencial de la cáscara de cacao modificada com tempo para la adsorción de cadmio en soluciones acuosas. **Machala**, 2024. Disponível em: https://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/23524/1/Trabajo_Titulacion_3648.pdf . Acesso em: 16 mar. 2026.

VERÍSSIMO, A. J. M. **Efeito da origem do cacau na sua qualidade comercial, funcional e sensorial**. 2012. Dissertação (Mestrado em Engenharia Alimentar) – Universidade de Lisboa, Lisboa, 2012. Disponível em: <http://hdl.handle.net/10400.5/5378> . Acesso em: 16 mar. 2026.

VISVANATHAN, R. et al. Effect of pod size on physical properties of cocoa pods (*Theobroma cacao* L.) with reference to farm level mechanization of cocoa processing. **Agricultural Engineering Today**, v. 45, n. 2, p. 13–19, 2021. Disponível em: <https://pub.isae.in/index.php/aet/article/view/2943> . Acesso em: 16 mar. 2026.



CAPÍTULO 14

Physicochemical Characterization of Pineapple Peel (*Ananas comosus*) for Use as a Biosorbent

Ana Clara Gomes dos Reis, Yula Pollyana Brito Martins,
Márcia Fernanda Pereira de Souza, Marcelo Costa Santos,
Erika Milene Pinto de Sousa

ABSTRACT

This study analyzed the physicochemical characteristics of pineapple peel (*Ananas comosus*) aiming at its utilization in possible technological applications. The methodology involved collecting the biomass in Capanema, Pará, followed by drying, grinding, and analyses including moisture content, ash content, real and bulk densities, porosity, volatile matter, fixed carbon, pH and point of zero charge. The results indicated a moisture content of 15.16%, an ash content of 4.52%, a real density of 0.60 g/cm³, a bulk density of 0.45 g/cm³, a porosity of 25%, a volatile matter of 75.2%, a fixed carbon content of 20.22%, an acidic pH of 4.8 and a point of zero charge of 5.9. Thus, it is concluded that pineapple peel has potential as a low-cost biosorbent, contributing to the utilization of agro-industrial waste and sustainable solutions in effluent treatment.

Keywords: Pineapple peel. Biosorption. Agroindustrial Waste. Physicochemical characterization. Environmental Remediation.

Introduction

Pineapple (*Ananas comosus*), which belongs to the Bromeliaceae family, is a tropical fruit native to South America, initially found in Paraguay, Brazil and Argentina. This fruit is characterized by its sweet and acidic flavor, spiny skin, green crown, and pulp with white or yellow coloration, depending on the stage of ripeness. It is widely consumed both fresh

and in the food industry, where it is mainly used for the production of juices, jellies and sweets (Souza et al., 2017).

During the processing of the fruit, however, only the pulp is utilized, while other parts, such as the peel, stem and crown, are often discarded. According to the Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO, 2023), Brazil is the fourth largest producer of pineapples in the world, with around 3.9 billion tons per year, significantly contributing to the agricultural Gross Domestic Product (GDP). According to the Brazilian Institute of Geography and Statistics (IBGE, 2023), the country produced approximately 1.6 billion tons on a cultivation area of 63.9 thousand hectares. Among the states that stand out the most in production are Pará 21.5%, Paraíba 19.1% and Minas Gerais 10.0%.

The pineapple peel, like other plant-based residues classified as biomass, has a lignocellulosic layer composed of cellulose, hemicellulose, and lignin. These components give the biomass structural and functional characteristics that make it promising for applications such as the biosorption of pollutants in aqueous media. According to Silva (2011), pineapple peel has a high fraction of hemicellulose (40%), in addition to 30% cellulose and 5% lignin, which favors its use in environmental processes and the production of low-cost, high-performance alternative methods.

In recent years, biosorption has emerged as a promising alternative for the removal of organic pollutants in wastewater and industrial effluents, due to its high efficiency in contaminant removal and low operational cost (Ribas & Silva, 2023). In this sense, agro-industrial residues, such as sugarcane bagasse and pineapple peel, have shown great potential as biosorbents in the removal of contaminants from aqueous solutions. The recent study by Rodrigues (2019), which investigated the use of pineapple peel as a biosorbent, demonstrated the ability to remove up to 88% of herbicide in aqueous medium, highlighting its effectiveness for environmental remediation purposes.

Given this scenario, this study aimed to analyze the physicochemical characteristics of pineapple peel with the goal of using it as a potential biosorbent. The proposal is based on the valorization of agro-industrial waste, contributing to the reduction of environmental impacts and encouraging low-cost sustainable solutions.

Materials and Methods

The drying, grinding and physicochemical analysis processes of the biomass used were carried out at the Laboratory of Engineering and Environment of the Federal Rural University of the Amazon, Capanema Campus.

Raw Material

The pineapple (*Ananas comosus*) used in this study was obtained from the open market in the municipality of Capanema, located in the state of Pará (Figure 1). For the preparation of the material, the pineapple peel was carefully separated from the pulp and subjected to a drying process. At first, the material was exposed to sunlight for a period of 24 hours. Next, it was transferred to an air-circulating oven, where it remained for another 24 hours at a temperature of 50°C. After the completion of this procedure, the material was ground in a cutting mill and stored for future analyses.

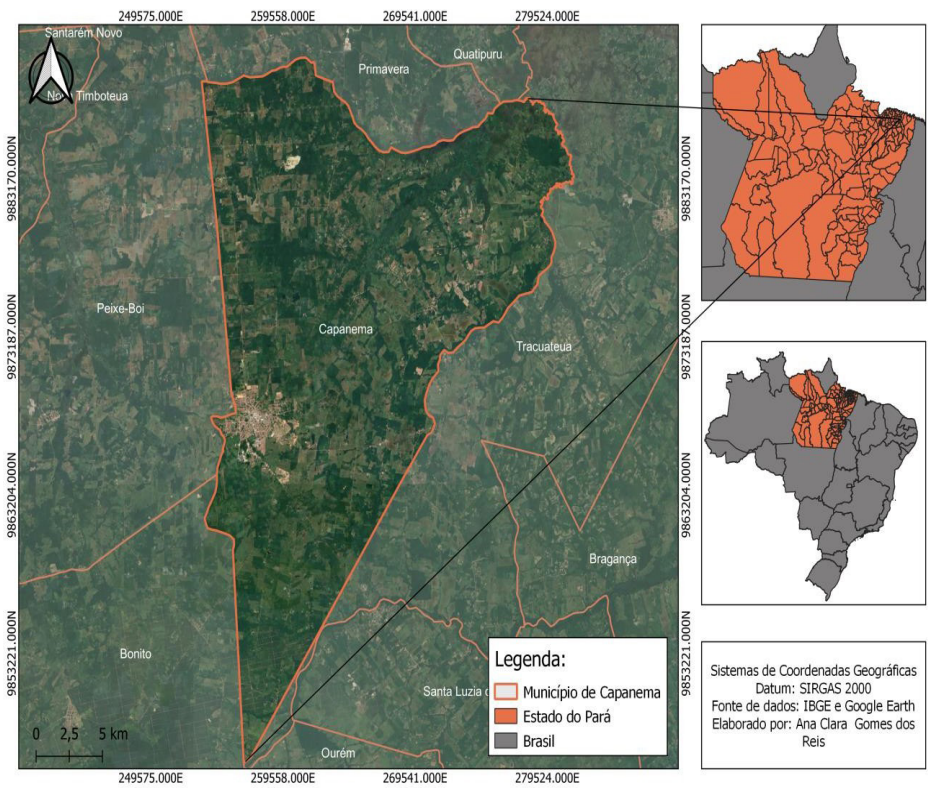


Figure 1 Map of the Location of the Pineapple Collection. Source: Reis (2026).

Physicochemical Characterization of Pineapple Peel Longitudinal, Transverse and Fruit Width Diameters

Measurements were obtained using a vernier caliper (Zaas Precision), and the results were expressed in centimeters (cm).

Mass of the Fruit, Peel, Pulp, and Crown Leaves

The whole fruit and individual parts were weighed separately using an analytical balance, and the results were expressed in grams (g).

Peel Thickness

Peel thickness was measured using a vernier caliper (Zaas Precision), and the results were expressed in centimeters (cm).

Moisture Content

The moisture content analysis was carried out according to Silva et al. (2015) and calculated using Equation 1.

$$MC\% = \frac{w_w - w_d}{w_w} \times 100 \quad (1)$$

Where:

MC: Moisture content (%);

Ww: Wet weight (g);

Wd: Dry weight (after 24 h) (g).

Bulk Density

This analysis was conducted in accordance with the ASTM D2854-09 standard (Graituito et al., 2007; Namane et al., 2005) and Equation 2 was used for its quantification.

$$BD = m/v \quad (2)$$

Where:

BD: Bulk density (g/cm³);

m: Mass of biomass (g);

v: Occupied bulk volume (cm³).

Real Density

The tests for determining the real density were conducted in accordance with the NBR165 Standard and calculated following the ASTM D2854-09 Standard (Ramos, 2005), using Equation 3.

$$RD = ma/[ma - (mw - mw')] \quad (3)$$

Where:

RD: Real density (g/cm³);

ma: Mass of biomass (g);

mw: Mass of the volumetric flask + water + biomass (g);

mw': Mass of the volumetric flask + water (g).

Porosity

With the values obtained from the real and bulk density equations, it was possible to determine the porosity percentage of the material, following the ABNT NBR 9165 Standard (ABNT, 1985) and Equation 4.

$$\phi = \left[1 - \left(\frac{BD}{RD} \right) \right] \times 100 \quad (4)$$

Where:

Φ: Porosity (%);

BD: Bulk density (g/cm³);

RD: Real density (g/cm³).

Ash content

For the determination of ash content, the procedure used was the official method ASTM Standard Method Number E1755-01 "Standard Method for the Determination of Ash in Biomass", and for the calculation of the ash content, Equation 5 was used.

$$A (\%) = \left(\frac{m_3 - m_1}{m_2 - m_1} \right) \times 100 \quad (5)$$

Where:

A: Ash content (%);

m₁: Mass of empty crucible (g);

m₂: Mass of crucible + initial sample (g);

m₃: Mass of crucible + ash (g).

Volatile Matter

For the determination of the volatile matter, the methodology of the ASTM D3175-07 Standard (ASTM INTERNATIONAL, 2007) was used, and the quantification was carried out using Equation 6.

$$VM (\%) = \left(\frac{m_2 - m_3}{m_1} \right) \times 100 \quad (6)$$

Where:

VM: Volatile matter (%);

m_1 : Mass of the initial sample (g);

m_2 : Mass of crucible + initial sample (g);

m_3 : Mass of crucible + final sample (g).

Fixed carbon

The fixed carbon was determined according to the ASTM D3172-89 Standard (ASTM INTERNATIONAL, 1989), using Equation 7.

$$FC (\%) = 100 - (AC + VM) \quad (7)$$

Where:

FC: Fixed Carbon (%);

AC: Ash content (%);

VM: Volatile matter (%).

pH

The pH analysis in suspension was carried out using 50 mL beakers, where 3 g of biomass and 30 mL of distilled water were first added in a 1:10 (solid:solution) ratio (Singh et al., 2010). The pH was determined using the Tekna T-1000 pH meter.

Point of Zero Charge

The analysis was conducted according to the method proposed by Regalbuto and Robles (2004), using seven pH values (4, 5, 6, 7, 8, 9 and 10). In each flask, 50 mL of distilled water and 0.05 g of biomass were added, and the pH levels were controlled using hydrochloric acid and sodium hydroxide, both with a molar concentration of 0.1 M. The resulting suspensions were subjected to agitation in a Luca-22 Shaker incubator for 24 hours at a temperature of 30 °C. The construction of the graph and the determination of the point of zero charge were obtained using the Origin software.

Results

Physicochemical Characterization of Pineapple Peel

Table 1 presents the results of the physical analyses of the pineapple peel.

Table 1 Results of the Physical Analyses of Pineapple.

Physical Analyses	Results ± Standard Deviation (SD)
Length (cm)	39,25 ± 0,55
Longitudinal diameter (cm)	19,25 ± 0,55
Transverse diameter (cm)	8,90 ± 0,14
Total fruit mass (kg)	1,19 ± 0,09
Peel mass (kg)	0,18 ± 0,01

Source: Authors (2025).

According to Rocha et al. (2020), the pineapple of the Pérola variety has an average length of 31.05 cm, a diameter of 14.86 cm, and a total mass of 1.35 kg. In the study by Berrili et al. (2014), the fruits of the same variety showed a length of 16.1 cm, a diameter of 10.5 cm, and a mass of 1.04 kg. In comparison to the results obtained in the present study, it is observed that the analyzed fruits showed greater total length and mass similar to other studies. The differences in the results may be related to the cultivation conditions, soil, climate and the stage of ripeness at the time of harvest. Moreover, the way the measurements were conducted in each study can also influence the results.

Moisture content

The moisture content, on average, was 15.16% ± 0.48. In a similar study, Miranda (2015) found a content of 13.03% ± 0.35 for the dehydrated pineapple peel in an oven. Souza et al. (2011) observed an even lower value of 12.63% ± 0.0017 when using the peel in the production of cereal bars subjected to irradiation. The differences between the results may be related to the drying time, the preparation conditions, and even the variety of the fruit. Even with similar methods, small factors can influence the final moisture content of the peel.

Bulk Density

The bulk density obtained in the analysis was 0.45 g/cm³ ± 0.04. The study on the pyrolytic process of pineapple biomass, developed by Santos (2018), presented a value of

0.47 g/mL $\pm$ 0.009 for the bulk density of pineapple peel, determined from the average of the obtained results. In comparison with the value found in this work, it is observed that the results are similar, indicating consistency between the studies.

Real Density

The real density showed a result of 0.60 g/cm³ $\pm$ 0.016; however, no results for comparison of this biomass were found in the literature.

Porosity

The porosity obtained for the pineapple peel was 25%, based on the values of bulk density and real density. However, no specific data was found in the literature that would allow a direct comparison with this result.

Ash Content

The ash content obtained for the pineapple peel was 4.52 g $\pm$ 0.23. This value represents the amount of minerals present after the organic matter is burned. In comparison with other studies, this result showed a value close to that presented by Erkel et al. (2015), where the ash content found was 4.43 g $\pm$ 0.03, while Miranda (2015) obtained a value of 4.24 g $\pm$ 0.47 for pineapple peel.

Volatile Matter

The volatile matter of pineapple peel obtained in this study was 75.26%, indicating that the biomass has a high proportion of volatile organic material, susceptible to thermal decomposition. In comparison, the value reported in the literature by Albuquerque et al. (2018) for the same biomass was 73.88%, which suggests that the material analyzed in this study has a slightly higher potential for pore formation and the release of organic compounds, essential characteristics for applications in adsorption processes and other environmental purposes.

Fixed Carbon

The fixed carbon of the pineapple peel, obtained in this study, was equal to 20.22%, according to the value reported by Albuquerque et al. (2018), which reported a value of 20.26% for the pineapple peel.

pH

The pH obtained for the pineapple peel was 4.8 ± 0.00 . This result indicates that the residue has an acidic character, which is common in plant-based materials and can directly influence its application as a biosorbent. In comparison with other studies, Oliveira (2021) reported a pH of 3.88 ± 0.18 , Da Costa (2007) recorded 3.98 ± 0.02 and Nunes et al. (2017) obtained a pH of 4.18 ± 0.00 , agreeing with what is found in the literature.

Point of Zero Charge

The point of zero charge obtained in the study was 5.9 as observed in Figure 2.

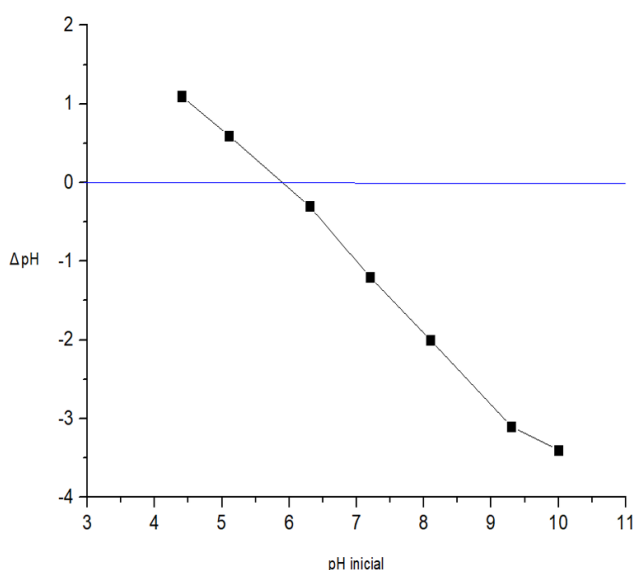


Figure 2 Graph of Point of Zero Charge. Source: Authors (2025).

The result found for the point of zero charge indicates that, under conditions of pH below 5.9, the surface of the material tends to exhibit a positive charge, as it favors the adsorption of anions, while at pH above this result, the surface becomes negative, facilitating the adsorption of cations.

When compared with the literature, it is observed that the highest PCZ values were found in biocarbon from pineapple waste, as reported by Santos (2018), who obtained a PCZ result of 9.6 and by Fu et al. (2016) who identified values above 9 at different pyrolysis temperatures. The difference can be explained by the fact that the biochars undergo

thermal treatment processes that modify their surface properties, in contrast to the raw material used in this study.

conclusion

The physicochemical characterization of pineapple peel (*Ananas comosus*) indicated that the material exhibits properties compatible with plant biomass used as biosorbents in environmental studies.

The results obtained in the study for the analyses of moisture content, ash content, bulk and real densities, porosity, pH, and point of zero charge demonstrate characteristics that may favor their application in adsorption processes.

The point of zero charge indicated the acidic nature of the material, a factor that can influence its interaction with different adsorbates, depending on the environmental conditions. Although the adsorption capacity was not evaluated in this study, the characterization carried out provides important support for future stages of the research.

Thus, pineapple peel therefore has potential for use as a biosorbent, contributing to the repurposing of agro-industrial waste and the development of environmentally sustainable alternatives.

References

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT. NBR 16508: Carvão mineral - Teor de umidade - Método de ensaio, Errata 1:2017. Rio de Janeiro: ABNT, 2016.
- ASTM INTERNATIONAL. **ASTM D3172-89**: Standard practice for proximate analysis of coal and coke. West Conshohocken, PA: ASTM International, 1989.
- ASTM INTERNATIONAL. **ASTM D3175-07**: Standard test method for volatile matter in the analysis sample of coal and coke. West Conshohocken, PA: ASTM International, 2007.
- ATKINS, P.; JONES, L. **Princípios de Química**: questionando a vida moderna e o meio ambiente. Porto Alegre: Bookman, 2001.
- BERILLI, S. S. et al. Avaliação da qualidade de frutos de quatro genótipos de abacaxi para consumo in natura. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 36, p. 503-508, 2014.
- DA COSTA, J. M. C. et al. Comparação dos parâmetros físico-químicos e químicos de pós alimentícios obtidos de resíduos de abacaxi. **Revista Ciência Agronômica**, v. 38, n. 2, p. 228-232, 2007.
- ERKEL, A. et al. Utilização da farinha da casca de abacaxi em cookies: caracterização físico-química e aceitabilidade sensorial entre crianças. **Revista Uniabeu**, v. 8, n. 19, p. 272- 288, 2015.
- FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS – FAO. **Pineapple crop information**. 2023.
- GRATUITO, M. K. B. et al. Production of activated carbon from coconut shell: optimization using response surface methodology. **Bioresource Technology**, v. 99, n. 11, p. 4887–4895, 2007.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Cidades e Estados**: Capanema - Pa. 2022.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Produção Agrícola Municipal 2023**: abacaxi. Rio de Janeiro: IBGE, 2023.

MATTANA, A. J. **Metodologia de avaliação da porosidade de estruturas cimentícias endurecidas através de microtomografia de Raios X: avaliação de pasta cimentícias e argamassas de revestimento**. 2010. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2010.

MIRANDA, B. F. C. **Caracterização físico-química da polpa e da casca do abacaxi (*Ananas comosus* (L.) Merrill) desidratado por método convencional de secagem em estufa**. 2015. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia de Alimentos) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso, Campus Cuiabá - Bela Vista, Cuiabá, 2015.

NAMAME, A.; MERKARZIA, A.; BENRACHEDI, K.; BELHANECH-BENSEMRA, N.; HELLAL, A. Determination of the adsorption capacity of activated carbon made from coffer grounds by Chemical activation with $ZnCl_2$ and H_3PO_4 . **Journal of Hazardous Materials**, 2005.

OLIVEIRA, V. C.; OLIVEIRA, I. R. N.; MENDES, F. Q. Análises físico-químicas e composição nutricional da farinha de casca de abacaxi como aproveitamento de resíduos agroindustriais. **Ciência e Tecnologia de Alimentos: Pesquisa e Práticas Contemporâneas**, v. 2, p. 69-81, 2021.

RAMOS, M. A. B. **Remoção do íon Cr (III) de Solução Aquosa por Adsorção e Biossorção em Carvão Ativado e Levedura Imobilizada**. Belém, 2005. Dissertação (Mestrado) Universidade Federal do Pará, 2005.

REGALBUTO, J. R.; ROBLES, J. The engineering of Pt/Carbon Catalyst Preparation. **University of Illinois: Chicago**, 2004.

RIBAS, F. B. T.; SILVA, W. L. Biossorção: uma revisão sobre métodos alternativos promissores no tratamento de águas residuais. **Matéria (Rio de Janeiro)**, 2023.

RODRIGUES, L. V. S. et al. **Avaliação do potencial biossorvente da biomassa de cascas de abacaxi para remoção de agroquímico em matrizes aquosas**. 2019.

SANTOS, M. L. G. **Processo pirolítico da biomassa residual do abacaxi**. 2018. Dissertação (Mestrado em Tecnologia Ambiental) – Universidade de Ribeirão Preto, Ribeirão Preto, 2018.

SILVA, O. O. **Aproveitamento do bagaço de abacaxi (*Ananas comosus* L. Merrill) para produção biotecnológica de xilitol**. 2011.

SINGH, V. et al. Sondagem de expansão térmica de grafeno e dispersão modal a baixa temperatura usando ressonadores de sistemas nanoeletromecânicos de grafeno. **Nanotecnologia**, v. 21, n. 16, 2010.

SOUZA, A. R. M. et al. Irradiação em barras de cereais incorporadas com casca de abacaxi. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 41, p. 610-614, 2011.

SOUZA, F. V. D. et al. **Abacaxizeiros (*Ananas* spp.) cultivados e silvestres**. 2017.



CAPÍTULO 15

Economia Circular Aplicada à Reciclagem de Bitucas de cigarro: Da coleta à obtenção de celulose e seus Derivados

Alessandro Almeida de Souza,
Maria Betânia D ´Henri Teixeira,
Thérèse Hofmann Gatti,
Rômulo Davi Albuquerque Andrade,
Paulo Anselmo Ziani Suarez

Resumo

Nesta nota técnica, apresenta-se uma tecnologia de reciclagem de bitucas de cigarro desenvolvida na Universidade de Brasília e transferida, em 2015, para a empresa Poiato Recicla (Votorantim, SP), contrato renovado consecutivamente e ainda vigente. Nesse processo, esse resíduo sólido poluente é transformado em polpa de celulose e em derivados, como o xantato de celulose (Rayon). O estudo discute essa tecnologia aplicada à economia circular na cadeia produtiva da celulose, indicando que esse modelo de produção sustentável pode reduzir os impactos ambientais e gerar benefícios sociais e econômicos. Os resultados foram expressivos, com um aumento gradual da quantidade de resíduo processado, alcançando 20 mil kg em 2025, o que representa 500 milhões de bitucas recicladas e com a celulose retornando ao ciclo produtivo. Por outro lado, o contrato de licenciamento permite à universidade auferir anualmente royalties, os quais são revertidos nas atividades de ensino, pesquisa e extensão da UnB.

Palavras-chave: Economia circular. Reciclagem. Bitucas de cigarro. Celulose. Sustentabilidade.

1. Introdução

A urbanização acelerada e o consumo massivo de produtos industrializados têm provocado um aumento contínuo na geração de resíduos sólidos, entre os quais as bitucas

de cigarro se destacam por sua abundância em praias, vias públicas e áreas urbanas e por sua persistência ambiental [1,2]. Estudos recentes e levantamentos de campo indicam que cerca de 4,5 trilhões de unidades de filtros são descartadas anualmente, gerando um estoque significativo de material predominantemente composto por acetato de celulose, papel, tabaco não queimado e cinzas. Além disso, a bituca de cigarro apresenta uma matriz química diversa gerada pela pirólise do tabaco, tais como nicotina e hidrocarbonetos policíclicos [3,4]. Esses constituintes podem lixiviar para o solo e para as águas superficiais, com impactos ecotoxicológicos detectáveis em organismos aquáticos (bioindicadores) e vegetais sensíveis [5,6].

Apesar da existência de legislações gerais de gestão de resíduos sólidos, a tipificação legal e a regulamentação específicas para filtros e outros resíduos de tabaco continuam fragmentadas em muitos países, o que dificulta ações coordenadas de coleta e reaproveitamento [7,8]. Estima-se que apenas no Brasil sejam descartadas cerca de 9 mil toneladas anuais desse resíduo [9,10]. O filtro apresenta tempo de degradação que pode chegar a cinco anos [11,12,13].

Nos últimos anos, observa-se uma evolução significativa na conscientização sobre a reciclagem de bitucas. Iniciativas de empresas, universidades e organizações não governamentais têm promovido programas de coleta e transformação desses resíduos, como os projetos da Poiato Recicla, TerraCycle e Ecocit [14]. Essa conscientização vem acompanhada de regulamentações ambientais mais rigorosas e da crescente pressão social por soluções sustentáveis [15,16]. Além disso, essa prática contempla vários (8, 9, 11, 12, 14 e 15) Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), conforme a Figura 1.

Diante desse cenário, a economia circular surge como estratégia fundamental. Diferente do modelo linear de “extrair-produzir-descartar”, a economia circular propõe um ciclo fechado de produção e consumo, valorizando a reutilização, a reciclagem e a regeneração de recursos, que vai ao encontro da política dos 5Rs [17,18]. Aplicada ao contexto das bitucas de cigarro, a economia circular transforma um passivo ambiental em ativo produtivo: o acetato de celulose presente nos filtros é convertido em celulose regenerada. Então, a polpa obtida pode ser reinserida no ciclo produtivo [19,20], como mostrado na Figura 2, podendo ser usada para produção de papel ou outro produto de celulose, ou para a obtenção de derivados, como o acetato de celulose, xantato de celulose (rayon) ou nitrocelulose. Com esse modelo, além de reduzir a pressão sobre aterros e recursos naturais, promove maior eficiência na cadeia produtiva: diminui a demanda por matérias-primas virgens, gera novos nichos de mercado para produtos sustentáveis e incentiva a criação de empregos verdes [6, 21,22].



Figura 1 Objetivos do Desenvolvimento Sustentável contemplados na prática do processo de reciclagem das bitucas.

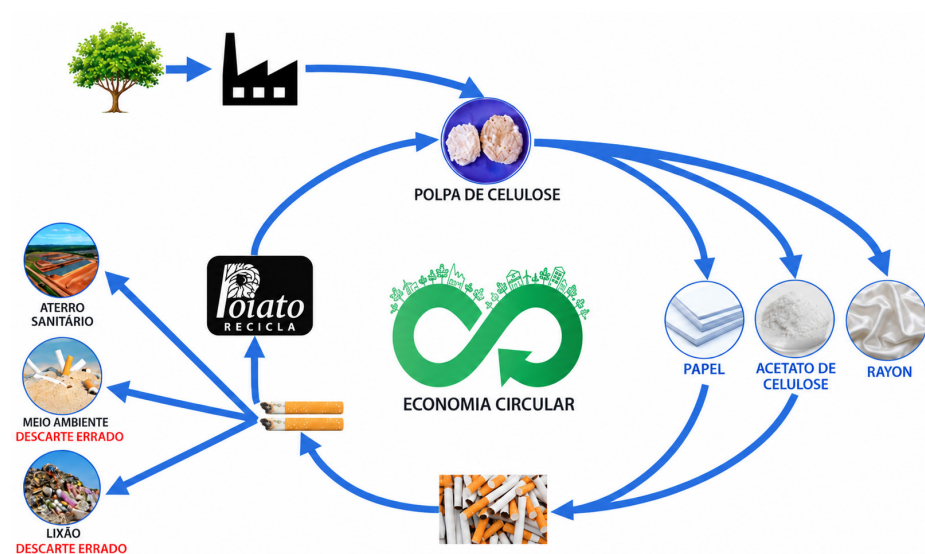


Figura 2 Processo de reciclagem de bitucas de cigarro com foco na economia circular.

Ou seja, a reciclagem de bitucas pode integrar princípios de design regenerativo, onde cada etapa busca maximizar valor e minimizar perdas, transformando um fluxo de resíduos problemático em recurso útil e comercialmente viável [23], conforme Tabela 1. No entanto, assim como para diversos outros resíduos sólidos, não havia tecnologia disponível para a sua

reciclagem visando reintegrar o resíduo ao seu ciclo produtivo por meio da recuperação da celulose presente em sua estrutura. De fato, as poucas abordagens existentes envolviam o seu aproveitamento energético (queima) e compostagem. Então, nosso grupo de trabalho decidiu dedicar esforços para desenvolver uma tecnologia capaz de reciclar bitucas de cigarro de forma a reinserir a celulose presente em seu próprio ciclo produtivo. Neste trabalho, descrevemos a tecnologia de reciclagem, bem como a sua transferência para o mercado.

Tabela 1 Vantagens da Economia Circular na Reciclagem de Bitucas.

Método de Destinação	Impacto Ambiental	Valor Econômico	Sustentabilidade
Aterro Sanitário	Alto (ocupação e risco de contaminação)	Nulo	Baixo
Incineração	Emissões e geração de cinzas tóxicas	Baixo	Baixo
Economia Circular (TCC)	Baixo (reduz poluição e resíduos)	Alto (gera insumo industrial)	Alto (integra cadeia produtiva e gera empregos verdes)

2. A Celulose e os Seus Derivados

A celulose, que é a principal matéria-prima para a produção de papel, é a substância orgânica mais abundante na natureza, sendo muito encontrada na madeira e em fibras vegetais. É um polímero de cadeia longa, formado por unidades monoméricas da β -D-glicose, com fórmula geral $(C_6H_{10}O_5)_n$, sendo n o grau de polimerização da celulose. Na Figura 3, a estrutura da celulose (A) aparece na forma de dímero, para exemplificar a ligação glicosídica formada na união das moléculas de glicose.

A primeira modificação da celulose de que se têm registros consistentes, ocorreu em 1845, com o químico Christian Friedrich Schönbein, que trabalhava nesta época com uma mistura de ácidos nítrico (HNO_3) e sulfúrico (H_2SO_4) com o objetivo de fabricar algum explosivo (Liebert, T). Durante os seus estudos Schönbein acabou derramando uma parte desta solução em sua mesa, e para secá-la, utilizou um pedaço de algodão. Momentos depois o algodão já seco acabou explodindo. Desta maneira, Schönbein descobriu acidentalmente a síntese do nitrato de celulose (Figura 3, estrutura B), um material amplamente usado no início da indústria cinematográfica em carretéis de filmes e em puxadores de gaveta. Além de seu uso ter ajudado a preservar a vida de elefantes, pois substituiu o marfim em muitas aplicações. Porém, o seu uso veio diminuindo ao longo dos anos devido a sua inflamabilidade, pois dependendo do grau de nitração pode ser obtido um explosivo ou plástico, mesmo com o grau de nitração sendo baixo, o plástico obtido apresenta grande

inflamabilidade e instabilidade química ao longo do tempo, exigindo cuidados especiais em seu manuseio e armazenamento.

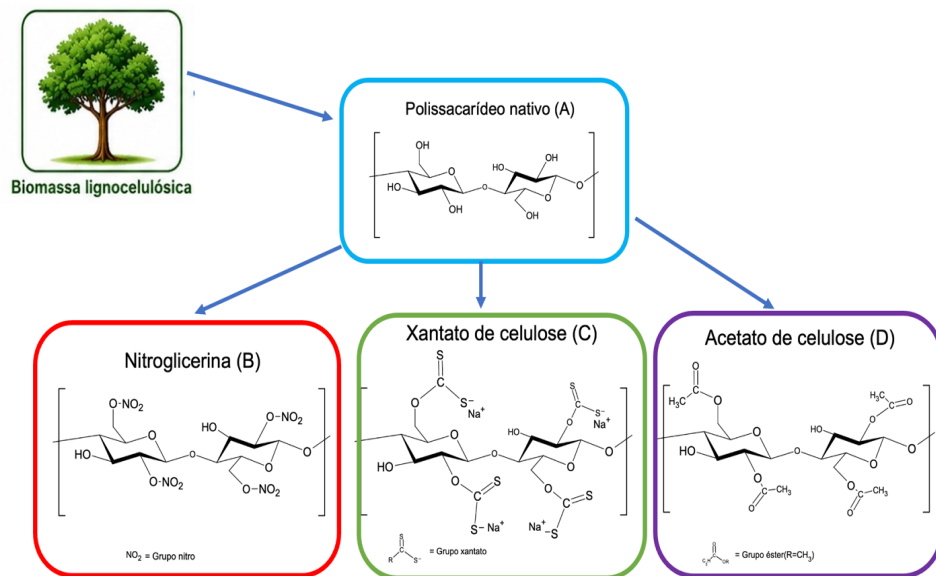


Figura 3 A Celulose e seus principais derivados.

Logo após a descoberta acidental do nitrato de celulose, outra classe de derivados foi desenvolvida: os xantatos de celulose, que deram origem, entre outros produtos, ao rayon e ao celofane. O xantato de celulose ou também chamado de viscose (Figura 3, estrutura C), é utilizado na fabricação de fibras têxteis e embalagens de celofane. A fabricação de viscose começa por umedecer a celulose com hidróxido de sódio. A mistura é então tratada com dissulfeto de carbono para formar o xantato de sódio da celulose, conhecido como viscose. Recebeu esse nome porque sua viscosidade aumenta com o tempo do experimento. Quando a viscosidade é alcançada, a massa é extrudada (etapa final do processo de extrusão) em um banho ácido para formar fibras ou folhas, dependendo da forma do orifício da extrusora. O banho ácido decompõe os grupos de xantato e regenera a celulose, agora denominada rayon de viscose, para diferenciá-la de outros tipos de rayon (Hassan S.El Khadema).

Outra modificação na celulose é o acetato de celulose, que pode ser visualizado na Figura 3, estrutura D, o qual foi sintetizado pela primeira vez em 1865 por Paulo Schutzenberger. Este polímero pode ser obtido pela reação dos grupos hidroxila da celulose

com anidrido acético na presença de um catalisador ácido, normalmente ácido sulfúrico. Desde a sua invenção o acetato de celulose se tornou o derivado com maior importância comercial devido à sua elevada resistência, flexibilidade e transparência. Essas propriedades permitem que ele seja usado em diversos campos de aplicação, tais como: (i) na indústria médica, onde é usado para fabricar instrumentos médicos, próteses e implantes; (ii) na indústria de embalagens, onde é comum o uso de películas transparentes e flexíveis como embalagens de alimentos e medicamentos; (iii) na indústria de filmes fotográficos, onde é usado para fazer filme fotográfico e papel fotográfico; e (iv) na indústria cosmética, o acetato de celulose é utilizado para produzir esponjas e aplicadores para maquiagem. Dentre essa variedade de usos, o acetato de celulose também é utilizado na fabricação de filtros de cigarro, que é responsável por reter componentes tóxicos e poluentes presentes na fumaça do cigarro.

O mercado do acetato de celulose tem apresentado crescimento nos últimos anos, impulsionado principalmente pela demanda crescente por materiais sustentáveis e biodegradáveis. De acordo com um relatório de mercado publicado pela empresa Exactitude Consultancy em 2021, o mercado global de acetato de celulose tem um valor aproximado de US\$ 5,0 bilhões. O relatório também aponta que a região Ásia-Pacífico (APAC) é o maior mercado consumidor de acetato de celulose, seguida pela América do Norte e Europa. No Brasil, o mercado de acetato de celulose também apresenta um bom desempenho. Segundo dados da Associação Brasileira da Indústria Química (ABIQUIM), a produção brasileira de acetato de celulose atingiu cerca de 26 mil toneladas em 2019.

3. A Tecnologia de Reciclagem de Bitucas de Cigarro

A estrutura física das bitucas de cigarro é complexa, formada por múltiplos elementos: o filtro (feito de fibras de acetato de celulose), o papel e o resíduo de tabaco parcialmente queimado, cinzas e outros elementos, como saliva e batom [32], como pode ser visto na Figura 4. O acetato de celulose, derivado da reação entre a celulose e o anidrido acético, é um polímero resistente à biodegradação, sendo amplamente utilizado em filtros pela sua capacidade de reter substâncias químicas [27,28,29]. Durante o consumo, o filtro absorve uma variedade de compostos orgânicos derivados da pirólise do tabaco [32], porém não foram detectados metais pesados como observado na fumaça [28].

Na Universidade de Brasília, foi desenvolvida uma tecnologia para transformar as bitucas de cigarro, sem nenhum tratamento prévio, em polpa de celulose [32]. Durante o processo de polpação ácida ou alcalina, o acetato de celulose é hidrolisado em celulose, conforme pode ser visto na Figura 5, a lignina do tabaco é removida, liberando sua celulo-

se, e o papel é desagregado. Por outro lado, são dissolvidas as cinzas e os compostos químicos adsorvidos no filtro. Como resultado, obtém-se uma suspensão, que, ao ser filtrada, forma uma polpa de celulose e um licor escuro. A polpa de celulose, após ser lavada, está pronta para ser utilizada. Já o licor escuro, único subproduto obtido, é acidificado com ácido clorídrico, ocorrendo a sua coagulação. Dessa forma, separa-se a água, que pode retornar ao processo de polpação, e um sólido marrom que representa aproximadamente 10% da massa original da bituca, o qual é formado essencialmente por fragmentos de lignina.

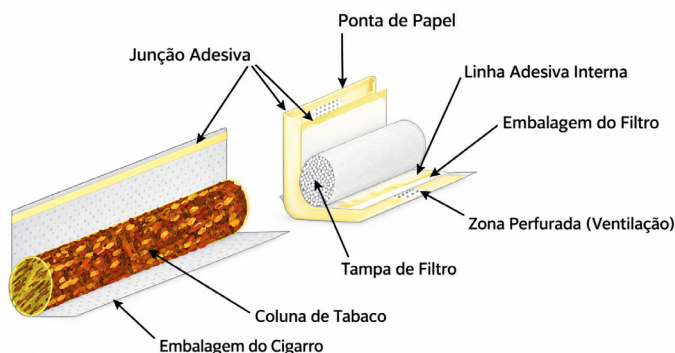


Figura 4 Estrutura física constituinte do cigarro [34]

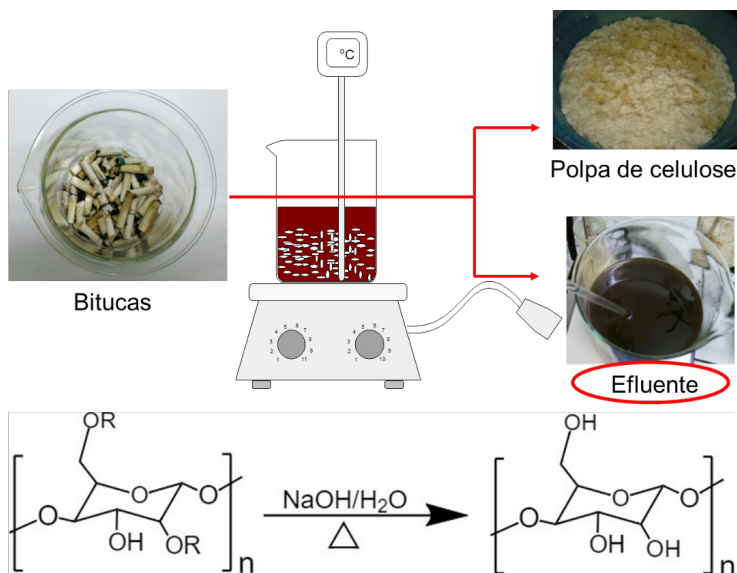


Figura 5 Transformação das bitucas de cigarro em polpa de celulose e licor escuro, onde R pode ser (H-) ou (CH₃CO-).

Para avaliar a qualidade da polpa obtida foi usada uma amostra de bitucas de cigarro cozidas durante 3 h em solução de NaOH 1 M (B), filtro de acetato de celulose sem cozimento (C1) e filtro de acetato de celulose cozido durante 3 h em solução de NaOH 1 M (C2), foram refinadas e os produtos obtidos foram submetidos a testes de resistência e os resultados obtidos nessas análises encontram-se listados na Tabela 2 [32]. Nota-se que para todos os papéis preparados a partir de filtros de cigarro foram verificadas baixas resistências, sugerindo que estas fibras somente poderiam ser usadas na forma de misturas com outras fibras. No entanto, o papel obtido a partir da bituca de cigarro (amostra B) foi o que apresentou o melhor resultado, provavelmente devido à presença de fibras novas de celulose oriundas do tabaco residual e da desagregação do papel mais longas que as presentes no acetato de celulose. Como já esperado, para o filtro usado observou-se um grau de alvura mais baixo quando comparado com os resultados obtidos para os filtros não usados.

Tabela 2 Propriedades físicas determinadas para os papéis preparados com as amostras B e C..

Ensaio	Amostras		
	B	C1	C2
graus Shopper (°SR)	46	14	15
Gramatura (g/m ²)	71,14 (1,98)	67,2 (2,14)	77,3 (1,7)
Espessura (mm)	0,173 (0,004)	0,147 (0,004)	0,239 (0,020)
Alvura (%)	54,16 (0,20)	84,8 (0,51)	84,61 (0,24)
Resistência à tração (kN/m)	0,80 (0,08)	0,07(0,01)	0,40 (0,04)
Índice de tração (kNm/kg)	11,22 (1,83)	1,09 (0,15)	4,95 (0,87)
Alongamento (%)	1,91(0,23)	0,67 (0,08)	1,42 (0,31)

Nota: os números entre parênteses referem-se ao desvio padrão.

Além da produção de papel, também foi utilizada a polpa de celulose obtida a partir da reciclagem de bitucas de cigarro para a obtenção de xantato de celulose. Para tal, a solução obtida pela reação da polpa de celulose de bituca com o reagente de Schweitzer foi injetada vagarosamente, usando uma seringa descartável, em ácido sulfúrico diluído, ocorrendo a formação de filamentos de Rayon, conforme pode ser visualizado na Figura 6.



Figura 6 Retirada das fibras de Rayon preparadas a partir de polpa de celulose obtida pela reciclagem de bitucas de cigarro.

As fibras de Rayon foram, então, lavadas com água destilada, secas e analisadas por espectroscopia de infravermelho, evidenciando a transformação da celulose em xantato de celulose.

4. Desenvolvimento de Processo para a Reciclagem de Bitucas de Cigarro e Transferência da Tecnologia para o Mercado

O processo de reciclagem de bitucas de cigarro, cujo fluxograma pode ser visto na Figura 7, foi desenvolvido pela equipe da UnB utilizando polpação alcalina [31].]

Inicialmente, as bitucas coletadas, e sem tratamento prévio, são tratadas em solução de hidróxido de sódio (NaOH) sob aquecimento. Nesta etapa ocorrem a hidrólise do acetato de celulose e a regeneração da celulose, desagregação do papel, quebra da lignina do tabaco residual e dissolução da cinza. Como resultado, obtém-se uma suspensão de celulose em um licor escuro. Após a filtragem e lavagem, obtém-se polpa de celulose pronta para ser inserida no mercado de celulose, seja para a fabricação de papel ou para a obtenção de derivados, como o Rayon. O licor é acidificado com ácido clorídrico, ocorrendo a sua coagulação, sendo separadas a água, que retorna ao reator de polpação e um resíduo orgânico que pode ser queimado ou enviado para aterro sanitário.

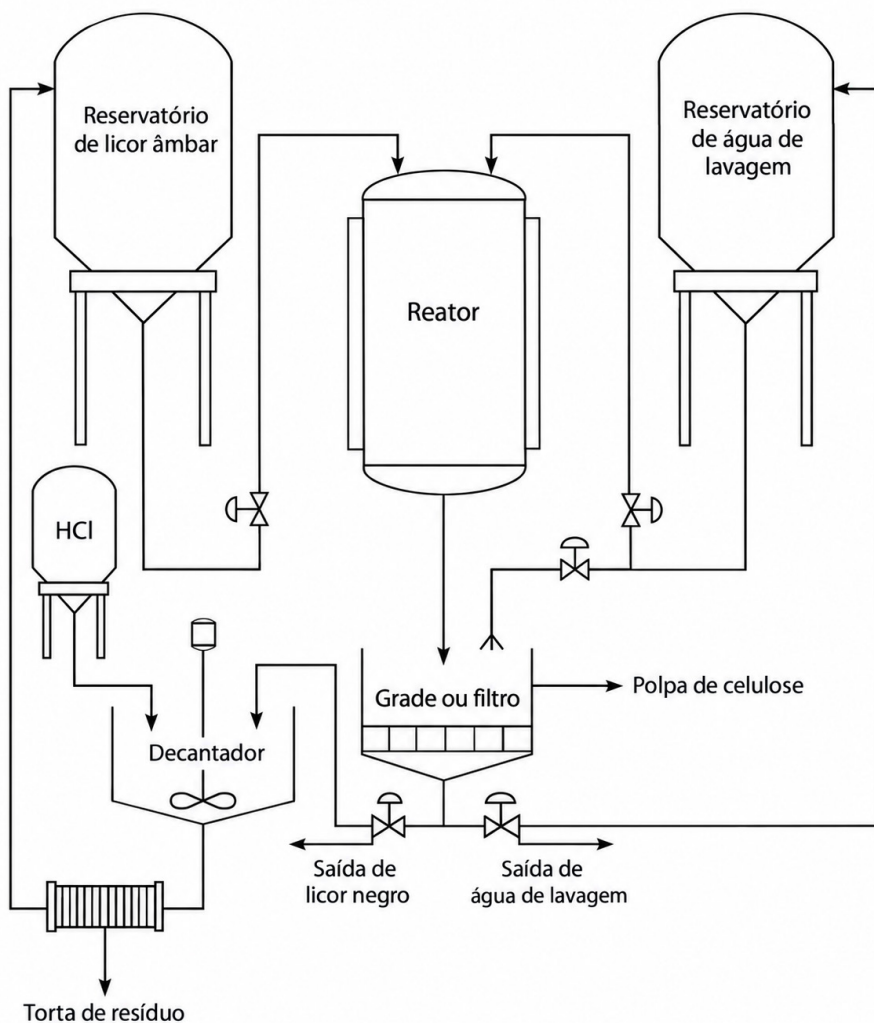


Figura 7 Fluxograma do processo de polpação de bitucas de cigarro desenvolvido pela equipe da UnB [31].

A tecnologia resultante foi transferida para a empresa Poiato Recicla, que instalou em 2017 uma unidade na cidade de Votorantim, SP (Figura 8). Em comunicação primária com a Poiato Recicla, verifica-se que os dados são promissores desde a implementação da tecnologia. Em 2017 foram coletadas e processadas aproximadamente 5 mil kg de resíduos, o que representa cerca de 20 milhões de bitucas. Com uma massiva campanha de conscientização ambiental e um programa de instalação de coletores, somados à logística de coleta, em 2025 os resultados de processamento passaram para 20 mil kg de resí-

duos, representando 500 milhões de bitucas recicladas. Deve-se destacar que o contrato de transferência da tecnologia assinado entre a Universidade de Brasília e a Poiato Recicla foi renovado e encontra-se vigente. Entre as obrigações, o contrato prevê o pagamento de royalties anuais sobre o faturamento líquido da operação de reciclagem de bitucas de cigarro, após relatório de faturamento entregue pela empresa. Os recursos auferidos são distribuídos entre os inventores (1/3 do total) e a administração central da universidade e os Institutos de Artes e de Química (2/3).



Figura 8 Unidade de processamento de bitucas de cigarro da Empresa Poiato Recicla, em Votorantim/SP, que utiliza o processo desenvolvido pela equipe da UnB.

5. conclusão

A reciclagem de bitucas de cigarro em polpa de celulose que pode retornar ao ciclo produtivo e ser usada como matéria-prima para a produção de papel e derivados, como o Rayon, consolida-se como um exemplo notável de aplicação prática da economia circular. A principal vantagem desse processo é a reinserção de materiais no ciclo produtivo, reduzindo o consumo de recursos naturais e evitando a deposição inadequada de resíduos [31]. Além disso, a abordagem tecnológica proposta pela UnB evidencia o papel estratégico das

universidades no desenvolvimento de soluções sustentáveis de baixo custo e alto impacto ambiental positivo. Do ponto de vista da cadeia produtiva, a implementação desse modelo pode gerar oportunidades de trabalho e renda, principalmente para cooperativas de coleta e reciclagem das bitucas. Dessa forma, a reciclagem de bitucas se configura como uma solução tecnicamente viável e socialmente relevante para a gestão sustentável de resíduos sólidos. Finalmente, deve-se destacar que os royalties oriundos do licenciamento da tecnologia para o setor produtivo permitem a arrecadação de recursos para a universidade reinvestir em suas ações de ensino, pesquisa e extensão.

Referências Bibliográficas

1. Kirchherr J, Reike D, Hekkert M. Conceptualizing the circular economy: An analysis of 114 definitions. **Resour Conserv Recycl.** 2017;127:221–32.
2. Geissdoerfer M, Savaget P, Bocken NMP, Hultink EJ. The Circular Economy – A new sustainability paradigm? **J Clean Prod.** 2017;143:757–68.
3. Kaur R, Kaur A, Sharma R, Kumari S, Kumar V. Chemical characterization and bioactivity of cigarette butt extract as oviposition deterrent and larvicide against *Aedes aegypti*. **Parasitol Res.** 2025;124(7):1–12. doi:10.1007/s00436-025-08502-3.
4. Ellen MacArthur Foundation. **Towards the Circular Economy.** London: EMF; 2021.
5. Korhonen J, Honkasalo A, Seppälä J. Circular Economy: The Concept and its Limitations. **Ecol Econ.** 2018;143:37–46.
6. Ghisellini P, Cialani C, Ulgiati S. A review on circular economy: The expected transition to a balanced interplay of environmental and economic systems. **J Clean Prod.** 2016;114:11–32.
7. Rosa P, Sassanelli C, Terzi S. Towards circular business models: A systematic literature review on classification frameworks and archetypes. **J Clean Prod.** 2019;236:117–96.
8. Suárez-Eiroa B, Fernández E, Méndez-Martínez G, Soto-Oñate D. Operational principles of circular economy for sustainable development: Linking theory and practice. **J Clean Prod.** 2019;214:952–61.
9. Bocken NMP, de Pauw IC, Bakker C, van der Grinten B. Product design and business model strategies for a circular economy. **J Ind Prod Eng.** 2016;33(5):308–20.
10. European Commission. **Circular Economy Action Plan: For a cleaner and more competitive Europe.** Brussels; 2020.
11. Murray A, Skene K, Haynes K. The circular economy: An interdisciplinary exploration of the concept and application in a global context. **J Bus Ethics.** 2017;140:369–80.
12. Kalmykova Y, Sadagopan M, Rosado L. Circular economy – From review of theories and practices to development of implementation tools. **Resour Conserv Recycl.** 2018;135:190–201.
13. Pauliuk S. Critical appraisal of the circular economy standard BS 8001:2017 and a dashboard of quantitative system indicators for its implementation in organizations. **Resour Conserv Recycl.** 2018;129:81–92.
14. Chertow MR, Park J. Institutional diversity in complex industrial symbiosis networks. **J Ind Ecol.** 2016;20(2):293–306.

15. Mathews JA, Tan H. Progress toward a circular economy in China. **J Ind Ecol.** 2016;20(3):515–27.
16. Saidani M, Yannou B, Leroy Y, Cluzel F, Kendall A. A taxonomy of circular economy indicators. **J Clean Prod.** 2019;207:542–59.
17. Rahla KM, Mateus R, Bragança L. Implementing circular economy strategies in buildings: An overview. **Environ Dev Sustain.** 2021;23:14551–73.
18. Winans K, Kendall A, Deng H. The history and current applications of the circular economy concept. **Renew Sustain Energy Rev.** 2017;68:825–33.
19. Sassanelli C, Rosa P, Rocca R, Terzi S. Circular economy performance assessment methods: A systematic literature review. **J Clean Prod.** 2019;229:440–53.
20. Haupt M, Vadenbo C, Hellweg S. Do we have the right performance indicators for the circular economy? **J Ind Ecol.** 2017;21(3):615–27.
21. Niero M, Kalbar P. Coupling material circularity indicators and life cycle assessment: A proposal to advance the assessment of circular economy strategies at the product level. **Resour Conserv Recycl.** 2019;140:305–12.
22. Tseng ML, Chiu ASF, Lim MK. Application of big data in circular economy: Framework and case study of service-oriented smart waste management. **J Clean Prod.** 2021;322:129–46.
23. Reike D, Vermeulen WJ, Witjes S. The circular economy: New or Refurbished as CE 3.0? **Resour Conserv Recycl.** 2018;135:246–64.
24. Homrich AS, Galvão G, Abadia LG, Carvalho MM. The circular economy umbrella: Trends and gaps on integrating pathways. **J Clean Prod.** 2018;175:525–43.
25. Batista L, Gong Y, Pereira S, Jia F, Bittar A. Circular business models: Current state and future directions. **J Clean Prod.** 2018;213:147–56.
26. Pagotto M, Halog A. Towards a circular economy in Australian agri-food industry: An integrated framework. **J Clean Prod.** 2016;135:936–50.
27. Dantas T, de-Souza BC, Destro IR, Lima GBA, Quelhas OLG. How the combination of Circular Economy and Industry 4.0 can contribute towards achieving the Sustainable Development Goals (SDGs): A systematic literature review. **J Clean Prod.** 2021;281:125–29.
28. Barnes RL. Regulating the disposal of cigarette butts as toxic hazardous waste. **Tob Control.** 2011;20:45–8.
29. Moerman JW, Potts GE. Analysis of metals leached from smoked cigarette litter. **Tob Control.** 2011;20:30–5.
30. Poll C. **Anuário Brasileiro do Tabaco.** Santa Cruz do Sul: Editora Gazeta; 2013.
31. Souza AA. **Reciclagem de bituca de cigarro para obtenção de celulose e seu derivado xantato** [dissertação]. Brasília (DF): Universidade de Brasília; 2022.
32. Teixeira MB d'H, Duarte MAB, Garcez LR, Rubim JC, Gatti TH, Suarez PAZ. Process development for cigarette butts recycling into cellulose pulp. **Waste Manag.** 2017;60:140–50.
33. Martins GBC, Montenegro MA, Suarez PAZ. Kit colorimétrico para detecção de metanol em etanol combustível. **Quím Nova.** 2015;38(2):280–4.
34. Podraza, K. (2001). "Basic principles of cigarette design and function," Retrieved Jan. 12, 2013. URL: http://www.lsr.org/presentation_files/air/m_011029/podraza_102901.pdf



Revestimentos Biodegradáveis à Base de Fécula de Mandioca na Conservação Pós-colheita da Banana

Álesson Antônio Silva de Souza, Perla Joana Souza Gondim

Resumo

As tecnologias pós-colheita voltadas à conservação de frutas têm ganhado destaque nos últimos anos, impulsionadas pela crescente demanda por alimentos com melhor qualidade sensorial e visual e maior vida útil. Nesse contexto, as coberturas biodegradáveis à base de biopolímeros naturais têm se mostrado alternativas promissoras, devido ao baixo custo, à biodegradabilidade e ao potencial de aplicação em sistemas sustentáveis de conservação de alimentos. A banana (*Musa spp.*), uma das frutas mais consumidas mundialmente, apresenta elevada perecibilidade, o que contribui para perdas significativas durante o armazenamento e comercialização. Diante desse cenário, este estudo teve como objetivo avaliar o efeito de revestimentos biodegradáveis à base de fécula de mandioca (*Manihot esculenta*) na conservação pós-colheita de bananas. O experimento foi conduzido em delineamento em blocos casualizados, em arranjo fatorial 3×4 , com três tratamentos (controle, fécula de mandioca a 4% e fécula de mandioca a 8%) e quatro períodos de armazenamento (3, 6, 9 e 12 dias). Foram avaliadas características físicas e físico-químicas dos frutos. Os resultados indicaram que os revestimentos com fécula de mandioca foram eficientes na redução da perda de massa e na manutenção das características físico-químicas dos frutos, destacando-se a concentração de 8% como a mais eficaz para prolongar a vida útil das bananas. Além dos benefícios tecnológicos, o uso desse biopolímero natural reforça os princípios da bioeconomia e da economia circular, ao valorizar recursos renováveis amplamente disponíveis em regiões tropicais. Dessa forma, a aplicação dessa tecnologia sustentável pode contribuir para a redução de perdas pós-colheita, agregação de valor à produção agrícola e geração de impactos socioeconômicos positivos para agricultores familiares e pequenas agroindústrias.

Palavras-chave: *Musa spp.* *Manihot esculenta*. Pós-colheita. Tecnologias sustentáveis.

1. Introdução

A fruticultura brasileira destaca-se no cenário agrícola mundial por sua expressiva produção, impulsionada por uma vasta biodiversidade e pela riqueza de seus biomas, climas e solos. Nesse contexto, a atividade configura-se como estratégica para a economia, a segurança alimentar e o desenvolvimento sustentável do país. Segundo Petry et al. (2025), além de sua relevância interna, as frutas produzidas no Brasil vêm ganhando destaque no mercado internacional, desempenho que está diretamente associado aos avanços científicos e tecnológicos que ampliam a competitividade do setor.

Paralelamente, observa-se a incorporação de práticas alinhadas aos princípios da sustentabilidade e da economia circular, promovendo o aproveitamento integral da produção, a valorização de frutas frescas ou processadas e a redução de perdas. Apesar desse potencial, o setor enfrenta o desafio da elevada perecibilidade dos produtos, principalmente na região tropical, onde as condições ambientais aceleram os processos de amadurecimento e senescência, comprometendo a qualidade pós-colheita e gerando impactos negativos para produtores, distribuidores e consumidores.

Entre os frutos tropicais que apresentam altas taxas de perdas, destaca-se a banana (*Musa spp.*), uma cultura de alto valor econômico e alimentar, amplamente consumida no Brasil tanto in natura quanto na forma processada. A cultura apresenta excelente adaptação e rendimento em todas as regiões do país, merecendo destaque o estado do Amazonas, que registrou uma produção de aproximadamente 174 mil toneladas em 2024, de acordo com dados do IBGE. Por apresentar comportamento climatérico, a banana possui alta taxa respiratória e intensa produção de etileno durante a curva de maturação. Esses fatores fisiológicos aceleram a senescência e reduzem drasticamente a sua vida útil pós-colheita, tornando o fruto altamente suscetível à perda de massa, alterações sensoriais indesejáveis e deterioração microbiológica.

Ao longo das últimas décadas, diversas tecnologias foram desenvolvidas com o objetivo de mitigar essas perdas e prolongar a longevidade dos frutos, incluindo o aprimoramento da cadeia de frio, o uso de irradiação e a aplicação de ceras comerciais ou polímeros sintéticos. Essas estratégias visam retardar o metabolismo vegetal, minimizar danos fisiológicos e microbiológicos, e preservar os atributos físico-químicos e sensoriais até que o produto alcance o consumidor final.

Nesse cenário, métodos inovadores e sustentáveis de conservação têm ganhado protagonismo, especialmente os revestimentos biodegradáveis, que surgem como alternativas sustentáveis às tecnologias convencionais. Segundo Andriani e Handayani (2023), esses revestimentos atuam como barreiras semipermeáveis às trocas gasosas e à perda de

umidade, contribuindo diretamente para a redução da taxa respiratória e o retardamento do amadurecimento. Além disso, tais matrizes poliméricas podem funcionar como veículos para a incorporação de compostos bioativos, como antioxidantes e agentes antimicrobianos naturais, agregando valor funcional e sanitário aos alimentos.

Pesquisas recentes demonstram que os revestimentos biodegradáveis são capazes de prolongar significativamente a vida útil de frutos, mantendo sua qualidade sensorial, com a vantagem de serem sustentáveis e biocompatíveis com o organismo humano. Galvão (2024) destaca essa tecnologia como particularmente promissora para frutos tropicais que, devido às elevadas taxas respiratórias e ao comportamento climatérico, apresentam vida útil pós-colheita reduzida, geralmente variando entre três e cinco dias.

Diante do exposto, o presente estudo tem como objetivo avaliar o efeito de diferentes concentrações de revestimento biodegradável à base de fécula de mandioca na conservação pós-colheita de bananas produzidas no município de Humaitá, Amazonas, visando contribuir para o desenvolvimento de estratégias tecnológicas aplicáveis à redução de perdas e à manutenção da qualidade de frutos em regiões de clima tropical.

Referencial Teórico

Panorama da bananicultura e desafios pós-colheita

A fruticultura constitui um dos segmentos mais relevantes da agricultura mundial. No Brasil, está presente em todos os estados, favorecida pela diversidade de climas, solos e variedades de frutas. Nesse contexto, consolida-se como uma importante estratégia socioeconômica para a geração de emprego e renda no meio rural, além de contribuir para a segurança alimentar e a diversificação das economias regionais.

Uma das regiões com grande diversidade de espécies frutíferas é a Amazônia. Segundo Cuéllar Álvarez (2025), essas culturas desempenham papel relevante tanto na conservação quanto na restauração dos ecossistemas, além de apresentarem importância econômica, bioquímica e agroindustrial, contribuindo para sua valorização no mercado mundial.

Dentre os frutos produzidos, destaca-se a banana (*Musa spp.*), amplamente disseminada no mundo e com grande relevância no Brasil, onde é cultivada em todas as regiões, com diversas variedades. O fruto apresenta elevado valor nutricional e grande versatilidade na alimentação humana, sendo considerado uma importante fonte de energia. Em termos de produção, o Brasil ocupa a quarta posição mundial, porém com baixa participação no mercado exportador, em função do elevado consumo interno.

No estado do Amazonas, segundo o IBGE (2024), a produção alcançou aproximadamente 69 mil toneladas, com destaque para a região do rio Madeira, incluindo municípios como Manicoré, Novo Aripuanã e Humaitá, importantes polos produtores. Apesar dessa expressiva produção, a cultura da banana enfrenta desafios significativos no período pós-colheita.

Entre esses desafios, destacam-se as elevadas perdas, estimadas entre 25% e 50%, associadas a alterações fisiológicas, amolecimento dos tecidos, deterioração microbiológica e manuseio inadequado durante o transporte e armazenamento (Shinga et al., 2025). Nesse contexto, tecnologias como o desenvolvimento de revestimentos biodegradáveis têm sido estudadas como alternativas para reduzir essas perdas. Dentre elas, destaca-se a fécula de mandioca, um biopolímero de baixo custo e fácil acesso, com potencial para prolongar a vida útil e retardar o amadurecimento, tornando o fruto mais atrativo ao consumidor.

Fisiologia e Bioquímica do amadurecimento

O processo de maturação dos frutos envolve uma série de transformações fisiológicas, bioquímicas e estruturais que ocorrem após a colheita. Esse processo compreende alterações metabólicas complexas, nas quais diversas enzimas têm sua atividade intensificada, resultando em modificações físicas e químicas, como a perda de massa por transpiração e a oxidação de substratos respiratórios, redução da acidez, aumento de sólidos solúveis e mudanças na coloração da casca. A banana, por ser um fruto climatérico, tende a continuar o amadurecimento após a colheita, atingindo um pico respiratório característico.

Nesse contexto, a respiração do fruto constitui uma atividade fisiológica essencial, associada ao consumo de oxigênio (O_2) e à liberação de dióxido de carbono (CO_2). Além disso, fatores como a temperatura exercem forte influência sobre esse processo, sendo observado que o aumento térmico eleva significativamente a taxa respiratória. Conforme relatado por Triardianto et al. (2026), incrementos de 10 °C podem duplicar a taxa de respiração, intensificando o metabolismo do fruto.

Nesse sentido, a banana apresenta elevada taxa respiratória, a qual se intensifica ao longo do amadurecimento, uma vez que a respiração envolve a degradação de compostos orgânicos, como carboidratos, proteínas e lipídios, em moléculas mais simples, com liberação de energia na forma de ATP. Entre os principais substratos respiratórios presentes nos frutos destacam-se os açúcares e os ácidos orgânicos, geralmente armazenados nos vacúolos celulares. A composição e a proporção desses compostos desempenham papel fundamental na determinação do sabor e do paladar do fruto, estando diretamente rela-

cionadas às alterações sensoriais observadas durante o amadurecimento. Esse metabolismo respiratório também se associa ao avanço da maturação e, posteriormente, à senescência dos frutos (Sugianti et al., 2022).

A partir dessas transformações metabólicas, diversas alterações tornam-se evidentes durante a maturação dos frutos, destacando-se a conversão do amido em açúcares simples, a degradação da clorofila e a modificação da estrutura das paredes celulares, processos que contribuem para o amolecimento da polpa e o desenvolvimento das características sensoriais desejáveis pelos consumidores (Moreno et al., 2021).

O amadurecimento da banana também está associado a mudanças visíveis na coloração da casca, que evolui do verde para o amarelo, iniciando-se, geralmente, na região central do fruto e avançando em direção às extremidades. Essas alterações estão relacionadas a transformações bioquímicas e biofísicas que impactam diretamente a qualidade e a vida útil do produto (Ringer e Blanke, 2021). Essas transformações são fortemente reguladas pela ação do etileno, hormônio vegetal chave no controle do amadurecimento em frutos climatéricos.

Dinâmica do etileno na pós-colheita do fruto

O etileno é um hormônio vegetal gasoso que desempenha papel fundamental na regulação do amadurecimento de frutos, especialmente em espécies climatéricas. Durante o desenvolvimento dos frutos, a produção de etileno ocorre em baixos níveis na fase pré-climatérica, aumentando progressivamente à medida que o fruto se aproxima do amadurecimento, desencadeando uma série de respostas fisiológicas (Arista e Ardiningtyas, 2024).

Durante esse processo, pequenas quantidades de etileno são capazes de estimular sua própria síntese, caracterizando um mecanismo autocatalítico. Esse aumento na produção do hormônio ativa diversas reações metabólicas no tecido do fruto, incluindo a degradação da clorofila, a conversão de amido em açúcares, a modificação da pectina e a transformação de compostos orgânicos complexos em moléculas mais simples (Hewajulige e Premaseela, 2020).

O etileno atua como a principal molécula reguladora do amadurecimento e da qualidade em frutos climatéricos, tendo sua biossíntese a partir da metionina, via S-adenosilmetionina (SAM) e ácido 1-aminociclopropano-1-carboxílico (ACC), sendo regulada principalmente pelas enzimas ACC sintase e ACC oxidase. Nesse contexto, a compreensão dos mecanismos relacionados à biossíntese e à ação do etileno é fundamental para o desenvolvimento de estratégias que permitam controlar ou retardar o amadurecimento,

contribuindo para a redução das perdas pós-colheita e para a manutenção da qualidade dos frutos durante o armazenamento e a comercialização (Wang et al., 2024).

Tecnologias de revestimentos biodegradáveis

A conservação pós-colheita de frutas e hortaliças tem recebido crescente atenção, impulsionada pelas exigências dos consumidores por produtos com maior qualidade e vida útil prolongada. Nesse contexto, os revestimentos biodegradáveis têm sido amplamente estudados como uma alternativa tecnológica promissora para a redução de perdas e a manutenção da qualidade dos alimentos.

Esses revestimentos são aplicados diretamente sobre a superfície do produto e atuam como barreiras semipermeáveis, capazes de regular as trocas gasosas e a perda de umidade entre o fruto e o ambiente externo. Como consequência, contribuem para a redução da taxa respiratória, o retardamento do amadurecimento e a minimização da perda de massa e de compostos voláteis (Andrade et al., 2022).

Além de sua função como barreira física, os revestimentos biodegradáveis podem incorporar compostos bioativos, como antioxidantes e agentes antimicrobianos, ampliando sua funcionalidade na conservação de produtos frescos. Nesse sentido, os materiais biodegradáveis destacam-se em relação aos polímeros sintéticos, devido à sua biodegradabilidade, segurança e potencial de preservação das propriedades sensoriais (Mendonça, 2023).

Entre os biopolímeros utilizados, os materiais à base de amido têm se destacado devido ao seu baixo custo, ampla disponibilidade e biodegradabilidade. A fécula de mandioca, em particular, apresenta elevado potencial para a formulação de revestimentos biodegradáveis aplicados na conservação pós-colheita de frutas e hortaliças.

Estudos indicam que a incorporação de compostos adicionais em revestimentos à base de amido pode melhorar suas propriedades funcionais, contribuindo para a redução de alterações fisiológicas e bioquímicas durante o armazenamento. Além disso, esses materiais apresentam elevada aceitação ambiental, sendo considerados alternativas promissoras aos revestimentos sintéticos (Oyom et al., 2022).

Pesquisas conduzidas com diferentes espécies frutíferas têm demonstrado resultados positivos na utilização de revestimentos biodegradáveis à base de fécula de mandioca. Pereira et al. (2019), por exemplo, observaram que sua aplicação contribuiu para a preservação de características físico-químicas importantes em frutos de caju, como cor, acidez titulável e teor de vitamina C.

Adicionalmente, a combinação de diferentes biopolímeros pode potencializar os efeitos dos revestimentos. Felicio et al. (2021) demonstraram que a associação de quito-

sana, proteína do soro de leite, amido de mandioca e ácido láctico foi eficaz em retardar o amadurecimento de frutos de *Hancornia speciosa*, promovendo melhorias em parâmetros como pH, acidez e sólidos solúveis.

Dessa forma, a escolha do revestimento adequado para cada espécie frutífera é fundamental para garantir a manutenção da qualidade pós-colheita, devendo atuar como barreira protetora contra danos mecânicos e microbiológicos, além de reduzir perdas de compostos voláteis e preservar a aparência e a qualidade sensorial dos frutos.

Apesar dos avanços no uso de revestimentos biodegradáveis em diversas frutíferas, a aplicação específica de diferentes concentrações de fécula de mandioca em bananas cultivadas nas condições edafoclimáticas do Amazonas ainda demanda investigação. Diante da necessidade de tecnologias de baixo custo para a região do Rio Madeira, o estudo do efeito do revestimento torna-se essencial para validar a eficiência na manutenção da qualidade pós-colheita do fruto.

Metodologia

Bananas (*Musa* spp.) foram adquiridas de um produtor local na comunidade de São Miguel, situada na zona rural de Humaitá, Amazonas, Brasil. Os frutos foram colhidos no ponto de maturação “de vez,” caracterizado pelo preenchimento dos cachos e desprendimento fácil das flores secas. Após a colheita, as bananas foram transportadas para o Laboratório de Fitotecnia do Instituto de Educação, Agricultura e Ambiente da Universidade Federal do Amazonas (UFAM), no campus de Humaitá.

Para assegurar a qualidade dos frutos, foi realizada uma seleção com base no estágio de maturação e em uma inspeção visual. A sanitização foi feita por meio da imersão dos frutos em uma solução de hipoclorito de sódio a 2,5% (160 mL diluídos em 2 L de água deionizada) por três minutos, seguida de drenagem em bandejas para a remoção do excesso da solução sanitizante.

A cobertura biodegradável foi preparada em concentrações de 4% e 8% de fécula de mandioca. Para isso, foram pesados 40 g e 80 g de fécula, respectivamente, cada uma dissolvida em 1 L de água deionizada. As misturas foram aquecidas em fogo médio até gelificação completa e, em seguida, resfriadas em banho-maria. A aplicação das coberturas foi realizada por imersão dos frutos nas suspensões de fécula por três minutos, e depois os frutos foram colocados em bandejas para remoção do excesso da cobertura. Em seguida, os frutos foram acondicionados individualmente em embalagens e armazenados a 14 °C em câmara BOD por um período de 12 dias.

A perda de massa dos frutos foi monitorada ao longo do experimento. A pesagem inicial foi realizada em uma balança semi-analítica (RADAGW), logo após a aplicação do revestimento com as amostras do dia 12. A variação de perda de massa foi calculada pela equação $(\text{Massa inicial} - \text{Massa final}) / (\text{Massa inicial})$, em que os resultados foram expressos em g.

O pH da polpa foi determinado utilizando 5 g da polpa de cada amostra, diluída em 50 mL de água destilada. As medições foram realizadas com um pHmetro (Aifakt), calibrado e operado conforme as instruções do fabricante.

Para a determinação dos sólidos solúveis (SS), foi utilizada a polpa da fruta, com leituras realizadas em um refratômetro digital (Megabrix) previamente calibrado com água destilada, sendo os resultados expressos em °Brix.

A acidez titulável (AT) foi determinada pelo método titulométrico. Para essa análise, 5 g de polpa foram diluídos em 50 ml de água destilada, sendo adicionadas quatro gotas de solução de fenolftaleína a 1% como indicador, conforme o método oficial 942.15 da AOAC (2019). A titulação foi realizada com solução de hidróxido de sódio (NaOH 0,1 mol L⁻¹) até o aparecimento de coloração rósea persistente. Os resultados foram expressos em porcentagem de ácido málico.

O experimento foi conduzido em delineamento em blocos casualizados (DBC), em esquema fatorial 3 × 4, composto por três tratamentos de revestimento: T1 (controle – água destilada), T2 (fécula de mandioca a 4%) e T3 (fécula de mandioca a 8%), e quatro períodos de armazenamento (3, 6, 9 e 12 dias). Cada parcela experimental foi constituída por um fruto, com três repetições por tratamento.

Os dados experimentais foram organizados e analisados utilizando o software R (R Core Team, 2023), com auxílio do pacote expdes.pt, empregando a função fat2.dbc. Inicialmente, os resíduos do modelo foram submetidos ao teste de normalidade de Shapiro–Wilk ($p \leq 0,05$). Após a verificação dos pressupostos estatísticos, os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA). Quando observadas interações significativas entre os fatores, realizou-se o desdobramento das interações para melhor interpretação dos efeitos dos tratamentos. Adicionalmente, foram ajustados modelos de regressão para avaliar o comportamento das variáveis ao longo do período de armazenamento. As médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

Resultados e Discussão

Os frutos de banana (*Musa* spp.) submetidos aos diferentes tratamentos apresentaram modificações visuais ao longo do período de armazenamento, evidenciando de forma

consistente a influência do revestimentos biodegradáveis à base de fécula de mandioca sobre a dinâmica do amadurecimento. Observou-se heterogeneidade na coloração da epiderme, caracterizada pelo amarelecimento progressivo em parte dos frutos, enquanto outros ainda mantinham aproximadamente 30% da superfície verde. Tal variação sugere diferenças no estágio fisiológico inicial, fator que pode interferir diretamente na resposta ao tratamento e na taxa de evolução do amadurecimento.

No 12º dia de armazenamento, constatou-se a presença de manchas escuras na região próxima ao pedúnculo, mais pronunciadas nos frutos pertencentes ao tratamento controle. Embora esse escurecimento não tenha afetado a integridade da polpa, constitui um indicativo do avanço do processo de senescência. Do ponto de vista comercial, esse aspecto assume relevância, uma vez que a aparência externa é determinante na decisão de compra, podendo comprometer a aceitação do produto pelo consumidor, conforme descrito por Pereira et al. (2023).



Figura 1 Frutos de banana revestidos com fécula de mandioca aos 12 dias de armazenamento em BOD a 14 °C. *Fonte:* Autor (2024).

Nesse contexto, Soares et al. (2020), citados por Moraes et al. (2022), ressaltam que a aparência visual representa um dos principais atributos de qualidade considerados no momento da aquisição de frutos. Esse parâmetro está diretamente associado às transformações bioquímicas inerentes ao amadurecimento, especialmente à degradação da clorofila, catalisada pela enzima clorofilase, e à subsequente síntese de carotenoides, responsáveis

pela mudança da coloração verde para amarela. Assim, a adoção de estratégias que retardem esses processos metabólicos mostra-se essencial para a preservação da qualidade visual, ampliação da vida útil e redução de perdas pós-colheita.

Os resíduos do modelo ajustado para a variável perda de massa (PM) apresentaram distribuição normal, conforme indicado pelo teste de Shapiro-Wilk ($p = 0,55$), atendendo ao pressuposto de normalidade ao nível de 5% de significância. A análise de variância revelou efeito significativo dos fatores tratamento e tempo de armazenamento de forma isolada, não sendo observada interação significativa entre esses fatores. Esses resultados evidenciam que os tratamentos exerceram influência sobre a perda de massa dos frutos de banana (*Musa spp.*), assim como houve variação dessa variável ao longo do período de armazenamento.

Diante da ausência de interação significativa, procedeu-se à análise dos efeitos simples. O efeito dos tratamentos foi avaliado por meio do teste de Tukey a 5% de probabilidade, enquanto o efeito do tempo de armazenamento foi analisado por regressão, adotando-se modelo quadrático (2º grau), o qual melhor descreveu o comportamento da variável ao longo do tempo.

Conforme apresentado na Tabela 1, o tratamento controle (T1) apresentou maior média de perda de massa em bananas armazenadas em câmara BOD a 14 °C, quando comparado aos frutos submetidos ao revestimentos biodegradáveis à base de fécula de mandioca nas concentrações de 4% (T2) e 8% (T3). Verificou-se diferença estatisticamente significativa entre o tratamento controle e os tratamentos com aplicação de fécula de mandioca, evidenciando a eficácia do revestimento na redução da perda de massa. Por outro lado, não foi observada diferença significativa entre as concentrações de 4% e 8%, segundo o teste de Tukey ($p \leq 0,05$), indicando comportamento semelhante entre esses níveis de concentração.

Tabela 1 Perda de massa da banana (*Musa spp.*) utilizando diferentes concentrações de fécula de mandioca.

Tratamento	Médias
Tratamento Controle	0,1630 a
Fécula de mandioca 4%	0,1453b
Fécula de mandioca 8%	0,1409b
Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si.	

Fonte: Autor (2024).

Na Figura 2, observa-se a confirmação visual dos resultados obtidos na análise estatística, evidenciando que a perda de massa foi mais acentuada ao longo do tempo no tratamento controle (T1). Em contraste, os tratamentos com aplicação de fécula de mandioca (T2 e T3) apresentaram menor redução de massa, indicando a eficácia do revestimentos biodegradáveis na conservação dos frutos. Embora ambos os níveis de concentração tenham demonstrado efeito positivo, não se verificou diferença expressiva entre as concentrações de 4% e 8%, corroborando os resultados do teste estatístico.

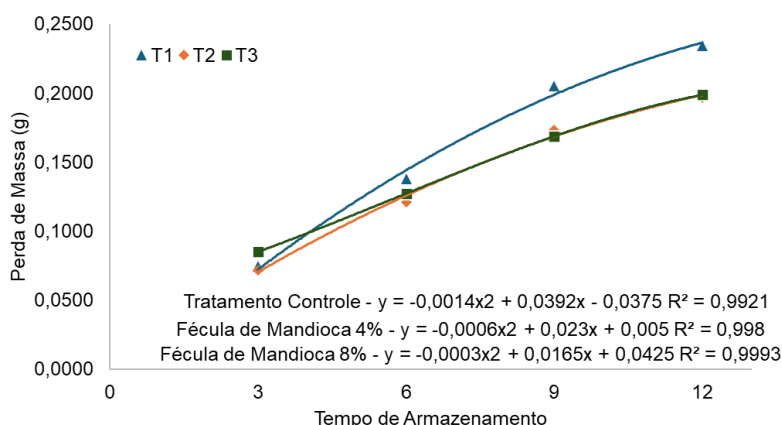


Figura 2 Perda de massa da banana (*Musa* spp.) ao longo do tempo de armazenamento. Fonte: Autor (2024).

A eficiência da fécula de mandioca na redução da perda de massa pode ser atribuída à formação de uma barreira protetora na superfície do fruto, especialmente em maiores concentrações e quando associada à refrigeração. Essa barreira atua reduzindo a desidratação osmótica da casca, limitando a transpiração e as trocas gasosas. Como consequência, há menor absorção de O_2 e redução na liberação de CO_2 , contribuindo para a desaceleração do metabolismo e da perda de água.

Resultados semelhantes foram reportados por Portela et al. (2022), ao avaliarem o uso de revestimento à base de fécula de mandioca em bananas 'Nanica', observando perdas médias de massa em torno de 12% durante o armazenamento. Em contrapartida, Bragança et al. (2021) não identificaram diferenças estatísticas significativas entre os tratamentos avaliados, sendo constatada apenas uma redução gradual da massa ao longo do tempo.

A redução da perda de massa observada neste estudo está diretamente relacionada à formação de uma barreira semipermeável proporcionada pelo revestimento biodegradável. De acordo com Santos et al. (2020), esse tipo de revestimento modifica a atmosfera

ao redor do fruto, reduzindo a taxa de transpiração e as trocas gasosas, favorecendo a retenção de água e contribuindo, assim, para a manutenção da qualidade pós-colheita.

O teor de açúcares nos frutos constitui um atributo fundamental da qualidade sensorial, influenciando diretamente o sabor e a aceitação pelo consumidor. Para a variável sólidos solúveis (SS), os resíduos do modelo atenderam ao pressuposto de normalidade, conforme indicado pelo teste de Shapiro-Wilk ($p = 0,59$). A análise de variância revelou interação significativa entre os fatores tratamento e tempo de armazenamento, além de efeitos significativos dos fatores de forma isolada, evidenciando que a resposta dos tratamentos variou ao longo do período avaliado.

Conforme apresentado na Tabela 2, no terceiro dia de armazenamento, não houve diferença estatística entre o tratamento controle e o tratamento com fécula de mandioca a 8%, enquanto o tratamento com fécula de mandioca a 4% diferiu significativamente dos demais. Ao longo do armazenamento, observa-se que o tratamento com fécula de mandioca a 8% foi mais eficiente na manutenção dos teores de sólidos solúveis até o 9º dia, comportamento que não se manteve no 12º dia, quando não foram observadas diferenças significativas entre os tratamentos.

Tabela 2 Sólidos Solúveis (°Brix) da banana (*Musa spp.*) tratados com diferentes concentrações de fécula de mandioca.

Tratamento	Dias de armazenamento			
	3	6	9	12
Tratamento controle	20,53 ^a	12,53 ^b	16,53 ^c	21,7 ^{ns}
Fécula de Mandioca 4%	12,7 ^b	13,4 ^b	13,05 ^b	20,1 ^{ns}
Fécula de Mandioca 8%	20,8 ^a	19,63 ^a	20,21 ^a	21,13 ^{ns}
Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. ns = não significativo				

Fonte: Autor (2024).

A variação nos teores de sólidos solúveis entre os tratamentos ao longo do tempo pode ser atribuída, em grande parte, às diferenças no estágio de maturação dos frutos. Em frutos revestidos, observa-se redução na taxa respiratória, o que implica menor consumo de açúcares como substrato energético, contribuindo para a manutenção dos teores de SS em determinados períodos do armazenamento.

Os resultados obtidos diferem daqueles reportados por Santos et al. (2024), que não observaram efeito significativo do tipo de revestimento ou do tempo de armazenamento sobre os sólidos solúveis em melões minimamente processados armazenados por 14 dias a

5 °C. Por outro lado, os valores observados neste estudo foram inferiores aos descritos por Vieira et al. (2021), que relataram estabilidade em torno de 24 °Brix durante nove dias de armazenamento. No presente trabalho, os valores variaram entre 16,53 °Brix e 20,21 °Brix, evidenciando variações entre os tratamentos e ao longo do período de avaliação.

Adicionalmente, a barreira formada pelo revestimento biodegradável tende a reduzir a atividade enzimática, especialmente de enzimas como amilase e fosforilase, envolvidas na conversão de reservas em açúcares solúveis. Como consequência, há menor acúmulo de açúcares livres, refletindo em valores mais baixos de °Brix ao longo do armazenamento.

De acordo com Chitarra e Chitarra (2005), o teor de sólidos solúveis constitui uma medida indireta do conteúdo de açúcares nos frutos, estando seu aumento diretamente associado ao avanço do processo de amadurecimento. Dessa forma, o comportamento observado neste estudo reforça a influência dos revestimentos biodegradáveis na modulação do metabolismo dos frutos e na manutenção de sua qualidade pós-colheita.

Observou-se que as médias de acidez titulável no tratamento controle (0,45% de ácido málico) e no tratamento com fécula de mandioca a 8% (0,47% de ácido málico) não diferiram estatisticamente (Figura 3). O menor teor de ácido málico foi registrado no tratamento com fécula de mandioca a 4% no terceiro dia de armazenamento, evidenciando comportamento distinto em relação aos demais tratamentos. Adicionalmente, o tratamento com fécula de mandioca a 8% apresentou redução gradual da acidez ao longo do período de armazenamento, atingindo 0,38% de ácido málico no sexto dia. De forma geral, o tratamento com fécula de mandioca a 4% manteve os menores valores de acidez ao longo de todo o período avaliado.

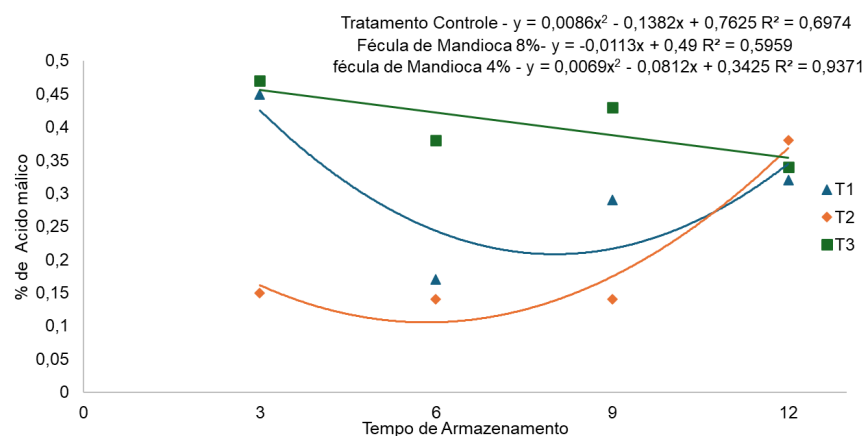


Figura 3 Acidez titulável (AT) da banana (*Musa spp.*) ao longo do tempo de armazenamento. *Fonte:* Autor (2024).

A redução da acidez titulável ao longo do armazenamento está diretamente associada ao avanço do processo de amadurecimento, uma vez que os ácidos orgânicos, como o ácido málico, são progressivamente utilizados no metabolismo respiratório e na conversão em açúcares solúveis (Magri et al., 2024). Esse comportamento é característico de frutos climatéricos e reflete a intensificação das atividades metabólicas durante a maturação.

Resultados semelhantes foram descritos por Pigozzi (2020), que observaram redução inicial da acidez em bananas durante o armazenamento, seguida por discreto aumento nos estágios finais de maturação. De acordo com Chitarra e Chitarra (2005), embora haja tendência geral de decréscimo da acidez ao longo do amadurecimento, oscilações pontuais podem ocorrer em função do estágio fisiológico e das condições de armazenamento.

Do ponto de vista bioquímico, a diminuição da acidez está relacionada à utilização do ácido málico no ciclo respiratório, particularmente no ciclo de Krebs, no qual atua como substrato energético. A aplicação do revestimentos biodegradáveis contribui para a modulação desse processo, uma vez que promove a formação de uma barreira semipermeável que reduz a taxa respiratória dos frutos. Como consequência, há menor degradação do ácido málico, favorecendo sua permanência por maior período nos tecidos e resultando na desaceleração do metabolismo. Esse efeito reforça o papel do revestimento na manutenção da qualidade pós-colheita e no prolongamento da vida útil dos frutos.

Para a variável pH, observou-se interação significativa entre os fatores tratamento e tempo de armazenamento, evidenciando dependência entre esses fatores. A normalidade dos resíduos foi confirmada pelo teste de Shapiro-Wilk ($p = 0,14$), validando a aplicação da análise de variância. Para descrever a variação temporal dentro de cada tratamento, ajustou-se modelo de regressão de terceiro grau, o qual permitiu representar adequadamente o comportamento da variável ao longo do período experimental.

Na Figura 4, verifica-se que os frutos revestidos com fécula de mandioca a 4% apresentaram os maiores valores de pH nos dias 3 (5,65) e 9 (5,56) de armazenamento. O tratamento controle, por sua vez, apresentou aumento expressivo ao longo do tempo, passando de 4,45 no início do armazenamento para 5,78 no nono dia, superando os demais tratamentos. Em contrapartida, os frutos revestidos com fécula de mandioca a 8% apresentaram, de modo geral, valores de pH inferiores durante grande parte do período avaliado. No 12º dia, observou-se tendência de estabilização dos valores entre os tratamentos, indicando convergência no estágio de maturação.

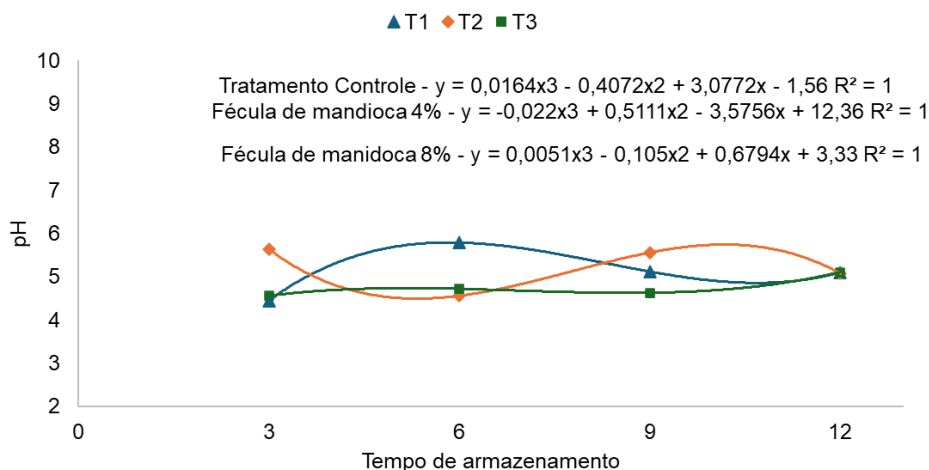


Figura 4 pH da banana (*Musa spp.*) ao longo do tempo de armazenamento, onde T1= Tratamento controle, T2= Fécula de mandioca 4% e T3= Fécula de mandioca 8% armazenadas na BOD 14 °C. *Fonte:* Autor (2024).

Resultados semelhantes foram reportados por Nascimento (2023), ao avaliar a aplicação de fécula de mandioca em pitaya (*Hylocereus undatus*), observando aumento gradual dos valores de pH durante o armazenamento. Por outro lado, Araújo Faustino et al. (2023), ao estudarem revestimentos à base de fécula de mandioca associados à cera de abelha em frutos de umbuzeiro (*Spondias tuberosa*), verificaram redução do pH, evidenciando que essa resposta pode variar em função da espécie e das condições de armazenamento.

O aumento do pH observado, especialmente no tratamento controle, está associado à intensificação do metabolismo respiratório e ao consumo de ácidos orgânicos durante o amadurecimento, o que resulta na redução da acidez e consequente elevação do pH, em concordância com o comportamento observado para a acidez titulável. Nos frutos submetidos ao revestimentos biodegradáveis, esse processo tende a ocorrer de forma mais lenta, em função da redução das trocas gasosas e da taxa respiratória.

No caso do tratamento com fécula de mandioca a 8%, a maior concentração do revestimento pode ter promovido a formação de uma barreira mais eficiente, limitando de forma mais intensa as trocas gasosas. Esse efeito pode levar à redução da respiração aeróbica e, em determinadas condições, favorecer vias metabólicas alternativas, com formação de subprodutos associados à fermentação, incluindo compostos ácidos. Esse comportamento contribui para a manutenção de valores de pH relativamente mais baixos ao longo do armazenamento, reforçando o papel do revestimento na modulação do metabolismo pós-colheita dos frutos.

conclusões

Os resultados obtidos neste estudo evidenciam que a aplicação de revestimentos biodegradáveis à base de fécula de mandioca constitui uma alternativa eficiente para a conservação pós-colheita de bananas (*Musa spp.*). Entre os tratamentos avaliados, a concentração de 8% destacou-se pela maior eficiência na redução da perda de massa ao longo do armazenamento, evidenciando seu potencial como tecnologia aplicada à manutenção da qualidade dos frutos.

Adicionalmente, os tratamentos com fécula de mandioca nas concentrações de 4% e 8% apresentaram efeitos positivos sobre os parâmetros físico-químicos avaliados, incluindo sólidos solúveis, acidez titulável e pH, contribuindo para a preservação das características de qualidade durante o armazenamento. Ressalta-se que a concentração de 8% foi capaz de manter a qualidade pós-colheita das bananas até o 9º dia, indicando maior eficácia na desaceleração do metabolismo e no prolongamento da vida útil dos frutos.

Por fim, a adoção dessa tecnologia apresenta potencial para reduzir perdas pós-colheita, agregar valor à produção agrícola e fortalecer cadeias produtivas locais. Trata-se de uma alternativa de baixo custo, de fácil aplicação e alinhada a princípios de sustentabilidade, favorecendo a agroindustrialização em pequena escala e o aproveitamento de matérias-primas regionais. Dessa forma, o uso de revestimentos à base de fécula de mandioca configura-se como uma estratégia viável e promissora para o manejo pós-colheita de frutos climatéricos.

Referências Bibliográficas

- ANDRADE, L. P. et al. Efeito de diferentes condições de conservação na qualidade da cereja cv. Satin. **Prunus – Pós-Inovação no Pós-Colheita de Pêssego e Cereja**, v. 3, p. 106–128, 2022. Disponível em: <http://hdl.handle.net/10400.11/7964>. Acesso em: 11 nov. 2024.
- ANDRIANI, V.; HANDAYANI, N. A. Tecnologia recente de produção de revestimento comestível: uma revisão. **Materials Today: Proceedings**, v. 87, p. 200–206, 2023.
- AOAC. **Official methods of analysis**. 21. ed. Gaithersburg: AOAC International, 2019.
- ARISTA, N. I. D.; ARDININGTYAS, S. A. Comparative analysis of ethylene-induced ripening in climacteric and non-climacteric fruits. **Social Agriculture, Food System, and Environmental Sustainability**, v. 1, n. 2, p. 90–100, 2024.
- CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutos e hortaliças: fisiologia e manuseio**. 2. ed. Lavras: UFLA, 2005.
- CUÉLLAR ÁLVAREZ, L. N. et al. Potencial bioativo e agroindustrial de espécies frutíferas amazônicas: uma revisão. **Cogent Food & Agriculture**, v. 11, n. 1, 2025.

- DE ARAÚJO FAUSTINO, C. F. et al. Avaliação do comportamento pós-colheita de frutos do umbuzeiro submetidos ao revestimento com cera de abelha e fécula de mandioca. **RECIMA21**, v. 4, n. 2, 2023.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Produção agrícola municipal**. 2024. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br>. Acesso em: 8 abr. 2026.
- MAGRI, A. et al. Effect of edible coating on pear fruit quality. **Postharvest Biology and Technology**, v. 212, 2024.
- MORENO, J. L. et al. Alterações fisiológicas durante o amadurecimento da banana. **International Journal of Food Science & Technology**, v. 56, 2021.
- NASCIMENTO, A. B. S. **Uso de biofilmes na pós-colheita de pitaya**. 2023. Disponível em: <http://bdta.ufra.edu.br/jspui/handle/123456789/2824>. Acesso em: 1 out. 2024.
- PIGOZZI, M. T. et al. Qualidade pós-colheita de banana com revestimento. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 10, 2020.
- PORTELA, E. R. et al. Análise físico-química na pós-colheita. **EIGEDIN**, v. 6, n. 1, 2022.
- R CORE TEAM. **R: a language and environment for statistical computing**. Vienna: R Foundation for Statistical Computing, 2023. Disponível em: <https://www.R-project.org/>.
- SANTOS, E. F. S. et al. **Mudanças fisiológicas na maturação de frutos**. 2020. Disponível em: <https://repositorio.ufpb.br/jspui/handle/123456789/29605>. Acesso em: 30 out. 2024.
- SANTOS, K. L. et al. Perdas e desperdícios de alimentos no Brasil. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 23, 2020.
- SHINGA, M. H. et al. Advances in edible coatings on bananas. **Plants**, v. 14, 2025.
- SUGIANTI, C. et al. Postharvest technologies in banana supply chain. **Reviews in Agricultural Science**, v. 10, 2022.
- TRIARDIANTO, D. et al. Modelagem da taxa respiratória da banana Cavendish (*Musa acuminata* cv. Cavendish) sob diferentes temperaturas de armazenamento. In: **BIO Web of Conferences**. [S. l.]: EDP Sciences, 2026. p. 02010.
- VIEIRA, C. R.; ALVES, É. E.; OLIVEIRA, N. J. F. de; CARELI, R. T. (org.). **Tecnologia de alimentos: embalagens de alimentos, desenvolvimento e processamento de alimentos** [recurso eletrônico]. Montes Claros: ICA/UFMG, 2021. 364 p. ISBN 978-65-88389-12-6.
- WANG, R. et al. Delay of banana ripening using 1-MCP. **Scientia Horticulturae**, v. 326, 2024.

