

BA&D

BAHIA ANÁLISE & DADOS

Meio ambiente, transição energética
e justiça climática: uma agenda em construção II



BA&D

BAHIA ANÁLISE & DADOS

INSTITUCIONAL

Governo do Estado da Bahia

Jerônimo Rodrigues Souza

Vice-Governadoria do Estado da Bahia

Geraldo Júnior

Secretaria do Planejamento

Cláudio Ramos Peixoto

Superintendência de Estudos Econômicos e Sociais da Bahia

José Acácio Ferreira

Diretoria de Estudos

Edgard Porto Ramos

Diretoria de Indicadores e Estatísticas

Armando Affonso de Castro Neto

Diretoria de Informações Geoambientais

Cláudio Emílio Pelosi Laranjeira

Diretoria de Pesquisas

Rodrigo Barbosa Cerqueira

FICHA TÉCNICA

Diretoria Responsável*

Diretoria de Informações Geoambientais

Editoria-Geral

Elisabete Cristina Teixeira Barretto Guanais

Editoria Científica*

Anderson Gomes Oliveira

Rita Maria Cruz Pimentel

Conselho Editorial

Alcides dos Santos Caldas, Anderson Luiz Ara Souza, Anderson Gomes Oliveira, Ângela Maria Carvalho Borges, Ângela Maria de Almeida Franco, Bernardo Pereira Cabral, Carlota de Sousa Gottschall Silva, Cesar Vaz de Carvalho Junior, Davis Pereira de Paula, Edgard Porto Ramos, Edmundo Sá Barreto Figueirôa, Eduardo Farias Topázio, Enézio de Deus Silva Júnior, Érika do Carmo Cerqueira, Fabíola Andrade Souza, Gervásio Ferreira dos Santos, Gisele Ferreira Tiriyaki, Hamilton de Moura Ferreira Junior, Jonatas Silva do Espírito Santo, José Acácio de Almeida Ferreira, José Ribeiro Soares Guimarães, José Rodrigues de Souza Filho, Laumar Neves de Souza, Lucigleide Nery Nascimento, Luis Henrique Couto Paixão, Luiz Chateaubriand, Luiz Mário Ribeiro Vieira, Marcelo Nunes Dourado Rocha, Mariana Carvalho Caribé de Araújo Pinho, Mônica de Moura Pires, Nádia Hage Fialho, Paulo Jorge Canas Rodrigues, Rita Maria Cruz Pimentel, Silvio Roberto Silva Carvalho, Thiago Reis Góes, Urandi Roberto Paiva Freitas, Vinicius de Araujo Mendes, Vitor de Athayde Couto

Conselho Temático*

Nilton Sousa Santana (IFBA)

Ricardo Augusto Souza Machado (UEFS)

Editoria de Arte e de Estilo

Ludmila Nagamatsu

Normalização

Eliana Marta Gomes da Silva Sousa

Patrícia Fernanda Assis da Silva

Revisão de Linguagem*

Laura Dantas

Projeto Gráfico

Julio Vilela

Editoração*

Alderlan Oliveira

Comissão Editorial da SEI

Aline Virgílio, Anderson de Oliveira, Eliana Marta Gomes, Elisabete Barretto Guanais, Elissandra Alves de Brito, Ludmila Nagamatsu, Luiz Fernando Lobo, Luzia Luna Pamponet, Marília Reis, Rita Pimentel, Soraia Tecla

*Referente a esta edição

A *Bahia Análise & Dados* é uma publicação semestral da Superintendência de Estudos Econômicos e Sociais da Bahia (SEI), autarquia vinculada à Secretaria do Planejamento do Estado da Bahia (Seplan). Todos os números estão disponíveis no site da SEI (www.sei.ba.gov.br), no menu Publicações SEI.

Desde 2021, os artigos publicados passaram a contar com identificador DOI (*Digital Object Identifier*), assegurando maior rastreabilidade, visibilidade e permanência dos conteúdos científicos. Em 2023, a revista também passou a adotar o ORCID (*Open Researcher and Contributor ID*), ampliando a identificação global dos autores.

O periódico encontra-se indexado em importantes diretórios e bases de dados, como a *Library of Congress*, *Ulrich's Periodicals Directory*, *Diadorim*, *Latindex-Diretório*, além de integrar o sistema *Qualis* da Capes.

Os artigos publicados são de inteira responsabilidade de seus autores, e as opiniões neles expressas não refletem, necessariamente, o ponto de vista da SEI. A reprodução total ou parcial dos textos é permitida, desde que a fonte original seja devidamente creditada.

Bahia Análise & Dados / Superintendência de Estudos Econômicos e Sociais da Bahia. v. 1 (1991 -).
Salvador : SEI, 2025.
v. 35
n. 2
Semestral

ISSN 0103-8117
EISSN 2595-2064

CDU 338(813.8)

 **SEI**
30 ANOS DA SEI
70 ANOS DE PLANEJAMENTO

GOVERNO DA BAHIA
SECRETARIA DO PLANEJAMENTO
DO LADO DA GENTE

Av. Luiz Viana Filho, 4ª Avenida, 435, CAB
Salvador (BA) Cep: 41.745-002
Tel.: (71) 3115 4822 Fax: (71) 3116 1781
www.sei.ba.gov.br sei@sei.ba.gov.br

Apresentação	298	Arte e ciência em diálogo: a representação dos rodolitos como símbolos de conservação ambiental no Litoral Norte da Bahia	436
Emergência climática: percepção dos moradores da Ilha de Itaparica (BA) em relação aos riscos	302	JAELSON DE OLIVEIRA CASTRO	
CHIARA BRAGAGNOLO JOSÉ CÉLIO SILVEIRA ANDRADE ANDRÉA CARDOSO VENTURA		Transição Energética Sustentável, governança, bioeconomia e dinâmicas de mercado: uma revisão integrada	460
Nióbio e transição energética: contribuições tecnológicas e o protagonismo da Bahia para uma economia de baixo carbono	328	WILLIAN MOURA DE AGUIAR RODRIGO NOGUEIRA VASCONCELOS WASHINGTON DE J. S. DA FRANCA ROCHA	
FELIPE ROMICI ZANE LORDELO NOGUEIRA LIGIA MARIA MANZINE COSTA LUCINÉIA DOS SANTOS		O papel da Companhia Independente de Polícia de Proteção Ambiental, da Polícia Militar da Bahia, no combate aos crimes ambientais na Bahia	486
Fortalecimento de Ecossistemas de Inovação Socioambiental para a promoção da justiça climática: um estudo na cidade de Salvador (BA)	352	ALISSON DE JESUS SOARES	
JOÃO PAULO PEREIRA RIBEIRO RODRIGO MULLER LUIZA REIS TEIXEIRA		Mineração no Brasil: adaptação e resiliência para o futuro do seto	518
A hora do biometano na Bahia: análise do potencial energético de um combustível sustentável	368	REJANE LIMA LUCIANO ANTONIO RAIMUNDO LEONE ESPINHEIRA	
LUCIANO HOCEVAR CARINE TONDO ALVES ALEX ÁLISSON BANDEIRA SANTOS		RESENHA	
A atuação das usinas solares e seus impactos na Bahia sob a perspectiva do desenvolvimento regional	388	Uso do solo e incêndios no Cerrado brasileiro a partir da pesquisa de Spadoni et al. (2025)	543
KELLY CRISTINA RIBEIRO MARQUES CARDOSO ROSÂNGELA LEAL SANTOS ANA PAULA DOS SANTOS DE MELO		CARLOS VINÍCIUS MARQUES DOS SANTOS JOSÉ RAIMUNDO OLIVEIRA LIMA	
A inserção da energia eólica no Alto Sertão da Bahia: impactos na dinâmica socioespacial	410	RESENHA	
SOFIA REBOUÇAS NETA PEREIRA ANTONIO ANGELO MARTINS DA FONSECA		IPCC Climate Change 2023: Synthesis Report – Longer Report	551
		CLÁUDIO ROBERTO MEIRA DE OLIVEIRA	



Apresentação

A Superintendência de Estudos Econômicos e Sociais da Bahia (SEI) apresenta o Volume 35, Número 2, Tomo II, da *Revista Bahia Análise & Dados*, referente ao segundo semestre de 2025, dedicado ao tema “Meio ambiente, transição energética e justiça climática: uma agenda em construção”, reafirmando seu compromisso institucional com a produção e a difusão do conhecimento.

Esta edição foi organizada em dois tomos e reúne, ao todo, 25 textos, sendo 20 artigos científicos, quatro resenhas críticas e uma entrevista. O presente tomo (II) integra essa coletânea, e é composto por 12 textos, distribuídos entre 10 artigos e duas resenhas críticas. O conjunto das contribuições dialoga com um dos maiores desafios contemporâneos: a elaboração de respostas integradas para enfrentar a crise ambiental e climática, capazes de articular transição energética, justiça social e desenvolvimento territorial sustentável. Os trabalhos refletem a maturação de um debate que supera abordagens setoriais e reconhece a centralidade das dimensões políticas, regulatórias, econômicas, sociais, tecnológicas e territoriais na formulação de uma agenda climática justa, eficaz e socialmente inclusiva, especialmente diante das assimetrias regionais e das múltiplas vulnerabilidades que caracterizam o contexto brasileiro.

A transição energética, um dos temas estruturantes desta edição é analisada para além da simples substituição de matrizes ou incorporação de novas tecnologias.

Sob essa perspectiva, a justiça climática emerge como eixo transversal dessa proposta, orientando análises críticas sobre desigualdades históricas e exigindo maior participação social, além do fortalecimento da governança cooperativa, da integração dos instrumentos de planejamento e da adoção de políticas inclusivas que considerem as vulnerabilidades socioambientais. Parte significativa dos trabalhos discute instrumentos de planejamento, avaliação e governança ambiental como ferramentas estratégicas para evitar a reprodução de injustiças socioambientais, especialmente em contextos marcados por grandes empreendimentos de infraestrutura, energia e mineração.

O Tomo II, composto por 13 textos, sendo duas resenhas e 11 artigos, reflete a maturação de um debate que reconhece a centralidade das dimensões políticas, regulatórias, tecnológicas e territoriais na formulação de uma agenda climática justa e eficaz.

Esta publicação dedica atenção especial à análise de territórios baianos onde se materializam as tensões entre desenvolvimento econômico, conservação ambiental e direitos das populações locais. Estudos de caso em áreas costeiras e insulares, como a Ilha de Itaparica, evidenciam os impactos cumulativos das mudanças climáticas e dos projetos de desenvolvimento, bem como as fragilidades

institucionais e os desafios para a construção de estratégias de adaptação e resiliência de longo prazo, baseadas na escuta social e na valorização dos saberes tradicionais.

A edição também apresenta uma abordagem social e distributiva da crise climática, ao discutir a pobreza energética, a segurança habitacional em áreas de risco e os conflitos socioambientais que afetam comunidades tradicionais no Alto Sertão Baiano.

A transição energética é examinada, ainda, sob a ótica da inovação tecnológica e da reindustrialização verde. Destacam-se análises sobre o papel estratégico de recursos minerais e materiais avançados, como o biometano e o nióbio, no desenvolvimento de uma economia de baixo carbono.

Os artigos discutem o potencial da Bahia e do Nordeste brasileiro para agregar valor sustentável às cadeias produtivas, articular ciência, tecnologia e política industrial e inserir o Brasil em mercados globais associados a energias renováveis, armazenamento de energia e hidrogênio verde. Ao mesmo tempo, são apresentadas visões críticas sobre a expansão de empreendimentos eólicos e solares, alertando para a necessidade de salvaguardas socioambientais que assegurem desenvolvimento regional inclusivo.

A publicação aborda desde a percepção de riscos climáticos por populações tradicionais até a gestão de desastres e eventos extremos, evidenciando a importância da atuação integrada de instituições públicas, como os corpos de Defesa Civil e Bombeiros, na mitigação de impactos e na proteção de vidas.

Este volume expõe reflexões de natureza teórica e crítica por meio de resenhas e ensaios que problematizam os limites do discurso acerca do desenvolvimento sustentável quando dissociado de perspectivas capazes de promover transformações sociais mais profundas. Esse conteúdo, portanto, amplia o debate conceitual sobre meio ambiente, economia política e crise climática, reforçando a necessidade de abordagens interdisciplinares e comprometidas com a redução das desigualdades.

Em conjunto, os textos ora apresentados reafirmam o papel da *Bahia Análise & Dados* como espaço qualificado de reflexão e difusão de conhecimento sobre matérias estratégicas para o estado da Bahia e para o país. Ao articular temas como meio ambiente, transição energética e justiça climática, esta edição evidencia que a sustentabilidade ultrapassa soluções estritamente técnicas, envolvendo escolhas políticas, disputas territoriais e compromissos éticos com a redução das desigualdades. Nesse sentido, a publicação aponta caminhos, tensiona consensos e reafirma que a agenda climática permanece em construção.

A SEI agradece aos autores que, com suas contribuições específicas, enriqueceram este tomo da edição. Reiteramos também nossos agradecimentos ao Conselho Editorial Temático pela atenção dedicada, pela presteza e pela valiosa colaboração oferecida a esta publicação.



Resumo

Esta pesquisa busca trazer à tona a percepção dos moradores da Ilha de Itaparica (BA) sobre os riscos da emergência climática, com o intuito de apoiar a ação e o planejamento climático em escala local. A Ilha de Itaparica apresenta um contexto particularmente interessante como estudo de caso, pois é um território insular de elevada relevância ambiental: abriga o maior recife de coral da Baía de Todos-os-Santos, assim como vastas áreas de manguezais e fontes de água doce. Assim, a metodologia adotada foi o estudo de caso, por meio de entrevistas e *focus groups*. Os resultados mostram diferenças significativas na forma como as pessoas que dependem dos recursos naturais percebem e vivenciam os riscos climáticos. Principalmente os pescadores, as marisqueiras e os pequenos agricultores são os que já estão sentindo os impactos diários das mudanças climáticas na Ilha de Itaparica. Esses *insights* ressaltam a importância de abordagens integradas na elaboração de planos locais de ação climática. Dessa forma, espera-se que o diagnóstico realizado a partir dos resultados desta pesquisa, possa fundamentar a construção de propostas e iniciativas de ação climática coletivas, em parceria com os órgãos públicos, a sociedade civil organizada e a população local.

Palavras-chave: emergência climática; riscos; percepção; planejamento; ação climática; Ilha de Itaparica-Bahia.

Abstract

This research seeks to highlight the perceptions of residents of Itaparica Island (BA) regarding the risks of climate emergency, with the aim of supporting climate action and planning at the local level. Itaparica Island presents a particularly interesting context as a case study, as it is an island territory of high environmental relevance: it is home to the largest coral reef in Todos-os-Santos Bay, as well as vast areas of mangroves and freshwater sources. Thus, the methodology adopted was a case study, using interviews and focus groups. The results show significant differences in how people who depend on natural resources perceive and experience climate risks. Fishermen, shellfish gatherers, and small farmers are the ones who are already feeling the daily impacts of climate change on Itaparica Island. These insights highlight the importance of integrated approaches in the development of local climate action plans. Thus, it is hoped that the diagnosis based on the results of this research will provide a basis for the development of collective climate action proposals and initiatives, in partnership with public agencies, organized civil society, and the local population.

Keywords: climate emergency; risks; perception; planning; climate action; Itaparica Island-Bahia.

Emergência climática: percepção dos moradores da Ilha de Itaparica (BA) em relação aos riscos¹

CHIARA BRAGAGNOLO

Doutora em Ciências Ambientais pela Università Degli Studi di Trento (UniTrento), mestra e Ciências Ambientais pela Università Ca' Foscari Venezia (Unive) e especialista em Planejamento Urbano Sustentável pela Università degli studi di Ferrara (Unife). Pesquisadora do grupo de pesquisa Governança para a Sustentabilidade e Gestão de Baixo Carbono (GpS), da Escola de Administração da Universidade Federal da Bahia (UFBA), e do Laboratório de Conservação no Século 21, da Universidade Federal de Alagoas (Lacos21-Ufal).
<https://orcid.org/0000-0002-9571-0026>.
chiara.bragagnolo@yahoo.com.br

JOSÉ CÉLIO SILVEIRA ANDRADE

Doutor em Administração e mestre em Engenharia Química pela Universidade Federal da Bahia (UFBA). Vice-coordenador do grupo de pesquisa Governança para a Sustentabilidade e Gestão de Baixo Carbono (GpS) e professor titular da Escola de Administração da UFBA.
<https://orcid.org/0000-0002-6794-8686>.
celiosa@ufba.br

ANDRÉA CARDOSO VENTURA

Doutora em Administração pela Universidade Federal da Bahia (UFBA), mestra em Estudos Contemporâneos em América Latina pela Universidad Complutense de Madrid (UCM). Coordenadora do grupo de pesquisa Governança para a Sustentabilidade e Gestão de Baixo Carbono (GpS) e professora associada da Escola de Administração da UFBA.
<https://orcid.org/0000-0002-4371-632X>.
andreaventurassa@gmail.com

doi.org/10.56839/bd.v35i2.a13

AS MUDANÇAS CLIMÁTICAS são um dos maiores desafios do Antropoceno, impactando sistemas naturais, economias e sociedades em escala global. A atual emergência climática vai além de desafiar a capacidade de resposta das sociedades, ela questiona toda a cultura e os valores que têm sustentado o mundo moderno ao longo dos últimos séculos, resultando em uma das mais graves crises civilizatórias da história da humanidade (Porto-Gonçalves, 2020). Nesse cenário, os governos têm um papel importante na adaptação às mudanças climáticas, sendo que a atuação dos municípios revela-se essencial na criação de estratégias de resiliência em escala local (Grasham *et al.*, 2021; Schipper *et al.*, 2021).

¹ Este trabalho resulta da pesquisa de pós doutorado financiada pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes). Os autores agradecem às pessoas que, de forma voluntária, participaram das entrevistas e gentilmente disponibilizaram seu tempo. Um agradecimento especial é dirigido ao Instituto Maré Global, organização não governamental local que apoiou a logística da pesquisa.

A resiliência climática é a capacidade social, econômica e ambiental de antecipar, preparar-se e responder a eventos climáticos extremos – como enchentes e secas – e aos demais efeitos das mudanças do clima

A resiliência climática é a capacidade social, econômica e ambiental de antecipar, preparar-se e responder a eventos climáticos extremos – como enchentes e secas – e aos demais efeitos das mudanças do clima, adaptando-se ou reorganizando-se de forma a preservar a função, a identidade e a estrutura essenciais das sociedades, da economia e dos ecossistemas (Pörtner *et al.*, 2022). Em específico, aumentar a resiliência climática significa avaliar como as mudanças climáticas podem criar novos riscos ou alterar os atuais relacionados ao clima; significa também adotar decisões e medidas para lidar melhor com esses riscos e reduzir o impacto nas comunidades mais vulneráveis e nas pessoas mais “vulnerabilizadas” (Leichenko; Mcdermott; Bezborodko, 2018).

Os Planos de Mitigação e Adaptação às Mudanças do Clima (PMAMC) e os Planos Municipais de Ação Climática são instrumentos fundamentais para promover a resiliência em escala local (Porteron *et al.*, 2018). No Brasil, até 2023, esses planos eram elaborados apenas por 15 capitais. Somente a partir do desastre ocorrido no Rio Grande do Sul em 2024, o planejamento climático local começou a ser considerado uma das principais prioridades dos governos estaduais (Instituto Jones dos Santos Neves, 2024). No entanto, a legitimidade e a efetividade desses instrumentos dependem diretamente do apoio da sociedade civil, pois muitas iniciativas de enfrentamento das mudanças climáticas implicam transformações sociais e comportamentais que envolvem o engajamento e a colaboração dos atores sociais (Aswani *et al.*, 2015). Nesse contexto, conhecer e explorar as percepções dos moradores locais sobre os riscos climáticos é indispensável para desenvolver soluções e iniciativas que ressoem com as comunidades e estejam alinhadas às suas necessidades e valores. Isso inclui desde a comunicação eficaz dos riscos até a incorporação de conhecimentos tradicionais, fortalecendo a confiança e incentivando a participação ativa das comunidades nas iniciativas climáticas (Bubeck *et al.*, 2024; Tengö *et al.*, 2021). Além disso, levar em conta as perspectivas locais no enfrentamento dos riscos climáticos pode contribuir para superar barreiras estruturais e desigualdades históricas que afetam certas categorias sociais de maneira desproporcional (Chakraborty; Sherpa, 2021; Newell *et al.*, 2021). Os efeitos e os riscos das mudanças climáticas são percebidos diversamente, não apenas em função das características espaciais e culturais de territórios e lugares distintos, mas também de fatores individuais, como, por exemplo, a idade, o gênero, a renda e a escolaridade dos indivíduos (Van der Linden, 2015). Assim, para que a ação climática se concretize e seja reconhecida como legítima, é crucial incorporar as percepções das populações locais – especialmente as mais vulneráveis – sobre os riscos climáticos (Aswani *et al.*, 2015).

Este trabalho tem como objetivo trazer à tona as percepções das populações locais da Ilha de Itaparica, localizada na Baía de Todos-os-Santos (Bahia), sobre mudanças e riscos climáticos. As regiões insulares são

particularmente vulneráveis às mudanças do clima devido às suas características geográficas, à dependência econômica em relação aos recursos naturais e à presença de ecossistemas sensíveis (Veron *et al.*, 2019). Os principais impactos das mudanças climáticas nas ilhas incluem a erosão costeira, a poluição marinha e a degradação da biodiversidade, afetando diretamente o dia a dia das pessoas que habitam os territórios insulares e ameaçando sua segurança alimentar, meios de subsistência e modos de vida (Pörtner *et al.*, 2022).

METODOLOGIA

A metodologia adotada consiste em um estudo de caso na Ilha de Itaparica (BA), que integra a Baía de Todos-os-Santos (BTS), a maior baía de águas tropicais do Brasil e do mundo. Trata-se de uma região de grande relevância ambiental, pois abriga vastas formações de recifes de corais, estuários e manguezais, que não apenas sustentam os meios de subsistência locais, mas também funcionam como barreiras naturais contra eventos climáticos extremos. Pelo seu valor ambiental, social e cultural, a BTS é uma Área de Proteção Ambiental (APA) estadual criada em 1999 (Bahia, 1999).

O clima da região é caracterizado como tropical úmido, com temperatura média de 23,5°C. As temperaturas mínimas, entre 21°C e 22°C, são registradas nos meses de julho, agosto e setembro, enquanto as máximas ficam em torno de 30°C e ocorrem nos meses de janeiro, fevereiro e março. A precipitação média é de 1.900 mm/ano e o período mais chuvoso ocorre entre os meses de abril e junho, acumulando cerca de 45% da precipitação anual média (Lessa *et al.*, 2009).

Com 239 quilômetros quadrados e 36 de comprimento, a ilha é habitada por aproximadamente 62 mil pessoas distribuídas em dois municípios: Itaparica (cerca de 19 mil habitantes) e Vera Cruz, com 42 mil pessoas concentradas principalmente em pequenas comunidades costeiras. Em 2021, a taxa de emprego formal era de apenas 11% (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2025). A pesca e a coleta de marisco (ou 'mariscagem') constituem ainda a principal alternativa de sobrevivência, visto que a maioria da população local, geralmente excluída do mercado de trabalho formal, obtém do mar o seu sustento. No que diz respeito à infraestrutura, cerca de 15% da população não tinham acesso a água potável em 2021, enquanto a cobertura de saneamento básico era criticamente baixa, atingindo aproximadamente 65% e agravando a vulnerabilidade climática desse território (Brasil, 2024).

A atividade da pesca artesanal na área estudada é altamente dependente de ecossistemas intermareais, como, por exemplo, as planícies de maré.

Os principais impactos das mudanças climáticas nas ilhas incluem a erosão costeira, a poluição marinha e a degradação da biodiversidade, afetando diretamente o dia a dia das pessoas que habitam os territórios insulares e ameaçando sua segurança alimentar, meios de subsistência e modos de vida

Além de perguntas abertas, as entrevistas incluíram uma avaliação dos riscos climáticos para a Ilha de Itaparica, usando a técnica *Q-sorting* geralmente aplicada na *Q-methodology*

Tais ecossistemas são extremamente vulneráveis às alterações provocadas pelas mudanças climáticas, prejudicando tanto a biodiversidade quanto a economia local e as categorias mais vulneráveis e com baixa capacidade de adaptação, como é o caso dos pescadores e das marisqueiras (Nascimento, 2018). Além disso, os recursos naturais, muitas vezes, são explorados de forma insustentável, sendo que várias práticas levam à degradação dos habitats e ameaçam espécies fundamentais (baleia jubarte, lagosta, boto etc.) para a conservação da biodiversidade. Entre esses comportamentos predatórios estão, por exemplo, a ocupação desordenada da costa, a pesca sem controle e ilegal (com explosivos), a coleta de organismos recifais para fins ornamentais, o descarte incorreto do lixo, e o tráfico marítimo intenso (Pró-Mar, 2022).

Coleta e análise dos dados

Os dados foram coletados através da realização de entrevistas e de Focus Groups (FG):

Entrevistas

Para explorar o contexto da pesquisa e obter informações detalhadas e perspectivas distintas sobre os riscos climáticos na Ilha de Itaparica, foram entrevistados 17 atores-chave, representantes dos setores público (ex.: gestor municipal, gestor estadual, etc.) e privado (ex.: representante do comércio, setor imobiliário, etc.); do terceiro setor (ex.: presidentes de ONGs, presidentes de colônias de pesca, etc.), além de lideranças comunitárias. Os participantes foram selecionados a partir do conhecimento adquirido por meio de outros projetos de pesquisa e extensão realizados e em execução na Ilha de Itaparica e por meio da técnica de bola de neve, em que cada participante selecionado sugere pessoas consideradas relevantes para participarem da pesquisa. Neste estudo, nem todas as pessoas indicadas pelos entrevistados foram convidadas a contribuir, pois foi priorizado o critério da representatividade por setor. Além disso, as pessoas que foram contatadas por três vezes e não aderiram, não foram integradas à pesquisa. As entrevistas foram conduzidas em 2024 com duração de 20 a 40 minutos e seguiram um roteiro com perguntas norteadoras que os participantes responderam de forma livre e consentida. Todas as entrevistas foram gravadas e transcritas, e o conteúdo foi explorado qualitativamente por meio de análise de conteúdo (Bardin, 1977).

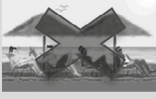
Além de perguntas abertas, as entrevistas incluíram uma avaliação dos riscos climáticos para a Ilha de Itaparica, usando a técnica *Q-sorting* geralmente aplicada na *Q-methodology*. Essa técnica permite que os participantes ordenem uma lista de afirmações de acordo com uma regra preestabelecida, que representa seu ponto de vista sobre o tema em questão (Couto *et al.*, 2011; Stephenson, 1953). Para isso, foi desenvolvida

uma lista de riscos climáticos para a Ilha de Itaparica, elencada a partir da revisão da literatura. Os riscos não incluíram apenas as ameaças diretas, como o aumento do nível do mar e as ondas de calor, mas abrangeram também riscos indiretos, como a perda de propriedades, o aumento do preço da energia etc. Para cada risco identificado foi associada uma imagem simples para auxiliar na visualização e compreensão de cada um deles. As imagens foram transformadas em 29 cartas de riscos, utilizadas nas diferentes etapas desta pesquisa (Quadro 1).

Quadro 1

Lista de riscos climáticos para a Ilha de Itaparica

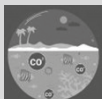
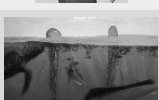
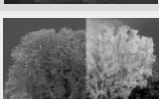
(Continua)

ID	Risco	Carta
A1	Perda do patrimônio cultural (ex.: patrimônio histórico, conhecimento ecológico tradicional etc.)	
A2	Erosão costeira e avanço do mar	
A3	Deslizamento	
A4	Aumento da desigualdade social	
A5	Proliferação de doenças (ex.: dengue etc.)	
A6	Estiagem e falta de chuva	
A7	Migração forçada	
A8	Impacto no setor turístico (ex.: perdas de praias, perdas de empregos etc.)	
A9	Perdas econômicas (ex.: empregos, renda, comércio etc.)	
A10	Ondas de calor	
A11	Perda de propriedades	

Quadro 1

Lista de riscos climáticos para a Ilha de Itaparica

(Continuação)

ID	Risco	Carta
A12	Aumento da mortalidade e dos riscos para a saúde	
A13	Aumento dos preços dos alimentos	
A14	Aumento no preço da energia	
A15	Aumento do nível do mar	
A16	Acidificação do oceano	
A17	Danos à infraestrutura (ex.: estragos em estradas, pontes, píeres etc.)	
A18	Perigo de isolamento	
A19	Aumento de conflitos sociais	
A20	Inundação e enchente	
A21	Perda de habitats marinho-costeiros	
A22	Intrusão de água salgada nos aquíferos	
A23	Crise hídrica e falta de água potável	
A24	Perda de biodiversidade	
A25	Branqueamento de corais	

Quadro 1

Lista de riscos climáticos para a Ilha de Itaparica

(Conclusão)

ID	Risco	Carta
A26	Insegurança alimentar	
A27	Degradação do meio ambiente e dos ecossistemas e poluição	
A28	Perda dos meios de subsistência (ex.: pesca, agricultura etc.)	
A29	Ecoansiedade (ou ansiedade devido à crise ecológica)	

Fonte: elaboração própria (2024).

Assim, no contexto desta pesquisa, foi pedido a cada participante que ordenasse todas as cartas dos riscos climáticos numa folha de pontuação fornecida durante a entrevista, de acordo com a importância atribuída por cada um aos diferentes riscos, considerando sua própria realidade. A pontuação, distribuída em 29 células, formam um triângulo invertido cujos extremos são os riscos 'mais' e 'menos' relevantes, de acordo com a experiência pessoal de cada um (Figura 1).

Figura 1

Folha de pontuação das cartas de riscos climáticos

Menos relevante			Neutro			Mais relevante				
-5 (1)	-4 (2)	-3 (2)	-2 (3)	-1 (4)	0 (5)	+1 (4)	+2 (3)	+3 (2)	+4 (2)	+5 (1)
										11
										9
										5
										3
										1

Fonte: elaboração própria (2024).

Focus groups

Ainda nesta pesquisa foram realizados cinco *focus groups* (FG) – que consistem em encontros guiados para discussão em grupos sobre determinado tema – com distintas categorias de pessoas, incluindo: professores, marisqueiras e pescadores, além de pequenos produtores rurais. Cada FG durou aproximadamente uma hora e meia, intervalo que foi

utilizado para, primeiramente, introduzir a temática da pesquisa, explorando a percepção dos participantes sobre mudanças e riscos climáticos, e em seguida realizar uma dinâmica para avaliar os riscos com o auxílio das 29 cartas previamente desenvolvidas. Para a avaliação dos resultados, foi aplicada a Matriz de Riscos ou Matriz de Probabilidade e Impacto que permite visualizar e avaliar cada risco de acordo com sua probabilidade de ocorrência e seu potencial impacto. Cada célula da matriz corresponde a um diferente grau de risco quantificado por meio de uma escala de 0 a 1 (Figura 2).

Figura 2
Matriz de Riscos ou Matriz de Probabilidade e Impacto

		IMPACTO →				
		Irrelevante	Baixo	Moderado	Alto	Extremo
↑ PROBABILIDADE	Quase certo					
	Muito provável					
	Pouco provável					
	Improvável					
	Raro					

Fonte: elaboração própria (2024).

O primeiro encontro contou com a participação de 41 professores e foi realizado durante a abertura de um curso de formação ambiental para professores da rede pública e privada dos dois municípios da ilha (Vera Cruz e Itaparica). Após uma apresentação da pesquisadora sobre emergência climática, os professores foram divididos em seis FG e envolvidos na dinâmica de avaliação dos riscos.

Outros quatro encontros foram organizados separadamente com o apoio de diferentes associações locais (colônias de pesca, associação de pequenos produtores rurais e associações culturais) que auxiliaram na logística e convidaram os membros das comunidades/associações a participar da dinâmica de avaliação dos riscos. Em cada encontro foi organizado um FG.

No total, dez matrizes de risco foram preenchidas (uma por cada FG) de acordo com a percepção de cada grupo. Cada risco foi, em seguida,

associado à pontuação da célula correspondente na matriz, obtendo-se uma avaliação para cada risco (sendo uma por FG). Para comparar as pontuações entre os grupos, os valores foram normalizados pela média de cada um. Esse método permite ajustar as pontuações em relação à média de cada equipe, preservando as proporções enquanto considera as diferenças na gravidade avaliada por cada grupo de participantes.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As entrevistas revelaram que, na Ilha de Itaparica, os efeitos das mudanças climáticas já estão sendo percebidos principalmente nas alterações dos padrões climáticos estacionais – como as chuvas fora do período típico (entre os meses de abril e junho) –, no avanço do mar, nas mudanças das correntes e dos ventos, nas ondas de calor e na perda de biomassa e dos meios de sobrevivência (pescados, alimentos). Além disso, existe uma visão consensual de que essas alterações sejam atípicas, algo que já não está sendo reconhecido como dentro dos padrões climáticos da região.

Entre os relatos sobre as principais mudanças das estações, destacam-se: “A gente que mora na ilha, a gente tem uma compreensão da relação da época de chuva. Hoje, a gente já desconhece isso porque **há uma inconsistência do momento de chuva e quando vai chover**”.²

Para a nossa região, quando esfria, está esfriando demais, isso não acontecia, a **gente tinha um clima tropical controlado**, hoje a gente não tem mais esse clima [...] Hoje a gente está tendo praticamente o mesmo inverno do sul. Frio e seco. E verão é quente e chuvoso. Não era assim, o verão era verão.³

[...] a questão do **calor em excesso** que esse ano mesmo de verão de 2023/2024 a gente percebeu que estava um calor fora do normal; chuva demais né, em épocas que a gente sabe que é escassez; **tudo que não tá no padrão que a gente costuma perceber** [...] da normalidade.⁴

No que diz respeito ao avanço do mar, os entrevistados deixaram claro que várias comunidades da ilha já perderam boa parte de seus litorais. A partir das entrevistas foi possível definir padrões espaciais de áreas vulneráveis às mudanças climáticas, como Cacha Pregos, comunidade localizada no cone sul da ilha que vem perdendo litoral arenoso desde o início de 2012 e cujo impacto já é percebido como efeito de eventos climáticos extremos, além da consequência do fenômeno natural de erosão costeira:

No que diz respeito ao avanço do mar, os entrevistados deixaram claro que várias comunidades da ilha já perderam boa parte de seus litorais

2 Entrevista de pesquisa concedida em 14 de março de 2024, na cidade de Vera Cruz.

3 Entrevista de pesquisa concedida em 16 de julho de 2024, na cidade de Vera Cruz.

4 Entrevista de pesquisa concedida em 16 de julho de 2024, na cidade de Vera Cruz.

Alguns entrevistados também relataram mudança na maré e nos ventos

Quando eu cheguei aqui, há 44 anos aproximadamente [era diferente]; eu notei que a maré, por exemplo, ela entrou em torno de 50 metros, pelo menos onde eu moro. <Você mora onde?> Eu moro na ilha. Eu tenho casas em vários lugares e, de vez em quando, fico em um deles: em Cacha Pregos, na contracosta, e vejo as coisas acontecendo também em Salinas. [...] **a gente brinca que um dia ela será tomada pela água, né?**, levando em consideração o que a gente já viu nos últimos 50 anos. A água agora, por exemplo, ela costuma tomar **Cacha Pregos** quase que por inteiro. Na **Barra Grande**, eu tinha quatro carreiras de coqueiros. Não tem nenhuma, muito pelo contrário. Tiveram que fazer uma contenção. Quatro carreiras vezes, no mínimo, seis, sete metros. **Lá se foram já uns 30 e tal, 40 metros, no mínimo.** Aqui na Ilhota, por exemplo, a mesma coisa. Na passagem da Ilhota pela Gamboa pela praia, nós tínhamos árvores.⁵

[...] só que de uns anos para cá, eu não sei se também tem algum outro fator ambiental que a gente não sabe, que pode ser também ação humana, **mas a gente percebeu que avançou de uma forma fora do normal né?** Avançar um, dois centímetros, um metro, mas 60 metros?! é muito! **Tem trecho que foi [coberto em] 150 metros.** Num ponto chamado Casa do Índio havia 150 metros de faixa de areia e [o mar] destruiu completamente a casa dessa pessoa, ficou completamente dentro da água. Então, não é uma coisa normal.⁶

A gente vê mudança da conformação mesmo, da configuração geográfica, né? [...] Lá em **Cacha Pregos**, as pessoas... a água está entrando, está invadindo muitas casas. **Quando tem chuva muito forte**, não tem drenagem, as casas ficam sendo destruídas. **Tem alagamento pela ilha toda, não tem drenagem na ilha.** [...] Quando chove, tem problema de internet, de energia, de fornecimento de água. É um transtorno, é um caos. Mas por quê? Cada vez mais. **Quanto mais forte o vento, mais difícil ainda para a gente se transportar**, para a gente cuidar do telhado, das casas.⁷

Alguns entrevistados também relataram mudança na maré e nos ventos:

O ciclo da maré, hoje, está tendo um crescimento constante, porque a gente tinha um processo aqui de erosão a cada 20, 15 anos. [Durante] esse ciclo, a cada 20, 15 anos, ela fazia uma erosão e depois rapidamente retornava. E hoje a gente está vendo que ela não está mais retornando, ela só está crescendo.⁸

5 Entrevista de pesquisa concedida em 17 de setembro de 2024, na cidade de Vera Cruz.

6 Entrevista de pesquisa concedida em 16 de julho de 2024, na cidade de Vera Cruz.

7 Entrevista de pesquisa concedida em 8 de maio de 2024, na cidade de Vera Cruz.

8 Entrevista de pesquisa concedida em 16 de julho de 2024, na cidade de Vera Cruz.

Mas foi um dia atípico aquele dia, né? Não foi um vento como o que sopra todo dia, não foi uma maré de todo dia, foi uma maré diferente aquele dia, aquilo ali foi um efeito de uma mudança do clima que ocasionou uma tragédia e morreram várias pessoas aqui. No transporte que nunca tinha tido um acidente morreu tanta gente.⁹

Outros participantes ressaltaram a questão da perda dos meios de subsistência: “Então, com essas mudanças, a gente vê mortandade de peixe”.¹⁰

A perda da produção seja de agricultura seja de produção natural da pesca, essas coisas todas, isso as comunidades já vêm sofrendo há muito tempo [...] Tipo, na agricultura, antigamente se planejava na ocasião, agora que é o verão a época das chuvas, de repente alterou muitos.¹¹

[...] já tem mortandade aqui, agora recentemente, não foi? [...] aqui todos nós registramos essa mortandade de marisco que teve, não houve um diagnóstico ainda, pelo menos não que a gente saiba, um estudo publicado, alguma coisa. Mas nós, indígenas, nativos, chegamos ao diagnóstico de que foi um superaquecimento, a gente teve uma maré muito grande, uma maré muito grande que faz tempo que nem os antigos viam essa maré recuar tanto, e a gente teve a exposição desse marisco a esse sol que a gente está percebendo que já está alterado, é um sol que não é mais o sol que era dez, 15, 20 anos atrás. Então, teve uma mortandade geral em toda a região da Kirimurê, da Baía de Todos-os-Santos, isso foi registrado em vídeos, e eu tenho certeza que foi isso, [...] que foi esse aquecimento, essa exposição muito grande desse marisco, num tempo que eles não são acostumados a ficar expostos [...] Então, é efeito já dessas mudanças climáticas, [visto] que o principal fator é o aumento da temperatura, aumento da temperatura dos oceanos, aumento da temperatura do ar, de tudo que a gente viu acontecer na prática. E aí, impacto na economia, impacto em uma série de setores que dependem daquele marisco, daquele aumento.¹²

Mesmo reconhecendo que as mudanças climáticas na ilha afetam, de forma geral, todos os habitantes, os entrevistados destacaram três categorias populacionais mais vulneráveis às mudanças climáticas: os que vivem de recursos naturais, os mais pobres e os que moram nas áreas mais baixas da ilha. Assim, ao responder se as mudanças climáticas ameaçam mais certas categorias de pessoas do que outras, os entrevistados realçaram: “Com certeza. Principalmente as pessoas que vivem da pesca, da

Mesmo reconhecendo que as mudanças climáticas na ilha afetam, de forma geral, todos os habitantes, os entrevistados destacaram três categorias populacionais mais vulneráveis às mudanças climáticas: os que vivem de recursos naturais, os mais pobres e os que moram nas áreas mais baixas da ilha

9 Entrevista de pesquisa concedida em 20 de dezembro de 2023, na cidade de Vera Cruz.

10 Entrevista de pesquisa concedida em 25 de setembro de 2024, na cidade de Vera Cruz.

11 Entrevista de pesquisa concedida em 2 de outubro de 2024, na cidade de Vera Cruz.

12 Entrevista de pesquisa concedida em 12 de agosto de 2024, na cidade de Itaparica.

Sobre os ecossistemas da ilha mais ameaçados pelas mudanças climáticas, a maioria dos entrevistados concordou em apontar a vulnerabilidade dos corais ao aumento da temperatura, principalmente no que se refere ao fenômeno de branqueamento que afeta os recifes da ilha

mariscagem, dos mariscos. As pessoas que plantam aqui. Essas pessoas todas são mais impactadas. Além de quem mora na orla, também”¹³.

Essa mudança afeta diretamente o pescador, o pescador de modo geral, até o catador de caranguejo é afetado, porque a gente não tem mais a quantidade de caranguejo que tinha, a gente tem o caranguejo menor e poluído.¹⁴

Sempre no mundo todo, sempre as pessoas mais vulneráveis são as mais afetadas [...], quem mais sofre com isso é quem depende da natureza para poder viver, no caso dos pescadores, as marisqueiras, o agricultor. A ilha tem muita terra fértil, muito agricultor familiar que depende da terra para poder plantar sua comida no dia a dia, ou para seu próprio sustento com a comercialização [...] Então, se a gente vai falar de quem sofre mais [diante] dessas mudanças, [vemos que] 90% dos moradores da ilha de Itaparica [...] são essas pessoas que [...] dependem da natureza para viver.¹⁵

As mulheres, sem dúvida nenhuma. A gente tem na Ilha de Itaparica notoriamente uma constituição familiar [em] que as mulheres são arrimo de família, ou seja, elas são as provedoras. Então, muitas mulheres vivem da pesca, da mariscagem, como eu já falei. A questão das mudanças climáticas afeta toda essa produção do pescado e do alimento que é extraído por elas. Os idosos e as crianças, a gente observa, sofrem mais o impacto direto dessas mudanças climáticas.¹⁶

Então, essas mudanças, para a ilha, têm uma representação muito grande, porque boa parte ainda das comunidades sobrevive da pesca. O que mantém realmente as famílias é a pesca. E, cada dia que passa, a pesca está se tornando comprometida devido às mudanças globais. Seja na maré, porque a maré, a mudança que ocorre nela termina impactando na vida dos pescadores e marisqueiras [...] Eu acho que vai ter um impacto grande também nas pessoas que vivem de turismo [...] quando não houver mais faixa de praia, todas aquelas localidades ali vão ser afetadas.¹⁷

Sobre os ecossistemas da ilha mais ameaçados pelas mudanças climáticas, a maioria dos entrevistados concordou em apontar a vulnerabilidade dos corais ao aumento da temperatura, principalmente no que se refere ao fenômeno de branqueamento que afeta os recifes da ilha. As praias e

13 Entrevista de pesquisa concedida em 20 de dezembro de 2024, na cidade de Vera Cruz.

14 Entrevista de pesquisa concedida em 16 de julho de 2024, na cidade de Vera Cruz.

15 Entrevista de pesquisa concedida em 3 de outubro de 2024, na cidade de Itaparica.

16 Entrevista de pesquisa concedida em 30 de novembro de 2023, na cidade de Vera Cruz.

17 Entrevista de pesquisa concedida em 8 de novembro de 2024, na cidade de Vera Cruz.

restingas também foram citadas como extremamente ameaçadas pelo avanço do mar, assim como os manguezais que dependem diretamente da oscilação da maré:

Sim, sem dúvida nenhuma, os **corais** da Ilha de Itaparica. Aqui a gente tem uma barreira de corais extensa e a gente sabe que o coral, ele é um bioindicador, então qualquer milésimo de grau que altere, que aumente a temperatura da terra, eles [os corais] são os primeiros a sofrer. [...] O manguezal, nesse ponto, eu acho que é mais resiliente, bem mais resiliente do que os recifes de corais, que são mais frágeis nesse sentido.¹⁸

Porque [...] você não tem noção de como, todas as vezes que o pessoal que leva para as Caramuanas, né, para fazer o passeio [turístico], joga a âncora, e [acaba] partindo os corais. E isso vai trazer um impacto muito grande para todos os moradores dali. Porque, **se não tem coral para poder reter tudo que vem, então tudo vai diretamente para a faixa de praia. E quando não houver mais faixa de praia, toda aquela localidade ali vai ser afetada.**¹⁹

Eu acho que nós corremos mais riscos pela **elevação do nível do mar**, porque isso afetaria os assentamentos urbanos, que estão todos nessa área mais baixa, não é? E isso **afetaria também as áreas estuarinas, as áreas de mangue**. E, provavelmente, afetaria [...] a subsistência dessas pessoas, e, muito provavelmente, por **salinização, as áreas contíguas aos manguezais**, onde essas pessoas podem estar cultivando horta e plantas e cultivos adaptados a solos mais encharcados, solos mais molhados. Então, essas **áreas mais baixas**, onde se faz algum tipo de agricultura mais baixa, teoricamente, seriam afetadas pela salinização, por conta da elevação [do nível do mar].²⁰

O perigo que corre a ilha devido à contínua perda de fontes de água doce (rios, nascentes, lençol freático etc.) também foi reportado pelos entrevistados: “A vegetação está cada dia mais seca, porque **os rios estão secos, porque os lençóis freáticos estão secando.**”²¹

À medida que o aumento do nível do mar está acontecendo, a gente [vê que] na ilha os lençóis freáticos são muito superficiais. Então a tendência é que, se o mar avançar, ele **salinize todo esse aquífero** que a gente tem. Então, a gente vai deixar de ter uma água doce para ter uma água salobra muito provavelmente.²²

O perigo que corre a ilha devido à contínua perda de fontes de água doce (rios, nascentes, lençol freático etc.) também foi reportado pelos entrevistados

18 Entrevista de pesquisa concedida em 30 de novembro de 2023, na cidade de Vera Cruz.

19 Entrevista de pesquisa concedida em 2 de outubro de 2024, na cidade de Vera Cruz.

20 Entrevista de pesquisa concedida em 11 de novembro de 2024, na cidade de Itaparica.

21 Entrevista de pesquisa concedida em 8 de maio de 2024, na cidade de Vera Cruz.

22 Entrevista de pesquisa concedida em 30 de novembro de 2023, na cidade de Vera Cruz.

Como medidas de mitigação, entre as quais, uma gestão adequada dos resíduos sólidos, por meio do controle do lixão, problema considerado extremamente grave para a ilha e para a localidade mais próxima ao aterro (em Baiacu)

Eu vou lhe falar de algo que é muito perturbador na minha parte. Eu acho que a gente dá muita atenção a nossa maré. Os visitantes, os nativos. Mas a gente não dá atenção a nossos rios, a nossas nascentes. E as nossas nascentes e os nossos rios estão sendo ocupados. Então, tudo nasce do rio, inclusive a qualidade do marisco que a gente tem. Ela nasce do rio, dessa água doce que vem dessas raízes, dessas árvores ancestrais. [...] Nesses estuários, que é onde nossas populações estão, é ali onde elas estão, é de onde [vem] toda a riqueza de frutos e de alimentos.²³

A ilha sempre teve fama de ter uma reserva de água doce abundante. Temos a Fonte da Bica muito traduzida [...] em poesia e música. E essas águas doces, com empresas, com fontes, são hoje também entendidas como estratégicas para uma cidade, um município, um estado, [...] o veranista, o morador, o turista. Então, há que ser também tratado com muito carinho pelas populações humanas esse valor que é comum.²⁴

As [fontes] que ainda existem, existem por obra e graças do divino Espírito Santo, porque não existe uma política de preservação dessas fontes e nem uma política que garanta uma lei que proteja as nascentes e que diga que é proibido qualquer tipo de construção com 30 metros de distância da fonte – isso não é respeitado. A gente sabe que muitas dessas fontes foram aterradas para a construção de residências e de outros equipamentos.²⁵

Acerca das soluções possíveis para enfrentar as mudanças climáticas na Ilha de Itaparica, os entrevistados apresentaram propostas que abrangem desde ações pontuais até medidas mais estratégicas e de longo prazo. Entre as medidas principais, foram mencionadas a necessidade de implementar, de forma eficaz, leis e planos já existentes, além de projetos de adaptação às mudanças climáticas, como o desenvolvimento de obras de contenção da erosão costeira e a estruturação de novos projetos e ações voltados para a conservação da natureza (p. ex.: criação de reservas e unidades de conservação), bem como medidas de mitigação, entre as quais, uma gestão adequada dos resíduos sólidos, por meio do controle do lixão, problema considerado extremamente grave para a ilha e para a localidade mais próxima ao aterro (em Baiacu):

Uma questão daqui da ilha que me chama a atenção – não sei no que isso pode afetar na mudança climática né, mas pode afetar o solo... – é essa questão do lixo aqui no município, que é um problema terrível. [...] E aquilo não é um aterro sanitário, é um lixão que tem no Baiacu, onde

23 Entrevista de pesquisa concedida em 12 de agosto de 2024, na cidade de Itaparica.

24 Entrevista de pesquisa concedida em 11 de março de 2024, na cidade de Salvador.

25 Entrevista de pesquisa concedida em 30 de novembro de 2023, na cidade de Vera Cruz.

o lençol freático tá contaminado com vários metais pesados, e isso é um problema, e eu não vejo ninguém fazer nada sobre isso! [...] Porque não é possível que várias outras cidades venham depositar seu lixo numa ilha, e a pessoa acha normal! E aquele local ali, que é um berçário né, que é o Baiacu, tá contaminado como metais pesados, e é dali que vários comércios compram os mariscos para vender, comercializar nos seus estabelecimentos.²⁶

Também foi levantada a necessidade de uma melhor governança ambiental na ilha para enfrentar mudanças e problemáticas ambientais que caracterizam o território insular, sem distinção entre os municípios:

Bom, para começar, eu acho que a gente deveria **ter uma secretaria de Meio Ambiente ativa** nos dois municípios, Vera Cruz e Itaparica [...], a gestão pública precisa ter um órgão competente com orçamento, com plano de ação direcionado à mitigação [...] ter uma secretaria com políticas públicas locais, políticas públicas que estejam também articuladas a nível nacional e internacional.²⁷

Eu acho que eu abriria diversas frentes de diálogo com diversos setores da comunidade, da sociedade, até integrá-los todos num único fórum...e trabalharia isso [as mudanças climáticas] como um tema central por desenvolvimento, sabe? Traria as pessoas da comunidade para discutir esse assunto, para que isso pudesse gerar engajamento, para que isso não fosse uma política pública vazia de um executivo, de uma prefeitura, por exemplo, que não dialoga, entendeu? [É necessário] se pensar em **um plano de desenvolvimento que traga diversas inteligências** – na arquitetura, no paisagismo, na ecologia, né, que tivesse um plano de trabalho voltado para ecologia.²⁸

Então a gente precisa de uma entidade que represente mesmo, né, **essas questões ambientais, que não tem**. Você vê aí o Greenpeace, que é forte, pelo mundo, atuante, e aqui não tem, né, nem municipal nem estadual, não tem nada aqui que venha realmente socorrer o povo.²⁹

Por fim, reforçou-se o papel da educação como instrumento de mudança e a necessidade de proporcionar uma formação melhor para crianças e o público em geral, baseada nos valores da proximidade e do cuidado, para que se tornem cidadãos conscientes e responsáveis pelos bens comuns. “Todo um **programa educacional**, a própria educação convencional das

Por fim, reforçou-se o papel da educação como instrumento de mudança e a necessidade de proporcionar uma formação melhor para crianças e o público em geral, baseada nos valores da proximidade e do cuidado, para que se tornem cidadãos conscientes e responsáveis pelos bens comuns

26 Entrevista de pesquisa concedida em 16 de julho de 2024, na cidade de Vera Cruz.

27 Entrevista de pesquisa concedida em 11 de novembro de 2024, na cidade de Itaparica.

28 Entrevista de pesquisa concedida em 20 de dezembro de 2023, na cidade de Vera Cruz.

29 Entrevista de pesquisa concedida em 16 de julho de 2024, na cidade de Vera Cruz.

Os resultados refletiram a maior vulnerabilidade climática dos territórios insulares ante as mudanças do clima, além de reafirmar a importância do mar e dos seus recursos para as pessoas que dele dependem

nossas escolas deveria ter um trabalho muito mais focado nesse cuidado da natureza.”³⁰

Eu acho que a educação. Eu acho que a ilha só vai se desenvolver quando ela tiver uma escola básica boa, uma escola técnica boa e uma universidade. Essa é a educação de formação. Em segundo lugar, eu acho que o maior investimento é em educação pública. Educação pública é você educar as pessoas no dia a dia. Se você mantém uma cidade limpa, com uma coleta de lixo estruturada, você oferece uma forma da população recolher o lixo de maneira adequada, pra não causar prejuízo, né? Então, eu acho que a educação é a grande solução pra gente. E, através da educação, vêm as oportunidades.³¹

O mar tem que ser respeitado, nada que o caranguejo não come deveria ser jogado no mar, começa por aí. Nas escolas, selecionar o lixo certo, ensinar a criança a jogar o plástico no lugar do plástico, jogar lixo no lixo. A gente começa por aí, respeitando a natureza. Eu acho que se a gente começar a respeitar a natureza de verdade, ela se recupera rapidinho, nos devolve aquilo ali de milhões de formas, eu acho que é por aí.³²

Aqui, a gente tem que ter capacitação de pessoas. Em todas as comunidades. Ações pontuais. [...] Ter um mapeamento. Quantas localidades tem? Quantas pessoas tem? Capacitar todas essas pessoas. Ter projetos eficientes, né?, mostrando às pessoas, qualificando essas pessoas, principalmente o pessoal que está [na linha] de frente. Pescadores, marisqueiras, os barqueiros que fazem os passeios. Essas pessoas têm que estar capacitadas para enfrentar essas mudanças. Para eles saberem como é que eu vou me comportar daqui a cinco anos, daqui a dez anos, daqui a 20 anos.³³

Além das perguntas abertas, a avaliação dos riscos climáticos para a Ilha de Itaparica feita por meio da técnica *Q-sorting* mostrou como a perda de habitats marinho-costeiros (A21) e de meios de sustento (A28), junto com a erosão costeira e o avanço do mar (A2), foram riscos considerados extremamente relevantes para a Ilha de Itaparica. Os resultados refletiram a maior vulnerabilidade climática dos territórios insulares ante as mudanças do clima, além de reafirmar a importância do mar e dos seus recursos para as pessoas que dele dependem (Figura 3).

30 Entrevista de pesquisa concedida em 8 de maio de 2024, na cidade de Vera Cruz.

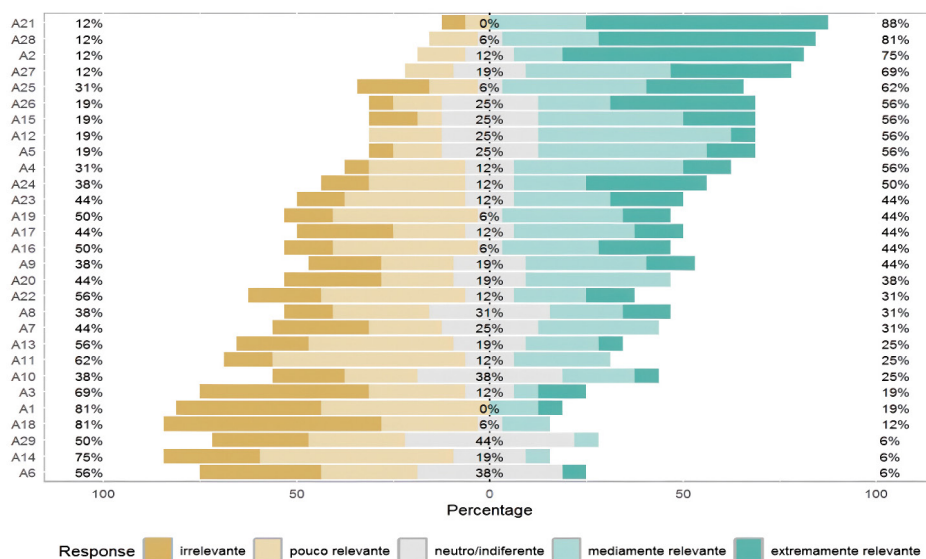
31 Entrevista de pesquisa concedida em 17 de setembro de 2024, na cidade de Itaparica.

32 Entrevista de pesquisa concedida em 12 de agosto de 2024, na cidade de Itaparica.

33 Entrevista de pesquisa concedida em 2 de outubro de 2024, na cidade de Vera Cruz.

Figura 3

Relevância dos riscos climáticos de acordo com os entrevistados



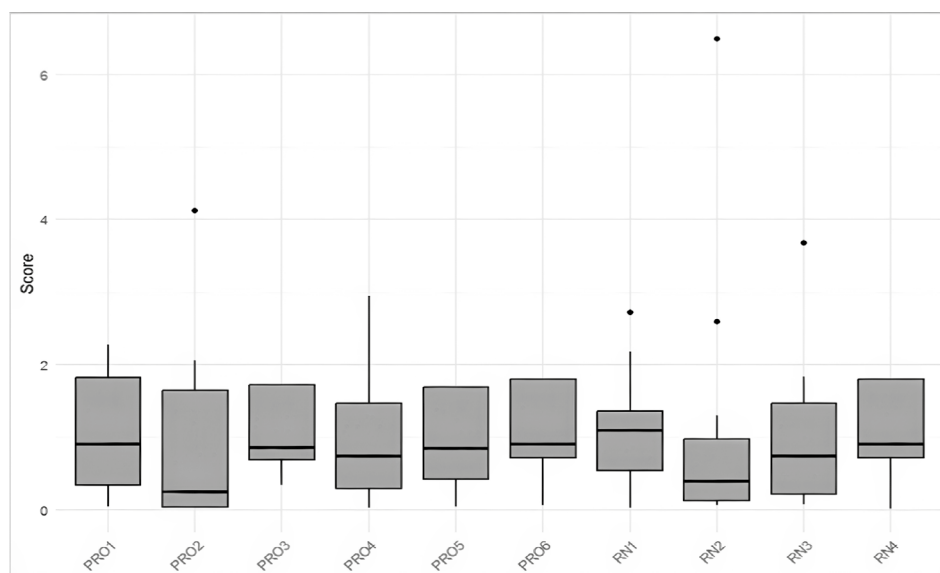
Fonte: elaboração própria (2025).

Surpreendentemente, a estiagem e a falta de chuva (A6) foram consideradas os fenômenos menos relevantes, embora as previsões climáticas para o Nordeste do Brasil prevejam a intensificação de períodos de seca devido ao aumento da temperatura e à alteração nos padrões de precipitação, com índices de chuva abaixo da média (Bottino *et al.*, 2024; Santos *et al.*, 2020).

Já as análises das dez matrizes de risco preenchidas durante os FG mostraram a variabilidade média das pontuações entre os dez grupos e os 29 riscos (figuras 4 e 5). O grupo RN2 (mulheres da Associação Cultural de Matarandiba) foi o que avaliou os riscos climáticos com de menor gravidade quanto aos impactos e à probabilidade de ocorrência, provavelmente pelo fato de Matarandiba se localizar ao lado da ilha, voltado para o interior da Baía de Todos-os-Santos (a contracosta) e ser um dos lugares mais preservados em termos de biodiversidade e de áreas de proteção da erosão costeira e do avanço do mar (dois riscos reconhecidos como os mais significativos pela população da ilha).

Figura 4

Variabilidade média das pontuações dos riscos entre os dez grupos avaliados



Fonte: elaboração própria (2025).

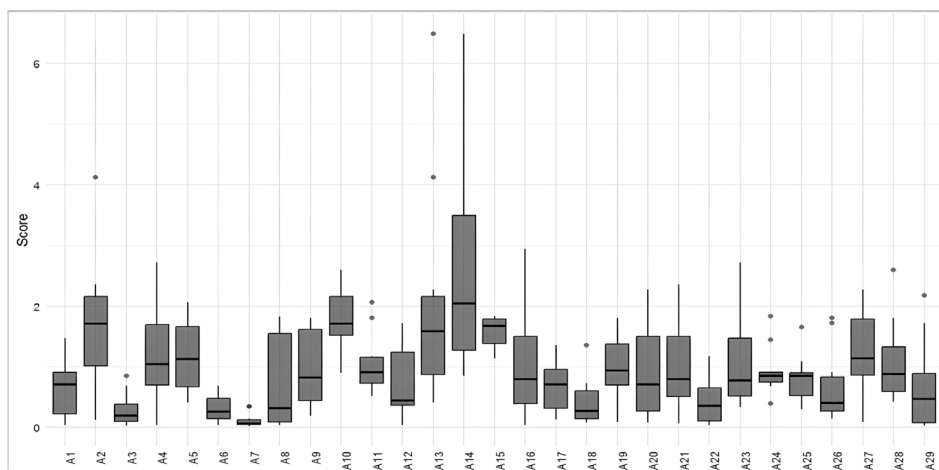
Os riscos climáticos considerados mais impactantes e com maior probabilidade de ocorrência pelos grupos avaliados foram: o aumento no preço dos alimentos e da energia (A13 e A14), as ondas de calor (A10) e a erosão costeira e avanço do mar (A2). Entretanto, embora o aumento do preço da energia tenha sido o risco a gerar mais preocupação entre os participantes em termos absolutos, sua variabilidade entre os grupos foi a maior em comparação com os outros riscos. Isso pode estar associado à maior incerteza sobre o andamento futuro dos preços – em função das mudanças climáticas – e sobre o próprio futuro energético do país, já que durante os encontros foi citada frequentemente a seca na Amazônia como fator de risco para a produção de energia hidroelétrica e o abastecimento energético do Nordeste. Além disso, durante os FG, debateu-se o constante aumento dos preços da energia e dos alimentos, devido a vários fatores, entre os quais a falta de chuva, as enxurradas e os eventos climáticos extremos.

Outros riscos considerados relevantes foram: o aumento do nível do mar (A15) e a degradação e poluição (A27). Os participantes associaram a elevação marinha principalmente à perda de praias e de faixa costeira, o que já ocorre em várias localidades da ilha (ex.: Cacha Pregos, Barra Grande, Mar Grande), corroborando os resultados das entrevistas qualitativas. No entanto, esse risco também depende de fatores morfológicos e oceanográficos complexos e da antropização do litoral, além de sofrer os impactos da degradação e da poluição, que foram relacionadas com a falta de saneamento básico e de um sistema eficiente de tratamento de resíduos sólidos.

O risco climático que obteve a menor pontuação foi a migração forçada (A7), sendo que essa avaliação foi quase unânime entre os grupos. Esse risco quase não foi percebido como real pelos participantes, sendo que, durante os FG, vários respondentes o relataram como algo que ocorre “em outros lugares” e “fora da ilha”. Outros riscos percebidos como “distantes” foram: deslizamento (A3) e estiagem e falta de chuva (A6). No primeiro caso, trata-se de um risco que afeta principalmente moradores de áreas de encostas, o que não é uma realidade frequente na ilha, com a exceção de alguns bairros localizados no centro dos dois municípios (p. ex.: bairros Riachinho e Altos da Pomba). No caso da falta de chuva, é interessante notar que ela aparece como um dos riscos menos percebidos pelos moradores, apesar de os cenários climáticos preverem uma intensificação da seca e de fenômenos de escassez de chuva para as regiões Norte e Nordeste do Brasil nos próximos 30 anos (Brasil, 2024; Santos *et al.*, 2020). Torna-se de suma importância a existência de dados e registros pluviométricos locais para o monitoramento desse fenômeno, já que atualmente não existem dados suficientemente robustos relacionados a esses eventos na Ilha de Itaparica e na Baía de Todos-os-Santos.

Figura 5

Variabilidade média das pontuações entre os 29 riscos



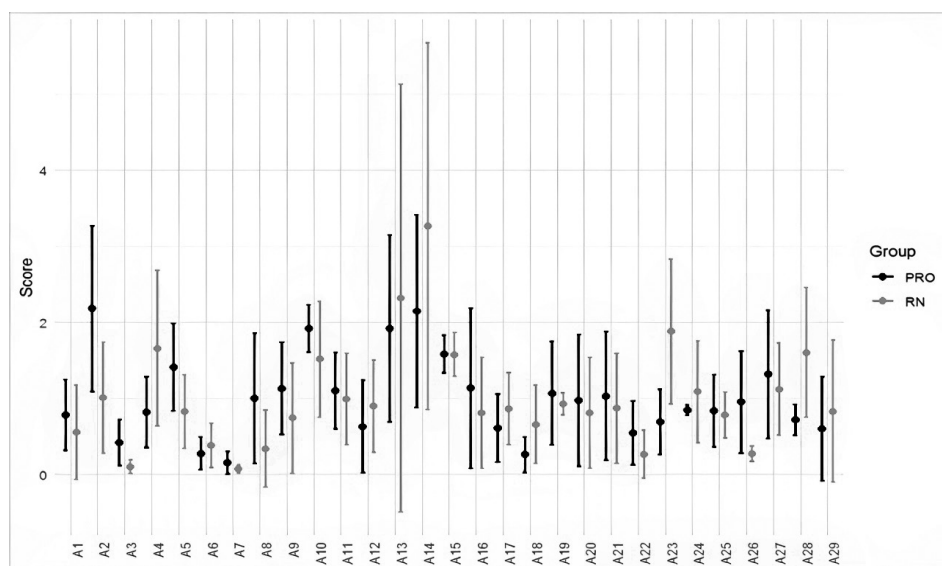
Fonte: elaboração própria (2025).

Para uma compreensão mais detalhada sobre a percepção dos riscos climáticos, os dados foram separados em dois grandes grupos: o primeiro agregou os professores, representando indivíduos que não dependem diretamente de recursos naturais (PRO), enquanto o segundo reuniu pessoas que dependem diretamente desses recursos (RN). Os resultados mostraram a diferença entre os dois grupos em termos de percepção de riscos (Figura 6). É interessante notar que a crise hídrica e a falta de água potável (A23), a perda dos meios de sustento (A28), o aumento da desigualdade social (A4), o crescimento da taxa de mortalidade e dos riscos para a saúde (A12), a perda da biodiversidade (A24), além da alta dos

preços de alimentos e energia (A13 e A14) são percebidos como mais prováveis e com maior impacto pelo grupo que depende dos recursos naturais para sobreviver. Essa tendência evidencia o medo desse segmento de perder a própria fonte de subsistência devido à ameaça climática, além de demonstrar como as pessoas que dependem de recursos naturais tendem a priorizar as necessidades básicas (água, alimentos e energia) e de igualdade, porque na ilha (e não apenas nesse local) essas pessoas integram a camada mais pobre da sociedade. Em contrapartida, o segmento que não depende diretamente desses recursos, quando comparado com o que depende, percebeu mais riscos relacionados a: erosão costeira e avanço do mar (A2), insegurança alimentar (A26), impacto no setor turístico (A8), proliferação de doenças (A5), perdas econômicas (A9) e ondas de calor (A10). Esse cenário também mostra como, por não ter acesso direto aos recursos, as pessoas revelam-se mais preocupadas com a segurança alimentar e com riscos climáticos menos associados às próprias necessidades básicas e à igualdade social.

Figura 6

Comparação das pontuações dos 29 riscos entre os dois grupos – pessoas dependentes de recursos naturais (RN) e pessoas não dependentes desses recursos (PRO)



Fonte: elaboração própria (2025).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho buscou trazer à tona as percepções dos moradores da Ilha de Itaparica (BA) acerca das mudanças e dos riscos climáticos. A metodologia adotada foi um estudo de caso com aplicação de entrevistas e *focus groups*, para identificar diferentes perspectivas sobre os efeitos das mudanças climáticas no cotidiano da Ilha de Itaparica, assim como elencar os principais riscos para as comunidades e os ecossistemas.

Além disso, a pesquisa buscou proporcionar alternativas para a ação local. A lista de cartas de riscos desenvolvida apoiou a pesquisa, facilitando a compreensão e o debate sobre os possíveis impactos climáticos, podendo constituir uma ferramenta valiosa no planejamento de ações sustentáveis em escala local, principalmente em contextos insulares e territórios costeiros.

Os resultados da pesquisa forneceram dados essenciais sobre a percepção de risco climático dos moradores da Ilha de Itaparica, apontando as principais ameaças ao contexto insular, assim como os lugares mais impactados e as categorias de pessoas consideradas mais vulneráveis, como é o caso das que dependem diretamente de recursos naturais. Esses achados são fundamentais e podem servir de base ao planejamento de ações climáticas em escala local.

A pesquisa contribuiu para mostrar como a percepção sobre os riscos climáticos pode preencher lacunas de dados e auxiliar no mapeamento de áreas vulneráveis. No entanto, o planejamento climático local não pode se limitar a definir e/ou mapear áreas vulneráveis, devem constituir instrumentos integrados para enfrentar os complexos desafios das mudanças climáticas, articulando ações que abrangem a prevenção dos desastres, a educação, a governança, a transição energética, a conservação da natureza e a restauração dos ecossistemas. É essencial que sejam iniciativas viáveis e ressoem com as necessidades e os valores das comunidades locais, desafiando poderes, vulnerabilidades e discriminações enraizadas. Assim, espera-se que o diagnóstico – realizado a partir dos resultados desta pesquisa e a ser compartilhado com as comunidades e os governos locais – possa servir como fundamento para a construção de propostas e estratégias coletivas de ação climática, juntamente com os órgãos públicos, a sociedade civil organizada e a população local.

REFERÊNCIAS

ASWANI, Shankar *et al.* Can perceptions of environmental and climate change in island communities assist in adaptation planning locally?. *Environmental Management*, [s. l.], v. 56, n. 6, p. 1487-1501, 2015. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/279958821_Can_Perceptions_of_Environmental_and_Climate_Change_in_Island_Communities_Assist_in_Adaptation_Planning_Locally. Acesso em: 2 ago. 2025.

BAHIA. Decreto nº 7.595, de 05 de junho de 1999. Cria a Área de Proteção Ambiental - APA da Baía de Todos-os-Santos e dá outras providências. *Diário Oficial do Estado*, Salvador, 9 jun. 1999. Disponível em: https://www.ba.gov.br/inema/sites/site-inema/files/migracao_2024/arquivos/wp-content/uploads/2011/09/Dec7595.pdf. Acesso em: 14 dez. 2024.

Espera-se que o diagnóstico – realizado a partir dos resultados desta pesquisa [...] – possa servir como fundamento para a construção de propostas e estratégias coletivas de ação climática, juntamente com os órgãos públicos, a sociedade civil organizada e a população local

BARDIN, Laurence. *Análise de conteúdo*. Lisboa: Edições 70, 1977.

BOTTINO, Marcus Jorge *et al.* Amazon savannization and climate change are projected to increase dry season length and temperature extremes over Brazil. *Scientific Reports*, Londres, v. 14, p. 1-11, 2024. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/s41598-024-55176-5>. Acesso em: 16 mar. 2025.

BRASIL. Ministério das Cidades. *Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento*: painel de indicadores 2021. Disponível em: <https://www.gov.br/cidades/pt-br/aceso-a-informacao/acoes-e-programas/saneamento/sinisa>. Acesso em: 1 maio 2024.

BUBECK, Philip *et al.* Disaster risk reduction on stage: an empirical evaluation of community-based theatre as risk communication tool for coastal risk mitigation and ecosystem-based adaptation. *Progress in Disaster Science*, [s. l.], v. 22, p. 1-9, 2024. Disponível em: <https://eprints.whiterose.ac.uk/id/eprint/210797/8/1-s2.0-S2590061724000139-main.pdf>. Acesso em: 14 set. 2025.

CHAKRABORTY, Ritodhi; SHERPA, Pasang Yangjee. From climate adaptation to climate justice: critical reflections on the IPCC and Himalayan climate knowledges. *Climatic Change*, [s. l.], v. 167, n. 3, 2021.

COUTO, Margarida *et al.* A metodologia Q nas ciências sociais e humanas: o resgate da subjectividade na investigação empírica. *Psicologia*, Lisboa, v. 25, n. 2, 7-21, 2011. Disponível em: <https://revista.appsicologia.org/index.php/rpsicologia/article/view/285/48>. Acesso em: 12 maio 2025.

GRASHAM, Catherine Fallon *et al.* Engaging with the politics of climate resilience towards clean water and sanitation for all. *NPJ Clean Water*, [s. l.], v. 42, p. 1-4, 2021. Disponível em: <https://ora.ox.ac.uk/objects/uuid:71ccc2e2-efb3-4655-b821-b2e2b35ae0dd/files/rkh04dq086>. Acesso em: 6 dez. 2024.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. *Cidades e estados: Itaparica*. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/ba/itaparica.html>. Acesso em: 22 mar. 2025.

INSTITUTO JONES DOS SANTOS NEVES. *IJSN especial: crise climática e desastres socioambientais*. Vitória: IJSN, maio 2024. Disponível em: https://ijsn.es.gov.br/Media/IJSN/PublicacoesAnexos/S%C3%ADnteses/IJSN_Especial_Mudan%C3%A7as_Clim%C3%A1ticas.pdf. Acesso em: 22 mar. 2025.

LEICHENKO, Robin; MCDERMOTT, Melanie; BEZBORODKO, Ekaterina. Barriers, limits and limitations to resilience. In: HEIDKAMP, Patrick; MORRISSEY, John. *Towards coastal resilience and sustainability*. Londres: Routledge, 2018. p. 33-56.

LESSA, Guilherme Camargo *et al.* Oceanografia física. *In*: HATJE, Vanessa; ANDRADE, Jailson B. de. *Baía de Todos-os-Santos: aspectos oceanográficos*. Salvador: Edufba, 2009. p. 67-120.

NASCIMENTO, Daniela Espírito Santo do. *Impacto das mudanças climáticas nas atividades pesqueiras da Baía de Todos-os-Santos, Brasil: estudo de caso-canal de Itaparica*. 2018. 39 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Oceanografia) – Instituto de Geociências, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2018. Disponível em: https://repositorio.ufba.br/bitstream/ri/27804/1/Monografia_Daniela_Nascimento.pdf. Acesso em: 26 maio 2025.

NEWELL, Peter *et al.* Toward transformative climate justice: an emerging research agenda. *WIREs Climate Change*, [s. l.], v. 12, n. 6, Nov./Dec. 2021.

PORTERON, Samy *et al.* *Urban climate action impacts framework: a framework for describing and measuring the wider impacts of urban climate action*. London: C40 Cities, 2018. Disponível em: <https://www.c40.org/wp-content/uploads/2022/02/Urban-Climate-Impact-Framework-%E2%80%93-Defining-the-pathway-methodology-to-map-how-a-climate-action-can-translate-into-multiple-benefits.pdf>. Acesso em: 9 ago. 2025.

PÖRTNER, Hans-O. *et al.* Summary for policymakers. *In*: PÖRTNER, Hans-O. *et al.* (ed.). *Climate change 2022: impacts, adaptation and vulnerability: Working Group II contribution to the sixth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge: New York: Cambridge University Press, 2022. p. 3-33. Disponível em: https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg2/downloads/report/IPCC_AR6_WGII_SummaryForPolicymakers.pdf. Acesso em: 19 set. 2025.

PORTO-GONÇALVES, Carlos Walter. De caos sistêmico e de crise civilizatória: tensões territoriais em curso. *Revista da Casa da Geografia de Sobral*, Sobral, v. 22, n. 2, p. 103-132, ago. 2020. Disponível em: <https://rcgs.uvanet.br/index.php/RCGS/article/view/687/558>. Acesso em: 1 maio 2024.

PRÓ-MAR. *Relatório de atividades da organização socioambientalista Pró-Mar: 20 anos de história*. Vera Cruz: Pró-Mar, 2022.

SANTOS, Diego Jatobá dos *et al.* Mudanças futuras de precipitação e temperatura no Brasil a partir dos níveis de aquecimento global de 1,5°C, 2°C e 4°C. *Sustainability in Debate*, Brasília, v. 11, n. 3, p. 74-90, dez. 2020. Disponível em: <https://periodicos.unb.br/index.php/sust/article/view/33933/28548>. Acesso em: 22 ago. 2025.

SCHIPPER, E. L. F. *et al.* Turbulent transformation: abrupt societal disruption and climate resilient development. *Climate and Development*, [s. l.], v. 13, n. 6, p. 467-474, 2021.

STEPHENSON, William. *The study of behavior*: Q-technique and its methodology. Chicago: University of Chicago Press, 1953.

TENGÖ, Maria *et al.* Creating synergies between citizen science and indigenous and local knowledge. *BioScience*, [s. l.], v. 71, n. 5, p. 503-518, May 2021. Disponível em: <https://academic.oup.com/bioscience/article/71/5/503/6238580>. Acesso em: 29 abr. 2025.

VAN DER LINDEN, Sander. The social-psychological determinants of climate change risk perceptions: towards a comprehensive model. *Journal of Environmental Psychology*, [s. l.], v. 41, 112-124, Mar. 2015.

VERON, Simon *et al.* Vulnerability to climate change of islands worldwide and its impact on the tree of life. *Scientific Reports*, Londres, v. 9, p. 1-11, 2019. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/s41598-019-51107-x.pdf>. Acesso em: 13 dez. 2024.



Resumo

O nióbio, elemento químico de propriedades singulares, tem emergido como recurso estratégico na transição energética e na reindustrialização sustentável. Este artigo apresenta uma revisão bibliográfica descritiva que contextualiza o papel do Brasil, em especial da Bahia, no aproveitamento do nióbio como vetor de inovação tecnológica, agregação de valor e descarbonização. A partir de análise de documentos técnicos, artigos científicos e relatórios institucionais, a pesquisa discute rotas sintéticas mais limpas para nanopartículas de nióbio, aplicações biomédicas sustentáveis e usos industriais alinhados às metas climáticas brasileiras. Por fim, aponta caminhos para o fortalecimento das cadeias produtivas regionais e destaca a importância da articulação entre a área de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D), a política industrial e a sustentabilidade para posicionar o país como líder em soluções de baixo carbono.

Palavras-chave: nióbio; transição energética; sustentabilidade; indústria verde; nanotecnologia; economia de baixo carbono.

Abstract

Niobium, a chemical element with unique properties, has emerged as a strategic resource in energy transition and sustainable reindustrialization. This article presents a descriptive literature review that contextualizes the role of Brazil, especially Bahia, in the use of niobium as a vector for technological innovation, value addition, and decarbonization. Based on an analysis of technical documents, scientific articles, and institutional reports, the research discusses cleaner synthetic routes for niobium nanoparticles, sustainable biomedical applications, and industrial uses aligned with Brazilian climate goals. Finally, it points to ways to strengthen regional production chains and highlights the importance of coordination between Research and Development (R&D), industrial policy, and sustainability to position the country as a leader in low-carbon solutions.

Keywords: niobium; energy transition; sustainability; green industry; nanotechnology; low-carbon economy.

Nióbio e transição energética: contribuições tecnológicas e o protagonismo da Bahia para uma economia de baixo carbono

FELIPE ROMICI ZANE LORDELO NOGUEIRA

Graduado em Engenharia Civil pela Universidade Federal da Bahia, mestrando em Engenharia de Biomateriais e Bioprocessos na Universidade Estadual Paulista (Unesp).
<https://orcid.org/0009-0006-0429-0713>.
felipe.lordelo@unesp.br

LIGIA MARIA MANZINE COSTA

Doutora em Nanociências e Materiais Avançados pela Universidade Federal do ABC (UFABC), mestra em Ciência e Engenharia dos Materiais pela Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), graduação em Química pela Universidade de São Paulo (USP).
 Docente da Universidade Estadual Paulista (Unesp) no *campus* de Ilha Solteira (SP).
<https://orcid.org/0000-0001-6483-7633>.
ligia.manzine@unesp.br

LUCINÉIA DOS SANTOS

Doutora e mestra em Ciências pela Universidade de São Paulo (USP), graduada em Farmácia Bioquímica pela Universidade Estadual de Londrina (UEL). Docente da Universidade Estadual Paulista (Unesp) no *campus* de Assis-SP.
<https://orcid.org/0000-0002-9142-0371>.
lucineia.santos@unesp.br

doi.org/10.56839/bd.v35i2.a14

A TRANSIÇÃO ENERGÉTICA GLOBAL

rumo a uma economia de baixo carbono exige a adoção de tecnologias limpas e materiais avançados, capazes de promover maior eficiência energética, armazenamento seguro e produção sustentável. Nesse contexto, o nióbio, elemento químico de propriedades únicas, vem ganhando destaque como insumo estratégico em diversas cadeias tecnológicas – desde superligas metálicas até catalisadores para produção de hidrogênio verde, baterias de alto desempenho e revestimentos funcionais com aplicações médicas.

O Brasil, responsável por aproximadamente 98% da produção mundial de nióbio, ocupa posição privilegiada nesse cenário, não apenas como fornecedor de matéria-prima, mas como potencial líder no desenvolvimento de soluções industriais e científicas com valor agregado. A ampliação do uso de tecnologias com nióbio está diretamente associada à reindustrialização verde, à geração de empregos qualificados e ao fortalecimento de cadeias produtivas regionais, especialmente em territórios com potencial energético e científico, como o Nordeste brasileiro.

A coleta de dados foi realizada por meio da análise crítica de documentos técnicos, artigos científicos e relatórios institucionais, com foco em materiais publicados entre os anos de 2015 e 2024

A relevância do tema está ancorada em três pilares principais: 1) a urgência climática, que demanda a rápida descarbonização dos sistemas produtivos; 2) a necessidade de diversificação e fortalecimento da base industrial brasileira, com foco em inovação e sustentabilidade; e 3) o papel da ciência de materiais na viabilização de soluções disruptivas para os desafios do século XXI.

Pergunta norteadora

Diante desse contexto, este estudo parte da seguinte questão: *de que forma o nióbio pode contribuir para soluções tecnológicas alinhadas à descarbonização, à reindustrialização verde e ao desenvolvimento regional sustentável, especialmente no Nordeste brasileiro?*

Objetivo geral

O presente artigo tem como objetivo discutir o papel do nióbio como elemento estratégico para a transição energética global, analisando suas aplicações tecnológicas, implicações ambientais e oportunidades de agregação de valor industrial no Brasil, com ênfase nas potencialidades da Bahia e da Região Nordeste.

Objetivos específicos

- Explorar o estado da arte sobre aplicações tecnológicas do nióbio em setores-chave da transição energética;
- apontar as oportunidades de verticalização da cadeia do nióbio no território nacional;
- identificar as sinergias entre a base científica, energética e mineral do Nordeste com o desenvolvimento de soluções tecnológicas baseadas em nióbio.

METODOLOGIA

Este estudo caracteriza-se como uma pesquisa bibliográfica de natureza qualitativa, com abordagem descritiva e exploratória, cujo objetivo é analisar as contribuições tecnológicas do nióbio no contexto da transição energética e discutir as oportunidades estratégicas para o Brasil e a Região Nordeste, especialmente o estado da Bahia.

A coleta de dados foi realizada por meio da análise crítica de documentos técnicos, artigos científicos e relatórios institucionais, com foco em materiais publicados entre os anos de 2015 e 2024. As fontes consultadas

incluíram bases de dados como Scopus, ScienceDirect, SciELO, Google Scholar, além de documentos de organismos internacionais e nacionais, como Agência Internacional de Energia (IEA na sigla em inglês), Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI), Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA), Empresa Brasileira de Pesquisa e Inovação Industrial (Embrapii), Companhia Brasileira de Metalurgia e Mineração (CBMM) e China Molybdenum Company (CMOC).

Os critérios para a seleção do material bibliográfico foram:

- relevância temática para o campo da transição energética, economia de baixo carbono e aplicações tecnológicas do nióbio;
- atualidade e alinhamento com os marcos normativos e estratégias nacionais e internacionais de descarbonização;
- consistência metodológica e reconhecimento institucional das fontes;
- evidência de aplicação prática ou potencial inovador nas áreas de energia, mobilidade, saúde, saneamento e materiais avançados.

O processo de sistematização envolveu a organização dos dados em categorias analíticas, relacionadas às seguintes dimensões:

1. papel do nióbio em tecnologias de baixa emissão;
2. estrutura produtiva e industrial do nióbio no Brasil;
3. inserção regional e potencial de inovação no Nordeste.

A partir dessa sistematização, foram elaboradas reflexões críticas e recomendações com base no cruzamento entre os achados bibliográficos e os objetivos do estudo.

PANORAMA GEOPOLÍTICO DO NIÓBIO

O nióbio representa um caso singular na geopolítica dos recursos minerais estratégicos. Diferentemente de outros minerais críticos para a transição energética, como lítio, cobalto ou terras raras, que apresentam distribuição global mais pulverizada, as reservas de nióbio estão fortemente concentradas no Brasil. O território nacional detém aproximadamente 98% das reservas mundiais economicamente viáveis, estimadas em 16 milhões de toneladas (Instituto Brasileiro de Mineração, 2013). Essa concentração geográfica confere ao Brasil uma posição estratégica única no mercado global de minerais críticos.

O território nacional detém aproximadamente 98% das reservas mundiais economicamente viáveis, estimadas em 16 milhões de toneladas

**O nióbio
integra o grupo
de minerais
considerados
críticos para
a transição
energética,
ao lado de
elementos
como lítio,
cobalto, terras
raras, grafite
e manganês**

As principais reservas brasileiras estão localizadas em Araxá (MG), operadas pela Companhia Brasileira de Metalurgia e Mineração (CBMM), e em Catalão (GO), sob controle da China Molybdenum Company (CMOC). Outros países com reservas menores incluem Canadá (principalmente em St. Honoré, Quebec), Rússia e alguns países africanos, como Ruanda e República Democrática do Congo (Gonçalves; Milanez, 2020).

Essa dominância produtiva, aliada à concentração das reservas, coloca o país em posição privilegiada, mas também traz responsabilidades e desafios específicos para a gestão desse recurso estratégico.

O nióbio integra o grupo de minerais considerados críticos para a transição energética, ao lado de elementos como lítio, cobalto, terras raras, grafite e manganês. No entanto, sua situação geopolítica difere significativamente da dos demais. Enquanto o lítio tem suas reservas distribuídas principalmente entre Chile, Austrália, Argentina e China, e o cobalto é dominado pela República Democrática do Congo (responsável por mais de 70% da produção mundial), o nióbio apresenta uma concentração ainda mais acentuada no Brasil (RFI, 2025).

Essa diferença na distribuição geográfica tem implicações importantes para as cadeias de suprimento globais. Enquanto as cadeias de valor de lítio e cobalto são marcadas por tensões geopolíticas e preocupações com segurança de abastecimento, o mercado de nióbio tem-se mantido relativamente estável, com fornecimento constante e preços menos voláteis. Segundo Fonseca e Nunes (2025), enquanto a demanda por lítio e cobalto deve crescer entre seis e 30 vezes até 2040, dependendo do cenário de transição energética, a demanda por nióbio deve aumentar de forma mais moderada, entre duas e cinco vezes. Essa diferença se explica pela diversidade de aplicações e pela possibilidade de substituição parcial em algumas delas, embora com perda de eficiência.

A crescente importância dos minerais críticos para a transição energética tem motivado diversos países a desenvolverem políticas específicas para garantir seu acesso a esses recursos. Estados Unidos, União Europeia, Japão e China têm estabelecido estratégias nacionais para minerais críticos, incluindo o nióbio em suas listas prioritárias.

No campo dos acordos comerciais, o Brasil tem adotado uma política de diversificação de parceiros para o nióbio, com exportações direcionadas principalmente para China, Estados Unidos, Japão, Países Baixos e Cingapura. A CBMM estabeleceu parcerias estratégicas com empresas japonesas (Toshiba e Sojitz) e chinesas (CITIC) para desenvolvimento de novas aplicações e garantia de acesso a mercados (Toshiba Corporation, 2024). Um aspecto relevante é que, diferentemente de outros minerais críticos que enfrentam restrições comerciais ou embargos, o comércio

de nióbio tem-se mantido relativamente livre de barreiras, refletindo tanto a posição dominante do Brasil quanto a política de fornecimento estável adotada pelas empresas produtoras.

APLICAÇÕES DO NIÓBIO NA TRANSIÇÃO ENERGÉTICA

O nióbio (Nb), elemento químico de número atômico 41, destaca-se por suas propriedades físico-químicas singulares, como elevada resistência mecânica, baixa densidade, alta condutividade térmica e excelente resistência à corrosão (Benedito *et al.*, 2024). Essas características o tornam um componente fundamental para tecnologias críticas à transição energética e à mitigação das emissões de gases de efeito estufa. Seu uso em ligas metálicas de alto desempenho permite a produção de materiais mais leves e duráveis, essenciais para setores como transporte sustentável, turbinas eólicas, estruturas para painéis solares e equipamentos industriais de alta eficiência térmica. Além disso, o nióbio é aplicado no desenvolvimento de supercondutores, baterias de estado sólido, filmes finos condutores e sistemas de armazenamento de energia, viabilizando maior estabilidade e flexibilidade para a matriz energética baseada em fontes renováveis (JW Engenharia, 2021).

De acordo com Almeida, Barros e Monteiro (2019), o nióbio é considerado um insumo estratégico por suas propriedades excepcionais, como ponto de fusão elevado, alta resistência à corrosão e estabilidade química em ambientes extremos, o que justifica seu uso crescente em tecnologias de descarbonização e infraestrutura crítica.

O nióbio é amplamente utilizado na fabricação de ligas metálicas de alto desempenho, especialmente em combinação com aço e titânio, para componentes estruturais de turbinas eólicas e suportes de painéis solares. A adição de pequenas quantidades de nióbio a aços de baixa liga resulta em aços de alta resistência e baixa liga (HSLA), que oferecem maior resistência mecânica e melhor soldabilidade, permitindo a construção de torres eólicas mais altas e eficientes (SFA, 2025). Essas ligas contribuem para a redução do peso dos componentes, facilitando o transporte e a instalação, além de aumentar a vida útil e reduzir os custos operacionais dos sistemas de geração de energia renovável (SFA Oxford, 2025).

Além disso, as ligas de nióbio-titânio são empregadas em aplicações que exigem alta resistência à corrosão e a temperaturas elevadas, como em componentes de sistemas fotovoltaicos e turbinas eólicas *offshore* (Gagliano, 2024). A utilização de aços contendo nióbio permite a construção de torres eólicas mais altas, com redução de peso de até 20%, mantendo a resistência estrutural. Isso resulta em maior eficiência na

O nióbio é amplamente utilizado na fabricação de ligas metálicas de alto desempenho, especialmente em combinação com aço e titânio, para componentes estruturais de turbinas eólicas e suportes de painéis solares

As baterias convencionais de íons de lítio enfrentam limitações significativas em termos de densidade energética, tempo de carga e vida útil. A incorporação de materiais baseados em nióbio tem demonstrado potencial para superar esses desafios

captura de energia eólica e redução dos custos de produção e instalação desses equipamentos (Jansto, 2018).

Outro campo promissor é o de baterias e sistemas de armazenamento de energia. Pesquisas recentes apontam que óxidos e compostos de nióbio, como Nb_2O_5 , podem ser usados como materiais de eletrodo para baterias de íons de lítio e supercapacitores, oferecendo vantagens como maior estabilidade térmica, tempos de carga mais curtos e maior vida útil (Hoffman, 2022). Isso é crucial para a expansão segura de fontes intermitentes, como a solar e a eólica, que demandam sistemas robustos de armazenamento.

As baterias convencionais de íons de lítio enfrentam limitações significativas em termos de densidade energética, tempo de carga e vida útil. A incorporação de materiais baseados em nióbio tem demonstrado potencial para superar esses desafios. Pesquisas conduzidas pela CBMM em parceria com a Toshiba resultaram no desenvolvimento de baterias com ânodos de óxido de titânio-nióbio (NTO), capazes de atingir carregamento ultrarrápido (até 80% da capacidade em menos de dez minutos), e com vida útil superior a 20 mil ciclos de carga e descarga (Crivelaro, 2025). Essas características são particularmente relevantes para aplicações em mobilidade elétrica, em que o tempo de recarga e a durabilidade são fatores críticos para a adoção em larga escala.

Além das aplicações em transporte, essas baterias apresentam potencial para armazenamento estacionário de energia, especialmente em sistemas que requerem resposta rápida para estabilização da rede elétrica. A combinação de alta potência, longa vida útil e segurança térmica torna as baterias com nióbio particularmente adequadas para aplicações de regulação de frequência e suporte à integração de fontes renováveis intermitentes.

Além das baterias convencionais, o nióbio tem encontrado aplicação em supercapacitores híbridos, dispositivos que combinam características de baterias e capacitores tradicionais. Esses dispositivos oferecem densidade de potência superior às baterias convencionais, com tempos de carga/descarga extremamente rápidos, mantendo densidade energética razoável (Araújo, 2019).

O nióbio desempenha um papel promissor na produção de hidrogênio verde, especialmente no desenvolvimento de catalisadores eletroquímicos para a eletrólise da água. Estudos recentes demonstram que óxidos de nióbio, quando incorporados a materiais compósitos, podem melhorar significativamente a eficiência da reação de evolução de hidrogênio (HER, na sigla em inglês). Por exemplo, a incorporação de Nb_2O_5 em compósitos com metais de transição tem mostrado resultados promissores em termos de atividade catalítica e estabilidade operacional (Dong, 2024).

A eficiência dos eletrolisadores para produção de hidrogênio verde depende fundamentalmente da atividade catalítica dos eletrodos utilizados. Tradicionalmente, metais nobres como platina e irídio são empregados como catalisadores para as reações de evolução de hidrogênio (HER) e evolução de oxigênio (OER, na sigla em inglês), respectivamente. No entanto, o alto custo e a escassez desses materiais representam barreiras significativas à produção em larga escala.

Nesse contexto, os compostos de nióbio emergem como alternativas promissoras. O mecanismo de ação catalítica do nióbio está relacionado a suas propriedades eletrônicas e estruturais únicas. Em particular, os óxidos de nióbio apresentam estrutura cristalina que favorece a transferência de elétrons e a adsorção de intermediários reacionais, etapas críticas para a eficiência catalítica. A incorporação de nióbio em catalisadores baseados em metais não nobres, como níquel e cobalto, modifica significativamente suas propriedades eletrônicas, reduzindo a energia de ativação para a HER. Esse efeito sinérgico permite desenvolver catalisadores bifuncionais, capazes de promover tanto a HER quanto a OER com eficiência comparável aos metais nobres, mas a uma fração do custo (Cao; Chen; Chen, 2024).

O hidrogênio verde é amplamente reconhecido como vetor energético fundamental para a descarbonização de setores de difícil eletrificação, como indústria pesada, transporte de longa distância e armazenamento sazonal de energia. Segundo a International Renewable Energy Agency (2023), o hidrogênio verde poderá representar até 12% da demanda energética global em 2050 em cenários de neutralidade climática. Nesse contexto, o desenvolvimento de catalisadores eficientes, duráveis e de baixo custo representa um dos principais desafios tecnológicos.

Os catalisadores baseados em nióbio podem contribuir significativamente para viabilizar a produção em escala industrial, reduzindo custos de capital e operacionais dos eletrolisadores. O Brasil, com suas vastas reservas de nióbio e potencial para geração de energia renovável, especialmente no Nordeste, encontra-se em posição privilegiada para desenvolver uma indústria competitiva de hidrogênio verde. A integração vertical da cadeia produtiva, desde a mineração do nióbio até a fabricação de eletrolisadores avançados, representa uma oportunidade estratégica para agregar valor e posicionar o país como líder na economia global do hidrogênio.

No setor automotivo, ligas metálicas com nióbio são utilizadas para a fabricação de chassis e componentes de veículos elétricos, proporcionando maior resistência e redução de peso (Jian; Patel, 2014). Isso se traduz em menor consumo energético e maior autonomia. Além disso, o nióbio é aplicado em motores supercondutores de alto desempenho, com menor perda de energia, potencializando soluções para a mobilidade urbana sustentável.

O hidrogênio verde é amplamente reconhecido como vetor energético fundamental para a descarbonização de setores de difícil eletrificação, como indústria pesada, transporte de longa distância e armazenamento sazonal de energia

As nanopartículas de nióbio destacam-se por suas propriedades físico-químicas superiores, como alta área superficial específica, capacidade de dopagem, atividade catalítica e comportamento eletroquímico robusto

A nanotecnologia tem desempenhado papel central na reconfiguração de materiais funcionais voltados à transição energética. Nesse cenário, as nanopartículas de nióbio destacam-se por suas propriedades físico-químicas superiores, como alta área superficial específica, capacidade de dopagem, atividade catalítica e comportamento eletroquímico robusto. Essas características tornam o nióbio nanoestruturado um dos materiais mais promissores para aplicações em armazenamento de energia, conversão eletroquímica e materiais funcionais de baixo carbono (Gireeshkumar *et al.*, 2023).

As nanopartículas de nióbio (NbNPs) têm emergido como materiais promissores no campo da biomedicina, em razão de sua biocompatibilidade, estabilidade química e propriedades físico-químicas ajustáveis (Khalid *et al.*, 2022). Essas características tornam o nióbio adequado para diversas aplicações biomédicas inovadoras e de baixo impacto ambiental. Em particular, o nióbio tem sido estudado como componente de curativos avançados (Bernardo *et al.*, 2025), sistemas de liberação controlada de fármacos, revestimentos antibacterianos e sensores bioeletrônicos (Khalid *et al.*, 2025). Essas aplicações podem ser desenvolvidas por meio de rotas sintéticas limpas, como a eletrofiação e métodos hidrotérmicos verdes, contribuindo para a bioeconomia e a sustentabilidade nos serviços de saúde (Vega *et al.*, 2023).

Por exemplo, destaca-se o potencial das nanopartículas de nióbio em aplicações biomédicas, ressaltando sua biocompatibilidade e propriedades antimicrobianas. Além disso, estudos demonstram que o nióbio pode ser incorporado em sistemas de liberação controlada de fármacos, melhorando a eficácia terapêutica e reduzindo efeitos colaterais (Senocak *et al.*, 2021). Em relação aos revestimentos antibacterianos, Senocack *et al.* (2021) investigaram o uso de nanopartículas de nióbio em dispositivos médicos, como cateteres e próteses, demonstrando que esses revestimentos podem reduzir significativamente a colonização bacteriana sem causar citotoxicidade significativa. No campo dos sensores bioeletrônicos, estudos indicam que o nióbio pode ser utilizado na fabricação de eletrodos e sensores em função de sua excelente condutividade elétrica e estabilidade, permitindo o desenvolvimento de dispositivos para monitoramento de sinais fisiológicos e diagnósticos médicos (Lee *et al.*, 2010).

CADEIA PRODUTIVA E VALOR AGREGADO

A cadeia produtiva do nióbio compreende diversas etapas, desde a extração mineral até a aplicação em produtos de alta tecnologia. Compreender essa cadeia é fundamental para identificar oportunidades de agregação de valor e desenvolvimento tecnológico no Brasil. O processo inicia-se

com a mineração, principalmente de pirocloro $[(Na,Ca)_2Nb_2O_6(OH,F)]$, mineral que contém entre 50% e 70% de Nb_2O_5 (Roseiro *et al.*, 2020).

Após a extração, o minério passa por processos de beneficiamento, incluindo britagem, moagem, flotação e lixiviação, para obtenção do concentrado de pirocloro. A etapa seguinte é a metalurgia, que converte o concentrado em produtos intermediários, principalmente ferronióbio (FeNb, com 60-65% de nióbio) e óxido de nióbio (Nb_2O_5). O ferronióbio é produzido por meio de processo aluminotérmico, enquanto o óxido de nióbio é obtido por processos hidrometalúrgicos. Esses produtos intermediários representam a maior parte das exportações brasileiras de nióbio.

A transformação desses intermediários em produtos de maior valor agregado inclui a produção de nióbio metálico, ligas especiais (como NbTi e NbZr), compostos químicos avançados e, mais recentemente, nanomateriais. As etapas de maior sofisticação tecnológica são realizadas predominantemente fora do Brasil, em países como Alemanha, Estados Unidos, Japão e China. A etapa final da cadeia produtiva é a aplicação desses materiais em produtos acabados, como aços especiais, supercondutores, catalisadores, componentes eletrônicos, baterias avançadas e dispositivos médicos. Essa fase concentra a maior parte do valor agregado e representa o maior potencial para desenvolvimento tecnológico e econômico.

A distribuição de valor, ao longo da cadeia produtiva do nióbio, apresenta o padrão típico de recursos minerais: concentração de valor nas etapas finais e menor captura de valor nas etapas iniciais. O óxido de nióbio de grau superior, ou pentóxido de nióbio, estava cotado em torno de US\$ 58/kg (ou US\$ 58.000/tonelada) (Zadeh, 2025).

Essa disparidade torna-se acentuada quando se considera o valor dos produtos finais. Por exemplo, um quilograma de nióbio incorporado em aços especiais para turbinas eólicas pode gerar valor econômico superior a US\$ 5.000, enquanto o mesmo quilograma em supercondutores para equipamentos médicos pode representar valor superior a US\$ 10.000. Essa análise, portanto, evidencia o potencial econômico da verticalização da cadeia produtiva no Brasil. Atualmente, o país domina as etapas iniciais (mineração e produção de ferronióbio), mas contribui de forma limitada nas etapas de maior valor agregado.

IMPACTOS SOCIOAMBIENTAIS E MINERAÇÃO SUSTENTÁVEL

A mineração de nióbio, como qualquer atividade extrativa, apresenta impactos ambientais que precisam ser gerenciados adequadamente. No entanto, em comparação com outros minerais críticos para a transição energética, a extração de nióbio apresenta algumas vantagens

**A mineração
de nióbio,
como qualquer
atividade
extrativa,
apresenta
impactos
ambientais que
precisam ser
gerenciados
adequadamente**

As minas de nióbio no Brasil são caracterizadas por alta concentração do mineral (teores entre 2,5% e 3% de Nb₂O₅), o que reduz o volume de material a ser processado e, consequentemente, a geração de rejeitos

relativas em termos de sustentabilidade. As minas de nióbio no Brasil são caracterizadas por alta concentração do mineral (teores entre 2,5% e 3% de Nb₂O₅), o que reduz o volume de material a ser processado e, consequentemente, a geração de rejeitos (Vasconcelos, 2019). Além disso, os depósitos são relativamente superficiais, permitindo mineração a céu aberto com menor intervenção no subsolo.

Entre as práticas de mineração sustentável já implementadas ou em desenvolvimento para o nióbio, destacam-se:

1. **gestão integrada de recursos hídricos:** sistemas de circuito fechado para reuso de água no processamento mineral, reduzindo o consumo de água nova e minimizando efluentes. A CBMM implementou um sistema que permite recircular mais de 82% da água utilizada em suas operações;
2. **aproveitamento de rejeitos:** desenvolvimento de tecnologias para recuperação de outros elementos presentes nos rejeitos, como fosfatos, terras raras e titânio. A CMOC Brasil (2022), por exemplo, desenvolveu processo para transformar rejeitos da mineração de nióbio em fertilizantes organominerais;
3. **recuperação progressiva de áreas mineradas:** implementação de técnicas de revegetação e recuperação de ecossistemas em paralelo à expansão das atividades de lavra, minimizando a área impactada em qualquer momento.

Essas práticas se alinham aos princípios da Iniciativa de Mineração Responsável (Responsible Mining Initiative) e do Conselho Internacional de Mineração e Metais (ICMM, na sigla em inglês), dos quais as principais empresas produtoras de nióbio são signatárias.

Um exemplo notável de práticas sustentáveis na mineração de nióbio é o Programa de Gestão de Barragens da CBMM, que implementou sistema de disposição de rejeitos a seco (*dry stacking*), eliminando a necessidade de barragens convencionais e reduzindo significativamente os riscos associados. Essa abordagem, embora mais custosa, representa avanço importante em termos de segurança e minimização de impactos ambientais.

Outro caso relevante é o projeto de aproveitamento de rejeitos desenvolvido pela CMOC Brasil, que transformou o que seria resíduo em insumo para agricultura. Segundo estimativas da empresa, o processo permite recuperar aproximadamente 70% dos rejeitos gerados, convertendo-os em fertilizantes organominerais que contribuem para a produtividade agrícola e a redução da dependência de importações de fertilizantes (CMOC Brasil, 2022).

Em termos de certificações, as operações de nióbio no Brasil têm buscado adequação a padrões internacionais, como ISO 9001 (gestão da qualidade), ISO 14001 (gestão ambiental) e ISO 45001 (segurança e saúde ocupacional).

Apesar dos avanços em práticas sustentáveis, a mineração de nióbio ainda apresenta impactos socioambientais que requerem atenção e mitigação. Entre as principais consequências, destacam-se:

1. **alteração da paisagem e de ecossistemas:** a mineração a céu aberto inevitavelmente modifica a topografia e remove vegetação nativa. Estratégias de mitigação incluem planejamento cuidadoso da expansão da lavra, preservação de áreas de alto valor ecológico e implementação de programas robustos de recuperação ambiental;
2. **geração de rejeitos e estéreis:** mesmo com alto teor de nióbio, o processamento gera volumes significativos de rejeitos. Além das iniciativas de aproveitamento já mencionadas, estratégias incluem caracterização geoquímica detalhada para prevenir drenagem ácida e contaminação, assim como o desenvolvimento de técnicas de disposição mais seguras e compactas;
3. **consumo energético e emissões:** o processamento metalúrgico, especialmente a produção de ferronióbio, é energeticamente intensivo. A transição para fontes renováveis de energia e implementação de tecnologias mais eficientes são estratégias-chave para a redução da pegada de carbono;
4. **impactos sociais em comunidades locais:** a mineração pode afetar modos de vida tradicionais e gerar pressões sobre infraestrutura e serviços públicos. A gestão de conflitos entre empresas e comunidades é uma situação comum, frequentemente originada por desequilíbrios de poder e diferenças na gestão de impactos socioambientais. Programas de desenvolvimento regional, contratação preferencial de mão de obra local e investimentos em educação e saúde são estratégias adotadas para maximizar benefícios sociais (CMOC Brasil, 2025).

Um aspecto frequentemente negligenciado, mas de crescente importância, é o balanço entre impactos locais da mineração e benefícios globais das aplicações do nióbio. Estudos de ciclo de vida indicam que cada tonelada de nióbio utilizada em aços de alta resistência pode evitar a emissão de centenas de toneladas de CO₂ ao longo da vida útil das estruturas, devido à redução de peso e ao aumento de durabilidade. Esse tipo de análise é fundamental para uma avaliação holística da sustentabilidade da cadeia produtiva.

Um aspecto frequentemente negligenciado, mas de crescente importância, é o balanço entre impactos locais da mineração e benefícios globais das aplicações do nióbio

O conceito de economia circular aplicado à mineração de nióbio representa uma fronteira promissora para sustentabilidade do setor

O conceito de economia circular aplicado à mineração de nióbio representa uma fronteira promissora para sustentabilidade do setor. Além das iniciativas de aproveitamento de rejeitos já mencionadas, destacam-se as seguintes perspectivas:

1. **reciclagem de produtos contendo nióbio:** embora o nióbio seja utilizado em pequenas quantidades em muitas aplicações, tornando a reciclagem desafiadora, existem oportunidades em segmentos específicos. Wang *et al.* (2022) desenvolveram um processo de lixiviação ultrassônica com separação em duas etapas, que permitiu recuperar nióbio de sucata de superligas com eficiência superior a 90%, sem gerar resíduos ácidos nocivos;
2. **design para circularidade:** desenvolvimento de produtos que facilitam a recuperação do nióbio ao final da vida útil. Por exemplo, baterias com ânodos de NTO projetadas para desmontagem e recuperação seletiva de componentes;
3. **simbiose industrial:** integração de cadeias produtivas para aproveitamento de subprodutos e rejeitos. O fosfogesso gerado no processamento de minérios fosfáticos associados ao nióbio pode ser utilizado na indústria de construção civil, por exemplo;
4. **valorização de passivos ambientais:** desenvolvimento de tecnologias para recuperação de nióbio e outros elementos de valor de áreas já impactadas por mineração histórica, combinando remediação ambiental com geração de valor econômico.

Essas abordagens, ainda em estágios iniciais de desenvolvimento, representam caminhos promissores para uma mineração mais sustentável e alinhada aos princípios da economia circular. Sua implementação requer não apenas avanços tecnológicos, mas também marcos regulatórios adequados e modelos de negócio inovadores.

DESENVOLVIMENTO REGIONAL E OPORTUNIDADES NO NORDESTE

O Nordeste brasileiro apresenta características que o tornam estratégico para o desenvolvimento de elos avançados da cadeia produtiva do nióbio, especialmente aqueles relacionados às aplicações em energias renováveis e armazenamento de energia. Entre os fatores que sustentam esse potencial, destacam-se:

1. **recursos minerais complementares:** a Bahia, além de apresentar ocorrências de nióbio, também possui importantes reservas de

minerais estratégicos para a transição energética, como grafite e terras raras. Estados próximos, como Ceará e Rio Grande do Norte, concentram recursos significativos de lítio. A presença desses minerais na mesma macrorregião favorece o desenvolvimento de cadeias produtivas integradas voltadas à economia de baixo carbono;

2. **potencial renovável excepcional:** o Nordeste concentra o maior potencial eólico e solar do Brasil, com fatores de capacidade entre os mais altos do mundo. Essa abundância de energia limpa e competitiva representa vantagem comparativa para indústrias eletrointensivas, como a metalurgia e a produção de hidrogênio verde;
3. **infraestrutura logística estratégica:** a região conta com portos de águas profundas (Suape, Pecém, Itaqui) e malha ferroviária em expansão (Transnordestina), facilitando tanto a importação de insumos quanto a exportação de produtos de maior valor agregado;
4. **ecossistema de inovação emergente:** instituições como a Universidade Federal da Bahia (UFBA), Universidade Federal de Pernambuco (UFPE) e Centro de Tecnologias Estratégicas do Nordeste (Cetene) desenvolvem pesquisas em materiais avançados e nanotecnologia, formando base para inovação na cadeia do nióbio;
5. **políticas de desenvolvimento regional:** instrumentos como o Fundo Constitucional de Financiamento do Nordeste (FNE) e incentivos fiscais estaduais podem ser direcionados para apoiar investimentos em elos estratégicos da cadeia do nióbio.

A Bahia tem se consolidado como um estado de referência na transição energética brasileira, impulsionando o desenvolvimento de uma matriz elétrica predominantemente renovável e implementando políticas públicas inovadoras.

Em abril de 2022, a matriz elétrica da Bahia era predominantemente renovável, sendo 73% provenientes de fonte eólica, e 17% de energia hidráulica. A energia solar contribuía com 5%, e a térmica, com 5%. O estado destaca-se como líder nacional na geração de energia eólica (33,88%) e solar (30,26%). Esse desempenho reflete o compromisso da Bahia em ampliar sua matriz elétrica renovável, aproveitando o vasto potencial eólico e solar do território (Bahia, 2022).

A Bahia tem se consolidado como um estado de referência na transição energética brasileira, impulsionando o desenvolvimento de uma matriz elétrica predominantemente renovável e implementando políticas públicas inovadoras

Tabela 1

Indicadores de desempenho da matriz elétrica – Bahia – Abr. 2022

Fonte de energia	Contribuição na matriz elétrica baiana	Liderança nacional	Empregos gerados (eólica e solar)	Investimentos privados (eólica e solar)
Eólica	73%	33,88%	130,6 mil (junto com solar)	R\$ 29 bilhões (junto com solar)
Hidráulica	17%	-	-	-
Solar	5%	30,26%	130,6 mil (junto com eólica)	R\$ 29 bilhões (junto com eólica)
Térmica	5%	-	-	-
Total renovável	95%	-	-	-

Fonte: Bahia (2022).

A Tabela 1 apresenta um panorama do protagonismo da Bahia na geração de energia renovável, destacando a predominância das fontes eólica e solar e os significativos impactos em termos de geração de empregos e investimentos (Bahia, 2022).

O Governo da Bahia lançou a primeira Política e Programa de Transição Energética (Protener), consolidando iniciativas já bem-sucedidas no âmbito do desenvolvimento social, econômico e ambiental sustentáveis. A Lei nº 14.889/2025, que institui o Protener, prevê a implantação de cadeias produtivas de agroenergia, hidrogênio de baixa emissão de carbono e biocombustíveis renováveis sintéticos (Bahia, 2025). Além disso, a política incentiva pesquisas e inovações tecnológicas e estimula modelos mais eficientes de governança com a participação da sociedade civil (Negócios Bahia, 2025).

A Bahia também se destaca pela elaboração do primeiro Atlas do Hidrogênio Verde (H₂V) do mundo, reafirmando seu protagonismo na agenda climática e de sustentabilidade. Em 2024, o estado atingiu o marco de 10 GW de potência outorgada, posicionando-se entre os maiores produtores de energia renovável no Brasil (Bahia [...], 2025).

A expansão dos parques de energia renovável na Bahia tem gerado impactos socioeconômicos significativos. Juntas, as fontes eólica e solar já criaram 130,6 mil empregos em toda a cadeia produtiva e atraíram investimentos privados de R\$ 29 bilhões em 271 parques eólicos e solares em operação (Bahia, 2022). As projeções indicam um crescimento ainda maior: até 2027, o estado deve ganhar 173 novos parques eólicos, com um total de 5,8 Gigawatts (GW) de capacidade instalada, e 163 parques solares fotovoltaicos em construção ou com projetos prestes a ser implementados, que terão 6,3 GW de capacidade instalada (Bahia Econômica, 2025). Complexos como o São Vítor (465 MW) e Ventos de Santa Eugênia (518 MW) são exemplos de grandes empreendimentos em operação ou em fase final de ativação (Italo, 2024).

A Bahia tem trabalhado para atrair investimentos em todas as regiões, com o objetivo de se tornar uma referência na sustentabilidade e na geração de ‘empregos verdes’ (Redação BNEWS, 2025). Um acordo de cooperação entre a Secretaria do Trabalho, Emprego, Renda e Esporte (Setre) e a Rio Energy, por exemplo, prevê a criação de 1,5 mil novos empregos no município de Bom Jesus da Lapa, a partir de programas de qualificação específicos para a mão de obra local (Redação BNEWS, 2025).

Com base nos fatores mencionados e nas características específicas de cada território, é possível identificar polos potenciais para o desenvolvimento de diferentes segmentos da cadeia produtiva do nióbio no Nordeste:

1. **Polo de Materiais Avançados (Salvador/Camaçari-BA):** com a infraestrutura industrial do Polo Petroquímico de Camaçari e a proximidade de instituições de pesquisa como a Universidade Federal da Bahia (UFBA) e o Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial/ Centro Integrado de Manufatura e Tecnologia (Senai/ Cimatec), esse polo poderia especializar-se na produção de compostos químicos avançados de nióbio, como óxidos especiais e precursores para catalisadores.
2. **Polo de Armazenamento de Energia (Região Metropolitana de Recife-PE):** ao integrar competências em eletrônica e materiais da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE) e do Porto Digital, esse polo poderia focar no desenvolvimento e produção de componentes para baterias e supercapacitores contendo nióbio.
3. **Polo de Hidrogênio Verde (Complexo do Pecém-CE):** A partir dos investimentos já anunciados em hidrogênio verde e da infraestrutura portuária e energética, esse polo poderia especializar-se em catalisadores baseados em nióbio para eletrolisadores e células a combustível.
4. **Polo de Ligas Especiais (São Luís-MA):** com a proximidade do Complexo de Carajás e a infraestrutura logística do Porto do Itaqui, esse polo poderia focar na produção de ligas especiais contendo nióbio para aplicações em energias renováveis e mobilidade elétrica.

Para viabilizar o desenvolvimento desses polos, é fundamental a estruturação de arranjos produtivos locais (APL) que integrem diferentes atores da cadeia de valor. Com base em experiências bem-sucedidas no Brasil e internacionalmente, propõe-se o seguinte modelo conceitual:

1. **núcleo tecnológico:** composto por instituições de pesquisa, universidades e centros de inovação, responsáveis pelo desenvolvimento de tecnologias, formação de recursos humanos e suporte técnico às empresas;

**Para viabilizar
o desenvol-
vimento
desses polos, é
fundamental
a estruturação
de arranjos
produtivos
locais (APL)
que integrem
diferentes
atores da cadeia
de valor**

**O desenvolvi-
mento da cadeia
do nióbio no
Nordeste pode
gerar sinergias
importantes
com outras
cadeias
produtivas
regionais,
potenciali-
zando impactos
econômicos
e sociais**

2. **empresas âncoras:** empresas de médio e grande porte, com capacidade de investimento e acesso a mercados, que atuam como integradoras de tecnologia e clientes para empresas menores do arranjo;
3. **rede de fornecedores especializados:** pequenas e médias empresas focadas em componentes, serviços técnicos especializados e soluções complementares;
4. **infraestrutura compartilhada:** laboratórios multiusuários, plantas-piloto, centros de prototipagem e outras infraestruturas de uso comum, reduzindo barreiras de entrada e custos fixos;
5. **estrutura de governança:** instância de coordenação – envolvendo setor privado, academia, governo e sociedade civil – responsável pelo planejamento estratégico, a articulação institucional e o monitoramento de resultados.

Esse modelo poderia ser adaptado às especificidades de cada polo, considerando vocações locais, infraestrutura existente e capacidades instaladas. A experiência do APL de Semicondutores em Recife e do Parque Tecnológico de São José dos Campos oferece lições valiosas para a estruturação.

O desenvolvimento da cadeia do nióbio no Nordeste pode gerar sinergias importantes com outras cadeias produtivas regionais, potencializando impactos econômicos e sociais. Entre as principais oportunidades de integração, destacam-se:

1. **cadeia de energias renováveis:** componentes contendo nióbio podem ser incorporados em equipamentos para geração eólica e solar fabricados na região, como torres, estruturas de suporte e sistemas de armazenamento;
2. **cadeia automotiva:** com a instalação de montadoras de veículos elétricos no Nordeste (como a BYD em Camaçari), abre-se oportunidade para fornecimento de componentes avançados contendo nióbio, como baterias de carregamento rápido e peças estruturais leves;
3. **cadeia agroindustrial:** sensores ambientais e sistemas de monitoramento baseados em materiais avançados de nióbio podem ser aplicados na agricultura de precisão, promovendo maior produtividade e sustentabilidade;
4. **cadeia de saúde:** dispositivos médicos e sistemas de diagnóstico incorporando nióbio podem ser desenvolvidos em parceria com polos de saúde regionais, como o Porto Digital Saúde, em Recife.

Essa integração requer políticas coordenadas de desenvolvimento industrial e tecnológico, envolvendo diferentes esferas de governo e setores produtivos. A experiência internacional demonstra que abordagens sistêmicas, que consideram complementaridades e encadeamentos entre diferentes setores, tendem a gerar resultados mais robustos e sustentáveis.

RESULTADOS E REFLEXÕES CRÍTICAS

A análise da literatura científica e dos relatórios técnicos identificou um consenso crescente sobre o papel do nióbio como insumo-chave para tecnologias limpas. Entretanto, os resultados também revelam um descompasso entre o protagonismo mineral do Brasil e sua posição na cadeia global de valor. Ainda predomina um modelo de exploração primária, com baixa agregação tecnológica e limitada internalização de conhecimento científico e industrial.

Apesar disso, experiências lideradas por empresas como a CBMM e, mais recentemente, a CMOOC, indicam avanços em direção à verticalização e à inovação industrial, inclusive com iniciativas voltadas à economia circular, ao desenvolvimento de supercapacitores, nanomateriais e componentes para baterias sustentáveis. O uso do nióbio em biossensores, curativos inteligentes e aplicações biomédicas também revela essa transversalidade, aproximando os setores de mineração, saúde e bioeconomia.

Outro dado relevante refere-se ao papel estratégico do Nordeste como nova fronteira para a integração produtiva. A combinação entre potencial mineral inexplorado, infraestrutura energética renovável e crescente capacidade técnico-científica institucional cria um ambiente fértil para a atração de investimentos em cadeias verdes.

A reflexão crítica aponta, portanto, que o nióbio pode deixar de ser apenas uma vantagem comparativa para se tornar vantagem competitiva nacional e regional. No entanto, essa transição exige políticas industriais consistentes, estímulos à pesquisa aplicada, mecanismos de atração de *startups* de base tecnológica e instrumentos de governança territorial que evitem a simples replicação do modelo extrativista histórico.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo buscou compreender o papel do nióbio na transição energética e explorar as oportunidades para a sua verticalização industrial, com ênfase na inserção estratégica da Bahia nesse processo. A pesquisa demonstrou que, apesar de o Brasil deter a maior parte das reservas globais do metal, a cadeia produtiva ainda opera com baixa agregação

O uso do
nióbio em
biossensores,
curativos
inteligentes
e aplicações
biomédicas
também revela
essa trans-
versalidade,
aproximando
os setores de
mineração,
saúde e
bioeconomia

As implicações teóricas deste trabalho contribuem para o campo da inovação e das políticas industriais verdes, ao propor o nióbio como vetor articulador de cadeias produtivas limpas e resilientes

de valor, sendo necessário avançar em políticas públicas que promovam inovação tecnológica, sustentabilidade e desenvolvimento regional.

Ao revisar a literatura especializada e observar iniciativas empresariais recentes, constatou-se que o nióbio possui aplicações promissoras em setores prioritários da economia de baixo carbono, como energia renovável, eletromobidade, saúde e saneamento inteligente. Além disso, evidenciou-se que o Nordeste brasileiro reúne condições técnicas, institucionais e territoriais para liderar uma nova onda de industrialização sustentável baseada em materiais estratégicos.

As implicações teóricas deste trabalho contribuem para o campo da economia da inovação e das políticas industriais verdes, ao propor o nióbio como vetor articulador de cadeias produtivas limpas e resilientes. Em termos práticos, os resultados reforçam a importância de investimentos em Pesquisa e Desenvolvimento (P&D), formação de redes interinstitucionais e criação de ambientes regulatórios que incentivem a experimentação tecnológica com foco regionalizado.

Como agenda futura, recomenda-se a realização de estudos empíricos mais aprofundados sobre o impacto de tecnologias com nióbio em cadeias locais, análise de viabilidade econômica de rotas industriais descentralizadas, e monitoramento de políticas públicas voltadas à reindustrialização verde nos estados do Nordeste. Há, portanto, amplo espaço para avançar em abordagens interdisciplinares e territorializadas, assegurando que o nióbio seja não apenas um ativo geológico, mas catalisador de inovação e justiça climática.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, Guilherme Camelier; BARROS, José C.; MONTEIRO, Robson de Souza. *Nióbio: química no cotidiano*. São Paulo: Sociedade Brasileira de Química, 2019. (Coleção química no cotidiano, 14). Disponível em: <https://quid.s bq.org.br/wp-content/uploads/2019/07/SBQ-Colecao-Quimica-no-Cotidiano-vol14-niobio-capa.pdf>. Acesso em: 20 jul. 2025.

ARAÚJO, Ana Rita. A sustentável presença do nióbio. *Boletim UFMG*, Belo Horizonte, v. 45, n. 2067, 2019. Disponível em: <https://ufmg.br/comunicacao/publicacoes/boletim/edicao/2067/a-sustentavel-presenca-do-niobio>. Acesso em: 20 jul. 2025.

BAHIA ECONÔMICA. *Matriz elétrica da Bahia é majoritariamente renovável*. Salvador, 15 jun. 2022. Disponível em: <https://bahiaeconomica.com.br/wp/2022/06/15/matriz-eletrica-da-bahia-e-majoritariamente-renovavel/>. Acesso em: 9 dez. 2025.

BAHIA finaliza 2024 com mais de 10 GW de potência outorgada. *Jornal O Candeeiro*, Candeias, 17 jan. 2025. Disponível em: <https://jornalocandeeiro.com.br/noticia-41778-bahiafinaliza2024commaisde10gwdepotenciaoutorgada>. Acesso em: 9 dez. 2025.

BAHIA. Lei nº 14.889 de 24 de abril de 2025. Institui a Política de Transição Energética do Estado da Bahia, o Programa Estadual de Transição Energética - PROTENER, e dá outras providências. *Diário Oficial do Estado*, Salvador, 25 abr. 2025. Disponível em: <https://www.legislabahia.ba.gov.br/documentos/lei-no-14889-de-24-de-abril-de-2025>. Acesso em: 16 jul. 2025.

BAHIA. Secretaria de Desenvolvimento Econômico. *Matriz elétrica da Bahia é majoritariamente renovável, com maior contribuição da fonte eólica*. Salvador, 14 jun. 2022. Disponível em: <https://www.ba.gov.br/sde/2022/06/14/matriz-eletrica-da-bahia-e-majoritariamente-renovavel-com-maior-contribuicao-da-fonte-eolica>. Acesso em: 16 jul. 2025.

BAHIA. Secretaria do Meio Ambiente. *Governo lança nesta quinta-feira (24) a Política de Transição Energética da Bahia*. Salvador, 24 abr. 2024. Disponível em: <https://www.ba.gov.br/meioambiente/noticias/2025-04/16993/governo-lanca-nesta-quinta-feira-24-politica-de-transicao-energetica-da>. Acesso em: 16 jul. 2025.

BENEDITO, André Vitor *et al.* Effects of niobium addition on the mechanical properties and corrosion resistance of microalloyed steels: a review. *Buildings*, v. 14, n. 5, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/buildings14051462>. Acesso em: 20 jul. 2025.

BERNARDO, Marcela Piassi *et al.* Fabrication of antimicrobial cellulose and silver niobate aerogels for enhanced tissue regeneration. *ACS Omega*, [s. l.], v. 10, n. 15, p. 12345-12356, Apr. 2025. Disponível em: <https://pubs.acs.org/doi/full/10.1021/acsomega.5c00351>. Acesso em: 6 maio 2025.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. *Brasil é o principal agente no mercado mundial de nióbio*. Brasília, DF: MME, 2023. Disponível em: <https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/noticias/brasil-e-o-principal-agente-no-mercado-mundial-de-niobio>. Acesso em: 16 jul. 2025.

CAO, Yong-Hua; CHEN, Linfeng; CHEN, Kai. Synergistic modulation of the localized electrons and lattice distortion of cobalt-nickel phosphide motivates intrinsic activity through heteroatoms for efficient electrocatalytic water oxidation. *Surfaces and Interfaces*, [s. l.], v. 46, Mar. 2024. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2468023024002025>. Acesso em: 17 jul. 2025

CMOC BRASIL. *CMOC transforms tailings into organo-mineral fertilizers and celebrates its contribution to the challenges of the mining sector*. [S. l.], 9 May 2022. Disponível em: <https://cmocbrasil.com/en/noticia/cmoc-transforma-rejeitos-em-fertilizantes-organominerais-e-celebra-contribuicao-aos-desafios-do-setor-de-mineracao>. Acesso em: 9 maio 2025.

CMOC BRASIL. *Relatório de sustentabilidade CMOC Brasil 2023*. Disponível em: https://sustentabilidade.cmocbrasil.com/wp-content/uploads/2025/09/Relatorio_de_Sustentabilidade_CMOC_2023.pdf. Acesso em: 16 jul. 2025.

CRIVELARO, Leonardo. Toshiba desenvolve bateria de recarga rápida e longa vida útil. *Canal VE*, Campinas, 9 jun. 2025. Disponível em: <https://canalve.com.br/toshiba-desenvolve-bateria-recarga-rapida-longa-vida-util/>. Acesso em: 20 jul. 2025.

DONG, Hao *et al.* Enhancing the lithium storage performance of the Nb₂O₅ anode via synergistic engineering of phase and Cu doping. *ACS Applied Materials & Interfaces*, [s. l.], v. 16, n. 17, Apr. 2024. Disponível em: <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/acsami.4c03044>. Acesso em: 20 jul. 2025.

FONSECA, Enio; NUNES, Filipe Horta. *Minerais do futuro: razão, valores, tecnologia e sustentabilidade na era das terras raras*. Rio de Janeiro: Sinergia Editora, 2025. Disponível em: <https://synergiaeditora.com.br/minerais-do-futuro/>. Acesso em: 20 jul. 2025.

GAGLIANO, Matheus. *Nióbio: saiba o que é e por que esse metal é estratégico*. *Eu Quero Investir*, [s. l.], 23 maio 2024. Disponível em: <https://euqueroinvestir.com/educacao-financeira/niobio-saiba-o-que-e-e-porque-esse-metal-e-estrategico>. Acesso em: 20 jul. 2025.

GIREESHKUMAR, B. *et al.* Improving energy storage efficiency through carbon doping of niobium oxide nanomaterials derived from areca husk in redox flow batteries and supercapacitors. *Journal of Energy Storage*, [s. l.], v. 71, Nov. 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.est.2023.108139>. Acesso em: 20 jul. 2025.

GONÇALVES, Ricardo Junior de Assis Fernandes; MILANEZ, Bruno. The territorialization of the niobium global extractive network in Goiás, Brazil. *Ateliê Geográfico*, Goiânia, v. 14, n. 2, p. 142-162, ago. 2020. Disponível em: <https://www.ufjf.br/poemas/files/2020/08/Go%C3%A7alves-2020-The-territorialization-of-the-niobium-global-extractive-network-in-Goi%C3%A1s.pdf>. Acesso em: 9 mai. 2025.

HOFFMANN, Claudinei Guilherme. *Aplicação do nióbio nas baterias de íons de lítio*. 2022. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Elétrica) - Centro Universitário União das Américas, Foz do Iguaçu, 2022. Disponível em: <https://pleiade.uniamerica.br/index.php/bibliotecadigital/article/download/769/854/2354>. Acesso em: 20 jul. 2025.

INTERNATIONAL FINANCE CORPORATION. *Performance standard 5: land acquisition and involuntary resettlement*. [S. l.]: World Bank Group, 2006. Disponível em: <https://www.ifc.org/content/dam/ifc/doc/2010/2012-ifc-performance-standard-5-en.pdf>. Acesso em: 16 jul. 2025.

INSTITUTO BRASILEIRO DE MINERAÇÃO. *Monopólio brasileiro do nióbio gera cobiça mundial, controvérsia e mitos*. Brasília, DF, 9 abr. 2013. Disponível em: <https://ibram.org.br/noticia/monopolio-brasileiro-do-niobio-gera-cobica-mundial-controversia-e-mitos/>. Acesso em: 26 jul. 2025.

INTERNATIONAL RENEWABLE ENERGY AGENCY. *World energy transitions outlook 2023 1.5°C pathway*. Abu Dhabi: IRENA, 2023. Disponível em: https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2023/Jun/IRENA_World_energy_transitions_outlook_2023.pdf. Acesso em: 6 maio 2025.

ITALO, Fernando. Energia eólica na Bahia tem 2 novos parques. *Movimento Econômico*, Recife, 27 fev. 2024. Disponível em: <https://movimentoeconomico.com.br/estados/bahia/2024/02/27/energia-eolica-na-bahia-2-novos-parques/>. Acesso em: 16 jul. 2025.

JANSTO, Steven G. *Steelmakers meet demand for taller wind towers with low-cost steel containing niobium*. Pittsburgh: CBMM North America, Inc., 2018. Disponível em: https://niobium.tech/-/media/niobiumtech/documentos/resource-center/nt_taller-wind-towers-with-low-coast-steel-containing-niobium.pdf. Acesso em: 20 jul. 2025.

JIAN, Bian; PATEL, Jitendra. Niobium metallurgy in advanced high strength steels for automotive light-weighting. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON AUTOMOTIVE MATERIALS & MANUFACTURING, 2014, Chakan. *Proceedings* [...]. Chakan: SAE, 2014. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/289598730_Niobium_Metallurgy_in_Advanced_High_Strength_Steels_for_Automotive_Light-Weighting. Acesso em: 20 jul. 2025.

JW ENGENHARIA. *Para que serve o nióbio?* Contagem, 14 dez. 2021. Disponível em: <https://jweng.com.br/noticias/para-o-que-serve-o-niobio/>. Acesso em: 16 jul. 2025.

KHALID, Muhammad Usman *et al.* A comprehensive review of niobium nanoparticles: synthesis, characterization, applications in health sciences, and future challenges. *Nanomaterials*, [s. l.], v. 15, n. 2, Jan. 2025. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/nano15020106>. Acesso em: 20 jul. 2025.

LEE, Chang-Soo *et al.* A highly sensitive enzyme-amplified immunosensor based on a nanoporous niobium oxide (Nb₂O₅) electrode. *Sensors*, Basel, v. 10, n. 5, p. 5160–5170, May 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/s100505160>. Acesso em: 20 jul. 2025.

NEGÓCIOS BAHIA. *Programa de Transição Energética da Bahia incentiva investimentos na indústria verde*. Salvador, 25 abr. 2025. Disponível em: <https://negociosba.com.br/noticias/programa-de-transicao-energetica-da-bahia-incentiva-investimentos-na-industria-verde/>. Acesso em: 9 dez. 2025.

REDAÇÃO BNEWS. *1,5 mil vagas serão ofertadas na Bahia após acordo entre Setre e empresa de energia renovável*. Salvador, 9 jul. 2025. Disponível em: <https://www.bnews.com.br/noticias/geral/15-mil-vagas-serao-ofertadas-na-bahia-apos-acordo-entre-setre-e-empresa-de-energia-renovavel.html>. Acesso em: 16 jul. 2025.

RFI. *Pode África Subsaariana tirar proveito da abundância de minerais?*. [S. l.], 5 mar. 2025. Disponível em: <https://www.rfi.fr/pt/%C3%A1frica/20250305-pode-%C3%A1frica-subsaariana-tirar-proveito-da-abund%C3%A2ncia-de-minerais>. Acesso em: 20 jul. 2025.

ROSEIRO, J. *et al.* Nb-bearing mineral phases in the Bailundo Carbonatite Complex (Angola): implications for Nb geochemistry in metallogenesis. *Comunicações Geológicas*, v. 107, Especial II, p. 75-80, 2020. Disponível em: https://www.ineg.pt/wp-content/uploads/2020/07/10_Roseiro-et-al-B-2020_final_75-80.pdf. Acesso em: 20 jul. 2025.

SENOCAK, Taha Cagri *et al.* Niobium-oxynitride coatings for biomedical applications: its antibacterial effects and in-vitro cytotoxicity. *Materials Science and Engineering: C*, [s. l.], v. 120, p. 111662, Jan. 2021. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0928493120335803>. Acesso em: 6 maio 2025.

SFA OXFORD. *Niobium swing producer*: CBMM driving the future of advanced materials. Oxford, 3 Apr. 2025. Disponível em: <https://www.sfa-oxford.com/market-news-and-insights/niobium-swing-producer-cbmm-driving-the-future-of-advanced-materials/>. Acesso em: 20 jul. 2025.

TOSHIBA CORPORATION. *Toshiba, Sojitz and CBMM unveil an ultra-fast charging electric bus prototype powered by next-generation lithium-ion batteries with niobium titanium oxide anodes*. Disponível em: <https://news.toshiba.com/press-releases/press-release-details/2024/Toshiba-Sojitz-and-CBMM-Unveil-an-Ultra-Fast-Charging-Electric-Bus-Prototype-Powered-by-Next-Generation-Lithium-ion-Batteries-with-Niobium-Titanium-Oxide-Anodes/default.aspx>. Acesso em: 20 jul. 2025.

VASCONCELOS, Yuri. O polêmico nióbio. *Revista Pesquisa FAPESP*, São Paulo, n. 277, mar. 2019. Disponível em: <https://revistapesquisa.fapesp.br/o-polemico-niobio/>. Acesso em: 20 jul. 2025.

VEGA, Maria Rita Ortega *et al.* Niobium oxide nanorods obtained by hydrothermal synthesis: structure, morphology, and electrochemical detection of oxygen via oxygen reduction reaction. *Coatings*, [s. l.], v. 13, n. 10, Oct. 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/coatings13101786>. Acesso em: 20 jul. 2025.

WANG, Long *et al.* Recovery of rare metals from superalloy scraps by an ultrasonic leaching method with a two-stage separation process. *Separations*, [s. l.], v. 9, n. 7, June 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/separations9070184>. Acesso em: 20 jul. 2025.

ZADEH, John. Niobium and its applications: essential properties for modern industry. *Discovery Alert*, [s. l.], 19 Apr. 2025a. Disponível em: <https://discoveryalert.com.au/news/niobium-importance-properties-global-production-2025/>. Acesso em: 20 jul. 2025.

Resumo

No século XX, as nações desenvolvidas, que representam o Norte Global, vivenciaram uma geração de riqueza sem precedentes e um forte progresso econômico, dinâmica que promoveu um expressivo impacto ambiental. Tal desenvolvimento econômico não foi observado nos países do Sul Global nas mesmas proporções. A justiça climática, então, pode ser abordada como resposta às desigualdades sociais relacionadas aos efeitos das mudanças climáticas, que vêm afetando várias localidades, incluindo as regiões do Sul Global e, neste estudo, especificamente, a cidade de Salvador, na Bahia. Políticas de inclusão social, direitos humanos e geração de renda são importantes para a promoção da justiça ambiental e climática. Nesse contexto, o estudo dos Ecossistemas de Inovação Socioambiental (EIS) e de seus efeitos nas cidades torna-se temática relevante, considerando as crises socioambientais. O objetivo deste artigo é compreender como o fortalecimento dos EIS contribui para a mitigação e adaptação aos efeitos das mudanças climáticas. A metodologia utilizada neste trabalho envolve uma pesquisa aplicada, com caráter exploratório e descritivo, com abordagem mista para coleta e tratamento dos dados. A análise dos principais resultados desta pesquisa permitiu identificar que o EIS de Salvador ainda é incipiente, pois muitos atores não se reconhecem enquanto partícipes desse sistema. Dessa forma, a partir de escutas e análises de dados empíricos, foi possível construir, proposições e diretrizes para a promoção da justiça climática e ambiental, a fim de empoderar os atores do EIS, com a perspectiva de orientá-los, e apontar rumos para a construção de políticas públicas direcionadas às populações minoritárias, marginalizadas e excluídas.

Palavras-chave: Ecossistemas de Inovação Social; crise climática; justiça climática; inclusão social.

Abstract

In the 20th century, developed nations, representing the Global North, experienced unprecedented wealth generation and strong economic progress, a dynamic that had a significant environmental impact. Such economic development was not observed in the countries of the Global South to the same extent. Climate justice, then, can be approached as a response to social inequalities related to the effects of climate change, which have been affecting various locations, including regions of the Global South and, in this study, specifically the city of Salvador, in Bahia. Policies of social inclusion, human rights, and income generation are important for promoting environmental and climate justice. In this context, the study of Socio-Environmental Innovation Ecosystems (EIS) and their effects on cities becomes a relevant topic, considering the socio-environmental crises. The objective of this article is to understand how the strengthening of EIS contributes to the mitigation and adaptation to the effects of climate change. The methodology used in this study involves applied research, with an exploratory and descriptive character, using a mixed approach for data collection and processing. The analysis of the main results of this research identified that the EIS in Salvador is still in its infancy, as many actors do not recognize themselves as participants in this system. Thus, based on listening and analyzing empirical data, it was possible to construct proposals and guidelines for promoting climate and environmental justice, in order to empower SIE actors, with a view to guiding them and pointing out directions for the construction of public policies aimed at minority, marginalized, and excluded populations.

Keywords: Social Innovation Ecosystems; climate crisis; climate justice; social inclusion.

Fortalecimento de Ecossistemas de Inovação Socioambiental para a promoção da justiça climática: um estudo na cidade de Salvador (BA)

JOÃO PAULO PEREIRA RIBEIRO

Mestre em Desenvolvimento e Gestão Social pela Universidade Federal da Bahia (UFBA), graduado em Administração pelo Centro Universitário Jorge Amado (Unijorge). Coordenador da Diretoria de Políticas e Planejamento Ambiental na Secretaria do Meio Ambiente do Estado da Bahia (Sema).
<https://orcid.org/0009-0007-8978-1665>.
joaopaulo.ribeiro1@sema.ba.gov.br

RODRIGO MULLER

Doutor em Tecnologia e Sociedade pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), mestre em Ciência, Gestão e Tecnologia da Informação pela Universidade Federal do Paraná (UFPR), graduado em Secretariado Executivo pela Universidade Estadual do Oeste do Paraná (Unioeste) e em Análise e Desenvolvimento de Sistemas pelo Centro Universitário Internacional (Uninter).
 Professor adjunto da Universidade Federal da Bahia (UFBA).
<https://orcid.org/0000-0001-9877-7122>.
rodrigomuller@ufba.br

LUIZA REIS TEIXEIRA

Doutora em Administração Pública e Governo pela Fundação Getúlio Vargas (FGV), mestra e graduada em Administração pela Universidade Federal da Bahia (UFBA). Professora da Escola de Administração da Universidade Federal da Bahia (UFBA).
<https://orcid.org/0000-0001-8441-219X>.
luizareisteixeira@gmail.com

doi.org/10.56839/bd.v35i2.a15

AS MUDANÇAS CLIMÁTICAS representam uma ameaça à vida no planeta. Seus efeitos são agravados pelas desigualdades sociais, especialmente nos países do Sul Global, como o Brasil. Nesse contexto, Salvador (BA) destaca-se como uma cidade que enfrenta graves riscos climáticos, incluindo a elevação do nível do mar e a intensificação de eventos extremos, o que afeta desproporcionalmente as populações vulneráveis.

Para enfrentar esses desafios, os Ecossistemas de Inovação Socioambiental (EIS) surgem como uma alternativa relevante. Eles reúnem organizações, empreendimentos e iniciativas que buscam soluções para problemas socioambientais, promovendo a justiça climática e social.

A pesquisa que fundamenta este artigo busca compreender como o fortalecimento dos EIS pode contribuir para a mitigação e adaptação aos efeitos das mudanças climáticas, promovendo resiliência e justiça climática em Salvador.

A literatura aponta que os EIS são formados por redes colaborativas compostas por organizações, empreendimentos e indivíduos que se mobilizam para resolver problemas socioambientais

A partir do entendimento de que há disparidades no que se refere aos impactos provocados pelas mudanças climáticas, principalmente entre as populações mais vulneráveis, esta pesquisa traçou os seguintes objetivos:

- a. objetivo geral: compreender como o fortalecimento dos Ecossistemas de Inovação Socioambiental (EIS) contribui para a mitigação e adaptação aos efeitos das mudanças do clima, promovendo resiliência e justiça climática na cidade de Salvador (BA).
- b. objetivos específicos: 1) caracterizar o Ecossistema de Inovação Socioambiental na cidade de Salvador (BA); 2) identificar atores do EIS de Salvador que atuam na mitigação e adaptação aos efeitos das mudanças climáticas; e 3) mapear ações desses atores que promovem resiliência e justiça climática.

OS ECOSSISTEMAS DE INOVAÇÃO SOCIOAMBIENTAL (EIS) E A BUSCA POR PROMOÇÃO DA JUSTIÇA CLIMÁTICA

A literatura aponta que os EIS são formados por redes colaborativas compostas por organizações, empreendimentos e indivíduos que se mobilizam para resolver problemas socioambientais. Segundo França Filho e Eynaud (2020), essas inovações devem comprovar sua utilidade social, sendo validadas não apenas pelo mercado, mas também por mecanismos sociais e institucionais.

Para Adion, Alperstedt e Graeff (2020), os EIS são caracterizados pela articulação entre diferentes atores e setores sociais, envolvendo empresas privadas, instituições de ensino e de fomento, organizações não governamentais e órgãos públicos, que criam uma dinâmica colaborativa para potencializar soluções de enfrentamento aos problemas socioambientais contemporâneos. Essa abordagem colaborativa busca fortalecer a construção de uma sociedade mais resiliente ante os impactos climáticos.

Verifica-se, nesse sentido, conforme aponta Ribeiro (2024, p. 21), que os EIS são ambientes capazes de “promover articulações entre distintos setores e atores (organizações e pessoas) que entendem a inovação como elemento capaz de contribuir para o desenvolvimento social e econômico das sociedades”, contemplando atividades e questões voltadas à sustentabilidade e a um desenvolvimento socioeconômico que respeite as características ambientais de cada localidade onde os EIS possam atuar.

A justiça climática, por sua vez, é um conceito que emerge a partir do paradigma da justiça ambiental, abordando as desigualdades sociais que ampliam os impactos das mudanças climáticas sobre populações vulneráveis (Milanez; Fonseca, 2011). Essa abordagem considera que aqueles

que menos contribuem para a crise climática são frequentemente os mais afetados por seus impactos.

Em Salvador, os efeitos das mudanças climáticas são agravados pelas desigualdades sociais e pela ocupação irregular do solo, que expõe populações periféricas a maiores riscos. Para enfrentar esses desafios, iniciativas de inovação têm promovido a inclusão social, a educação ambiental e a gestão sustentável de resíduos como formas de mitigar esses impactos.

Além disso, ações comunitárias voltadas para a educação climática e a gestão eficiente de recursos naturais têm sido apontadas como práticas eficazes na redução da vulnerabilidade social e ambiental. Projetos que promovem hortas urbanas, manejo sustentável de resíduos e programas de capacitação em sustentabilidade destacam-se como alternativas relevantes para o fortalecimento da justiça climática em Salvador.

**Em Salvador,
os efeitos das
mudanças
climáticas
são agravados
pelas desigual-
dades sociais e
pela ocupação
irregular do
solo, que expõe
populações
periféricas a
maiores riscos**

CAMINHOS METODOLÓGICOS

Esta pesquisa adotou uma abordagem mista, com caráter exploratório e descritivo. Para a coleta de dados, utilizou-se um questionário eletrônico aplicado entre maio e agosto de 2024, contando com a participação de 58 respondentes. A técnica da bola de neve foi empregada para identificar os participantes, incluindo organizações da sociedade civil, empreendimentos socioambientais e representantes do poder público.

Para essa etapa, o instrumento foi elaborado contendo os seguintes campos de informações dos participantes da pesquisa: a) dados de contato; b) papel no EIS, atividades realizadas e público-alvo; c) iniciativas de inovação social apoiadas e outros atores de suporte parceiros. A partir das 58 respostas foram identificadas 53 iniciativas que se caracterizam como agentes do EIS da cidade de Salvador, atuando em distintas frentes de enfrentamento a problemas socioambientais.

A análise dos dados foi conduzida por meio de estatística descritiva e da análise de conteúdo, visando compreender as dinâmicas do EIS na cidade de Salvador e suas contribuições para a justiça climática.

APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

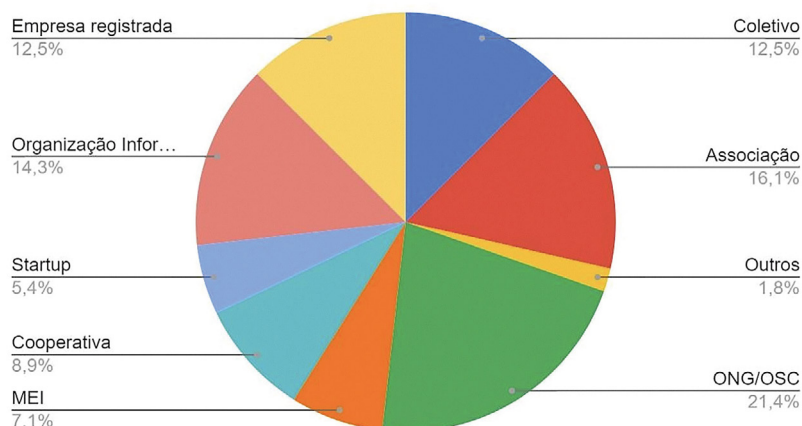
A partir das respostas obtidas por meio do questionário eletrônico, foi possível conhecer e entender melhor a constituição do EIS da cidade de Salvador.

Identificou-se que 44% das organizações detectadas têm dez anos ou mais de atuação, o que indica que a maioria possui maturidade considerável no EIS, seguida de 27% das organizações com até 3 anos de atividade, 13,8% com atuação entre 7 e 10 anos, e entre 4 e 6 anos, respectivamente.

As respostas sobre as características das instituições pesquisadas por meio do questionário indicaram que existe uma grande diversidade de organizações no EIS estudado, conforme demonstram os dados a seguir: ONG/OSC (21,4%); associações (16,1%); organizações informais (14,3%); empresas registradas (12,5%); coletivos (12,5%); cooperativas (9%); MEI (7,0%) e *startups* (5,4%). Nessa amostra, destacam-se duas categorias de atores: Organizações da Sociedade Civil (60%) e Empreendimentos de Impacto Socioambiental (40%). Esses dados demonstram um ecossistema bem heterogêneo no que se refere à natureza das organizações pesquisadas no EIS soteropolitano, conforme representado no Gráfico 1:

Gráfico 1

Tipo de atuação das instituições participantes da pesquisa

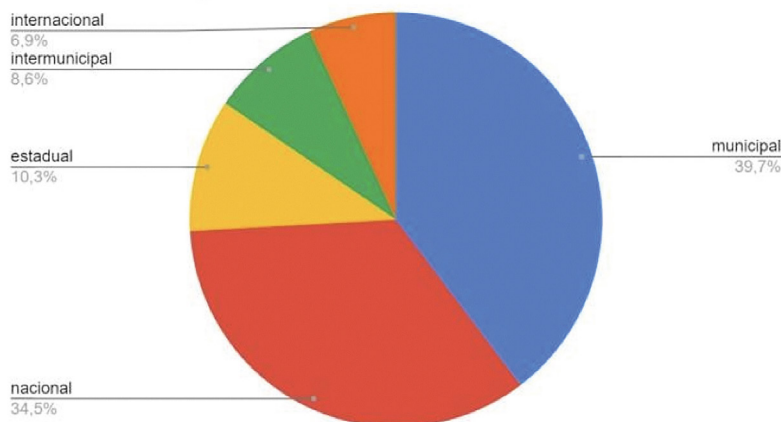


Fonte: Ribeiro (2024).

Sobre a escala de atuação das organizações pesquisadas, verificou-se que 39,7% delas atuam direta e exclusivamente no município de Salvador, enquanto 34,5% têm atuação nacional, incluindo a cidade destacada nesta pesquisa, 10,3% atuam no âmbito estadual, seguidos de 8,6% no intermunicipal e 6,9% em nível internacional, o que demonstra a pluralidade da atuação das organizações pesquisadas no EIS local, conforme Gráfico 2.

Gráfico 2

Escala de atuação das instituições participantes da pesquisa

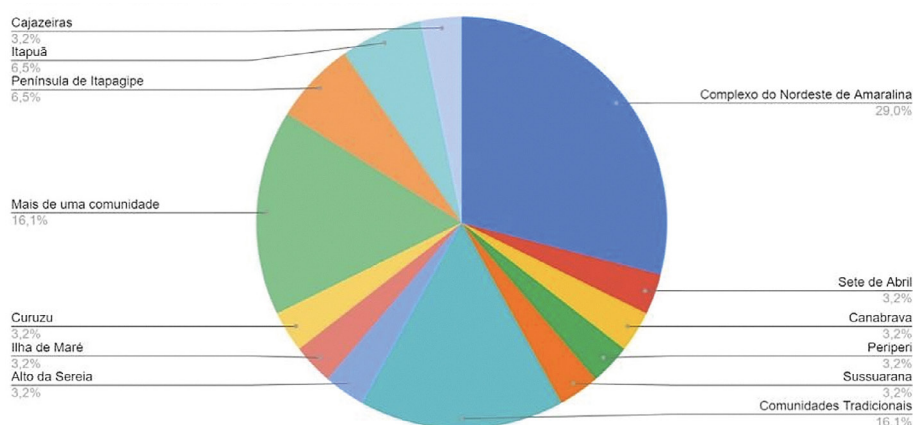


Fonte: Ribeiro (2024).

Sobre a origem da atuação das organizações em comunidades marcadas pela vulnerabilidade social, identificou-se que 53,4% delas surgiram em comunidades socialmente vulneráveis. Dentre essas, 29% são oriundas do Nordeste de Amaralina (bairro de Salvador); 16,1% são formadas por povos e comunidades tradicionais: quilombolas, indígenas, povos de terreiros e pescadores artesanais; 16,1% atuam em mais de uma comunidade, e 6,5% têm origem na Península de Itapagipe, seguidos de outras comunidades, conforme demonstrado no Gráfico 3.

Gráfico 3

Origem de atuação das instituições participantes da pesquisa



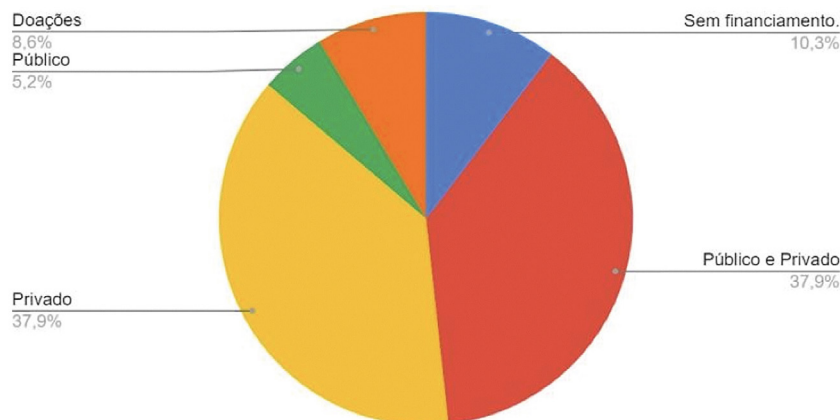
Fonte: Ribeiro (2024).

Os participantes também foram questionados sobre as fontes de financiamento das instituições pesquisadas: 37,9% informaram ter obtido financiamento público e privado; enquanto outras 37,9% obtiveram somente financiamento

privado. Entre as demais, 10,3% não têm financiamento, enquanto 8,6% delas mantêm-se por meio de doações, conforme representado no Gráfico 4.

Gráfico 4

Formas de financiamento das instituições participantes da pesquisa

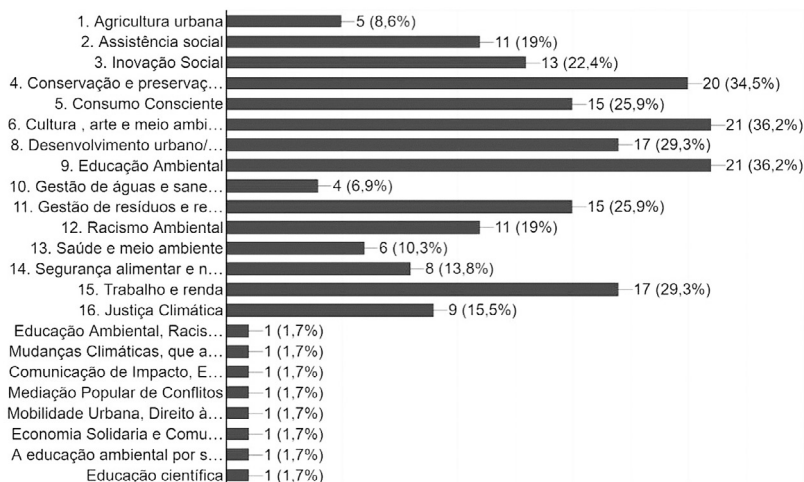


Fonte: Ribeiro (2024).

Em relação às causas socioambientais abraçadas pelas instituições participantes, verificou-se que a maioria delas (36%) está envolvida com temas relacionados a 'cultura, arte e meio ambiente' e 'educação ambiental', seguidas pelas que estão comprometidas com 'conservação e preservação ambiental', representando 34,5% das instituições pesquisadas. Em seguida, aparecem os segmentos 'trabalho e renda' e 'desenvolvimento urbano/cidades sustentáveis', com 29,3%, entre outras categorias com menor representação, conforme indicado no Gráfico 5.

Gráfico 5

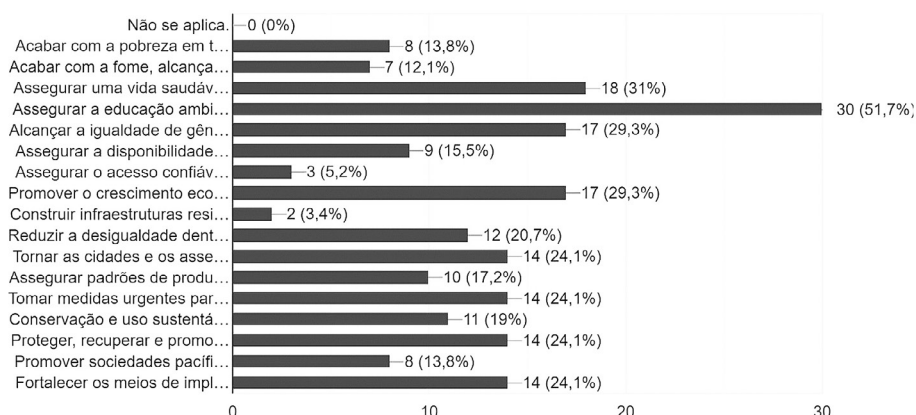
Causas socioambientais sobre as quais as instituições atuam



Fonte: Ribeiro (2024).

No que se refere à temática e à aderência aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), buscou-se identificar a relação entre as ações dos respondentes e os ODS com os quais essas ações se relacionam. Nesse sentido, verificou-se, com base nos 17 ODS, que mais da metade das instituições pesquisadas (51,7%) atua com maior contribuição no atendimento do ODS 4: “Assegurar a educação inclusiva e equitativa e de qualidade, e promover oportunidades de aprendizagem ao longo da vida para todos”. Em seguida, destaca-se o ODS 3: “Assegurar uma vida saudável e promover o bem-estar para todos, em todas as idades”, com 31% das respostas. Esse dado indica que uma parcela significativa das instituições pesquisadas atua na garantia de um meio ambiente equilibrado para a atual e as futuras gerações. Já 29,3% das respostas sinalizam uma atuação forte no que se refere ao ODS 5: “Alcançar a igualdade de gênero e empoderar todas as mulheres e meninas”. Além desses, outros ODS também são contemplados na gênese das organizações mapeadas, conforme representado no Gráfico 6.

Gráfico 6
Objetivos do Desenvolvimento Sustentável



Fonte: Ribeiro (2024).

Sobre qual(is) o(s) principal(ais) problema(s) socioambiental(is) que sensibiliza(m)/mobiliza(m) o empreendimento dos participantes, as respostas discursivas indicaram diversos elementos, com destaque para: o descarte incorreto do lixo, a falta de políticas públicas para gestão e educação ambiental, as mudanças climáticas, a ausência de saneamento básico, e o racismo ambiental, conforme apontado na Figura 1¹.

1 A nuvem de palavras foi gerada por meio do *software on-line* TagCrowd (<https://tagcrowd.com/>), que gera visualização das palavras com base na recorrência de palavras ou expressões, destacando em tamanho maior as com maior recorrência.

Figura 1

Nuvem de palavras das respostas sobre problemas socioambientais que os empreendimentos buscam resolver



Fonte: Ribeiro (2024).

Sobre quais as ações de mitigação aos efeitos das mudanças climáticas são promovidas pelas instituições dos respondentes, destacam-se as relacionadas com educação ambiental e climática, assim como educação socioambiental na comunidade, com foco na coleta seletiva de resíduos. A finalidade é a de conscientizar a população acerca da importância da despoluição e da preservação da natureza, conforme apresentado na Figura 2.

A maioria dos respondentes observou, ainda, que o racismo ambiental constitui uma prática resultante dos efeitos dos impactos ambientais que acabam afetando e prejudicando de modo desigual, intencionalmente ou não, indivíduos e comunidades negras e periféricas, portanto, uma forma de discriminação institucionalizada, conforme discorre Rammê (2012).

Figura 2

Nuvem de palavras em destaque extraídas das respostas sobre as ações de mitigação aos efeitos das mudanças climáticas promovidas pela instituição promove



Fonte: Ribeiro (2024).

A justiça climática, por sua vez, propõe que as políticas públicas tenham como base a participação social, o empoderamento das comunidades, bem como a transversalidade das ações para promover o avanço intersetorial da agenda ambiental. Isso representa a integração dos direitos ambientais aos direitos humanos e civis, por meio da elaboração de políticas para migrações climáticas, combate às desigualdades sociais, raciais e de gênero, fortalecimento dos EIS e ascensão do conceito de cidadania climática. Nesse sentido, existe uma lacuna no reconhecimento do ecossistema estudado, pois se confirma que o debate sobre meio ambiente está dissociado das discussões sobre desenvolvimento, combate à pobreza, inovação social, saúde, saneamento básico, renda, segurança alimentar, planejamento urbano, dentre outros que impactam diretamente no bem-estar das populações.

Ao serem questionados sobre quais são os desafios, as barreiras e as ações necessárias para mitigar os problemas socioambientais e promover a justiça climática na cidade de Salvador, os respondentes indicaram diversos elementos, entre eles: ausência de políticas públicas efetivas; falta de informação sobre o tema; ausência de diálogo com os atores locais; falta de integração, de transparência e de visibilidade em relação às poucas ações dos poderes governamentais e falta de recursos públicos e privados, entre outras questões em destaque na pesquisa.

Em síntese, os resultados indicam que o EIS de Salvador é incipiente, com muitos atores não se reconhecendo como parte desse sistema. No entanto, ações relevantes foram identificadas, como projetos de educação ambiental, inclusão social, coleta e tratamento de resíduos e promoção de equidade de gênero e direitos humanos.

Essas iniciativas demonstram que, embora o EIS de Salvador ainda esteja em processo de consolidação, há potencial para que ele contribua significativamente para a mitigação e adaptação aos efeitos das mudanças climáticas, assim como para a promoção da justiça climática na cidade de Salvador.

A nuvem de palavras² relacionadas às principais dificuldades para desenvolver ações de combate à crise climática, pode ser visualizada na Figura 3.

Figura 3
Nuvem de palavras das respostas sobre principais dificuldades enfrentadas pelos respondentes



Fonte: Ribeiro (2024).

Dessa forma, conforme as respostas das organizações pesquisadas e analisando a nuvem das palavras em destaque, percebe-se a ausência de escuta social e participação da sociedade organizada nas deliberações dessas políticas públicas. Além disso, na prática, os governos não conseguem fazer uma agenda eficiente que integre as políticas de direitos humanos e de meio ambiente.

2 Criada por meio do *software online* TagCrowd (<https://tagcrowd.com/>), que gera visualizações de palavras e expressões com base em sua recorrência, destacando-as pelo maior tamanho e quantidade de referenciamento.

Esse é um ponto frágil que precisa ser fortalecido nos EIS de Salvador, bem como a formulação de uma política pública direcionada ao fortalecimento de ecossistemas de inovação para promoção da justiça climática, pois não existe uma iniciativa institucionalizada tanto no âmbito do governo municipal quanto do estadual, pois não há diálogo sobre o tema entre essas instâncias, no sentido de integrar e formular políticas públicas relacionadas à inovação social e à justiça climática.

Consequentemente, por ausência de diretrizes para formulação de políticas públicas nesse campo, fica evidenciada a falta de investimento público e privado para a implementar ações e fortalecer a governança dos atores que atuam nos EIS de Salvador para promoção da justiça climática.

Portanto, a análise dos dados do questionário da pesquisa evidencia, também, uma vontade dos atores e das organizações em participar dessa cogestão e contribuir para a implementação de diversas ações que promovam impacto socioambiental e fortaleçam os EIS da cidade. Verifica-se ainda um sentimento de pertencimento em relação ao patrimônio natural local, sendo que nesta pesquisa também foram indicadas proposições de políticas estruturantes para essas regiões.

A educação apresenta-se como eixo transversal e fundamental. Assim, sugere-se a formação de jovens, prioritariamente os oriundos das periferias, para atuarem numa perspectiva de mudança de comportamento por meio da cidadania ambiental, para garantir o controle social e o bom discernimento na escolha de gestores públicos comprometidos com as causas socioambientais. Promover uma educação de qualidade nos campos formal e informal, investindo em agentes de cidadania ambiental, para garantir o cumprimento das legislações ambientais vigentes, bem os direitos sociais e um meio ambiente equilibrado para a atual e as futuras gerações, são medidas essenciais nesse complexo processo de promoção da justiça social, ambiental e climática que permeia essa problemática.

PRINCIPAIS PERCEPÇÕES SOBRE O CAMPO

Após a análise dos conteúdos dos documentos aplicados nesta pesquisa de campo, por meio das entrevistas semiestruturadas para 12 macroatores – incluindo respostas que envolveram perguntas abertas –, bem como a aplicação do questionário para 53 organizações, realizou-se uma escuta ampla e qualificada, visando compreender como o fortalecimento dos EIS pode contribuir para a mitigação e a adaptação dos efeitos extremos das mudanças climáticas. Nesse contexto, buscou-se caracterizar e identificar atores da cidade do Salvador (BA), a partir dos problemas socioambientais que eles buscam resolver em relação à justiça ambiental e climática, como demonstrado no Quadro 1.

Consequentemente, por ausência de diretrizes para formulação de políticas públicas nesse campo, fica evidenciada a falta de investimento público e privado para a implementar ações e fortalecer a governança dos atores que atuam nos EIS de Salvador para promoção da justiça climática

Quadro 1

Instituições e empreendimentos pesquisados divididas por categoria, considerando os problemas públicos que esses atores buscam resolver

Categoria	Instituições e empreendimentos
Educação, cultura e meio ambiente	• Instituto Cultural Steve Biko • Instituto Aliança • Associação Comunitária Educacional e Cultural (Acedec) • Nordesteusou • O que fazer no Nordeste de Amaralina • Aganju • Projeto Criar Arte • Associação de Surf de Amaralina • Coletivo Vai e Faz • Naum Banda
Trabalho e renda	• WHEEL - Movimentando Pessoas • RH de Favela • Bahia Turismo e Arte • Sociedade Mulheres na Feira Ltda. • Colônia de Pesca Z01 Rio Vermelho • Studio Arandela • Instituto Luciana Galeão
Conservação e preservação ambiental	• Carbono14 • SOS Buracão • Coletivo Stella Maris • Germen • Coletivo SOS Vale Encantado • Fórum Permanente de Itapuã • Gambá • Lideranças Climáticas - Núcleo BA • Fórum Clima Salvador • DAL socioambiental • Cajaverde • Secretaria Municipal de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável (SMAD)
Gestão de resíduos e reciclagem	• Cooperativa de Catadores Agentes Ecológicos de Canabrava • Cooperativa Canore • Instituto Amaralimpa • Paciência Viva • Movimento Onda de Plástico • Coletivo Lixo Zero Salvador • Camapet • Ecology • Cooperguary • Coopmarc • SO+MA Vantagens
Direitos humanos, justiça e cidadania	• Juspopuli Escritório de Direitos Humanos • Coletivo de Entidades Negras (CEN) • Observatório da Mobilidade de Salvador • Coletivo Negritude Sussuarana • Instituto Nacional Resgatando Vidas (INARV) • Coletivo de Mulheres Amam • Organização Filhos do Mundo • Cufa Bahia • Federação das Associações de Bairros de Salvador (FABS) • Bahia Cidadã • Associação de Moradores e Amigos do Rio Vermelho • AMA Jaguaribe • Conselho Beneficente dos Moradores da Rua Miguel Lemos, Eulálio de Oliveira

Conforme informações do Quadro 1, constata-se que, entre os atores pesquisados, encontram-se: 13 instituições que atuam com foco na temática dos direitos humanos, justiça e cidadania; 12 apresentam atuação mais focada na conservação e preservação ambiental; 11 têm atuação direta na gestão de resíduos e reciclagem; dez mantêm-se dedicadas à temática 'educação, cultura e meio ambiente', enquanto sete delas têm como prioridade atuar diretamente na geração de trabalho e renda.

Apesar dessa divisão temática, considerando-se uma correlação com os ODS, a maioria das instituições pesquisadas tem desenvolvido atividades que se articulam, ainda que de forma indireta, com os demais temas citados. É importante ressaltar que todas as instituições participantes deste estudo estão, de alguma forma, promovendo justiça climática, mesmo quando não há a percepção explícita de que estão envolvidas com essa causa.

Quanto à caracterização desse ecossistema de inovação em Salvador, constata-se que ele ainda é incipiente, pois muitos atores não se reconhecem enquanto partícipes desse processo. No entanto, ainda que não compreendam bem o conceito dos EIS, atuam a partir de uma lógica que gera impacto socioambiental, buscando resolver os problemas que afetam suas comunidades.

Apesar de o EIS de Salvador ainda estar em fase inicial, percebe-se nele um grande potencial de crescimento, com ampla diversidade de atores empoderados, com capacidade de promover uma transformação socioambiental na cidade. Porém, é preciso fortalecer a articulação dessa rede, pois não existe uma entidade que mapeie, coordene, integre, potencialize e dê visibilidade às ações e iniciativas desses atores, a exemplo do Observatório de Inovação Social de Florianópolis (Obisf), uma referência na temática dos EIS no Brasil. Trata-se de uma plataforma digital e colaborativa que mapeia as redes que se mobilizam em torno dos problemas públicos da cidade, incluindo atores de suporte, iniciativas de inovação social e suas interações (Observatório de Inovação Social de Florianópolis, 2023).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo evidenciou que o fortalecimento do Ecossistema de Inovação Socioambiental (EIS) na cidade de Salvador é uma estratégia promissora para o desenvolvimento da justiça climática e ambiental na capital baiana. As iniciativas mapeadas demonstram que, embora o EIS local ainda esteja em construção, há potencial expressivo para que ele contribua para a mitigação e adaptação aos efeitos das mudanças climáticas.

Apesar de o EIS de Salvador ainda estar em fase inicial, percebe-se nele um grande potencial de crescimento, com ampla diversidade de atores empoderados, com capacidade de promover uma transformação socioambiental na cidade

**Diante do
exposto, e
considerando a
complexidade
e a dinâmica
inerente à
criação de um
Observatório de
Inovação Social
em Salvador,
sugere-se a
continuidade
dessa linha
de pesquisa**

Entre as iniciativas mapeadas, foi possível perceber ações que estão em consonância com os Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS) e que promovem educação ambiental e climática; educação socioambiental; coleta seletiva de resíduos; promoção de igualdade de gênero, e ações para fortalecimento do trabalho e da renda dos moradores das comunidades locais.

Em contrapartida, os respondentes identificaram ausência de políticas públicas efetivas voltadas à articulação, ao fomento e ao fortalecimento do EIS e das organizações e demais atores que fazem parte desse contexto. Há ausência de informação sobre o tema e de diálogo com os atores locais. Além disso, há falta de integração, transparência e visibilidade nas ações entre os poderes públicos; os recursos públicos e privados são escassos, e há ausência de escuta social e participação da sociedade organizada nas deliberações dessas políticas públicas, que poderiam promover melhorias para o EIS de Salvador, para a mitigação dos efeitos das mudanças climáticas e para a promoção da justiça social.

Diante do exposto, e considerando a complexidade e a dinâmica inerente à criação de um Observatório de Inovação Social em Salvador, sugere-se a continuidade dessa linha de pesquisa. Futuros estudos podem se aprofundar na adaptação dessa plataforma ou na criação de outra ferramenta que se conecte com os diferentes contextos social, cultural e econômico da cidade, buscando explorar estratégias específicas para lidar com os desafios vindouros.

Outra iniciativa promissora que pode ser pesquisada é a identificação de formas de integração de políticas, projetos e ações relacionadas ao desenvolvimento territorial sustentável e a mudanças climáticas já implementadas pelo poder público, as organizações da sociedade civil e as empresas na cidade de Salvador. Após esse exercício, é importante comparar os resultados dos estudos com os de outras cidades da Bahia, do Brasil e do exterior sobre inovações socioambientais e sua interface com as políticas públicas relacionadas com os EIS.

Por fim, recomenda-se que pesquisas futuras ampliem o mapeamento dos atores do EIS em Salvador, bem como aprofundem as análises sobre os impactos sociais e ambientais dessas iniciativas na cidade.

REFERÊNCIAS

ANDION, Carolina; ALPERSTEDT, Graziela Dias; GRAEFF, Júlia Furlanetto.

Ecosistema de inovação social, sustentabilidade e experimentação

democrática: um estudo em Florianópolis. *RAP: revista brasileira de*

administração pública, Rio de Janeiro, v. 54, n. 1, p. 181-200, jan./fev. 2020.

Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rap/a/W8HPVFsSQwhNGzRVF6WddxC/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 10 set. 2023.

FRANÇA FILHO, Genauto Carvalho de; EYNAUD, Philippe. *Solidariedade e*

organizações: pensar em outra gestão. Salvador: Edufba, 2020. Disponível em:

<https://repositorio.ufba.br/bitstream/ri/32656/1/solidariedade-organizacoes-RI.pdf>. Acesso em: 12 set. 2025.

MILANEZ, Bruno; FONSECA, Igor Fonseca. Justiça climática e eventos

climáticos extremos: uma análise da percepção social no Brasil. *Revista Terceiro*

Incluído, Goiânia, v. 1, n. 2, p. 82-100, 2011. Disponível em: <https://revistas.ufg.br/teri/article/view/17842>. Acesso em: 5 abr. 2024.

OBSERVATÓRIO DE INOVAÇÃO SOCIAL DE FLORIANÓPOLIS. *Conheça o*

Observatório e a nossa equipe. Disponível em: <https://observafloripa.com.br/ubuntu#about>. Acesso em: 10 set. 2023.

RAMMÊ, Rogério Santos. *Da justiça ambiental aos direitos e deveres ecológicos:*

conjecturas políticos-filosóficas para uma nova ordem jurídico- ecológica.

Caxias do Sul: Educs, 2012. Disponível em: https://www.ucs.br/site/midia/arquivos/JUSTICA_AMBIENTAL_EDUCS_EBOOK.pdf. Acesso em: 12 set. 2025.

RIBEIRO, João Paulo Pereira. Fortalecimento de ecossistemas de inovação

socioambiental para a promoção da justiça climática: um estudo na

cidade de Salvador, Bahia. 2024. 116 f. (Dissertação) - Programa de Pós-

Graduação em Desenvolvimento e Gestão Social, Universidade Federal

da Bahia, Salvador, 2024. https://repositorio.ufba.br/bitstream/ri/41038/1/Disserta%C3%A7%C3%A3o%20Jo%C3%A3o%20Paulo%20Pereira_Ribeiro_-_FORTALECIMENTO_DE_ECOSSISTEMAS_DE_INOVA%C3%87%C3%83O_SOCIOAMBIENTAL%20PAR.pdf. Acesso em: 12 set. 2025.

ROBINSON, Mary. *Justiça climática: esperança, resiliência e a luta por um futuro sustentável*. São Paulo: Civilização Brasileira, 2021.

Resumo

Este trabalho tem como objetivo avaliar o potencial de produção de biometano no estado da Bahia a partir dos Resíduos Sólidos Urbanos (RSU), analisando também o estágio atual de coleta e destinação dessa importante fonte de biomassa. A metodologia baseou-se na pesquisa bibliográfica, em fontes relevantes como o Balanço Energético Nacional (2024), o Balanço Energético da Bahia (2017), publicações recentes sobre biometano e RSU, além de legislações pertinentes ao tema. Os resultados mostram que o aproveitamento do potencial energético dos RSU ainda é limitado, apesar do volume de biomassa disponível em aterros sanitários, nas estações de tratamento de água e esgoto e nos setores sucroenergético e agroindustrial. Considerando que a Bahia destina adequadamente apenas 62% dos RSU que coleta e ainda não possui nenhuma instalação para transformação dessa biomassa em metano para fins energéticos, conclui-se que há potencial de geração de biometano proveniente de RSU, com geração de receita a partir desses resíduos, diminuição de custos operacionais de gerenciamento dos aterros e mitigação da emissão de Gases de Efeito Estufa (GEE). Devido à participação majoritária da combustão na Oferta Interna de Energia (OIE) do estado, a substituição imediata dos combustíveis fósseis por fontes renováveis mostra-se inviável no curto prazo e, nesse cenário, o biometano apresenta-se como solução estratégica para a transição energética na Bahia, pois combina viabilidade técnica, maturidade tecnológica, infraestrutura e cadeia produtiva já instaladas com impactos ambiental e econômico favoráveis. A Bahia tem, portanto, uma grande oportunidade de aprimorar a cadeia produtiva do biometano, reduzindo emissões de GEE e promovendo o uso sustentável dos resíduos urbanos.

Palavras-chave: biogás; biometano; Resíduos Sólidos Urbanos; energia renovável; aterros sanitários; transição energética.

Abstract

This study aims to assess the potential for biomethane production in the state of Bahia from municipal solid waste (MSW), also analyzing the current stage of collection and disposal of this important source of biomass. The methodology was based on bibliographic research, using relevant sources such as the National Energy Balance (2024), the Bahia Energy Balance (2017), recent publications on biomethane and MSW, as well as relevant legislation on the subject. The results show that the use of the energy potential of MSW is still limited, despite the volume of biomass available in landfills, water and sewage treatment plants, and in the sugar-energy and agro-industrial sectors. Considering that Bahia only properly disposes of 62% of the MSW it collects and does not yet have any facilities for transforming this biomass into methane for energy purposes, it can be concluded that there is potential for generating biomethane from MSW, with revenue generation from this waste, reduction in landfill management operating costs, and mitigating greenhouse gas (GHG) emissions. Due to the majority share of combustion in the state's Internal Energy Supply (OIE), the immediate replacement of fossil fuels with renewable sources is not feasible in the short term and, in this scenario, biomethane presents itself as a strategic solution for the energy transition in Bahia, as it combines technical feasibility, technological maturity, infrastructure, and an already established production chain with favorable environmental and economic impacts. Bahia therefore has a great opportunity to improve the biomethane production chain, reducing GHG emissions and promoting the sustainable use of urban waste.

Keywords: biogas; biomethane; municipal solid waste; renewable energy; landfills; energy transition.

A hora do biometano na Bahia: análise do potencial energético de um combustível sustentável

LUCIANO HOCEVAR

Doutor em Engenharia Química/
Biocombustíveis e mestre em
Administração pela Universidade
Federal da Bahia (UFBA), graduado
em Engenharia Química pela Pontifícia
Universidade Católica do Rio Grande
do Sul (PUCRS). Professor adjunto na
Universidade Federal do Recôncavo da
Bahia (UFRB).
<https://orcid.org/0000-0002-1793-688X>.
lucianohocevar@ufrb.edu.br

CARINE TONDO ALVES

Doutora em Engenharia Industrial/
Biocombustíveis e mestra em Engenharia
Química pela Universidade Federal da
Bahia (UFBA), graduada em Engenharia
Química pela Universidade Federal de
Santa Maria (UFSM). Professora assistente
da Universidade Federal do Recôncavo da
Bahia (UFRB).
<https://orcid.org/0000-0001-8740-7011>.
carine.alves@ufrb.edu.br

ALEX ÁLISON BANDEIRA SANTOS

Doutor em Energia e Ambiente pela
Universidade Federal da Bahia (UFBA),
mestre em Engenharia Mecânica pela
Universidade Estadual de Campinas
(Unicamp), graduado em Engenharia
Mecânica pela UFBA. Professor do
Senai Cimatec.
<https://orcid.org/0000-0001-9935-4084>.
alex.santos@fieb.org.br

doi.org/10.56839/bd.v35i2.a16

UM HABITANTE MÉDIO DA TERRA tem atualmente à sua disposição quase 700 vezes mais energia útil do que seus ancestrais tinham no início do século XIX (Smil, 2024). Trata-se de uma oferta de energia que continua a crescer baseada em combustíveis fósseis, também responsáveis pelo aumento da emissão de Gases de Efeito Estufa (GEE), principalmente dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄) e óxido nitroso (N₂O).

O metano, produzido pela decomposição da matéria orgânica em condições anaeróbicas (Allinger *et al.*, 2009), é o principal constituinte do gás natural (GN) usado como combustível e pode se tornar relevante na transição energética para um modelo com maior participação das fontes renováveis, substituindo os combustíveis fósseis e aproveitando a estrutura de distribuição já existente, já que é pouco exequível a eliminação imediata das fontes de energia baseadas na combustão.

No contexto de transição energética, com base na produção de potência via energias renováveis, a Bahia, que já é um importante centro de desenvolvimento de fontes eólica e solar, investe novamente em combustíveis sustentáveis a partir de biomassa

Catalisador importante da transição energética mundial, o Acordo de Paris (Organização das Nações Unidas, 2015) cria condições para um efetivo combate aos impactos da emissão de gases causadores de efeito estufa, diminuindo a pegada de carbono mundial e viabilizando a descarbonização eficaz dos setores econômicos, com impactos significativos nas relações sociais. Vale destacar os objetivos principais do Acordo:

[...] criar esforços para limitar o aumento de temperatura a 1,5°C; definir recomendações quanto à adaptação dos países signatários às mudanças climáticas, em especial para os países menos desenvolvidos, de modo a reduzir a vulnerabilidade a eventos climáticos extremos; estimular o suporte financeiro e tecnológico por parte dos países desenvolvidos para ampliar as ações que levam ao cumprimento das metas para 2020 dos países menos desenvolvidos; promover o desenvolvimento tecnológico e transferência de tecnologia e capacitação para adaptação às mudanças climáticas; proporcionar a cooperação entre a sociedade civil, o setor privado, instituições financeiras, cidades, comunidades e povos indígenas para ampliar e fortalecer ações de mitigação do aquecimento global (Organização das Nações Unidas, 2015, p. 8).

Diante disso, as comunidades científica, tecnológica, empresarial e a sociedade em geral têm procurado desenvolver novas tecnologias capazes de reduzir de forma efetiva os impactos ambientais, como também promover a descarbonização dos setores econômicos. Nesse cenário, se forma então uma cadeia produtiva de insumos energéticos a partir de fontes renováveis capazes de, ao longo do tempo, atingir as metas estabelecidas no Acordo de Paris.

No contexto de transição energética, com base na produção de potência via energias renováveis, a Bahia, que já é um importante centro de desenvolvimento de fontes eólica e solar, investe novamente em combustíveis sustentáveis a partir de biomassa, com a possibilidade de utilizar resíduos da produção agrícola e resíduos sólidos gerados nos centros urbanos, permitindo mais uma rota para a economia livre de carbono, com o biogás e o biometano.

OBJETIVO

O objetivo deste trabalho é analisar a possibilidade da produção de biometano no estado da Bahia, tendo como matéria-prima os Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) e, ao mesmo tempo, verificar o atual estágio de coleta e destinação dessa biomassa.

O biometano pode ser obtido a partir de diferentes matérias-primas disponíveis, como resíduos agrossilvopastoris e resíduos orgânicos de Estações de Tratamento de Esgoto (ETE) domiciliar, por exemplo, mas, nesta pesquisa, a escolha recaiu sobre os RSU depositados em aterros sanitários por se tratar de biomassa residual com potencial energético comprovado e já aproveitado com sucesso em instalações no Brasil e em outros países. Entende-se que aproveitar um resíduo gerado nos centros urbanos, coletado em grande volume e disponível nos aterros sanitários resolve, de uma única vez, várias questões relacionadas, como a geração de energia renovável, a mitigação da emissão de Gases de Efeito Estufa (GEE) e também a melhoria da coleta e destinação adequada dos RSU, transformando o que hoje é despesa em ativo econômico e ambiental.

METODOLOGIA

Adota-se como metodologia neste trabalho a pesquisa bibliográfica em artigos, relatórios e publicações sobre o tema biometano, com recorte para Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) e aproveitamento energético. As fontes bibliográficas foram selecionadas com base nos critérios de publicação recente (período de uma década, compreendida entre os anos de 2014 e 2025), relevância científica e autoridade institucional – Empresa de Pesquisa Energética (EPE), Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP), Agência Internacional de Energia (IEA, na sigla em inglês), Organização das Nações Unidas (ONU) e Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). A análise dos dados seguiu abordagem descritiva e comparativa, com aplicação de técnica de análise de conteúdo, categorizando as informações por tipo de biomassa, origem dos resíduos e potencial energético estimado. O recorte temporal baseou-se nos balanços energéticos mais recentes (Balanço Energético Nacional, 2025; Balanço Energético, 2017) e nas bases de dados disponíveis até maio de 2025.

ANÁLISE DA MATRIZ ENERGÉTICA

Brasil

A análise dos dados publicados pela Empresa de Pesquisas Energéticas (EPE), em seu Balanço Energético Nacional (2025), mostra que as fontes de energia renovável foram responsáveis por 50% da Oferta Interna de Energia (OIE) em 2024, enquanto as de energia não renovável foram responsáveis pelos outros 50%. Ao mesmo tempo, os processos de combustão foram responsáveis pela geração de 81% da OIE, considerando-se tanto os combustíveis fósseis quanto os renováveis.

A análise dos dados publicados pela Empresa de Pesquisas Energéticas (EPE), em seu Balanço Energético Nacional (2025), mostra que as fontes de energia renovável foram responsáveis por 50% da Oferta Interna de Energia (OIE) em 2024

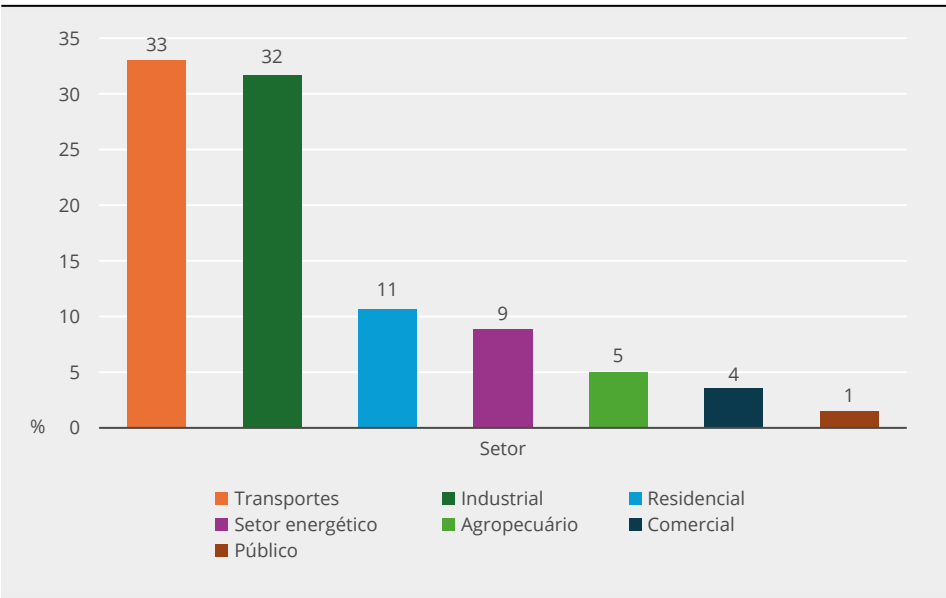
Tabela 1
Repartição da Oferta Interna de Energia (OIE) – Brasil – 2024

Fontes	[10 ³ tep]	[%]
Combustão petróleo e derivados	109.586	34%
Combustão biomassa de cana	53.715	17%
Combustão gás natural	30.970	10%
Combustão lenha e carvão vegetal	27.372	9%
Combustão outras renováveis	26.167	8%
Combustão carvão mineral	14.431	4%
Hidráulica	37.271	12%
Eólica	9.258	3%
Solar	7.229	2%
Urânio	4.156	1%
Outras não renováveis	1.836	1%
Total	321.991	100%

Fonte: Balanço Energético Nacional (2025).
Nota: elaboração própria a partir de dados da Tab. 1.3.b.

A partir do mesmo documento constata-se que 65% do consumo de energia do país destina-se a setores de transporte e indústria, conforme demonstrado na Figura 1.

Figura 1
Repartição da Oferta Interna de Energia por setor – Brasil – 2024 (%)

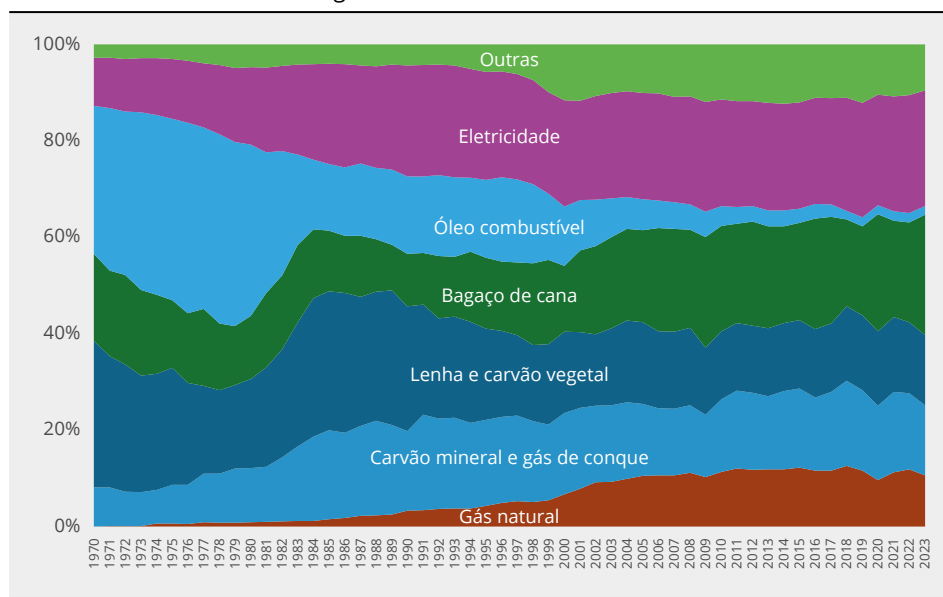


Fonte: Balanço Energético Nacional (2025).
Nota: elaboração própria a partir de dados da Tab. 1.5.b.

A análise da estrutura de consumo de energia no setor industrial de 1970 a 2024, representada na Figura 2, indica que a energia elétrica contribui com apenas 22% da energia consumida pela indústria, enquanto os processos de combustão são responsáveis por 80% desse consumo.

Figura 2

Estrutura do consumo de energia no setor industrial – Brasil – 1970-2024



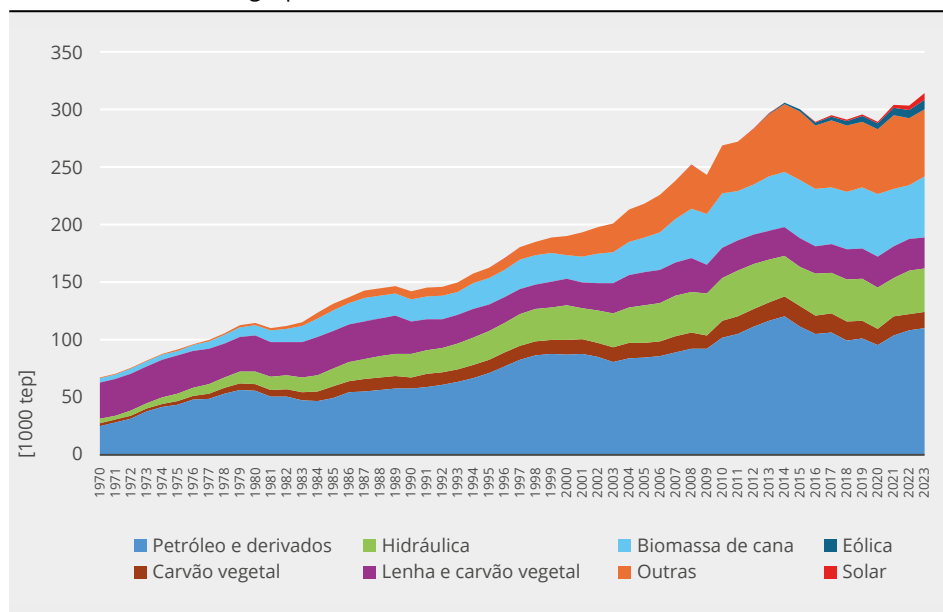
Fonte: Balanço Energético Nacional (2025).

Nota: elaboração própria a partir de dados da Tab. 3.7.b.

Por sua vez, a análise da repartição da Oferta Interna de Energia (OIE) por fonte, como ilustrado na Figura 3, mostra que é recente (cerca de uma década apenas) e ainda muito pequena a participação das fontes eólica (3%) e solar (2%) na matriz energética do país. Em 2024, essas fontes, juntas, representavam somente cerca de 5% da OIE.

Figura 3

Oferta Interna de Energia por fonte – Brasil – 2024



Fonte: Balanço Energético Nacional (2025).

Nota: elaboração própria a partir de dados da Tab. 1.3.a.

Pelo exposto pode-se verificar que a participação da modalidade elétrica é pouco expressiva no suprimento aos setores mais intensivos em energia, como a indústria e o transporte de cargas (Tabela 1). E também que o aumento da geração elétrica por fonte eólica e/ou solar fotovoltaica (Figura 3) apenas substitui a participação da mesma energia elétrica de fonte hidráulica (energia hidroelétrica) o que, para balanço de emissões de GEE, não causa nenhuma alteração, já que não desloca a energia gerada pela combustão, renovável ou fóssil, mas apenas troca uma fonte renovável de geração de energia elétrica por outra de natureza semelhante.

Bahia

De acordo com o mais recente Balanço Energético da Bahia (2017), a Oferta Interna de Energia do estado da Bahia (OIE/BA) foi de 21.078.000 tep (Tabela 2), com participação majoritária do processo de combustão (92%).

Tabela 2

Oferta Interna de Energia [10^3 tep] – Bahia – 2016

Oferta Interna de Energia (2016)	[10^3 tep]	%
Energia não renovável	15.006	71%
Petróleo e derivados	9.306	44%
Gás natural	2.520	12%
Carvão mineral e derivados	3.156	15%
Outras fontes primárias	24	0%
Energia renovável	6.072	29%
Energia hidráulica e elétrica	1.629	8%
Lenha e carvão vegetal	1.384	7%
Produtos da cana	644	3%
Outras fontes primárias	2.415	11%
Total	21.078	100%

Fonte: Balanço Energético da Bahia (2017). Elaboração própria.

Conforme a Tabela 3, observa-se que, à semelhança do perfil de consumo nacional, o Consumo Final Energético por setor também se concentra em Transportes (35%) e Industrial (28%) que, juntos, somam 63%.

Tabela 3

Consumo Final Energético por setor – Bahia – 2016

Consumo Final Energético (2016)	[10 ³ tep]	%
Transportes	4.106	35
Industrial	3.216	28
Residencial	2.000	17
Setor energético	1.009	9
Agropecuário	709	6
Comercial	333	3
Público	247	2
Consumo não identificado	13	0
Total	11.634	100

Fonte: Balanço Energético da Bahia (2017). Elaboração própria.

O mesmo documento ressalta as principais modificações ocorridas na OIE/BA, com declínio no percentual de participação dos insumos lenha e carvão vegetal e aumento da participação do biogás (Usina Termoelétrica Termoverde) e das energias solar e eólica. Essa mudança é consequência da entrada em operação da Usina Pituaçu Solar e de 68 parques eólicos, marcando o processo de diversificação da matriz energética do estado, apesar da redução da participação da energia hidráulica na estrutura da OIE/BA.

A POLÍTICA NACIONAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS E O APROVEITAMENTO ENERGÉTICO DE RESÍDUOS

A Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) cita expressamente o “aproveitamento energético” e/ou a “recuperação energética” em mais de um artigo. No Art. 3º, parágrafo VII, a destinação final ambientalmente adequada dos resíduos sólidos é entendida como “destinação de resíduos que inclui a reutilização, a reciclagem, a compostagem, a recuperação e o aproveitamento energético [...]” (Brasil, 2010). No Art. 7º, que trata dos objetivos da PNRS, o parágrafo XIV prevê que a recuperação e o aproveitamento energético devem estar incluídos no “incentivo ao desenvolvimento de sistemas de gestão ambiental e empresarial voltados para a melhoria dos processos produtivos e ao reaproveitamento dos resíduos sólidos”. Já o Art. 9º, parágrafo I, que trata da gestão e gerenciamento de resíduos sólidos, determina que “poderão ser utilizadas tecnologias visando à **recuperação energética** dos resíduos sólidos urbanos [...]”. Por sua vez, o Art. 15º, parágrafo IV, estabelece que a “União elaborará, sob a coordenação do Ministério do Meio Ambiente, o Plano Nacional de Resíduos Sólidos [...]”, contendo “metas para o **aproveitamento energético** dos gases gerados nas unidades de disposição final de resíduos sólidos”. Para finalizar, o Art. 17º, parágrafo IV, assinala que o plano estadual de resíduos sólidos deve abranger “metas para o **aproveitamento energético** dos gases gerados nas unidades de disposição final de resíduos sólidos” (Brasil, 2010).

Desse modo, o potencial energético da matéria orgânica depositada nos aterros sanitários como Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) passa a ter múltiplos valores. Entre eles destacam-se: a possibilidade de substituir os combustíveis fósseis por metano como Gás Natural Renovável (GNR); a diminuição das emissões de metano como GEE e o aproveitamento energético dos próprios RSU.

Cabe destacar o Decreto nº 10.936/2022, que regulamenta a Lei nº 12.305/2010 após 12 anos de sua promulgação, estabelecendo diretrizes claras para a implementação dos planos de resíduos sólidos, bem como para o aproveitamento energético (Brasil, 2010, 2022). De maneira complementar, a Portaria Interministerial nº 274/2019 disciplina a recuperação energética de RSU, reconhecendo-a como forma de tratamento ambientalmente adequada e definindo parâmetros técnicos e de licenciamento ambiental (Brasil, 2019).

BIOGÁS E BIOMETANO

O biogás é um gás natural resultante da fermentação anaeróbica de dejetos animais, resíduos vegetais, lixo industrial ou residencial em condições adequadas. Compõe-se de uma mistura de gases que tem sua concentração determinada pelas características do resíduo e pelas condições de funcionamento do processo de digestão. É constituído principalmente por metano (CH₄) e dióxido de carbono (CO₂) e geralmente apresenta em torno de 65% de metano, sendo o restante composto, na maior parte, por dióxido de carbono e, em menores concentrações, outros gases. O Quadro 1 apresenta uma composição típica do biogás.

Quadro 1

Composição do biogás

Gás	Símbolo químico	Concentração no biogás (%)
Metano	CH ₄	50 - 80
Dióxido de carbono	CO ₂	20 - 40
Hidrogênio	H ₂	1 - 3
Nitrogênio	N ₂	0,5 - 3
Gás sulfídrico e outros	H ₂ S, N ₂ , H ₂ , CO, O ₂	1 - 5

Fonte: La Farge (1979).

A utilização do biogás como recurso energético é devida fundamentalmente ao metano que, quando puro em condições normais de pressão (1 atm) e temperatura (0°C), possui Poder Calorífico Inferior (PCI) de 9,9 kWh/m³. O biogás com um teor de metano entre 50% e 80% tem PCI entre 4,95 e 7,92 kWh/m³ (Centro de Gestão e Estudos Estratégicos, 2010).

Já o biometano é definido, de acordo com a Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP), em sua Resolução ANP nº 906, de 18 de novembro de 2022, como um biocombustível gasoso constituído essencialmente de metano, derivado da purificação do biogás, gás bruto obtido da decomposição biológica de produtos ou resíduos orgânicos (Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis, 2022b).

As especificações do biometano no Brasil são regulamentadas pela Resolução ANP nº 886/2022, que:

Estabelece a especificação e as regras para aprovação do controle da qualidade do biometano oriundo de aterros sanitários e de estações de tratamento de esgoto destinado ao uso veicular e às instalações residenciais, industriais e comerciais, a ser comercializado no território nacional (Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis, 2022a);

e pela Resolução ANP nº 906/2022, que: “Dispõe sobre as especificações do biometano oriundo de produtos e resíduos orgânicos agrossilvopastoris e comerciais, destinado ao uso veicular e às instalações residenciais e comerciais, a ser comercializado em todo o território nacional” (Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis, 2022b).

O biometano é um gás obtido a partir da purificação do biogás, que resulta da decomposição anaeróbica de matéria orgânica. O biogás é uma mistura de metano (CH_4) entre 45% e 75%, e dióxido de carbono (CO_2) entre 25% e 40%, existindo ainda um percentual residual de outros componentes, como sulfeto de hidrogênio (H_2S), vapor d'água, oxigênio, nitrogênio e componentes orgânicos. A obtenção do biometano ocorre a partir da purificação do biogás, retirando os demais componentes até obter um gás com concentração de metano acima de 90%. O biogás pode ser gerado naturalmente de forma espontânea em áreas alagadiças e pantanosas, aterros sanitários e estações de tratamento de esgoto, como resultado da ação de bactérias metanogênicas em condições anaeróbicas sobre a matéria orgânica em decomposição, atendidas as condições de temperatura adequadas (Teixeira *et al.*, 2024).

PANORAMA BRASILEIRO DO BIOMETANO

O Brasil está alinhado ao esforço global de uso do biometano como combustível renovável e também como contribuinte para a redução das emissões de GEE, sendo o quarto maior produtor mundial de biometano, atrás apenas da Europa, da China e dos Estados Unidos (International Energy Agency, 2025).

O Brasil está alinhado ao esforço global de uso do biometano como combustível renovável e também como contribuinte para a redução das emissões de GEE, sendo o quarto maior produtor mundial de biometano

O biometano brasileiro é produzido principalmente a partir de biomassa residual obtida no setor de saneamento, em aterros sanitários e estações de tratamento de esgoto domiciliar, e também na indústria sucroalcooleira, a partir da vinhaça e da torta de filtro da cana-de-açúcar, subprodutos provenientes do cultivo e processamento da cana (Quadro 2).

De acordo com o levantamento realizado pelo grupo de trabalho formado pela Associação Brasileira das Empresas Distribuidoras de Gás Canalizado (Abegás) e pela Associação Brasileira do Biogás (Abiogás), há 27 novas plantas de biometano com potencial de conexão à rede de gasodutos nos próximos anos no país. A expectativa das associações é que a produção nacional de biometano atinja 2,2 milhões de m³/dia até 2027, com 1,3 milhão m³/dia desse total vindo do setor de saneamento, 700 mil m³/dia do segmento sucroenergético e 200 mil m³/dia do segmento agroindustrial (Manso, 2022).

Segundo a Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (2025), no primeiro trimestre de 2025 foram produzidos 23.380.000 m³ de biometano no país 259.778 m³/dia, enquanto o volume de gás natural de origem nacional disponibilizado ao mercado foi de 1.543.000 mil m³/dia em 2024 (Boletim Mensal de Acompanhamento da Indústria de Gás Natural, 2024). No entanto, o volume de biometano produzido no Brasil ainda pode crescer muito, pois atualmente representa apenas 0,16% da oferta de gás nacional.

De acordo com o Painel Dinâmico Produtores de Biometano da ANP (Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis, 2025), desde março de 2025, algumas instalações estão autorizadas para produzir biometano no país, sendo 12 com capacidade de produzir 700 mil m³/dia, enquanto outras 36 estão em processo de andamento, o que elevará a capacidade de produção para 2.200.000 m³/dia.

Quadro 2
Empresas autorizadas a comercializar biometano/ANP (Continua)

Empresa	Município	UF	Capacidade produção (Nm ³ /d) por matéria-prima		
			RSU ⁽¹⁾	ASP ⁽²⁾	CANA ⁽³⁾
GNR Fortaleza Valorização de Biogás Ltda.	Caucaia	CE	110.000		
Zeg Biogás Aroeira SPE Ltda.	Tupaciguara	MG		16.912	
Adecoagro Vale do Ivinhema S.A.	Ivinhema	MS	4.000		4.000
Geo Elétrica Tamboara Bioenergia Ltda.	Tamboara	PR		31.200	
Gás Verde S.A.	Seropédica	RJ	204.000		
GNR Dois Arcos Valorização de Biogás Ltda.	São Pedro da Aldeia	RJ	18.480		

Quadro 2

Empresas autorizadas a comercializar biometano/ANP

(Conclusão)

Empresa	Município	UF	Capacidade produção (Nm ³ /d) por matéria-prima		
			RSU ⁽¹⁾	ASP ⁽²⁾	CANA ⁽³⁾
Raízen-Geo Biogás Costa Pinto Ltda.	Piracicaba	SP		130.368	
Essencis Biometano S.A.	Caieiras	SP	67.200		
Engep Ambiental Ltda.	Jambeiro	SP	30.000		
Metagás Biogás e Energia S.A.	São Paulo	SP	30.000		
Cocal Energia S.A.	Narandiba	SP		27.113	
CRI Geo Biogás S.A.	Elias Fausto	SP		23.694	
Total (NM³/D)			433.680	229.287	4.000
Total (%)			65%	34%	1%

Fonte: ANP (2025). Elaboração própria.

Legenda: (1) RSU = Resíduos Sólidos Urbanos depositados em aterro sanitário;

(2) ASP = Produtos e Resíduos Orgânicos Agrossilvopastoris e Comerciais;

(3) CANA = Vinhaça e resíduos da fabricação de açúcar e etanol.

O estado de São Paulo é o que possui mais instalações já autorizadas a comercializar biometano, possuindo seis delas, o que corresponde a 44% do total, seguido pelo Rio de Janeiro, com duas instalações e 32% da capacidade instalada atual. Por sua vez, os estados do Ceará, Minas Gerais, Mato Grosso do Sul e Paraná possuem, cada um, uma instalação. Cabe aqui um destaque para a instalação do Ceará que, sozinha, contribui com 16% da capacidade instalada nacional para a produção de biometano.

A matéria-prima principal é aquela depositada em aterros sanitários como RSU (53%).

Quadro 3

Empresas em construção para produzir biometano/ANP

(Continua)

Empresa	UF	Capacidade produção (Nm ³ /d) por matéria-prima					Conclusão Obra
		RSU ⁽¹⁾	ASP ⁽²⁾	Cana ⁽³⁾	Suíno ⁽⁴⁾	N.I. ⁽⁵⁾	
ZEG Biogás Pindorama SPE Ltda.	AL		60.000				2026
Geo Agrovale Biogás Ltda.	BA			55.000			2025
Valorgás Feira de Santana Ltda.	BA	21.400					2026
UVB Marca Ltda.	ES	25.000					2025
Tropical Biogás Ltda.	GO			17.300			2026
H2A Soluções Ambientais Ltda ¹	GO				4.320		A. A.
CH4 Energia S.A.	MG	72.000					2026
GA Energia S.A.	MG	36.000					2026
Scalon & Cerchi Ltda	MG					10.800	2025

Quadro 3

Empresas em construção para produzir biometano/ANP

(Conclusão)

Empresa	UF	Capacidade produção (Nm³/d) por matéria-prima					Conclusão Obra
		RSU ⁽¹⁾	ASP ⁽²⁾	Cana ⁽³⁾	Suíno ⁽⁴⁾	N.I. ⁽⁵⁾	
Atvos Biometano Santa Luzia S.A.	MS		110.101				2026
Uisa Geo Biogás S.A.	MT		27.600				2026
Orizon Biometano Jaboatão dos Guararapes Ltda.	PE	108.000					A. A.
Valorgás Energia Igarassu.	PE	45.760					2026
SPE Bioo Paraná Ltda.	PR		36.000				2026
Translurean Transportes Ltda.	PR					31.440	2027
Mele Biogás Brasil Ltda.	PR		24.756				2026
Biometano Sul S.A.	RS	70.000					2025
Biometano São Leopoldo S.A.	RS	36.744					2026
SPE Bioo Passo Fundo Ltda.	RS		36.000				2026
SPE CTI Resíduo Zero Ltda.	RS		36.000				A. A.
AE H&T SPE Ltda.	RS					11.712	2026
Folhito Ltda.	RS		10.000				A.A.
UTE Victor Graeff SPE Ltda.	RS					6.480	2026
Agric Adubos e GRIC S.A.	SC		31.440				2025
H2A Soluções Ambientais Ltda. SCP	SC				20.000		2025
H2A Soluções Ambientais Ltda. SCP	SC				6.720		2026
H2A Soluções Ambientais Ltda. SCP	SC				6.720		2026
H2A Soluções Ambientais Ltda. SCP 2	SC				6.720		2025
H2A Soluções Ambientais Ltda. SCP 3	SC				6.720		2025
Orizon Biometano Rosario do Catete Ltda.	SE	60.000					2027
Biometano Verde Paulínia S.A.	SP	225.840					2025
Bioenergia Santa Cruz Ltda.	SP			75.000			2025
Cocal Energia Ppt Participações Ltda.	SP			54.000			2025
Orizon Biometano Tremembé Ltda.	SP	43.200					2026
Orizon Biometano Itapevi Ltda.	SP	32.400					2026
Geriba Energy Gas Desc S.A.	SP		1.680	1.680			2026
Total (Nm³/d)		776.344	373.577	202.980	51.200	60.432	
Total (%)		53%	26%	14%	3%	4%	

Fonte: ANP (2025). Elaboração própria.

Legenda: (1) RSU = Resíduos Sólidos Urbanos depositados em aterro sanitário;

(2) ASP = Produtos e Resíduos Orgânicos Agrossilvopastoris e Comerciais;

(3) CANA = Vinhaça e resíduos da fabricação de açúcar e etanol;

(4) SUÍNOS = Dejetos suínos;

(5) N.I. = Não Informado;

A. A. = Aguardando Autorização.

Os dados do Quadro 3 indicam que poderá haver uma ampliação de 210% em relação à capacidade atual, com 36 novas instalações que somam 1.500.000 m³/dia, elevando a capacidade de produção para 2.200.000 m³/dia.

O estado de São Paulo é o que tem seis instalações em fase de construção, correspondendo a 30% da capacidade instalada atual, seguido pelo Rio Grande do Sul (sete, o que corresponde a 14%), Pernambuco (duas, correspondendo a 10%). As demais serão instaladas nos estados de Alagoas, Bahia, Espírito Santo, Goiás, Minas Gerais, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Paraná, Santa Catarina e Sergipe.

Novamente, a matéria-prima principal é aquela depositada em aterros sanitários como RSU (53%).

É importante destacar que parte do potencial de ampliação do uso do biometano no Brasil não depende necessariamente de sua injeção na rede de distribuição canalizada, podendo ser distribuído diretamente para indústrias ou postos de combustíveis, como sinaliza Teixeira *et al.* (2024), para utilização nos veículos pesados de carga.

POTENCIAL ENERGÉTICO DE BIOMETANO NA BAHIA

O estado da Bahia, com população estimada (no ano de 2024) em 14.850.513 pessoas residentes em 417 municípios (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2025), teve 55 aterros sanitários implantados pela Companhia de Desenvolvimento Urbano do Estado da Bahia (Conder), de acordo com o Ministério Público do Estado da Bahia (BAHIA, 2006). Desses, apenas três estariam em funcionamento como aterro sanitário ou aterro controlado.

Segundo indicadores do Sistema Nacional de Informações em Saneamento Básico (2025), a Bahia coletou em 2024 um total de 5 Mt de RSU (Quadro 4), dos quais tiveram disposição final adequada em aterros sanitários apenas 62%. Esse dado significa que há oportunidade de crescimento na destinação adequada para aterros sanitários de 38% dos RSU coletados.

Conforme o Quadro 4, verifica-se que o estado da Bahia tem população equivalente a 27% da de São Paulo. Enquanto São Paulo dá destinação final adequada para 88% do seu RSU coletado, a Bahia alcança apenas 62%.

Segundo indicadores do Sistema Nacional de Informações em Saneamento Básico (2025), a Bahia coletou em 2024 um total de 5 Mt de RSU (Quadro 4), dos quais tiveram disposição final adequada em aterros sanitários apenas 62%

Quadro 4

Comparativo BR, BA e SP: população, RSU coletado e RSU destinado a aterro sanitário – 2024

	População Total		População Urbana		Cobertura (Pop. Urbana)	RSU Coletados		Disposição Final Adequada RSU	
	(10 ⁶ hab.)	(%)	(10 ⁶ hab.)	(%)		(kg/hab.d)	(t/d)	(%)	(t/d)
Bahia	12,3	6%	10,3	6%	96	1,3	13.704	62	8.496
São Paulo	44,9	22%	43,0	25%	99	1,1	47.348	88	41.667
Brasil	205,1	100%	173,7	100%	97	1,0	182.423	76	138.641

Fonte: Sistema Nacional de Informações em Saneamento Básico (2025).

Como a produtividade de biometano de uma instalação depende da biomassa utilizada – sendo, no caso dos RSU, em torno de 0,20 tonelada de óleo equivalente/tonelada de matéria-prima, de acordo com a Agência Internacional de Energia (IEA) –, seria possível produzir 2.742 toneladas de óleo equivalente (toe) por dia, com as 13.704 t/d coletadas ou 1 Mtoe/ano (International Energy Agency, 2025).

Segundo a Empresa de Pesquisas Energéticas (2014), a composição típica de resíduos sólidos urbanos no Brasil é de 50% de Fração Orgânica (FORSU), 40% de embalagens e 10% de inertes. Isso significa que estão disponíveis na Bahia 0,5 Mt/a de matéria orgânica com Fator de Metanização de 100 Nm³/t FORSU (Empresa de Pesquisas Energéticas, 2025), o que representa 50 Mm³ de metano/a.

Apesar disso, uma instalação está em processo de construção em Feira de Santana, com capacidade para produzir apenas 21.400 m³/d (Quadro 3). Esse volume é igual a 8 Mm³ de biometano/ano, o que representa apenas 16% do potencial produtivo de biometano a partir do RSU do estado, segundo os cálculos apresentados.

Há, portanto, oportunidade de crescimento na coleta e na disposição final adequada para o aterro sanitário do RSU coletado, para a geração de biometano e para o desenvolvimento de toda a cadeia produtiva do Gás Natural Renovável (GNR), transformando em receita os atuais custos de coleta, armazenamento e gerenciamento de RSU. Pode-se considerar ainda os créditos de carbono que, além da mitigação de emissões de GEE, poderia gerar uma receita adicional com sua comercialização.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Considerando-se que os combustíveis, fósseis ou renováveis, produzem 90% da energia da Bahia, do Brasil e do mundo, o modelo de transição energética que não levar em consideração essa capacidade instalada, assim como o domínio tecnológico já consolidado, terá grande chance de fracassar, pois os custos econômicos para a substituição imediata

dos processos de combustão são irrealizáveis para a maioria dos países, sendo que a tecnologia necessária para viabilizar essa produção ainda está em construção ou em fase de amadurecimento.

Para a Bahia, o biometano como fonte de energia renovável pode desempenhar um papel-chave na transição energética pois, ao mesmo tempo, é capaz de mitigar a emissão de GEE e gerar energia com menor pegada de carbono ante os combustíveis fósseis, além de ter como vantagens competitivas o domínio da tecnologia e o aproveitamento da infraestrutura de gás já instalada e operante, com mercado consumidor consolidado e maduro. Também pode transformar um passivo ambiental e econômico em ativo, gerando receita onde há apenas despesa de coleta, armazenamento e gerenciamento.

O estado de São Paulo, com 22% da população brasileira, coleta 26% dos RSU do país, destina 88% desses resíduos para aterros sanitários, potenciais produtores de biometano, e tem seis instalações para produção desse biocombustível. A Bahia, por sua vez, com 6% da população, coleta 7,5% dos RSU do país, mas destina apenas 62% desses mesmos resíduos para aterros sanitários e não tem nenhuma unidade instalada para geração de biometano com finalidade energética.

Com uma estrutura já montada, mas que precisa ser melhorada, a Bahia pode ampliar a coleta de RSU e a destinação para aterros sanitários, além de instalar unidades de geração e aproveitamento de biometano *on-grid* e *off-grid* para os setores de Transporte e Indústria.

O cenário que se apresenta constitui uma oportunidade ímpar para a Bahia, que pode alavancar a geração de biometano, um combustível renovável derivado de RSU, mas também de resíduos agrossilvopastoris e/ou efluentes líquidos domiciliares, além de contribuir para a mitigação das emissões de GEE e a comercialização de créditos de carbono.

O biometano poderá desempenhar um papel de destaque no processo de transição energética da Bahia, pois pode aproveitar a infraestrutura de gás natural já instalada no estado. Há, nessa conjuntura, maturidade tecnológica e mercado estabelecido, que podem, assim como já ocorre em outros países, transformar a realidade energética da Bahia.

Os argumentos e dados apresentados – baseados em fontes oficiais como Empresa de Pesquisa Energética (EPE), Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP), Sistema Nacional de Informação sobre Saneamento (Sinisa) e Estudo de Impacto Ambiental (EIA) – sustentam a conclusão de que os processos de combustão continuam predominantes na matriz energética, baiana, nacional e mundial. Assim, o biometano surge como vetor realista e tecnicamente viável para

**O biometano
poderá
desempenhar
um papel de
destaque no
processo de
transição
energética da
Bahia, pois pode
aproveitar a
infraestrutura
de gás natural
já instalada
no estado**

a transição energética, capaz de contribuir para a redução das emissões de GEE, além de gerar ganhos econômicos e ambientais sem necessidade de substituição imediata da infraestrutura existente.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS. (Brasil). *Painel dinâmico produtores de biometano*. Disponível em: <https://app.powerbi.com/view?r=eyJrIjoiM2MwZWQ0ZjAtYTRjNy00MWUyLThiYzgtYjI4Y2JmMjA3YzNhIiwidCI6IjQ0OTlmNGZmLTIOYTtNGIOMiIn2VmLTEyNGFmY2FkYzIxMyJ9>. Acesso em: 5 maio 2025.

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS. (Brasil). Resolução ANP nº 886, de 29 de setembro de 2022. Estabelece a especificação e as regras para aprovação do controle da qualidade do biometano oriundo de aterros sanitários e de estações de tratamento de esgoto destinado ao uso veicular e às instalações residenciais, industriais e comerciais, a ser comercializado no território nacional. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF, 29 set. 2022a. Disponível em: <https://atosoficiais.com.br/anp/resolucao-n-886-2022-estabelece-a-especificacao-e-as-regras-para-aprovacao-do-controle-da-qualidade-do-biometano-oriundo-de-aterros-sanitarios-e-de-estacoes-de-tratamento-de-esgoto-destinado-ao-uso-veicular-e-as-instalacoes-residenciais-industriais-e-comerciais-a-ser-comercializado-no-territorio-nacional?origin=instituicao>. Acesso em: 5 maio 2025.

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS. (Brasil). Resolução ANP nº 906, de 18 de novembro de 2022. Dispõe sobre as especificações do biometano oriundo de produtos e resíduos orgânicos agrossilvopastoris e comerciais destinado ao uso veicular e às instalações residenciais e comerciais a ser comercializado em todo o território nacional. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF, 24 nov. 2022b. Disponível em: <https://atosoficiais.com.br/anp/resolucao-n-906-2022-dispoe-sobre-as-especificacoes-do-biometano-oriundo-de-produtos-e-residuos-organicos-agrossilvopastoris-e-comerciais-destinado-ao-uso-veicular-e-as-instalacoes-residenciais-e-comerciais-a-ser-comercializado-em-todo-o-territorio-nacional?origin=instituicao>. Acesso em: 5 maio 2025.

ALLINGER, Norman L. *et al. Química orgânica*. Tradução Ricardo Bicca de Alencastro, Jossyl de Souza Peixoto, Luiz Renan Neves de Pinho. Rio de Janeiro: LTC, 2009.

BAHIA. Ministério Público. *Desafio do lixo: problemas, responsabilidades e perspectivas: relatório 2006/*. Salvador: Ministério Público, 2006. 125 p.

BALANÇO ENERGÉTICO DA BAHIA 2017: série 2000-2016. Salvador: CODEN, 2017. Disponível em: https://www.ba.gov.br/infraestrutura/sites/site-seinfra/files/migracao_2024/arquivos/File/publicacoes/BEEBA_2017.rar. Acesso em: 9 maio 2025.

BALANÇO ENERGÉTICO NACIONAL 2025: ano base 2024. Rio de Janeiro: EPE, 2025. Disponível em: https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-885/topico-771/Relat%C3%B3rio%20Final_BEN%202025.pdf. Acesso em: 9 maio 2025.

BOLETIM MENSAL DE ACOMPANHAMENTO DA INDÚSTRIA DE GÁS NATURAL. Brasília, DF: MME, n. 214, dez. 2024. Disponível em: <https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/secretarias/petroleo-gas-natural-e-bicombustiveis/publicacoes-1/boletim-mensal-de-acompanhamento-da-industria-de-gas-natural/2024/12-boletim-de-acompanhamento-da-industria-de-gas-natural-dezembro-de-2024.pdf/view>. Acesso em: 9 maio 2025.

BRASIL. Decreto nº 10.936, de 12 de janeiro de 2022. Regulamenta a Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF, 12 jan. 2022. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2022/decreto/d10936.htm. Acesso em: 9 maio 2025.

BRASIL. Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF, 3 ago. 2010. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2010/Lei/L12305.htm. Acesso em: 9 maio 2025.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Portaria Interministerial nº 274, de 30 de abril de 2019. Disciplina a recuperação energética dos resíduos sólidos urbanos referida no § 1º do art. 9º da Lei nº 12.305, de 2010 e no art. 37 do Decreto nº 7.404, de 2010. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF, 2 maio 2019. Disponível em: <https://www.in.gov.br/web/dou/-/portaria-interministerial-n%C2%BA-274-de-30-de-abril-de-2019-86235505>. Acesso em: 9 maio 2025.

CENTRO DE GESTÃO E ESTUDOS ESTRATÉGICOS. *Química verde no Brasil: 2010-2030*. ed. rev. e atual. Brasília, DF: CGEE, 2010. 438 p. Disponível em: https://repositorio.mcti.gov.br/bitstream/mctic/5184/1/2010_quimica_verde_no_brasil_2010-2030.pdf. Acesso em: 9 maio 2025.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (Brasil). *Inventário energético dos resíduos sólidos urbanos*. Rio de Janeiro: EPE, out. 2014. (Nota técnica DEA 18/14; Série recursos energéticos). Disponível em: <https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-251/topico-311/DEA%2018%20-%20%20Invent%C3%A1rio%20Energ%C3%A9tico%20de%20Res%C3%ADduos%20S%C3%B3lidos%20Urbanos%5B1%5D.pdf>. Acesso em: 15 maio 2025.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (Brasil). *SI Energia*. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/sienergia-sistema-de-informacoes-para-energia>. Acesso em: 15 maio 2025.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. *IBGE cidades*: Bahia: panorama: população estimada. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/ba/panorama>. Acesso em: 8 maio 2025.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. *Outlook for biogas and biomethane*: a global geospatial assessment: world energy outlook special report. Paris: IEA, 2025. Disponível em: <https://iea.blob.core.windows.net/assets/5b757571-c8d0-464f-baad-bc30ec5ff46e/OutlookforBiogasandBiomethane.pdf>. Acesso em: 8 out. 2025.

LA FARGE, Bertran de. *Le biogaz*: procédés de fermentation méthanique. Paris: Masson, 1979.

MANSO, Luiz Fernando. Brasil tem 27 novas plantas de biometano previstas para os próximos anos. *Eixos*, [s. l.], 15 jun. 2022. Disponível em: <https://eixos.com.br/gas-natural/brasil-tem-27-novas-plantas-de-biometano-previstas-para-os-proximos-anos>. Acesso em: 5 maio 2025.

OPERADOR NACIONAL DO SISTEMA ELÉTRICO (Brasil). *Resultados da operação*: histórico da operação: geração de energia. Disponível em: https://www.ons.org.br/paginas/resultados-da-operacao/historico-da-operacao/geracao_energia.aspx. Acesso em: 15 maio 2025.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. Acordo de Paris. In: CONFERÊNCIAS DAS NAÇÕES UNIDAS SOBRE AS MUDANÇAS CLIMÁTICAS, 21., 2015, Paris. *Anais* [...]. Paris: ONU, 2015. Disponível em: https://www.gov.br/mcti/pt-br/acompanhe-o-mcti/sirene/publicacoes/acordo-de-paris-e-ndc/arquivos/pdf/acordo_paris.pdf. Acesso em: 15 maio 2025.

SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES EM SANEAMENTO BÁSICO (Brasil). *Painel de indicadores*. Disponível em: https://indicadores-sinisa-2025.cidades.gov.br/dashboard?modulo=residuos_solidos. Acesso em: 12 maio 2025.

SMIL, Vaclav. *Como o mundo funciona*: um guia científico para o nosso passado, presente e futuro. Tradução Antenor Savoldi Jr. Rio de Janeiro: Intrínseca, 2024.

TEIXEIRA, Cássio Adriano Nunes *et al.* *A hora do biometano no Brasil*. Rio de Janeiro: BNDES, jan. 2024. 34 p. (Textos para discussão, 159). Disponível em: c. Acesso em: 6 maio 2025.



Resumo

A produção de energia elétrica a partir da radiação solar, de forma centralizada ou descentralizada, tem sido vista como um mecanismo de redução dos Gases de Efeito Estufa (GEE) e do dióxido de carbono (CO_2), sendo uma alternativa para minimizar as consequências das mudanças climáticas. Nesse sentido, no que se refere à produção de energia solar de forma centralizada, por meio de Usinas Fotovoltaicas (UFV), verifica-se que esse formato tem-se desenvolvido de forma intensa no Brasil, sendo que, na Bahia, segundo dados da Agência Nacional de Energia Elétrica (2025), existem atualmente 85 UFV em operação. Contudo, observa-se que, embora produzam uma energia considerada limpa e renovável, nem sempre a atuação dessas usinas produz efeitos benéficos para a sociedade e o meio ambiente. Apesar dos impactos ambientais nem sempre positivos, um dos benefícios que a literatura apresenta é a geração de emprego e renda. Então, este artigo tem o propósito de refletir sobre os impactos causados pela atuação das usinas solares, no contexto do desenvolvimento regional dos municípios pesquisados. Conclui-se que, embora a implantação das usinas solares contribua para o desenvolvimento econômico e regional, grande parte dos impactos tende a se estabilizar na fase operacional dessas instalações.

Palavras-chave: usinas solares; impactos; desenvolvimento regional.

Abstract

The production of electricity from solar radiation, whether centralized or decentralized, has been seen as a mechanism for reducing greenhouse gases (GHG) and carbon dioxide (CO_2), providing an alternative for minimizing the consequences of climate change. In this sense, with regard to centralized solar energy production through photovoltaic plants (UFV), this format has been developing intensively in Brazil. In Bahia, according to data from the National Electric Energy Agency (2025), there are currently 85 UFVs in operation. However, it should be noted that, although they produce energy that is considered clean and renewable, the operation of these plants does not always have beneficial effects on society and the environment. Despite the environmental impacts not always being positive, one of the benefits presented in the literature is the generation of jobs and income. Therefore, this article aims to reflect on the impacts caused by the operation of solar plants in the context of regional development in the municipalities surveyed. It is concluded that, although the implementation of solar plants contributes to economic and regional development, most of the impacts tend to stabilize during the operational phase of these facilities.

Keywords: solar power plants; impacts; regional development.

A atuação das usinas solares e seus impactos na Bahia sob a perspectiva do desenvolvimento regional

**KELLY CRISTINA RIBEIRO
MARQUES CARDOSO**

Mestre em Contabilidade pela Fundação Visconde de Cairu (FVC), doutoranda em Ciências Ambientais pelo Programa de Pós-graduação em Modelagem em Ciências da Terra e do Ambiente e graduada em Ciências Contábeis pela Universidade Estadual de Feira de Santana (UEFS).
Docente do Departamento de Ciências Sociais Aplicadas (DCIS) da UEFS.
<https://orcid.org/0000-0002-3914-7072>.
krcrmcardoso@uefs.br

ROSÂNGELA LEAL SANTOS

Doutora em Engenharia de Transporte pela Escola Politécnica Universidade de São Paulo (USP), mestre em Geoquímica e Meio Ambiente pela Universidade Federal da Bahia (UFBA), graduada em Geografia pela Universidade Católica do Salvador (UCSal).
Docente do Departamento de Tecnologia (DTEC) e do Programa de Pós-Graduação em Modelagem em Ciências da Terra e do Ambiente (PPGM) da Universidade Estadual de Feira de Santana (UEFS).
<https://orcid.org/0000-0002-9165-2148>.
rosaleal@uefs.br

ANA PAULA DOS SANTOS DE MELO

Mestra em Desenvolvimento e Meio Ambiente pela Universidade Federal da Paraíba (UFPB), doutoranda em Ciências Ambientais pelo Programa de Pós-graduação em Modelagem em Ciências da Terra e do Ambiente na Universidade Estadual de Feira de Santana (UEFS), graduada em Gestão Pública pela Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB).
Docente do Programa de Pós-Graduação em Modelagem em Ciências da Terra e do Ambiente (PPGM) da Universidade Estadual de Feira de Santana (UEFS).
<https://orcid.org/0000-0002-1987-8249>.
nina.melo16@gmail.com

doi.org/10.56839/bd.v35i2.a17

A TRANSIÇÃO ENERGÉTICA, como alternativa para a redução das emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE) e de dióxido de carbono (CO₂), tem sido difundida na atualidade em nível mundial. Uma das formas é a geração de energia a partir da radiação solar, uma fonte de energia considerada limpa e renovável. Nesse cenário, o semiárido baiano possui características que favorecem a implantação de usinas solares, principalmente devido à alta disponibilidade de irradiação, presente de forma estável.

Observa-se, por um lado, que as usinas solares podem contribuir para minimizar os efeitos das mudanças climáticas, reduzindo os GEE e o CO₂. Contudo, elas podem gerar impactos ambientais nem sempre positivos, como a supressão vegetal, os desmatamentos, o deslocamento da fauna e a redução da flora, além de perdas de terras agrícolas tradicionais, entre outros. Há ainda os que consideram benéfica a atuação de tais usinas para o desenvolvimento regional, por meio da geração de emprego e renda e de tributos arrecadados, melhorando a qualificação

**O objetivo
deste trabalho
é refletir sobre
os impactos
gerados pela
atuação de
usinas solares
na Bahia, sob
a perspectiva
do desenvolvi-
mento regional,
ancorado
na susten-
tabilidade**

da comunidade, ou mesmo movimentando a economia local. Diante de pontos de vista variados, refletir sobre esses aspectos torna-se relevante, tendo em vista o aumento significativo de implantação dessas usinas, sobretudo na Bahia, ao longo do tempo, a fim de evidenciar os impactos decorrentes da atuação delas. Ressalta-se também a necessidade de uma legislação que não apenas estabeleça critérios para implantação e operação desses parques solares, mas que seja efetiva no sentido de acompanhar, avaliar e mitigar eventuais impactos negativos dessa implementação, tanto nos aspectos ambientais quanto nos econômicos e sociais.

Em um contexto marcado por desigualdades territoriais e vulnerabilidade socioeconômica, como na região do sertão baiano, a presença de empreendimentos de energia limpa não assegura o desenvolvimento sustentável regional, podendo, ao contrário, gerar conflitos de acesso à terra, à renda e ao poder decisório. É necessário assegurar a expansão das usinas solares como forma de garantir uma distribuição equitativa dos benefícios e custos da transição energética.

Portanto, o objetivo deste trabalho é refletir sobre os impactos gerados pela atuação de usinas solares na Bahia, sob a perspectiva do desenvolvimento regional, ancorado na sustentabilidade. Para isso, foram utilizados dados de fontes oficiais, a exemplo da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) e do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), além de legislações baianas e literatura específica sobre a temática, a fim de caracterizar as usinas e os municípios onde estão implantadas, enfatizando o contexto socioeconômico gerado por elas.

GERAÇÃO DE ENERGIA SOLAR NA BAHIA

A matriz energética brasileira destaca-se pela representatividade de fontes renováveis, a exemplo das hidrelétricas, solares e eólicas. Dessa forma, por serem difundidas como fontes limpas de energia, as produções solar e eólica têm sido ampliadas em todo o mundo. O estado da Bahia sobressai na produção de energia solar com um quantitativo significativo de usinas em fase de implantação, além das que já se encontram em operação. A ampliação de empresas que atuam nessa área sugere a necessidade de cuidados com o processo de regulamentação e fiscalização dos empreendimentos, visto que pode haver impactos socioeconômicos e ambientais nem sempre positivos.

Em nível federal, a partir da criação do Conselho Nacional do Meio Ambiente, por meio da Resolução Conama 001/86, foram estabelecidas definições, responsabilidades, critérios básicos e diretrizes gerais para o uso e a implementação da Avaliação de Impacto Ambiental, como um dos instrumentos da Política Nacional do Meio Ambiente (Conselho Nacional do Meio

Ambiente, 1986). A referida resolução, em seu artigo 1º, ao tratar do impacto sobre o meio ambiente, estabelece que se considera impacto ambiental qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que, direta ou indiretamente, afetam a saúde, a segurança e o bem-estar da população; as atividades sociais e econômicas; a biota; as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente e a qualidade dos recursos ambientais (Conselho Nacional do Meio Ambiente, 1986).

Dessa forma, a atuação das usinas solares precisa ser regulamentada, diante do impacto ambiental – além do socioeconômico – que podem causar. A Bahia é um dos poucos estados brasileiros que possuem legislação específica referente à operação de usinas solares, por meio da Resolução Cepam nº 5092/2022, a qual trata da geração de energia solar instalada em superfície terrestre, estabelecendo critérios e procedimentos para o licenciamento ambiental desse tipo de empreendimento (Conselho Estadual do Meio Ambiente, 2023). Além disso, segundo o Plano Estadual de Meio Ambiente (PEMA) (Bahia, 2024), a gestão e o planejamento das políticas públicas ambientais na Bahia são atribuições da Secretaria do Meio Ambiente (Sema) e do Instituto do Meio Ambiente e Recursos Hídricos (Inema), além da atuação dos órgãos ambientais federais, a exemplo do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais (Ibama) e do Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio), bem como órgãos ambientais municipais.

O Quadro 1 evidencia a legislação estadual da Bahia que trata do meio ambiente e da geração de energia solar.

Quadro 1

Legislação estadual da Bahia vinculada ao meio ambiente e à geração de energia por meio de usinas solares

Legislação	Descrição Sucinta
Resolução Cepam nº 5092 de 25/11/2022	Estabelece critérios e procedimentos para o licenciamento ambiental de empreendimentos de geração de energia elétrica a partir de fonte solar instaladas em superfície terrestre (<i>onshore</i>) no Estado da Bahia e dá outras providências.
Lei Estadual nº 12.050, de 07/01/2011	Institui a Política Estadual de Mudanças Climáticas
Decreto Estadual nº 14.024, de 06/06/2012	Aprova o Regulamento da Lei Estadual nº 10.431, de 20 de dezembro de 2006, que instituiu a Política de Meio Ambiente e de Proteção à Biodiversidade do Estado da Bahia.
Portaria Inema nº 11.292/2016	Define os documentos e estudos necessários para requerimento, no Inema, dos atos administrativos para regularidade ambiental de empreendimentos e atividades no Estado da Bahia
Anexo IV do regulamento da Lei Estadual nº 10.431, de 20/12/2006, e suas alterações	Trata do enquadramento de empreendimentos solares.

Fonte: Bahia (2006, 2011, 2012), Conselho Estadual do Meio Ambiente (2023) e Instituto do Meio Ambiente e Recursos Hídricos (2016). Elaboração própria.

Há estudos que demonstram que nem tudo é benéfico e que, mesmo no contexto socioeconômico, a ocorrência dos impactos positivos é pontual, muitas vezes limitada à fase de implantação das usinas, quando há uma demanda por suprimentos e mão de obra local sem muita qualificação

A Resolução Cepam nº 5092/2022 apresenta um roteiro mínimo para a avaliação do impacto ambiental de usinas solares, ao prever que os projetos devem verificar: características do empreendimento, caracterização socioambiental, identificação e avaliação dos impactos ambientais, medidas mitigadoras e compensatórias, além de análise crítica (Conselho Estadual do Meio Ambiente, 2023). No item referente à identificação e à avaliação dos impactos ambientais, destaca-se a apresentação dos impactos potenciais gerados pelas usinas solares fotovoltaicas (UFV), elencando a análise do conforto térmico das comunidades locais, a preservação da saúde em relação ao reflexo solar provocado pela instalação das placas sobre a biota e as comunidades existentes, a alteração no regime de drenagem subsuperficial da área de influência direta do empreendimento, além de estimativa da área de supressão de vegetação, com atenção especial para as Áreas de Preservação Permanente e de Reserva Legal (Conselho Estadual do Meio Ambiente, 2023).

A atuação das usinas gera benefícios socioeconômicos, sobretudo com o impulsionamento da economia local, a geração de emprego e renda, a ampliação dos postos de trabalho, a oferta de educação e treinamento com profissionalização de comunidades locais, a valorização de fornecedores da região, o aumento na arrecadação de tributos e o pagamento de arrendamentos aos proprietários das áreas onde os parques de geração são instalados, dentre outros (Bahia, 2018; Dubey; Jadhav; Zakirova, 2013; Silva; Castelo Branco, 2018).

Contudo, há estudos que demonstram que nem tudo é benéfico e que, mesmo no contexto socioeconômico, a ocorrência dos impactos positivos é pontual, muitas vezes limitada à fase de implantação das usinas, quando há uma demanda por suprimentos e mão de obra local sem muita qualificação. Com o uso da tecnologia, na fase de operação das usinas, esse quantitativo de funcionários reduz bastante, enquanto aumenta a exigência por qualificação.

No contexto ambiental, a transformação da paisagem, a alteração das características biofísicas da terra com efeitos no desempenho do solo e da vegetação, a perda de terras agrícolas tradicionais e as mudanças na biodiversidade, além da degradação da terra, são externalidades negativas apontadas pela literatura (De Marco *et al.*, 2014; Delfanti *et al.*, 2016).

Dessa forma, a atuação de usinas solares também gera resultados desfavoráveis, tendo em vista que as externalidades, que podem ser positivas ou negativas, são consideradas como impactos geralmente negativos e não negociados que resultam de uma ação humana ou corporativa sobre uma terceira parte, que pode ser um indivíduo, uma comunidade, o meio ambiente ou a sociedade em geral (De Marco *et al.*, 2014; Delfanti *et al.*, 2016; Marques, 2024; Monzoni, 2006).

METODOLOGIA

Caracterização da área de estudo e procedimentos metodológicos

Visto que este trabalho discute os impactos gerados pela implantação e a operação de usinas solares, no contexto do desenvolvimento regional, ressalta-se que o estudo foi desenvolvido por meio de uma revisão de literatura, apoiada em dados secundários, apresentados pela Agência Nacional de Energia Elétrica (2025) e o Atlas Solar da Bahia (Bahia, 2018), associados aos dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2025a, 2025b), o que pode não captar de forma integral os impactos sociais de maneira qualitativa, como a percepção das comunidades afetadas, as transformações culturais e os deslocamentos populacionais. Recomenda-se, portanto, para pesquisas futuras a incorporação de métodos participativos e entrevistas de campo.

Também foram abordadas as legislações vigentes, além de identificados dados socioeconômicos dos municípios pesquisados oriundos de fontes oficiais, obtidos nas seguintes instituições: IBGE Cidades, Cadastro Geral de Empregados e Desempregados (Caged), Federação das Indústrias do Estado do Rio de Janeiro (Firjan), Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (INEP) e Superintendência de Estudos Econômicos e Sociais da Bahia (SEI). Para esses dados, quando disponíveis, foram considerados como referência o ano de 2015 e seus subsequentes, tendo em vista que as usinas solares mais antigas a iniciarem a implantação, entre as analisadas nesta pesquisa, ocorreu em 2015, no município de Tabocas do Brejo Velho. Além disso, para localização das usinas pesquisadas, utilizou-se o QGis como suporte na elaboração dos mapas dos municípios pesquisados.

O Quadro 2 evidencia a atual situação da matriz elétrica solar da Bahia, segundo dados da ANEEL.

Quadro 2

Matriz elétrica solar da Bahia

UFV	Quantidade de usinas	Potência Outorgada (KW)
Em construção	20	819.878,00
Em operação	85	2.406.456,35
Construção não iniciada	538	24.021.045,00
Total	643	27.247.379,35

Fonte: ANEEL (2025).

Nota: dados extraídos em agosto/2025.

Nota-se que a Bahia possui, atualmente, 85 usinas solares em operação, com potência outorgada de 2.406.456,35 kw. Conforme o Quadro 3, essas usinas operam em 16 municípios, além de haver 20 em construção e 538 com construção não iniciada.

Quadro 3

Localização das usinas solares em operação na Bahia – 2025

Município	Quantidade
Juazeiro	31
Barreiras	12
Tabocas do Brejo Velho	10
Oliveira dos Brejinhos	8
Bom Jesus da Lapa	8
Salvador	4
Alagoinhas	3
Caravelas	1
Casa Nova	1
Campo Alegre de Lourdes	1
Esplanada	1
Guanambi	1
Itacaré	1
Itaguaçu da Bahia	1
Terra Nova	1
Vitória da Conquista	1
Total	85

Fonte: ANEEL (2025).

Nota: dados extraídos em agosto/2025.

Dessas 85 usinas solares ativas, existem 70 que operam por autorização, controladas por grandes companhias, e estão presentes nos seguintes municípios baianos (Quadro 4):

Quadro 4

Localização das usinas solares pesquisadas em operação por autorização na Bahia

Município	Quantidade
Juazeiro	30
Barreiras	11
Tabocas do Brejo Velho	10
Bom Jesus da Lapa	8
Oliveira dos Brejinhos	8
Casa Nova	1
Itaguaçu da Bahia	1
Guanambi	1
Total	70

Fonte: ANEEL (2025).

Nota: dados extraídos em agosto/2025.

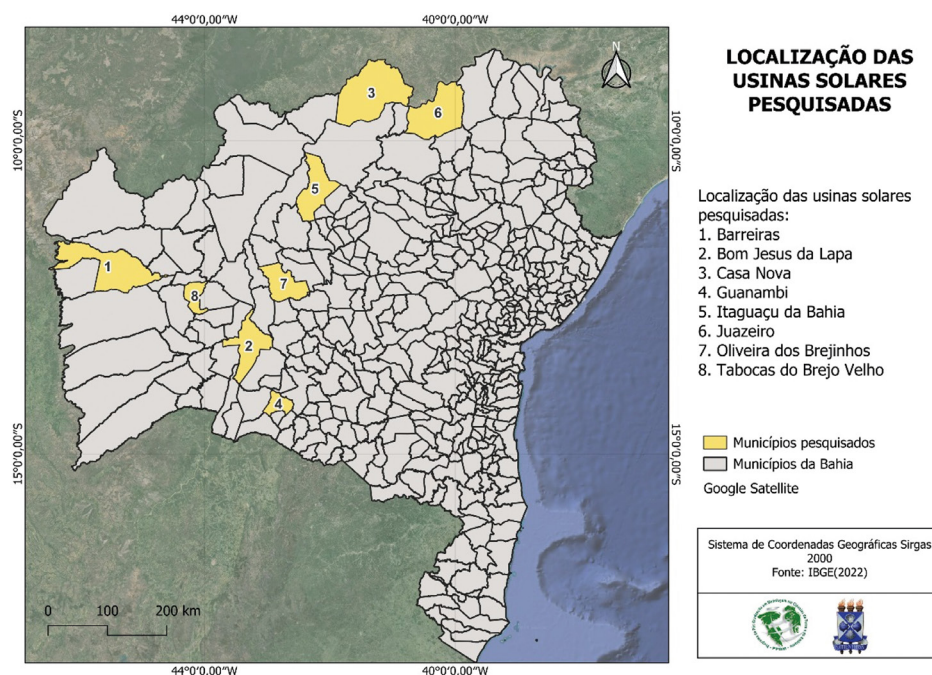
Assim, este estudo foi realizado tendo por base as 70 usinas solares em operação por autorização, nos municípios apresentados no Quadro 4.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os municípios inseridos neste estudo estão localizados no estado da Bahia, conforme mapa representado na Figura 1. Observa-se uma grande concentração de usinas solares na parte norte e centro-oeste baiana, justamente nas áreas onde os níveis de irradiação solar são bastante intensos, sendo esse um dos critérios considerados na escolha das áreas para a implantação de usinas solares.

Figura 1

Mapa de localização das usinas solares pesquisadas, em operação por autorização na Bahia



Fonte: ANEEL (2025).

Nota: dados extraídos em agosto/2025.

O Quadro 5 evidencia a caracterização geral dos municípios pesquisados, apresentando quantitativo populacional, área, bioma predominante e dados médios de Irradiação Solar Global Horizontal (IGH), Irradiação Direta Normal (IDN) e Irradiação no Plano Inclinado (IPI). Observa-se que Juazeiro é o município mais populoso, com 237.821 pessoas, e Casa Nova é o que possui a maior área, com 9.647,07 km² de extensão. Quanto aos ecossistemas, a caatinga é o bioma predominante, à exceção de Barreiras e Tabocas do Brejo Velho, onde prevalece o cerrado.

Quadro 5

Caracterização geral dos municípios pesquisados

Municípios	População (2022)	Área (Km²)	Bioma predominante	IGH Média (em kWh/m² ao ano)	IDN Média (em kWh/m² ao ano)	IPI Média (em kWh/m² ao ano)
Barreiras	159.734	8.051,274	Cerrado	2143,6	2200,2	2176,9
Bom J. da Lapa	65.550	4.115,510	Caatinga	2155,0	2248,0	2190,0
Casa Nova	72.086	9.647,072	Caatinga	2107,5	2052,8	2115,2
Guanambi	87.817	1.272,366	Caatinga	2134,9	2213,7	2170,3
Itaguaçu da Bahia	12.311	4.310,238	Caatinga	2192,2	2276,9	2212,6
Juazeiro	237.821	6.721,237	Caatinga	2105,0	2026,5	2110,8
Oliveira dos Brejinhos	20.715	3.313,418	Caatinga	2175,8	2293,7	2205,3
Tabocas do Brejo Velho	11.979	1.437,189	Cerrado	2145,8	2226,1	2180,5

Fonte: adaptado de IBGE (2025a) e INPE (2025).

Barreiras é a principal cidade do oeste baiano, com Produto Interno Bruto (PIB) *per capita* de R\$ 44.221,63 (2021), e Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM) de 0,721, sendo o terceiro maior município do estado da Bahia (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2025a). Nele se encontram 11 usinas solares em operação por autorização, sendo quatro integrantes da Usina Solar Barreiras e sete referentes ao Sertão Solar.

Em Bom Jesus da Lapa, há oito usinas solares em operação por autorização, sendo quatro pertencentes ao Complexo Bom Jesus da Lapa Solar, duas ao Nova Lapa Solar e duas ao Complexo São Pedro. Em Casa Nova está localizada a usina solar Sobrado I, cuja implantação foi iniciada em 2016 e entrou em operação em novembro de 2019, com potência outorgada de 30.000 kW, segundo a Agência Nacional de Energia Elétrica (2025).

Guanambi, no sudoeste da Bahia, contempla a usina solar Verde Vale III, com potência outorgada de 14.300 kW. Sua implantação foi iniciada em abril de 2016, tendo entrado em operação em agosto de 2018. Em Itaguaçu da Bahia funciona a usina solar Assuruá, cuja implantação foi iniciada em abril de 2016, enquanto sua operação iniciou em fevereiro de 2018, com potência outorgada de 30.520 kW (Agência Nacional de Energia Elétrica, 2025).

No norte da Bahia, Juazeiro é uma das maiores e mais desenvolvidas cidades do semiárido brasileiro. Nela, operam 30 usinas solares por autorização, sendo 22 integrantes do Complexo Solar Futura e oito vinculadas ao Juazeiro Solar (Agência Nacional de Energia Elétrica, 2025).

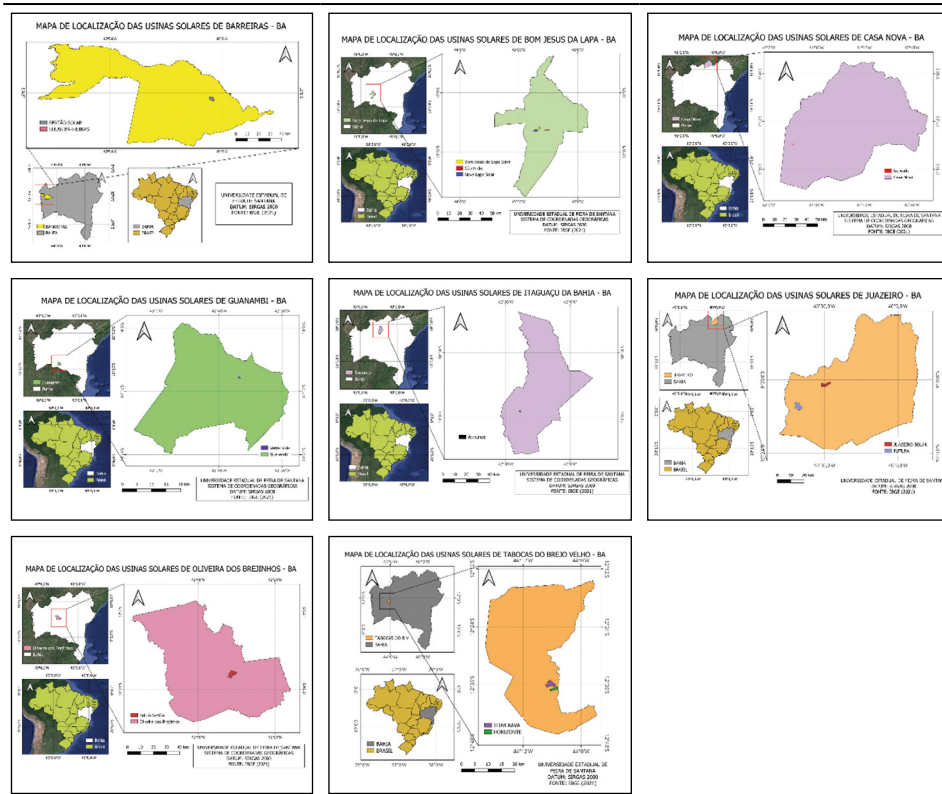
Situado na região do Vale do Paramirim, centro-oeste da Bahia, Oliveira dos Brejinhos conta com o Complexo Solar Sol do Sertão, com potência outorgada de 415.000 kW, do qual fazem parte a UFV Terra do Sol, composta por duas usinas, e UFV Sol do Sertão, composta por seis usinas, ambas implantadas em julho de 2019, e que entraram em operação entre agosto e outubro de 2021 (Agência Nacional de Energia Elétrica, 2025).

Em Tabocas do Brejo Velho, município do oeste da Bahia, há dez usinas solares em operação por autorização, sendo três Parque Solar Horizonte – que foram implantadas em março de 2016 e entraram em operação em março 2018 – e sete de Ituverava, cujo processo de implantação ocorreu em maio de 2015, sendo que, em dezembro de 2017 começaram as atividades operacionais. Essas usinas solares têm potência outorgada de 275.800 kW (Agência Nacional de Energia Elétrica, 2025).

A localização das usinas pesquisadas por município pode ser visualizada nos mapas da Figura 2.

Figura 2

Mapas de localização das usinas solares que atuam por operação na Bahia



Fonte: elaboração própria (2025).

Com o propósito de verificar se houve mudança significativa entre o período de implantação e o início das operações das usinas solares – a partir de 2015, ano em que se iniciam as referidas implantações dentre as usinas aqui pesquisadas –, foram considerados dados referentes ao PIB *per capita*, ao IDHM, ao Índice de Desenvolvimento da Educação Básica (IDEB), ao salário médio mensal, ao pessoal ocupado, ao saldo de emprego celetista e ao Índice FIRJAN dos municípios.

O Quadro 6 apresenta o IDHM e o PIB *per capita* dos municípios pesquisados.

Quadro 6

IDHM e PIB *per capita* dos municípios pesquisados

Municípios	IDHM (2010)	PIB per capita 2021 (R\$)
Juazeiro	0,677	23.601,32
Barreiras	0,721	44.221,63
Tabocas do Brejo Velho	0,584	21.439,63
Bom Jesus da Lapa	0,633	19.356,52
Oliveira dos Brejinhos	0,554	13.393,04
Casa Nova	0,570	11.975,02
Itaguaçu da Bahia	0,562	10.422,22
Guanambi	0,673	19.386,67

Fonte: IBGE (2025a).

O IDHM é um indicador que agrega três dimensões: longevidade, educação e renda, sendo que, quanto mais próximo de 1 o índice estiver, melhor é o desenvolvimento humano da região (Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento, 2025). O Brasil possuía IDHM de 0,766 em 2021. O estado da Bahia ocupava a 22ª posição no Brasil, com IDHM de 0,660 em 2010 e 0,691 em 2021, superando apenas os estados do Pará, Piauí, Amapá, Alagoas e Maranhão. Esses dados expõem um estado vulnerável e desigual, sobretudo quando se verifica que há municípios da pesquisa, como Barreiras, Juazeiro e Guanambi, que possuíam IDHM, em 2010, superior ao do estado baiano, ainda que distante do ideal, e outros com índices muito abaixo, a exemplo de Oliveira dos Brejinhos, Itaguaçu da Bahia, Casa Nova e Tabocas do Brejo Velho.

Em relação ao PIB *per capita*, observa-se que Barreiras registrou o maior valor, além do melhor IDHM dentre os municípios pesquisados, respectivamente R\$ 44.221,63 e 0,721. De forma comparativa, o Quadro 7 apresenta a evolução desse indicador (em reais) referente ao Brasil e, especificamente, ao estado da Bahia, de 2015 a 2021.

Quadro 7

PIB *per capita* do Brasil e da Bahia – 2015 a 2021 – Em R\$

Períodos	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Brasil	29.622,87	30.751,29	32.091,10	33.913,60	35.541,76	36.380,83	42.893,72
Bahia	16.117,00	16.937,00	17.513,00	19.324,00	19.716,00	20.449,00	23.531,00

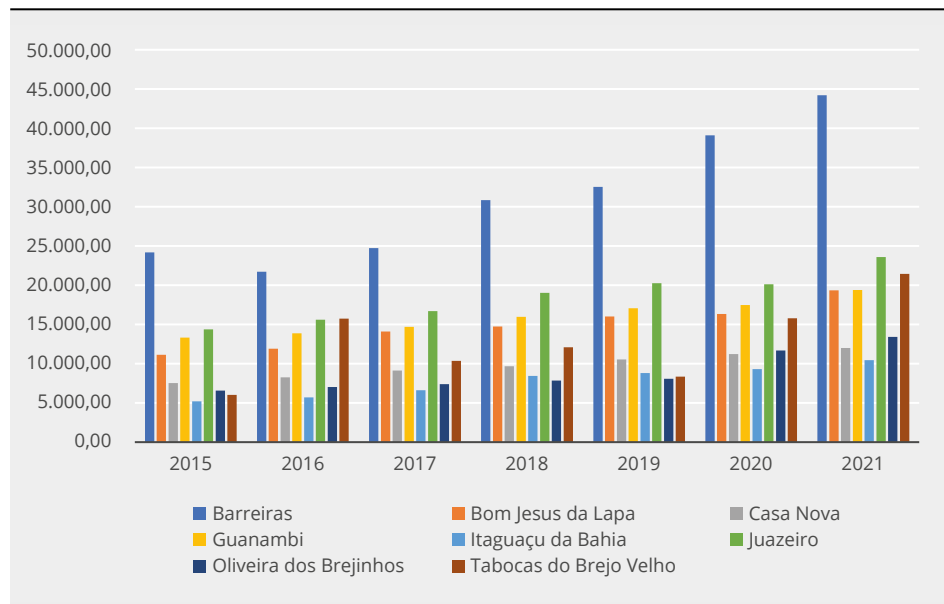
Fonte: IBGE (2025a) e SEI (2025).

De forma complementar, o Gráfico 1 evidencia a evolução do PIB *per capita* dos municípios pesquisados, no qual se observa uma evolução em todos eles. Contudo, há diferença significativa nos valores de Barreiras, de 2015 a 2021, que tem sua economia centrada no agronegócio, seguido de Juazeiro, Tabocas do Brejo Velho, Guanambi e Bom Jesus da Lapa. Os demais municípios tiveram uma evolução mais tímida nesse aspecto.

Os municípios de Barreiras e Juazeiro apresentaram PIB *per capita* superiores ao da Bahia no ano de 2021, sendo que Barreiras superou, nesse item, até mesmo o indicador do Brasil no mesmo período, confirmado por seu exponencial crescimento econômico, destacando-se dos demais municípios pesquisados.

Gráfico 1

Evolução do PIB *per capita* dos municípios pesquisados – 2015-2021 – Em R\$



Fonte: IBGE (2025a).

Ao ampliar a análise, de forma combinada com outros dados, como salário médio mensal, pessoal ocupado e saldo de emprego, verifica-se melhor o contexto socioeconômico dos municípios no intervalo entre os anos 2015 e 2021. Percebe-se que somente Barreiras e Juazeiro ultrapassam dois salários mínimos, no que se refere ao salário médio mensal (Quadro 8). Sabe-se que a escolaridade, bem como a qualificação, tem grande impacto no salário médio da mão de obra, contudo, não se observa, de forma relevante, aumento do salário médio nas localidades analisadas, nem melhora nos índices educacionais.

Segundo o Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (2024), a Bahia obteve 5,3 no IDEB em 2023, nos anos iniciais do ensino fundamental, conseguindo superar a meta estipulada pelo próprio índice. Contudo, o mesmo não ocorreu em relação aos anos finais do fundamental e ao ensino médio, no mesmo período, visto que registraram índices de 4,2 e 3,9, respectivamente, ou seja, abaixo da meta estabelecida.

Em relação ao salário médio mensal, destaca-se um quantitativo extremamente baixo em Tabocas do Brejo Velho, Casa Nova e Itaguaçu da

Bahia, sendo que o menor salário médio mensal, em 2022, correspondeu a 1,4 para Casa Nova. Contudo, embora se verifique que, em Tabocas do Brejo Velho, o salário médio mensal aumentou em 50%, saindo de 1,2, em 2015, para 1,8, em 2022, e em Oliveira dos Brejinhos, o salário médio aumentou 31%, visto que passou de 1,6, em 2015, para 2,1, em 2022, os demais municípios não ampliaram de forma significativa o salário médio mensal nos períodos considerados (Quadro 8).

Segundo o IBGE Cidades (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2025a), em 2022, a renda média mensal no Brasil era de 2,9 salários mínimos, enquanto que, na Bahia, era de 2,3 SM. O Quadro 8 evidencia que somente o município de Barreiras atingiu a média estadual antes do período pandêmico, em 2018.

Quadro 8

Salário médio mensal (em salário mínimo - SM) – 2015-2022

Municípios	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Barreiras	2,1	2,1	2,2	2,3	2,2	2,2	2,1	2,1
Bom Jesus da Lapa	1,9	1,9	1,9	2,0	1,8	1,8	1,9	2,0
Casa Nova	1,5	1,5	1,6	1,7	1,6	1,6	1,5	1,4
Guanambi	1,9	2,0	1,9	2,0	2,0	1,9	1,9	1,9
Itaguaçu da Bahia	1,6	1,5	1,6	1,7	1,7	1,7	1,6	1,7
Juazeiro	2,1	2,0	2,1	2,1	2,1	2,0	2,1	2,0
Oliveira dos Brejinhos	1,6	1,6	1,7	1,9	1,9	1,9	1,9	2,1
Tabocas do Brejo Velho	1,2	1,3	1,4	1,4	1,4	1,5	1,7	1,8

Fonte: IBGE (2025a).

A análise conjunta dos indicadores expostos evidencia que, em relação à atuação das usinas solares, embora possam contribuir para a geração de emprego e renda nas comunidades locais, não se observam impactos econômicos significativos nas regiões estudadas. Os dados de salário médio mensal, associados ao quantitativo de pessoal ocupado, ao longo dos anos, sugerem que pode ter impactado de modo pontual, sobretudo na fase de implantação das usinas, sem continuidade durante sua operação, não afetando, de maneira expansiva, os dados referentes ao PIB *per capita*, ao IDHM e ao IDEB, por exemplo.

Há empresas que controlam usinas fotovoltaicas na Bahia que registram, em seus Relatórios de Sustentabilidade (RS) ou equivalentes, a contratação de moradores da localidade para atuarem em seus postos de trabalho, proporcionando às comunidades da região onde essas usinas operam diversos treinamentos, entre eles a capacitação de mão de obra feminina, a qualificação para geração de renda, como o desenvolvimento da apicultura e o plantio de mudas de espécies variadas, a exemplo do umbu gigante. Essas iniciativas não apenas contribuem para

a recuperação de áreas degradadas, como também impulsiona a geração de renda e o empreendedorismo (Atlas Renewable Energy, 2025a, 2025b, 2025c).

Contudo, os relatórios indicam que esses postos de trabalho têm um quantitativo substancial na fase de implantação, enquanto a fase de operação registra um decréscimo nesses números. A companhia que opera a usina Jacarandá Solar, integrante do complexo Juazeiro Solar em Juazeiro, na Bahia, informa, em seu Relatório de Sustentabilidade 2021-2022, que gerou 1.058 postos de trabalho na implantação da referida usina (Atlas Renewable Energy, 2025c). A mesma empresa relata que, em 2023, na fase operacional da usina, contava com um total de 342 colaboradores, somando todas as suas atuações em seis países, sendo 137 colaboradores no Brasil, conforme Quadro 9 (Atlas Renewable Energy, 2025a). Observa-se, portanto, que a geração de postos de trabalho nas usinas solares tende a contemplar um quantitativo substancial na fase de implantação, mas reduz intensamente a mão de obra durante sua operação.

A redução do número de empregos gerados pelas usinas evidencia a falta ou a fragilidade de políticas públicas de desenvolvimento regional que fortaleçam as cadeias produtivas locais e que se proponham a multiplicar os efeitos econômicos dos investimentos energéticos na região (Melo *et al.*, 2025).

Quadro 9

Empregados por país

País	Nº de empregados em 31/12/2023
EUA	23
México	38
Colômbia	14
Brasil	137
Chile	111
Espanha	19
Total	342

Fonte: Atlas Renewable Energy (2025a).

O Quadro 10 demonstra o número de pessoal ocupado ao longo dos anos, de 2015 a 2022, nos municípios analisados nesta pesquisa. Verifica-se o quantitativo de pessoal ocupado em cada município, na fase de implantação das usinas solares. Números em destaque na cor vermelha, referentes aos municípios de Bom Jesus da Lapa, Casa Nova, Guanambi e Itaguaçu da Bahia, tiveram redução de pessoal ocupado. Em contrapartida, houve aumento em Barreiras, Juazeiro, Oliveira dos Brejinhos e Tabocas do Brejo Velho – com números destacados em verde –, em comparação com os anos anteriores à fase analisada.

Quadro 10

Pessoal Ocupado dos Municípios Pesquisados – 2015-2022

Municípios	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Barreiras	32.102	28.376	31.300	32.052	34.058	34.599	36.024	43.527
Bom Jesus da Lapa	8.718	8.178	8.548	8.695	8.599	8.858	9.219	11.354
Casa Nova	7.289	6.361	7.016	7.613	8.706	9.710	11.452	12.072
Guanambi	14.335	13.605	14.833	14.578	13.951	14.722	16.343	18.903
Itaguaçu da Bahia	701	501	718	559	642	730	884	3.357
Juazeiro	35.800	36.745	38.136	39.225	40.318	38.662	42.743	48.657
Oliveira dos Brejinhos	1.694	1.674	1.579	1.544	1.664	2.455	1.665	2.078
Tabocas do Brejo Velho	963	1.024	971	1.124	1.019	927	1.037	1.190

Fonte: IBGE (2025a).

Quando se inserem, na análise socioeconômica, os dados do Caged sobre o saldo de emprego celetista (Quadro 11), observa-se, à exceção de Oliveira dos Brejinhos, um ganho expressivo, no ano de 2021, para a maioria dos municípios, contudo, esse resultado coincide com o período da pós-pandemia da covid-19, quando houve tendência de crescimento do mercado de trabalho e de pessoal ocupado.

Quadro 11

Saldo de emprego celetista – Variação de emprego formal – 2015-2024

Municípios	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Barreiras	-1.205	-1.331	344	1.133	2.041	1.415	4.445	2.522	1.842	553
Bom Jesus da Lapa	60	344	241	153	200	-141	384	285	375	338
Casa Nova	-5	300	873	-127	851	133	1.325	431	270	720
Guanambi	-823	-253	-40	538	349	-17	660	-26	606	927
Itaguaçu da Bahia	5	-6	7	-4	2	-6	25	-13	0	35
Juazeiro	-680	1.792	1.367	691	1.089	-1.218	5.601	468	565	1.807
Oliveira dos Brejinhos	-23	-6	4	-23	9	794	-688	407	-141	-171
Tabocas do Brejo Velho	16	10	12	15	6	17	37	103	40	34

Fonte: Brasil (2025).

Por sua vez, as marcações em vermelho apontam o saldo de emprego celetista do início da fase de implantação das usinas pesquisadas nos referidos municípios. Nota-se variação significativa em Barreiras, Bom Jesus da Lapa, Casa Nova, Guanambi e Juazeiro para os anos de implantação das usinas, o que sugere interferência positiva das implantações nessas localidades.

O índice Firjan de Desenvolvimento Municipal (IFDM) acompanha o desenvolvimento socioeconômico dos municípios brasileiros relacionado a três áreas: emprego e renda, saúde e educação. Com índices que variam de 0 a 1, considera quatro conceitos ou classificações: desenvolvimento crítico (entre 0,0 e 0,4), desenvolvimento baixo (entre 0,4 e 0,6), desenvolvimento moderado (entre 0,6 e 0,8) e desenvolvimento alto (entre 0,8 e 1,0). De

acordo com o índice Firjan (Federação das Indústrias do Estado do Rio de Janeiro, 2025), a Bahia apresenta um quadro desfavorável, pois 95,4% de seus municípios encontram-se no patamar de desenvolvimento baixo ou crítico, sendo que apenas 4,6% registram grau de desenvolvimento moderado, e nenhum alcança o grau de desenvolvimento alto. A Bahia, portanto, é o estado brasileiro que tem o maior número de pessoas em condições de desenvolvimento crítico ou baixo, ocupando o quarto lugar no *ranking* dos piores resultados do país, à frente apenas dos estados de Amapá, Maranhão e Pará. Destacam-se avanços nos últimos anos, contudo, ainda há muito a melhorar. O maior crescimento ocorreu nas áreas de educação e saúde, sendo que a categoria de emprego e renda obteve a menor variação do estado nos anos analisados (Federação das Indústrias do Estado do Rio de Janeiro, 2025).

Quadro 12

Índice Firjan de Desenvolvimento Municipal (IFDM Consolidado) – 2015-2023

Municípios	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	Ranking estadual	Ranking geral
Barreiras	0,4906	0,4959	0,4988	0,5298	0,5476	0,5744	0,5838	0,6198	0,6603	4º	2001º
Bom Jesus da Lapa	0,4045	0,4063	0,4189	0,4539	0,4838	0,4864	0,4928	0,5170	0,5693	48º	3399º
Casa Nova	0,2858	0,3065	0,3239	0,3399	0,3456	0,3734	0,3686	0,3991	0,4258	356º	5172º
Guanambi	0,5377	0,5192	0,5338	0,5226	0,5478	0,5521	0,5484	0,5858	0,6030	19º	2872º
Itaguaçu da Bahia	0,1841	0,1756	0,1959	0,2016	0,2432	0,2467	0,2878	0,358	0,4269	353º	5164º
Juazeiro	0,4667	0,4763	0,4812	0,4907	0,5162	0,5041	0,4959	0,5601	0,5975	20º	2963º
Oliveira dos Brejinhos	0,3031	0,3116	0,3198	0,3186	0,3594	0,3992	0,3653	0,4214	0,4862	218º	4598º
Tabocas do Brejo Velho	0,2696	0,2273	0,2778	0,2781	0,2994	0,3525	0,3819	0,3766	0,4334	344º	5122º

Fonte: Firjan (2025).

Quando se observam os municípios pesquisados no que se refere ao Índice Firjan de Desenvolvimento Municipal Consolidado (Quadro 12), verifica-se que Barreiras permanece em destaque, assim como nos demais indicadores apresentados por outros institutos, visto que é o quarto melhor colocado no estado da Bahia, seguido por Guanambi (19º), Juazeiro (20º) e Bom Jesus da Lapa (48º). Contudo, em nível nacional – ocupando a 2001ª posição entre os municípios brasileiros –, ainda precisa evoluir nos indicadores.

A contextualização socioeconômica – sobretudo nas dimensões educação, emprego, renda, PIB, IDHM –, ante as limitações dos dados utilizados, não evidencia mudanças significativas nesses indicadores nos municípios pesquisados, nem mesmo permite uma correlação, de forma mais direta, entre a presença das usinas solares e os resultados observados. Percebe-se que esses aspectos de melhoria socioeconômica são limitados à época da instalação e construção das usinas solares, período em que há um aumento da oferta de empregos localmente e um maior desenvolvimento educacional devido à qualificação de mão de obra, com treinamentos diversos, atividades em parceria com escolas, sobretudo em relação à educação ambiental.

As usinas solares geram um potencial de desenvolvimento socioeconômico limitado em longo prazo, e contrariam a ideia do potencial de desenvolvimento local nos municípios em que atuam, pois os efeitos diminuem na fase operacional, com redução de postos de trabalho, estagnação da economia local e queda no recolhimento de tributos pelos municípios

As prefeituras dos municípios de Barreiras, Bom Jesus da Lapa e Juazeiro divulgaram, em seus respectivos sites, notícias sobre geração de emprego e renda com a criação de postos de trabalho diretos e indiretos; contratação de serviços locais, além de aumento na arrecadação, todas relacionadas às consequências socioeconômicas decorrentes da operação das usinas solares na região. Contudo, Silva e Castelo Branco (2018) destacam que, embora o emprego gerado durante a fase de implantação possa ser considerado um impacto positivo, a demanda maior por mão de obra limita-se à fase inicial do empreendimento. Na fase operacional, os postos de empregos vinculam-se à garantia de funcionamento da usina e requerem maior especialização.

Nesse contexto, a atuação de usinas solares, mesmo que resulte em melhorias locais, não altera fortemente os indicadores socioeconômicos considerados na pesquisa. Observa-se uma alteração mais difusa e local, pois, apesar dos impactos iniciais positivos, não há evidência de mudanças consolidadas no PIB *per capita* ou no IDHM, por exemplo, visto que os ganhos parecem concentrados no período de implantação.

As usinas solares geram um potencial de desenvolvimento socioeconômico limitado em longo prazo, e contrariam a ideia do potencial de desenvolvimento local nos municípios em que atuam, pois os efeitos diminuem na fase operacional, com redução de postos de trabalho, estagnação da economia local e queda no recolhimento de tributos pelos municípios. Portanto, não se pode atribuir alterações de indicadores socioeconômicos à implementação das usinas (Hecksher, 2024).

Além disso, os interesses das comunidades atingidas pelos parques não são resguardados, perpetuando práticas históricas de exploração, desigualdade e subordinação econômica, sendo que a concessão de benefícios fiscais, a flexibilização de exigências e a aceitação de um retorno econômico imediato pelos governos locais em troca de concessões subestimam o real valor das terras e dos recursos, resultando na externalização de custos ambientais e sociais para as comunidades locais, enquanto os benefícios econômicos principais são direcionados a investidores (Marques, 2024).

A despeito dessa realidade, nota-se que a operação das usinas pode representar uma oportunidade estratégica para o desenvolvimento regional, por meio da adoção de práticas empresariais e políticas públicas que promovam a integração desses empreendimentos à comunidade de forma justa e sustentável. As usinas solares têm potencial para dinamizar as economias locais, por meio da movimentação de cadeias produtivas, com capacitação profissional, criação de postos de trabalho indiretos, parcerias com instituições de ensino técnico, arrecadação de tributos que fortalecem a capacidade de investimentos dos governos locais, diversificando a base econômica da região.

Para isso, os projetos precisam ser articulados com políticas de desenvolvimento regional, sendo que a atuação do poder público nessas áreas precisa ser repensada, não se limitando a acompanhar as licenças ambientais, nem sempre efetivas. É preciso envolver também a comunidade nesse processo, por meio do fortalecimento da governança local, com incorporação de estratégias de inclusão social, geração de renda e fortalecimento da economia, pois a falta de transparência e de consulta prévia às comunidades afetadas pode gerar conflitos sociais e resistência ao projeto. O desafio ultrapassa a expansão de uma matriz energética limpa e renovável, com a construção de um modelo justo, sustentável, mais equilibrado, resiliente e democrático, num esforço coordenado entre governo, empresas e sociedade civil (Santana, 2024).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O artigo propôs refletir sobre os impactos gerados pela atuação de usinas solares na Bahia, sob a perspectiva do desenvolvimento regional. Diante disso, foram caracterizados oito municípios nos quais atuam 70 usinas solares por autorização, dentre as 85 que atualmente estão em operação. A análise conjunta dos municípios pesquisados, no que se refere aos dados socioeconômicos observados, à exceção dos saldos de emprego, não evidencia mudanças significativas ao longo do período verificado, embora vários fatores possam influenciar esse contexto.

Observa-se que, no aspecto socioeconômico, a geração de emprego e renda é tratada como um dos principais efeitos positivos decorrentes da atuação das usinas solares, contudo, verifica-se que há uma intensidade maior de criação de postos de trabalho limitada à fase de implantação das usinas, quando há expressiva demanda por mão de obra. Esse quantitativo, no entanto, se reduz bastante quando as usinas entram em operação, visto que a necessidade é por uma mão de obra com maior qualificação.

Dessa forma, conclui-se que, embora as usinas solares possam contribuir para o desenvolvimento econômico e regional, muitos desses impactos socioeconômicos estão associados à fase inicial de sua implantação. Portanto, é necessário que as companhias que administram tais usinas, em parceria com o poder público, busquem mecanismos que mitiguem e compensem adequadamente as comunidades pela atuação desses empreendimentos, que, apesar de gerar energia limpa e renovável, também provocam impactos – significativos, mas nem sempre positivos – tanto no meio ambiente quanto nas regiões do entorno.

**É necessário
que as
companhias que
administram
tais usinas, em
parceria com o
poder público,
busquem
mecanismos
que mitiguem
e compensem
adequadamente
as comunidades
pela atuação
desses empre-
endimentos,
que, apesar
de gerar
energia limpa
e renovável,
também
provocam
impactos [...]
tanto no meio
ambiente
quanto nas
regiões do
entorno**

O poder público, como ente fiscalizador, deve atuar na melhoria da qualidade de vida da população, e, para isso, precisa ser eficaz no acompanhamento de ações e iniciativas que possam proporcionar externalidades positivas para as comunidades do entorno, minimizando os impactos negativos. Isso implica um processo de fortalecimento dos órgãos de fiscalização, com um licenciamento ambiental rigoroso e participativo, além do acompanhamento da execução de planos de mitigação e de compensação para as comunidades afetadas, com geração de benefícios concretos para essas comunidades, como descontos na conta de luz, incentivo para contratação de mão de obra local também durante a fase operacional, e garantia de uma efetiva participação social, com inclusão da comunidade em comitês de acompanhamento dos projetos.

Esses comitês de acompanhamento com participação de representantes da comunidade podem servir como meio de diálogo, transparência e resolução de conflitos na relação com a empresa, colaborando para estabelecer um canal de comunicação entre empresa, poder público e sociedade, sobretudo na discussão de estratégias de mitigação de danos e compensação socioambiental adequadas ao contexto local.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (Brasil). *Sistema de Informações de Geração da ANEEL - SIGA*. Disponível em: <https://app.powerbi.com/view?r=eyJrIjoibGE3NjVmYjAtNDZmOWI4LWVjYTctNDZhMi05MmQ0LWVhNGU5YzAxNzBIMSlmMi0jR9>. Acesso em: 24 ago. 2025.

ATLAS RENEWABLE ENERGY. *Relatório de sustentabilidade*: 2023. Disponível em: [https://pt.atlasrenewableenergy.com/assets/pdf/Atlas%20Renewable%20Energy%20-%20Sustainability%20Report%202023%20\(Por\).pdf](https://pt.atlasrenewableenergy.com/assets/pdf/Atlas%20Renewable%20Energy%20-%20Sustainability%20Report%202023%20(Por).pdf). Acesso em: 24 ago. 2025a.

ATLAS RENEWABLE ENERGY. *Sustainability report*: 2017-2020. Disponível em: <https://pt.atlasrenewableenergy.com/assets/pdf/Atlas%20Renewable%20Energy%20-%20Sustainability%20Report%202017-2020.pdf>. Acesso em: 24 ago. 2025b.

ATLAS RENEWABLE ENERGY. *Sustainability report*: 2021-2022. Disponível em: <https://live.atlasrenewableenergy.com/assets/media/Atlas-Renewable-Energy-Sustainability-Report-2021-2022.pdf>. Acesso em: 24 ago. 2025c.

BAHIA. *Atlas solar*. Bahia. Curitiba: Camargo Schubert; Salvador: SECTI; SEINFRA: CIMATEC/SENAI, 2018. Disponível em: <https://www.seplan.ba.gov.br/wp-content/uploads/atlas-solar-Bahia-2018.pdf>. Acesso em: 24 ago. 2025.

BAHIA. Decreto nº 14.024, de 06 de junho de 2012. Aprova o Regulamento da Lei nº 10.431, de 20 de dezembro de 2006, que instituiu a Política de Meio Ambiente e de Proteção à Biodiversidade do Estado da Bahia, e da Lei nº 11.612, de 08 de outubro de 2009, que dispõe sobre a Política Estadual de Recursos Hídricos e o Sistema Estadual de Gerenciamento de Recursos Hídricos. *Diário Oficial do Estado*, Salvador, 7 jun. 2012. Disponível em: https://www.ba.gov.br/meioambiente/sites/site-sema/files/migracao_2024/arquivos/File/CCA/Legislacao/decreto_10024.pdf. Acesso em: 30 set. 2024.

BAHIA. Lei nº 10.431, de 20 de dezembro de 2006. Dispõe sobre a Política de Meio Ambiente e de Proteção à Biodiversidade do Estado da Bahia, e dá outras providências. *Diário Oficial do Estado*, Salvador, 21 dez. 2006. Disponível em: https://www.ba.gov.br/meioambiente/sites/site-sema/files/migracao_2024/arquivos/File/CCA/Legislacao/Lei_10431.pdf. Acesso em: 30 set. 2024.

BAHIA. Lei nº 12.050, de 07 de janeiro de 2011. Institui a Política sobre Mudança do Clima do Estado da Bahia, e dá outras providências. *Diário Oficial do Estado*, Salvador, 8 jan. 2011. Disponível em: <https://leisestaduais.com.br/ba/lei-ordinaria-n-12050-2011-bahia-institui-a-politica-sobre-mudanca-do-clima-do-estado-da-bahia-e-da-outras-providencias>. Acesso em: 30 set. 2024.

BAHIA. Secretaria do Meio Ambiente. *Plano Estadual do Meio Ambiente da Bahia*. Salvador: SEMA, jun. 2024. Disponível em: https://www.ba.gov.br/meioambiente/sites/site-sema/files/2024-06/PEMA_Governo_da_Bahia.pdf. Acesso em: 30 set. 2024.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. *CAGED: Brasil: saldo do emprego celetista*. Disponível em: <https://www.gov.br/trabalho-e-emprego/pt-br/assuntos/estatisticas-trabalho/caged>. Acesso em: 24 ago. 2025.

CONSELHO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE (BA). Resolução CEPRAM nº 5092, de 25 de novembro de 2022. Estabelece critérios e procedimentos para o licenciamento ambiental de empreendimentos de geração de energia elétrica a partir de fonte solar instaladas em superfície terrestre (onshore) no Estado da Bahia e dá outras providências. *Diário Oficial do Estado*, Salvador, 21 jan. 2023. Disponível em: <https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=441723>. Acesso em: 30 set. 2024.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (Brasil). Resolução CONAMA nº 1, de 23 de janeiro de 1986. Dispõe sobre critérios básicos e diretrizes gerais para a avaliação de impacto ambiental. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF, 17 fev. 1986. Disponível em: https://conama.mma.gov.br/?option=com_sisconama&task=arquivo.download&id=745. Acesso em: 30 mar. 2024.

DE MARCO, Antonella *et al.* The contribution of Utility-Scale Solar Energy to the global climate regulation and its effects on local ecosystem services. *Global Ecology and Conservation*, [s. l.], v. 2, p. 324-337, Dec. 2014. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2351989414000584>. Acesso em: XX maio 2025. 30 mar. 2024.

DELFANTI, Lavinia *et al.* Solar plants, environmental degradation and local socioeconomic contexts: a case study in a Mediterranean country. *Environmental Impact Assessment Review*, [s. l.], v. 61, p. 88-93, Nov. 2016. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0195925516301123>. Acesso em: 15 maio 2025.

DUBEY, Swapnil; JADHAV, Nilesh Y.; ZAKIROVA, Betka. Socio-economic and environmental impacts of silicon based photovoltaic (PV) technologies. *Energy Procedia*, v. 33, p. 322-334, 2013. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.egypro.2013.05.073>. Acesso em: 15 maio 2025.

FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO. *Índice Firjan de Desenvolvimento Municipal (IFDM) 2025*. Rio de Janeiro: Firjan, 2025. Disponível em: https://firjan.com.br/data/files/C5/A7/42/59/8DBA6910734FAA69D8284EA8/IFDM-Indice-Firjan-de-Desenvolvimento-Municipal-2025.pdf?_gl=1*1syipse*_gcl_au*MjExMzA2MDA5My4xNzYxODM4MTM3. Acesso em: 15 maio 2025.

HECKSHER, Carolina B. M. da C. Políticas públicas e usinas solares: indicadores socioeconômicos e percepção da população em municípios de Minas Gerais. *Revista Aracê*, São José dos Pinhais, v. 6, n. 4, p. 13835-13866, 2024. Disponível em: <https://periodicos.newsciencepubl.com/arace/article/view/2114/2581>. Acesso em: 16 out. 2025.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. *Brasil: panorama: municípios*. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil>. Acesso em: 30 abr. 2025a.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. *IBGE*. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/>. Acesso em: 20 mar. 2025b.

INSTITUTO DO MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS (BA). Portaria INEMA nº 11.292/2016. Define os documentos e estudos necessários para requerimento junto ao INEMA dos atos administrativos para regularidade ambiental de empreendimentos e atividades no Estado da Bahia, revoga a Portaria INEMA nº 8578/2014 e dá outras providências. *Diário Oficial do Estado*, Salvador, 13 fev. 2016. Disponível em: https://www.ba.gov.br/inema/sites/site-inema/files/migracao_2024/arquivos/wp-content/files/Portaria_INEMA_N-11292_Plantio_Compensatorio_e_Mudanas_ASV.pdf. Acesso em: 30 set. 2024.

INSTITUTO NACIONAL DE ESTUDOS E PESQUISAS EDUCACIONAIS ANÍSIO TEIXEIRA (Brasil). *IDEB: Bahia tem resultado estável nos anos iniciais do ensino fundamental*. Brasília, DF, 14 ago. 2024. Disponível em: <https://www.gov.br/mec/pt-br/assuntos/noticias/2024/agosto/ideb-bahia-tem-resultado-estavel-nos-anos-iniciais-do-ensino-fundamental>. Acesso em: 15 maio/2025.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (Brasil). *Dados de irradiação para o Estado da Bahia*. Disponível em: https://labren.ccst.inpe.br/atlas_2017_BA.html#modaTLAS. Acesso em: 25 abr. 2025.

MARQUES, Bárbara Cardoso. *O sol nasce para todos: salvaguardas socioambientais para financiamentos em energia solar*. 2024. 179 f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Gestão Social) – Escola de Administração, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2024. Disponível em: https://repositorio.ufba.br/bitstream/ri/40769/1/TCC_Barbara%20Cardoso%20Marques.pdf. Acesso em: 30 jul. 2025.

MELO, Gustavo de Andrade *et al.* Socioeconomic impacts of renewable energy plants through the lens of the triple bottom line. *Sustainability*, [s. l.], v. 17, n. 11, p. 1-21, 2025. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2071-1050/17/11/4864/pdf?version=1748568187>. Acesso em: 30 ago. 2025.

MONZONI, Mário. A fábula das externalidades. *Adiante*, [s. l.], n. 3, p. 48-51, mar. 2006. Disponível em: <https://periodicos.fgv.br/adiante/article/view/77176/73971>. Acesso em: 15 abr. 2024.

PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O DESENVOLVIMENTO. *O que é o IDHM*. Disponível em: <https://www.undp.org/pt/brazil/o-que-e-o-idhm>. Acesso em: 15 maio 2025.

SANTANA, Jailson Joaquim de. Socio-environmental challenges of installing solar power plants in the semi-arid region of Brazil. *Revista Brasileira de Gestão Ambiental e Sustentabilidade*, João Pessoa, v. 11, n. 27, p. 411-414, 2024. Acesso em: 15 out. 2025.

SILVA, Gardênio Diogo Pimentel da; CASTELO BRANCO, David Alves. A energia fotovoltaica flutuante é melhor que a convencional? Avaliando impactos ambientais. *Avaliação de Impacto e Apreciação de Projetos*, Rio de Janeiro, v. 36, n. 5, p. 390-400, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/14615517.2018.1477498>. Acesso em: 15 maio 2025.

SUPERINTENDÊNCIA DE ESTUDOS ECONÔMICOS E SOCIAIS DA BAHIA. *Panorama socioeconômico dos municípios*. Disponível em: <https://www.ba.gov.br/sei/panorama-socioeconomico-dos-municipios>. Acesso em: 15 maio 2025.

Resumo

A energia eólica apresenta muitas vantagens em comparação com outras fontes de energia utilizadas no Brasil, como a nuclear, a hidrelétrica e a termelétrica. Entre seus principais benefícios, estão os impactos ambientais relativamente baixos e a contribuição para a redução da emissão de gases poluentes na atmosfera. No entanto, pesquisas demonstram diversos impactos socioambientais provocados por empreendimentos eólicos sobre as populações que vivem nas áreas onde os parques são instalados. Assim, pretende-se analisar neste artigo os benefícios e as desvantagens da implantação dos projetos eólicos nas comunidades rurais do Alto Sertão da Bahia. Trata-se de um trabalho de cunho qualitativo baseado em pesquisa bibliográfica, observação *in loco*, registro fotográfico, entrevistas e reuniões com comunidades atingidas pelos empreendimentos. Conclui-se que a instalação desses parques produz impactos socioambientais e econômicos em diferentes escalas e gera situações conflitantes com as comunidades envolvidas.

Palavras-chave: fontes renováveis; benefícios; desvantagens; comunidades rurais.

Abstract

Wind energy has many advantages over other energy sources used in Brazil, such as nuclear, hydroelectric, and thermoelectric. Among its main benefits are relatively low environmental impacts and its contribution to reducing the emission of polluting gases into the atmosphere. However, research shows that wind farms have various socio-environmental impacts on the populations living in the areas where they are installed. This article therefore aims to analyze the benefits and disadvantages of implementing wind farm projects in rural communities in the Alto Sertão region of Bahia. This is a qualitative study based on bibliographic research, on-site observation, photographic records, interviews, and meetings with communities affected by the projects. We conclude that the installation of these farms produces socio-environmental and economic impacts on different scales and generates conflicts with the communities involved.

Keywords: renewable sources; benefits; disadvantages; rural communities.

A inserção da energia eólica no Alto Sertão da Bahia: impactos na dinâmica socioespacial

SOFIA REBOUÇAS NETA PEREIRA

Doutora e mestra em Geografia pela Universidade Federal da Bahia (UFBA), graduada em Geografia e em Pedagogia pela Universidade do Estado da Bahia (Uneb). Professora do Instituto Federal Baiano/Campus Guanambi.
<https://orcid.org/0000-0001-6170-0316>
sofia.pereira@ifbaiano.edu.br

ANTONIO ANGELO MARTINS DA FONSECA

Doutor em Geografia Humana pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), mestre em Arquitetura e Urbanismo e graduado em Geografia pela Universidade Federal da Bahia (UFBA). Professor do Departamento de Geografia e do Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal da Bahia.
<https://orcid.org/0000-0002-8369-0742>
antonio.fonseca@ufba.br

doi.org/10.56839/bd.v35i2.a18

NO BRASIL, a geração de energia elétrica a partir do uso do vento registrou um crescimento exponencial nos últimos anos. O aumento consistente dessa fonte permitiu que o país saísse de menos de 1 gigawatt (GW) em 2010 para 16 GW de capacidade instalada em energia eólica em 2024. Em 2001, o Ministério de Minas e Energia (MME), por meio do Centro de Pesquisas de Energia Elétrica (Cepel), publicou o Atlas do Potencial Eólico Brasileiro, com informações sobre o comportamento do vento em todo o país (Amarante *et al.*, 2001). Esse atlas estimou em 143 GW a potência tecnicamente aproveitável para torres com altura de 50 metros, valor que foi elevado para acima de 300 GW após novo mapeamento, que considerou torres acima de 100 metros (Neiva *et al.*, 2013). O Atlas apresentou as áreas privilegiadas, incluindo regiões serranas, o litoral do Nordeste, trechos específicos do Sul do Brasil e velocidades médias razoáveis em várias partes do país.

A participação da eólica na matriz elétrica brasileira é de 16,4% [...] fica atrás apenas das hidrelétricas, que são responsáveis por 48,3% da produção nacional

Essa expansão da fonte eólica foi desencadeada pela crise elétrica de 2001, resultante de baixos níveis hídricos nos reservatórios, o que acarretou cortes de energia e perdas econômicas. Em resposta, o governo implementou políticas de incentivo às fontes renováveis por meio de programas, leilões, redução de impostos de importação, licenciamento simplificado e financiamento via Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES), estabelecendo as condições para o impulso das renováveis no Brasil, especialmente a eólica.

De acordo com a Associação Brasileira de Energia Eólica (Abeeólica) (2025), a participação da eólica na matriz elétrica brasileira é de 16,4%, produzindo mais que a maioria das fontes: gás natural (9,1%), fotovoltaica (8,4%), biomassa (8,3%), petróleo (3,8%), PCH e CGH (3,2%), carvão (1,6%) e nuclear (0,9%). A energia eólica fica atrás apenas das hidrelétricas, que são responsáveis por 48,3% da produção nacional.

De acordo com a Abeeólica, há uma redução na emissão de gases poluentes de 28 milhões de toneladas/ano com o uso da energia proveniente da fonte eólica (Associação Brasileira de Energia Eólica, 2019). No entanto, por meio de estudos, trabalho de campo e pesquisas, foram detectados problemas oriundos da instalação e expansão dos parques, tais como: transformação da paisagem; falta de clareza dos estudos em relação às informações sociais e físicas dos lugares/regiões onde os equipamentos serão instalados; a grande 'flexibilidade' em relação às normas concernentes ao meio ambiente; poluição sonora e visual; morte e deslocamento de animais; erosão dos solos; falta de participação da sociedade nas decisões relacionadas à implantação dos parques; falta de critério no pagamento de *royalties* e aluguéis aos proprietários das terras e às comunidades (Araújo, 2014; Loureiro; Gorayeb; Brannstrom, 2017; Tolmasquim, 2016; Traldi, 2019).

Neste artigo pretende-se analisar os benefícios e as desvantagens da implantação dos projetos eólicos em áreas das comunidades rurais do Alto Sertão da Bahia¹. Trata-se de um trabalho de cunho qualitativo, baseado em pesquisa bibliográfica, observação *in loco*, registro fotográfico, entrevistas e reuniões com comunidades atingidas pelo empreendimento.

A implantação dos parques de energia eólica tem promovido crescimento econômico por meio da geração de empregos e do aumento da renda nos municípios envolvidos. As mudanças quantitativas são notórias e têm contribuído para a melhoria das condições de vida de algumas pessoas. Entende-se, no entanto, que o desenvolvimento ultrapassa a noção de

¹ O termo Alto Sertão possui uma alusão voltada mais para uma região imaginária que se inclina para evidenciar a paisagem, o espaço geográfico, as ações humanas e os fatores físicos do que propriamente os limites e fronteiras geográficas determinados por órgãos federais ou estaduais (Lima, 2016, p. 23).

crescimento orientado para o mercado, aquele que traz custos sociais e ambientais elevados. O desenvolvimento ideal precisa harmonizar objetivos sociais, ambientais, políticos e econômicos, visando à conservação da biodiversidade, ao respeito aos interesses das comunidades locais e à melhoria de suas condições de vida.

Este artigo está dividido em cinco partes, além da introdução e das considerações finais. Na primeira seção, discute-se o significado de desenvolvimento. Posteriormente, apresenta-se o método de pesquisa utilizado. Na sequência, é descrita a contextualização histórica, geográfica e socioeconômica dos espaços em estudo, seguida dos condicionantes espaciais e técnicos da energia eólica na Bahia. Por fim, são discutidos os benefícios e os desafios socioambientais da implantação dos parques de energia eólica para o Alto Sertão da Bahia.

COMPREENDENDO O DESENVOLVIMENTO

O desenvolvimento, para Souza (1996, p. 5), “pressupõe mudança, transformação – e uma transformação positiva, desejada ou desejável”, sendo que o crescimento econômico é condição indispensável para o desenvolvimento, mas não é condição suficiente. O crescimento da economia pela elevação da produção e da riqueza nem sempre beneficia a toda a população.

As oportunidades de avanço econômico não representam, necessariamente, distribuição de renda, riqueza e bem-estar para todos.

Neste trabalho, a ideia de desenvolvimento associado apenas ao crescimento econômico é suplantada pela perspectiva de desenvolvimento socioespacial, compreendido por Souza (2006, p. 105) como uma “transformação social para melhor, propiciadora de melhor qualidade de vida e maior justiça social”. O desenvolvimento socioespacial é compreendido como a transformação das relações sociais e do espaço social, conferindo maior importância a este último.

O espaço, como dimensão da sociedade, carrega consigo a transformação das relações sociais e do espaço social. As relações sociais que ocorrem por meio da economia, da política, da cultura e dos serviços, modelam o espaço e são por ele influenciadas. Já o espaço social é, ao mesmo tempo, um produto das relações sociais e um condicionador dessas mesmas relações. Assim, o desenvolvimento socioespacial é um processo que abarca a sociedade em suas múltiplas dimensões e relações.

Considera-se o desenvolvimento como um passo qualitativo, seguinte ao do crescimento econômico, que tem como meta o aprimoramento e a satisfação das necessidades humanas. É um processo multidimensional,

**Considera-se
o desenvolvi-
mento como
um passo
qualitativo,
seguinte ao do
crescimento
econômico,
que tem como
meta o apri-
moramento e a
satisfação das
necessidades
humanas**

[É um processo multidimensional] cujo objetivo é compreender o sentido das transformações geradas pelos parques eólicos recentemente implantados nos municípios de Caetité, Guanambi, Pindaí e Igaporã

incluente e amplo que transcende a dimensão econômica e engloba as dimensões social, ambiental, cultural, política, espacial e histórica. Por conseguinte, é em acordo com essa perspectiva que o desenvolvimento socioespacial será analisado nesta pesquisa, cujo objetivo é compreender o sentido das transformações geradas pelos parques eólicos recentemente implantados nos municípios de Caetité, Guanambi, Pindaí e Igaporã, bem como seus efeitos para o desenvolvimento socioespacial dos referidos municípios.

MÉTODO DE PESQUISA

A metodologia utilizada neste estudo baseou-se em análise de informações divulgadas em documentos, artigos, dissertações e notícias veiculadas em jornais locais que serviram de base para o levantamento das comunidades localizadas nos municípios onde se encontram os parques eólicos instalados ou em processo de implantação. A partir daí, a pesquisa qualitativa norteou a metodologia por meio de observações *in loco*, entrevistas semiestruturadas e grupos focais com moradores das comunidades atingidas pelos empreendimentos. Para tanto, foram realizados trabalhos de campo nas comunidades rurais dos municípios de Caetité, Guanambi, Igaporã e Pindaí. Nesses locais, foram escolhidos aleatoriamente alguns participantes da pesquisa, como proprietários rurais que tinham aerogeradores ou subestações instalados em suas propriedades, para responder a uma entrevista semiestruturada. Em seguida, foram selecionadas duas comunidades por município e realizadas reuniões focais com membros das respectivas associações comunitárias. O objetivo foi promover um encontro para que dialogassem e expusessem as experiências sobre os impactos positivos e negativos da implantação dos parques eólicos para as próprias comunidades, o município e a região.

Nesses trabalhos de campo, entre entrevistas e grupos focais, foram ouvidas um total de 140 pessoas das comunidades de João Barroca e Brejinho das Ametistas, em Caetité; de Cubículo e Cachoeira de Cima, em Pindaí; de Morrinhos e Barreiro dos Martins, em Guanambi; de Santana e Brejo do Tanque, em Igaporã. Dentre as informações coletadas estão aquelas relacionadas aos benefícios e impactos socioambientais dos parques eólicos.

CONTEXTUALIZAÇÃO HISTÓRICA, GEOGRÁFICA E SOCIOECONÔMICA DOS ESPAÇOS EM ESTUDO

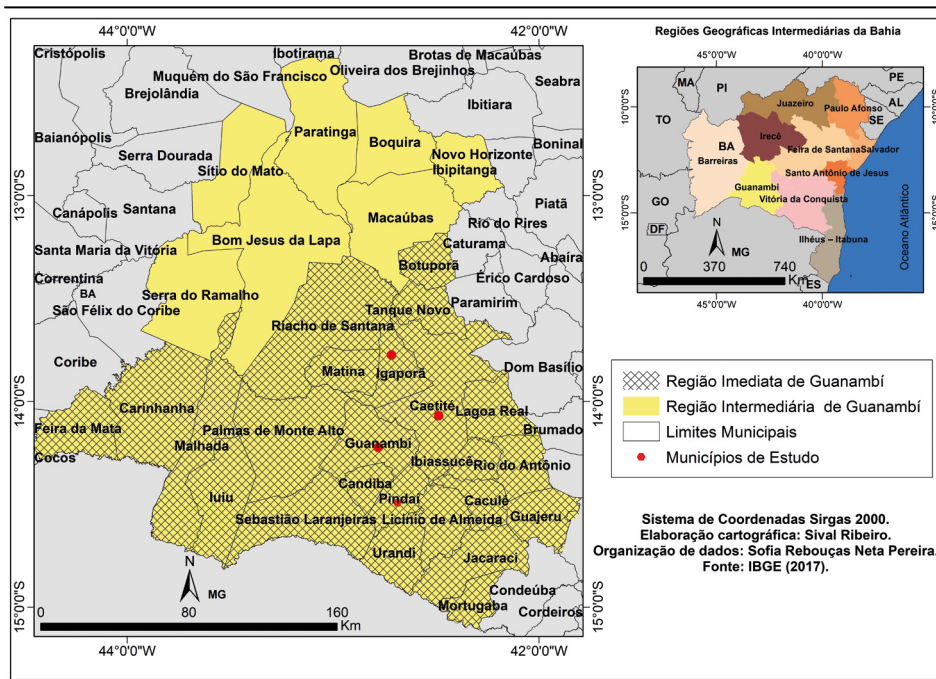
O estado da Bahia possui 417 municípios, distribuídos em 34 Regiões Geográficas Imediatas, as quais, por sua vez, estão agrupadas em dez Regiões Geográficas Intermediárias (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2017). Os municípios em estudo integram a Região Geográfica

Intermediária de Guanambi, composta por 31 municípios, agrupados em duas Regiões Geográficas Imediatas: Guanambi, com 24 municípios, e a de Bom Jesus da Lapa, com sete municípios.

As Regiões Geográficas Intermediárias organizam o território, articulando as Regiões Geográficas Imediatas por meio de um polo de hierarquia superior diferenciado a partir dos fluxos de gestão privado e público e da existência de funções urbanas de maior complexidade. No Mapa 1 estão localizados os municípios de Caetité, Guanambi, Igaporã e Pindaí, onde se encontram empreendimentos eólicos com implicações multidimensionais para a sociedade local. Eles integram a Região Geográfica Imediata de Guanambi.

Mapa 1

Divisão regional em Regiões Geográficas Intermediárias e Imediatas da Bahia



Fonte: IBGE (2017).

Caetité constitui um dos povoados mais antigos do Alto Sertão da Bahia. Teve sua povoação iniciada no começo do século XVIII, quando as bandeiras que iam para as minas de Rio de Contas e Monte Alto passavam por essas terras e paravam para abastecimento e descanso. Segundo a Enciclopédia dos Municípios Brasileiros (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 1958), o arraial foi elevado à categoria de vila em 1810, e, no mesmo ano, foi criado o município desmembrado do de Jacobina. No século XIX, a cidade exerceu um forte poder político, com a instituição do coronelismo, que defendia a Constituição e o Império. Caetité deu origem a vários municípios na região, entre eles, Caculé, Igaporã e Lagoa Real. Atualmente, o município é constituído por cinco distritos: Caetité, Brejinho das Ametistas, Caldeiras, Maniaçu e Pajeú do Vento.

**A primeira
expansão
urbana da
cidade de
Guanambi
ocorreu em
1973, período
em que o desen-
volvimento
da cultura
algodoeira no
município e
região levou a
um incremento
na população
e na economia
local**

Atualmente, além de atividades tradicionais, como a agricultura e a pecuária, há o comércio, os serviços, a mineração de urânio pelas Indústrias Nucleares do Brasil (INB), a exploração de ferro realizada pela Bahia Mineração (Bamin) e a produção de energia a partir dos ventos. Essas últimas atividades têm dinamizado a economia local e proporcionado maior expansão urbana.

A ocupação das terras de Guanambi teve início no último quartel do século XIX, às margens do Rio Carnaíba de Dentro, local onde os tropeiros paravam para descansar e comercializar seus produtos. A população que se concentrou no local formou uma freguesia que cresceu gradativamente, dando origem, em 1880, ao Distrito de Paz de Beija-Flor, pertencente ao município de Monte Alto, do qual foi desmembrado em 1919. A atividade econômica principal de Guanambi, em 1950, era a agricultura, sendo o município um dos maiores produtores de algodão do estado, além dos cultivos de arroz, milho, feijão, melancia, batata-doce, abóbora, banana, coco-da-baía e outras culturas. No tocante à indústria, destacava-se a de beneficiamento do algodão com várias usinas instaladas na cidade, além da de produtos alimentícios. Quanto à pecuária, o rebanho mais numeroso era o de bovinos (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 1958).

A primeira expansão urbana da cidade de Guanambi ocorreu em 1973, período em que o desenvolvimento da cultura algodoeira no município e região levou a um incremento na população e na economia local. Guanambi canalizou para si a maior parte dos investimentos feitos nos setores vinculados à produção do algodão na época (casas comerciais, unidades bancárias, indústrias de beneficiamento e outros). Com o declínio da cultura algodoeira no início dos anos 1990, o município vivenciou um período de crise e recessão (Santos, 2004).

Os primeiros anos do século XXI marcaram uma nova etapa para o município de Guanambi. A implantação de uma maior variedade de pontos comerciais e a oferta de serviços mais especializados nas áreas de saúde e educação contribuíram para que houvesse uma ampliação do alcance espacial da cidade. Esse foi o período em que Guanambi se destacou como uma cidade de maior influência em escala regional, havendo a ampliação da sua centralidade. Os parques de energia eólica também contribuíram para as articulações regionais, ampliando postos de comércio e serviços e impulsionando a economia local.

O município de Igaporã surgiu da emancipação política do município de Caetité em 1960. A sua origem remonta à construção da Casa de Pedra da Fazenda Santo Antônio, criada pelo fidalgo Bernardo de Brito e seus familiares no século XIX. A povoação local foi elevada à categoria de vila em 1884 com a denominação de Bonito, e, em 1944, tornou-se distrito, passando a se chamar Igaporã (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 1958). A sua economia fundamenta-se basicamente nas produções agrícola e pastoril.

O município de Pindaí, desmembrado de Urandi em 1962, teve sua origem territorial a partir de uma divisão de Caetité, que, em 1889, criou o município de Vila Bela das Umburanas, com sede no povoado de Umburanas. Em 1918, a sede municipal foi transferida para o distrito de Duas Barras, mudando-se o nome do município para Urandi. Em 1958, Urandi era constituído por quatro distritos: o da sede, o de Guirapá (ex-Umburanas), o de Tauape (ex-Piedade) e o de Pindaí (ex-Gameleira) (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 1958). Com a emancipação, Pindaí ficou com dois distritos, o distrito-sede e Guirapá; este último uma vila em franco desenvolvimento, impulsionada pela instalação de muitos parques eólicos. O município possui economia baseada na agricultura, com destaque para a produção do algodão.

Guanambi, por ser o maior núcleo urbano e oferecer maior variedade de comércios e serviços que atendem à população do entorno, consegue atrair mais investimentos associados aos novos projetos implantados nos municípios analisados. A Tabela 1 demonstra o aumento do número de habitantes nessas localidades.

Tabela 1

Evolução da população total – Caetité, Guanambi, Igaporã e Pindaí – 1970-2022

Municípios	Anos					
	1970	1980	1991	2000	2010	2022
Caetité	40.200	45.318	40.380	45.090	47.515	52.012
Guanambi	31.174	45.526	65.592	71.728	78.833	87.817
Igaporã	10.310	11.693	13.952	14.557	15.194	15.527
Pindaí	12.839	13.117	16.575	15.494	15.629	14.713

Fonte: IBGE (2019, 2025a, 2025b, 2025d, 2025e).

Conforme dados da Tabela 1, entre 1970 e 1980 ocorreu um grande aumento na população de Guanambi (3,9%); Caetité cresceu 1,2%; Igaporã, 1,3%; e Pindaí, 0,2%. Entre 1980 e 1991, verificou-se um decréscimo na taxa geométrica de crescimento anual de Caetité (-1,1%) devido à emancipação política do município de Lagoa Real. Nesse decênio, as maiores taxas de crescimento ocorreram em Guanambi, 3,7%; seguidas por Pindaí e Igaporã, respectivamente, com 2,4% e 1,8%. Entre 1991 e 2000, o crescimento demográfico anual do município de Guanambi diminuiu sensivelmente, ficando em 0,9%, em decorrência da crise que atingiu a produção algodoeira do município. Caetité apresentou o maior crescimento do período, com 1,1%; Igaporã, 0,4%; e Pindaí, -0,7%. No período de 2000 a 2010, o crescimento demográfico de Guanambi ficou em 0,9%; Caetité, 0,5%; Igaporã, 0,4%; e Pindaí, 0,1%. A população urbana de Guanambi atingiu 62.534 habitantes (79%); a de Caetité, 28.456 (59%); a de Igaporã, 7.860 (51 %); e a de Pindaí, 4.319 (27%).

O incremento da população total dos municípios continuou na década seguinte, exceto para Pindaí, que apresentou redução nesse indicador. Assim, em 2022, a população de Guanambi atingiu 87.817; a de Caetité, 52.012; a de Igaporã, 15.527; e a de Pindaí, 14.713.

As cidades de Guanambi e Caetité, distantes aproximadamente 40 km uma da outra e consideradas os maiores centros de serviços e produtos do comércio regional, foram os núcleos urbanos que atraíram maiores investimentos associados aos empreendimentos eólicos por meio da implantação de escritórios das empresas de consultoria do ramo, investidoras e montadoras dos parques eólicos, condomínios residenciais e industriais, postos de combustíveis, restaurantes, hotéis, bares, lojas de eletrônicos, perfumaria, instituições de educação a distância, loteamentos residenciais e outros. Em consequência disso, atraíram maior contingente populacional.

No tocante ao Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM), calculado pela média simples de três subíndices, referentes às dimensões de Longevidade (IDH-L), Educação (IDH-E) e Renda (IDH-R), o Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento mostra que, entre 1991 e 2010, houve elevação do IDH em todos os municípios em estudo (Tabela 2) (Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento; Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada; Fundação João Pinheiro, 2019). O IDH de Guanambi manteve-se, desde 1991, o mais alto entre os municípios de sua região de influência. Os dados 91 indicam que todos os municípios investigados estavam com IDH muito baixo. Em 2000, apenas Guanambi saltou para uma classificação de IDHM baixo. Já em 2010, todos alcançaram o nível médio em relação ao IDH.

Tabela 2

IDHM, população vulnerável à pobreza e Índice de Gini – Caetité, Guanambi, Igaporã e Pindaí – 1991/2000/2010

Municípios	IDHM			(%) População vulnerável à pobreza			Índice de Gini (2003)		
	1991	2000	2010	1991	2000	2010	1991	2000	2010
Caetité	0,331	0,454	0,625	90,27	82,07	56,26	0,63	0,66	0,59
Guanambi	0,413	0,548	0,673	81,77	72,00	44,59	0,62	0,64	0,55
Igaporã	0,345	0,468	0,614	96,51	85,63	63,10	0,56	0,63	0,50
Pindaí	0,321	0,447	0,603	91,57	82,91	59,58	0,58	0,54	0,45

Fonte: Censo Demográfico (2011) e PNUD, IPEA e FJP (2013).

Nota: classificação do IDH – muito baixo (0,000-0,499); baixo (0,500-0,599); médio (0,600-0,699); alto (0,700-0,799); muito alto (0,800-1,000).

A dimensão cujo índice mais cresceu em todos os municípios analisados foi a educação, mas ainda é a que apresenta os menores indicadores, abaixo de 0,600. A dimensão longevidade dessas mesmas localidades é a que registra os índices mais elevados, acima de 0,700, classificado como alto.

**Os contrastes
apresentados
pelos
municípios
analisados
ocultam
práticas
socialmente
injustas,
perpetuadas
ao longo dos
anos pela elite
que controla
o poder e a
renda na Região
Nordeste**

Quando se analisa o IDHM gerador de energia eólica no Brasil, constata-se que a maioria deles se encontra entre 0,500 e 0,600 e se localizam nos estados do Rio Grande do Norte, Bahia, Pernambuco e Piauí. Os indicadores da Região Nordeste são inferiores aos da Região Sul do Brasil. No Rio Grande do Sul, todos os dez municípios geradores de energia eólica possuem IDHM acima de 0,700; Santa Catarina possui dois municípios acima de 0,700 e dois acima de 0,600; no Paraná, o único município gerador de energia eólica registra IDHM acima de 0,600, mesma situação observada no Rio de Janeiro. Entre os estados nordestinos, o Ceará apresenta os melhores indicadores: todos os seus municípios estão com o IDHM acima de 0,600, sendo que Fortaleza está acima de 0,700.

Torna-se essencial acrescentar que a evolução dos indicadores apresentados é resultado de um conjunto de fatores, dentre os quais se destacam: as políticas de transferência de renda, como o Programa Bolsa Família e o Benefício de Prestação Continuada; os investimentos em educação, com destaque para a criação dos institutos federais e a expansão do ensino superior; o aumento da oferta dos serviços de saúde, além dos investimentos produtivos financiados pelo governo federal, a exemplo dos parques eólicos, dentre outros.

Os contrastes apresentados pelos municípios analisados ocultam práticas socialmente injustas, perpetuadas ao longo dos anos pela elite que controla o poder e a renda na Região Nordeste. Tais práticas, no entanto, têm sido desvendadas a cada dia. Conforme Furtado (1981), se o crescimento econômico não vier acompanhado de mudanças nas condições de vida da população e no atendimento às suas necessidades instrumentais e substantivas, com respeito ao meio ambiente e às comunidades tradicionais, ele não expressa o desenvolvimento real, somente mascara a realidade socioespacial e atende aos interesses hegemônicos.

CONDICIONANTES ESPACIAIS E TÉCNICOS DA ENERGIA EÓLICA NA BAHIA

Diferentemente dos demais estados do Nordeste que têm maior incidência de ventos no litoral, a Bahia tem seu potencial eólico concentrado no interior, ao lado da margem direita do Rio São Francisco, desde a Serra do Espinhaço até Juazeiro, atravessando a Chapada Diamantina e o Vale do São Francisco. Favorecidos pela pouca nebulosidade e pelo sistema de alta pressão atmosférica que se desloca em direção ao Nordeste, os ventos que aí circulam são de ótima qualidade para a geração eólica.

A região semiárida do estado apresenta uma combinação extraordinária de fatores para o desenvolvimento da energia eólica: terras altas, de baixa produtividade agrícola (e, portanto, menor valor agrário), boa altitude

e correntes de vento constantes, a 9/m por segundo, índice que só se encontra no Brasil em áreas à beira-mar, que possuem o inconveniente da salinidade (o que eleva os custos de manutenção), a desvantagem do alto preço das terras, além da poluição visual (Serra [...], 2016).

A Tabela 3 mostra a concentração de parques eólicos na Região Nordeste do país e identifica os estados que se destacam nessa produção energética: Bahia, Rio Grande do Norte, Piauí e Ceará, sendo que a Bahia lidera, com maior capacidade instalada e quantidade de parques em operação (Associação Brasileira de Energia Eólica, 2025).

Tabela 3

Capacidade instalada e número de parques em operação – Brasil – 2025

UF	Potência (mg)	Parques	Aerogeradores
BA	11.024,30	360	3.529
RN	10.163,50	308	3.446
PI	4.415,30	126	1.392
CE	2.604,30	99	1.146
RS	2.138,30	83	904
PE	1.264,50	45	510
PB	1.108,20	42	342
MA	426,00	15	172
SC	242,70	15	174
SE	34,50	1	23
RJ	28,10	1	17
PR	2,50	1	5
TT	33.452,20	1.096	11.660

Fonte: Abeeólica (2025).

Informações obtidas por meio da pesquisa de campo revelaram que os primeiros municípios a receberem os parques eólicos na região historicamente conhecida como Alto Sertão da Bahia, foram Caetité, Guanambi, Igaporã e Pindaí, por meio das empresas Renova Energia, Iberdrola/Neoenergia, Enel Green Power, BWGuirapá (Brasil Wind e Santander), Eólicas Caetité (Rio Energy) e Gepexpan/Chesf (antiga Sequóia). Essas empresas venceram os seguintes leilões realizados entre 2009 e 2013: LER 2009 (Alto Sertão I), LER 2010 e LER 2011 (Alto Sertão II), LER 2013 (Alto Sertão III), LER 2011 (BW Guirapá), LER 2013 (Gpexpan), LFA-2010 (Iberdrola/Neoenergia), LER 2013 (Rio Energy).

Considerando todos os parques eólicos em operação, em construção e outorgados, quem recebeu o maior número de empreendimentos foi Caetité, seguido por Igaporã, Pindaí e Guanambi. A Tabela 4 apresenta essas informações de forma sistematizada.

Tabela 4

Número e potência dos parques eólicos em operação, construção e outorgados – Caetité, Guanambi, Igaporã e Pindaí – 2019

Município	Nº de parques em operação	Potência (MW)	Nº de parques em construção	Potência (MW)	Nº de parques outorgados	Potência (MW)
Caetité	21	540.590	11	189.000	4	47.700
Guanambi	8	167.840	-	-	1	13.500
Igaporã	9	204.320	11	167.700	11	167.100
Pindaí	7	138.750	11	110.000	1	18.900
Total	44	1.051.500	33	466.700	17	247.200

Fonte: ANEEL (2019).

São 44 parques eólicos em operação nos municípios de Caetité, Guanambi, Igaporã e Pindaí, com capacidade de geração de 1.051.500 MW. Há também 33 parques em construção, com possibilidade para acrescentar 466.700 MW à produção do estado, e ainda 17 parques outorgados, com previsão de geração de 247.200 MW de potência quando implantados (Agência Nacional de Energia Elétrica, 2019).

De acordo com a Renova Energia³, os aerogeradores instalados possuem, em média, 80 metros de altura, feitos de aço e com desempenho acima do esperado para os referidos municípios.

A empresa que venceu o maior número de leilões para implantação de energia eólica nessas localidades foi a Renova Energia, empresa controlada pela Companhia Energética Minas Gerais S.A. (Cemig) e pela Light S.A. A Renova foi responsável pela implantação de dois grandes projetos eólicos, o Alto Sertão I, composto por 14 parques eólicos e 184 aerogeradores, com potência instalada de 293,6 MW, e o Alto Sertão II, composto por 15 parques eólicos e 230 aerogeradores, com capacidade instalada de 386,1 MW. Entretanto, o seu maior projeto eólico, o Alto Sertão III, que previa a instalação de 400 MW de potência, com a implantação de 155 aerogeradores, encontra-se com as obras paralisadas desde 2016. A empresa Renova Energia vendeu os complexos eólicos Alto Sertão I e II, respectivamente, para a empresa canadense Brookfield Renewable e para a empresa americana AES Tietê, que atua no Brasil desde 1997.

Outras empresas⁴ também instalaram parques eólicos nos municípios analisados: a espanhola Iberdrola adquiriu parques da Neoenergia e, entre eles, três parques eólicos da Força Eólica: Caetité 1, 2 e 3, com 15

³ Informações obtidas por meio de entrevistas com funcionários da empresa Renova Energia em Caetité-BA.

⁴ As informações foram obtidas por meio de entrevistas com funcionários dessas empresas, bem como através dos sites da ANEEL e da EPE, que disponibilizaram, em 2018, a lista dos parques instalados, incluindo sua localização e potência.

aerogeradores cada um, num total de 90 MW de potência, em operação desde 2013. A Enel Green Power, por sua vez, possui dois parques eólicos em Igaporã: Emiliana (28,2 MW) e Joana (28,2 MW), negociados no mercado livre. Já a Rio Energy (Eólicas Caetité) possui três parques eólicos com 32 aerogeradores: Caetité A (23,8 MW), Caetité B (22,1 MW) e Caetité C (8,5 MW).

No município de Pindaí, ao redor de uma de suas vilas, Guirapá, a 18 km da sede, estão instalados 18 parques eólicos, sete da BW Guirapá, com 92 aerogeradores, em operação desde 2016 (adquirida pela Engebasa em 2017), com potência instalada de 170,2 MW. Os outros 11 parques pertencem à Gepexpan/Chesf, e, após várias interrupções, têm previsão de conclusão para o final de 2019⁵.

OS BENEFÍCIOS E DESAFIOS SOCIOAMBIENTAIS DA ENERGIA EÓLICA

Foi no contexto da implantação de um grande empreendimento, voltado à exploração de um recurso considerado abundante e infinito, que os moradores dos municípios estudados tiveram seu ambiente e seu modo de vida profundamente alterados. Benefícios e lucros foram gerados para alguns, mas, para outros tantos, restou a parte negativa do progresso e do crescimento econômico. Mudanças significativas ocorreram nesses territórios, desde o aumento das receitas dos municípios, até transformações ambientais e sociais, que ocorreram não apenas nos locais de instalação das torres, mas em toda a área de influência do empreendimento.

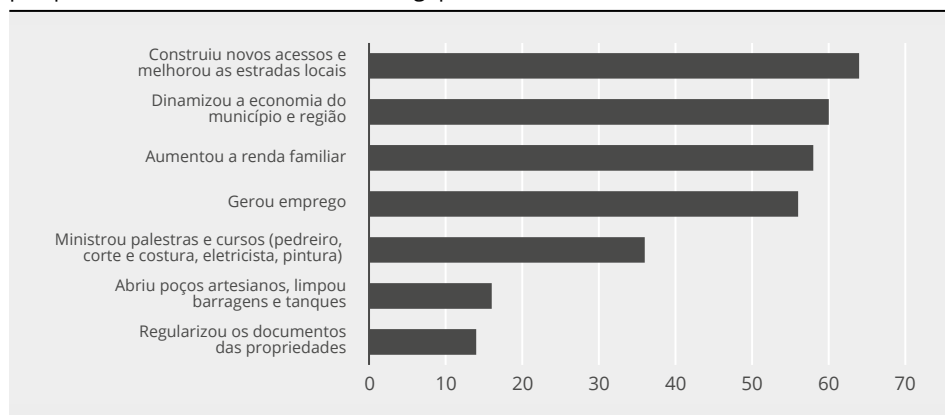
Os principais benefícios e impactos que os parques eólicos trouxeram para as comunidades locais, conforme os resultados da pesquisa, estão sistematizados nos gráficos 1 e 2.

Benefícios e lucros foram gerados para alguns, mas, para outros tantos, restou a parte negativa do progresso e do crescimento econômico

5 As informações foram obtidas por meio de entrevistas com funcionários dessas empresas, bem como através dos sites da ANEEL e da EPE, que disponibilizam, em 2018, a lista dos parques instalados, incluindo sua localização e potência.

Gráfico 1

Principais vantagens apontadas pelas comunidades rurais sobre a implantação dos parques eólicos – Caetité, Guanambi, Igaporã e Pindaí – 2018

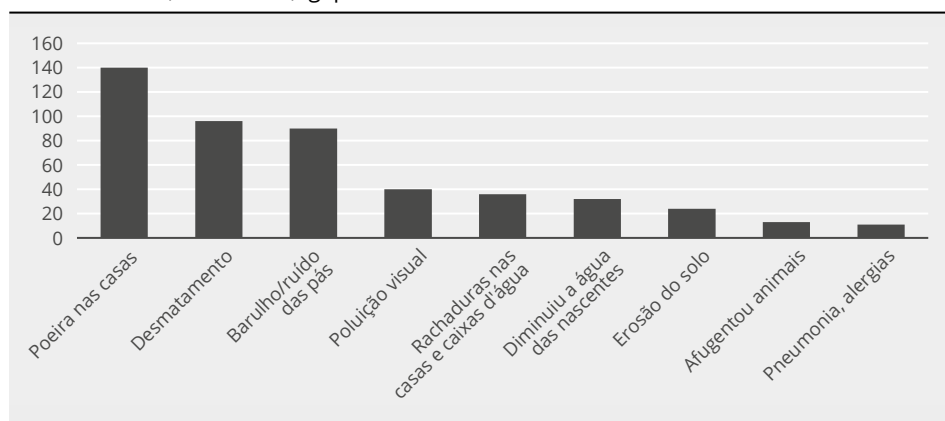


Fonte: elaboração própria.

Nota: informações obtidas em trabalho de campo (2019).

Gráfico 2

Principais impactos gerados pelos empreendimentos eólicos nas comunidades rurais – Caetité, Guanambi, Igaporã e Pindaí – 2018



Fonte: elaboração própria.

Nota: informações obtidas em trabalho de campo (2019).

A maior vantagem da implantação dos parques eólicos, apontada pelos proprietários rurais dos municípios em estudo, foi a abertura de estradas de acesso às propriedades, a qualidade e a manutenção constante dessas vias no período de implantação dos parques. Isso facilitou o deslocamento de grandes máquinas e das peças para a instalação dos parques eólicos, promovendo também o escoamento da produção e a circulação da população local. No entanto, esse novo cenário apresentou desvantagens, como o desmatamento do topo de morros e serras, gerando erosão, assoreamento, compactação e lixiviação, o que contribuiu para aumentar os ventos e diminuir as chuvas.

Outros inconvenientes identificados pelas comunidades rurais foram o aumento da poeira nas casas; a poluição sonora contínua, provocada pelo barulho na fase de construção e pelos ruídos na fase de operação; além

da poluição visual, que descaracterizou a paisagem natural. Também foram apontados problemas como o impacto da circulação de grandes máquinas e da detonação de pedras, entre outros, com danos à estrutura de casas e caixas d'água, o que causou transtorno a muitos moradores, que não foram recompensados pelos prejuízos. Nesse aspecto, as mudanças que ocorreram indicam retrocesso, uma espécie de antidesenvolvimento socioespacial, na medida em que as ações de uso do espaço não foram condizentes com as formas de vida das comunidades.

Uma vantagem destacada foi a diversificação da oferta de produtos e serviços no comércio regional, que estimulou o setor imobiliário e a construção civil, principalmente nos municípios com maior número de habitantes, como Guanambi e Caetité. Mas, entre as desvantagens, destacam-se a atração de imigrantes sem qualificação profissional e que não foram absorvidos pelo mercado de trabalho urbano, a forte especulação imobiliária e o aumento do custo de vida.

O aumento da renda dos proprietários rurais, proveniente dos contratos de arrendamento, é outra vantagem apontada pelas comunidades rurais. Entretanto, os contratos de arrendamento para implantação de energia eólica têm gerado conflitos, pois são elaborados pelas empresas para atender a seus próprios interesses, com cláusulas consideradas abusivas e que inviabilizam o questionamento jurídico de determinados termos por parte dos proprietários dos terrenos. Um dos pontos controversos é a cláusula de vigência que estipula, em média, de 25 a 35 anos de arrendamento, renováveis automaticamente pela empresa por igual período sem a necessidade de anuência por parte do proprietário. Juntam-se a isso as multas, estipuladas unilateralmente pelas empresas de parques eólicos, caso o proprietário desista do negócio. No entanto, se a desistência for da empresa, esta não paga nada e deve apenas comunicar sua decisão ao proprietário com 30 dias de antecedência.

As empresas que atuam nos municípios de Caetité, Guanambi, Pindaí e Igaporã utilizam o mesmo padrão de contrato e pagam em torno de US\$ 1.353,00⁶ ao ano por turbina (valor em 2018), corrigidos anualmente pelo Índice Geral de Preços ao Consumidor (IGPM). Considerando o potencial de cada torre (1,6 MW/hora), em um único dia de operação, ela gera US\$ 788,00. Praticamente em dois dias de funcionamento, paga-se o valor de um ano de arrendamento ao proprietário da terra.

O modelo de exploração da energia eólica é propício às empresas, que concentram os benefícios econômicos e limitam os benefícios para as comunidades locais, uma vez que é escassa a informação sobre o tema e não existe consulta prévia ou qualquer tipo de orientação e assessoria

Um dos pontos controversos é a cláusula de vigência que estipula, em média, de 25 a 35 anos de arrendamento, renováveis automaticamente pela empresa por igual período sem a necessidade de anuência por parte do proprietário

6 Cotação do Dólar em 15/06/2020 (US\$ 1 = R\$ 5,170).

**Após a fase de
implantação
há um
'esvaziamento
espacial' porque
as vagas de
emprego são
reduzidas
drasticamente,
restando
poucos
funcionários
qualificados
para o processo
de manutenção
e operação das
máquinas**

à população. Dessa forma, pode-se afirmar que as empresas de energia eólica reproduzem o modelo desigual de distribuição de renda da sociedade, pois o lucro e a riqueza são exclusivos delas. Ou seja, as vantagens vão para as empresas, enquanto as desvantagens ficam com as comunidades rurais.

Além disso, a chegada das empresas de energia eólica aumentou a demanda por terra e acirrou a disputa territorial entre possíveis herdeiros, por áreas com potencial para geração de energia elétrica a partir de fonte eólica. Há famílias que não conseguem chegar a um acordo quanto à divisão da propriedade porque cada parte considera que a outra será mais beneficiada, enquanto outras disputam valores recebidos ou a receber.

A geração de empregos é uma das vantagens do processo de implantação do empreendimento eólico e da instalação das fábricas que produzem os equipamentos eólicos. Durante a implantação, a grande demanda por mão de obra qualificada – que, em geral, não se encontra nos municípios onde os parques são implantados – resulta na contratação de pessoas de outras localidades e de outros estados da Federação. As vagas que exigem pouca qualificação profissional ficam destinadas à população local e regional e, mesmo assim, atraem trabalhadores de outras partes do semiárido baiano devido à escassez de oportunidades de trabalho. São empregos temporários, que duram, em média, dois anos, tempo de instalação dos parques eólicos, informação confirmada por Simas (2012).

Nos municípios com menor número de habitantes, a contratação de trabalhadores é intermediada pela prefeitura e costuma ser influenciada por apoio político. Assim, a comunidade mais impactada pelo empreendimento, muitas vezes, não é a que fica com os empregos gerados ou com os benefícios do projeto. Vale lembrar que a demanda por trabalho é sempre maior do que a oferta de vagas e isso gera inúmeros descontentamentos.

Após a fase de implantação há um 'esvaziamento espacial' porque as vagas de emprego são reduzidas drasticamente, restando poucos funcionários qualificados para o processo de manutenção e operação das máquinas. Esses profissionais, mantidos pelo fabricante das peças, em geral estão estabelecidos em outros países. A infraestrutura que gera empregos indiretos em funções acessórias à implantação dos parques, como restaurantes, hotéis, postos de combustíveis, escritórios imobiliários, postos de serviços das empresas, canteiros de obras, pátios de estacionamento de equipamentos e almoxarifados de diversas empresas, também só se mantém, em sua maioria, na fase de implantação dos parques. Após a finalização das obras, permanecem no território diversos

efeitos sociais negativos: desemprego, aumento do uso do álcool e de demais drogas, prostituição, gravidez precoce.

Outras contribuições mencionadas referem-se ao cumprimento de algumas condicionantes do empreendimento: as empresas desenvolvem cursos para qualificar as pessoas das comunidades, como os de pedreiro e eletricista para homens, e os de corte e costura e pintura para mulheres, além de palestras sobre doenças sexualmente transmissíveis e sobre preservação ambiental para as comunidades rurais dos municípios. Essas iniciativas trouxeram benefícios para as comunidades, mas a falta de cursos voltados para as funções requeridas nas empresas ainda é uma das reclamações recorrentes. Além disso, não há incentivo e ou assistência técnica ao pequeno produtor no sentido de oferecer cursos de extensão rural, estímulo à inserção de seus produtos no mercado ou formas de agregar valor à produção desses fornecedores.

Em virtude do clima semiárido, as comunidades rurais são muito dependentes dos poços artesanais e dos reservatórios de água para várias atividades. Dessa forma, a abertura dos poços e a limpeza das barragens e tanques realizados pelas empresas nas comunidades são consideradas muito importantes para essas comunidades, que sentem a falta d'água no dia a dia. Entretanto, no processo de implantação dos parques eólicos, costumam ser gastas enormes quantidades de água, o que acaba provocando o esgotamento das aguadas e de muitos poços em diferentes localidades onde essas empresas atuam.

No tocante à fauna, o maior impacto verificado nessa região do semiárido baiano relaciona-se à morte de morcegos, um disseminador de espécies vegetais, que, na maioria das vezes, morre em decorrência do rompimento do tímpano provocado pela turbulência do aerogerador. Por fim, são apontadas pelas comunidades rurais as doenças decorrentes do processo de instalação dos parques eólicos, especialmente aquelas provocadas pela poeira, como alergias e pneumonia. Foram identificados também casos de depressão associados ao barulho dos aerogeradores.

Outro impacto refere-se aos melhores pontos para a instalação dos aerogeradores, definidos após os estudos de viabilidade técnica e econômica do projeto. Caso a localização do aerogerador fique a uma distância de até 300 metros da residência dos proprietários, estes são reassentados pela empresa que arrendou a terra. Em Pindaí, por exemplo, houve necessidade de reassentar várias famílias em terrenos próximos adquiridos pela empresa, ou em outras áreas dentro da própria propriedade do arrendante, provocando descontentamentos entre moradores antigos, que nutriam sentimento de pertencimento ao lugar. Conforme Tolmasquim (2016), é um processo que “desestabiliza vínculos identitários” dos moradores.

São apontadas pelas comunidades rurais as doenças decorrentes do processo de instalação dos parques eólicos, especialmente aquelas provocadas pela poeira, como alergias e pneumonia. Foram identificados também casos de depressão associados ao barulho dos aerogeradores

Os reassentamentos foram realizados em todos os municípios estudados, mas em Pindaí, onde as propriedades arrendadas são, em sua maioria, pequenas, foram mais frequentes. De acordo com a BW Guirapá, “com a implantação do parque eólico em Pindaí, foram reassentadas 11 famílias, 61 tiveram suas casas forradas, foram construídos 29 km de estradas, foram empregados 507 trabalhadores e 207 famílias estão sendo monitoradas” (Informativo Bw Guirapá, 2014).

A Figura 1 mostra as casas demolidas na Comunidade Cubículo pela empresa Gepexpan, que instalou nessa localidade vários aerogeradores. Os moradores dessas residências foram realocados para uma propriedade que a empresa comprou na Comunidade Lagoinha, nas proximidades do empreendimento (Figura 2). Foi destinado um hectare para cada casa, todas construídas a partir do mesmo modelo; cada uma com duas caixas d’água ao fundo, como as antigas possuíam, além de água encanada, apesar de os moradores afirmarem que, nessas casas, não chega a água encanada como chegava nas que foram demolidas.

Apesar de ser uma casa nova, houve afastamento dos vizinhos com os quais esses moradores conviviam há bastante tempo, dificultando, assim, a adaptação ao novo espaço, pois passaram a sentir falta da casa antiga. Alguns moradores foram acometidos por problemas emocionais, como ansiedade e depressão, e tiveram que passar por tratamento especializado. As empresas forneceram acompanhamento psicológico durante um período aproximado de dois anos. Muitos reclamam que tiveram que procurar ajuda por conta própria.

Figura 1

Casas demolidas na Comunidade Cubículo no município de Pindaí (BA) para implantação de aerogeradores na localidade



Fonte: Sofia Rebouças Neta Pereira (2019).

Figura 2

Casas construídas para reassentar as pessoas que moravam próximas aos pontos com elevado potencial eólico, para instalação dos aerogeradores



Fonte: Sofia Rebouças Neta Pereira (2019).

Outro benefício trazido pelas empresas de energia eólica para os proprietários rurais foi a regularização dos documentos da propriedade. Essa regularização é exigida para a habilitação dos projetos nos certames. Foi constatado que a maioria dos proprietários da região só contava com um comprovante de compra ou não possuía qualquer documento que comprovasse a posse, mesmo habitando a área por décadas, num processo de transferência de pais para filhos. Assim, as empresas de energia eólica regularizaram as pendências com os imóveis rurais, arcando com todos os custos decorrentes desse processo, o que favoreceu muitos pequenos proprietários da região, que não dispunham de recursos para tal. No entanto, a chegada dos parques eólicos aumentou a demanda por terras, a grilagem e a apropriação de áreas utilizadas para a subsistência de comunidades tradicionais.

A energia eólica é reconhecida como sinônimo de desenvolvimento sustentável, interpretação que possui abrangência internacional. No entanto, ao se considerarem os aspectos socioeconômicos, ambientais e culturais dos locais onde esses parques foram implantados, pode-se perceber que essa fonte energética não atende a boa parte dos preceitos de sustentabilidade, beneficiando uma minoria envolvida e interessada na implantação do empreendimento.

Os municípios mais estruturados economicamente foram os mais beneficiados, tanto por disponibilizarem uma maior variedade de comércio e serviços, quanto por aproveitarem as oportunidades surgidas pela chegada das empresas, o que dinamizou outros setores da economia. Guanambi, por exemplo, por possuir maior número de trabalhadores qualificados em relação aos municípios do entorno, além de uma ampla rede de comércio e serviços – restaurantes, casas de materiais de construção, postos de gasolina, hotéis, apartamentos e casas disponíveis para aluguéis, hospitais, clínicas, laboratórios, entre outros, para atender

Conclui-se que a instalação e a operação dos empreendimentos eólicos produzem impactos socioambientais e econômicos em diferentes escalas e geram situações conflitantes nas comunidades e localidades envolvidas

à demanda tanto dos funcionários quanto das empresas eólicas –, teve uma elevada expansão urbana e econômica.

No entanto, a falta de planejamento da gestão pública municipal para enfrentar mudanças como: atração de migrantes interessados nas possibilidades de trabalho no setor, forte especulação imobiliária e aumento do custo de vida, entre outras, especialmente nas cidades maiores, acaba gerando resultados negativos para o local. Processos que se iniciam, geralmente, a partir do anúncio do grande investimento.

Por fim, os parques eólicos geraram e têm gerado mudanças nem sempre positivas para os municípios e suas populações. O desenvolvimento socioespacial requer escutas territoriais, pactos horizontalizados, participação e controle social, para que a construção conjunta de ações de usos e de transformações do espaço seja mais transparente, democrática e justa.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Evidenciou-se que os efeitos decorrentes do modelo de desenvolvimento baseado no crescimento econômico e no atendimento às demandas do mercado global geraram aumento das desigualdades sociais e dos problemas ambientais, comprometendo espécies da flora e da fauna e alterando a identidade das comunidades.

Conclui-se que a instalação e a operação dos empreendimentos eólicos produzem impactos socioambientais e econômicos em diferentes escalas e geram situações conflitantes nas comunidades e localidades envolvidas. As vantagens apontadas pelas comunidades rurais não superam as perdas socioambientais identificadas. Dessa maneira, a expansão da fonte eólica pela região semiárida do Nordeste tem mudado a realidade qualitativa e quantitativa de muitos espaços, no entanto, ainda permanece o desafio de encontrar formas para reduzir as desigualdades e os impactos socioambientais provocados.

Entende-se que a conquista do desenvolvimento requer ações para a redução das condições de pobreza na sociedade. Para isso faz-se necessário criar condições de promoção à saúde e à educação, serviços considerados essenciais para o desenvolvimento das capacidades e habilidades humanas e para a existência de um ambiente saudável e digno. Nesse sentido, apresentam-se algumas sugestões no intuito de contribuir para que haja mais justiça social na implantação da energia eólica.

No aspecto político-institucional, propõe-se a criação de uma assessoria jurídica na assinatura dos contratos de arrendamento (municipal, estadual ou federal); a organização e o fortalecimento das associações dos

proprietários rurais; mais transparência no investimento financeiro dos municípios; a criação de políticas locais para complementar as políticas federais no incremento à qualidade de vida da população local; e a criação de oportunidades entre os municípios com o mesmo potencial eólico.

No aspecto econômico, sugere-se reduzir a desproporcionalidade entre o produto financeiro gerado e os valores pagos pelo arrendamento. Como a energia eólica é uma alternativa para auxiliar na promoção do desenvolvimento local e na fixação do trabalhador longe dos grandes centros urbanos, torna-se fundamental manter os incentivos a essa fonte.

Outra sugestão é proporcionar maior envolvimento da sociedade civil no processo de implantação dos parques eólicos, tendo em vista mais aceitação e menos conflitos; fomentar uma maior capacitação de recursos humanos locais, por meio de treinamentos específicos para a produção e a geração econômica da propriedade; considerar a percepção das comunidades tradicionais, que sofrem grandes alterações em sua identidade a partir da implantação dos parques eólicos.

Por fim, faz-se necessário implementar melhorias no processo de licenciamento ambiental, considerando todas as fases de implantação do empreendimento, da pesquisa ao descomissionamento; demonstrar maior empenho no acompanhamento das medidas mitigadoras do impacto ambiental provocado pelo empreendimento; incorporar novas tecnologias, a exemplo de torres mais elevadas, que permitam melhor aproveitamento do vento, e outras que possibilitem o armazenamento da energia produzida pelo vento; incentivar o turismo com a construção de mirantes em locais específicos para visitação e promoção de programas de educação ambiental a partir da fonte eólica.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (Brasil). *Sistema de informações de geração da ANEEL*: SIGA. Disponível em: <https://app.powerbi.com/view?r=eyJrljoiNGE3NjVmYjAtNDZkZC00MDY4LTliNTItMTVhZTU4NWYzYzFmIiwidCI6IjQwZDZmOWI4LWVjYjYtNDZkZmMiO5MmQ0LWVhNGU5YzAxNzBIMSIsImMiOiJR9>. Acesso em: 30 abr. 2025.

AMARANTE, Odilon A. Camargo do *et al.* *Atlas do potencial eólico brasileiro*. Brasília, DF: MME, 2001. Disponível em: https://creseb.cepel.br/publicacoes/download/atlas_eolico/Atlas%20do%20Potencial%20Eolico%20Brasileiro.pdf. Acesso em: 20 nov. 2017.

**Faz-se
necessário
implementar
melhorias no
processo de
licenciamento
ambiental,
considerando
todas as fases
de implantação
do empreen-
dimento, da
pesquisa ao
descomissio-
namento**

ARAÚJO, Tania Bacelar. Nordeste: desenvolvimento recente e perspectivas. In: GUIMARÃES, Paulo Ferraz *et al.* (org.). *Um olhar territorial para o desenvolvimento: Nordeste*. Rio de Janeiro: BNDES, 2014. cap. 19, p. 540-560. Disponível em: https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/bitstream/1408/14600/1/Um%20olhar%20territorial-Nordeste_desenvolvimento%20recente%20e%20perspectivascap.%2019_P_BD.pdf. Acesso em: 20 jul. 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENERGIA EÓLICA. *Infovento*, São Paulo, n. 37, 1 ago. 2025. Disponível em: https://abeeolica.org.br/wp-content/uploads/2025/08/424_ABEEOLICA_INFOVENTO_ED37_DIGITAL_V3.pdf. Acesso em: 20 jul. 2025.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENERGIA EÓLICA. *Dados ABEEólica*. Disponível em: <https://abeeolica.org.br/energia-eolica/dados-abeeolica>. Acesso em: 20 jul. 2019.

BRANNSTROM, Christian *et al.* Perspectivas geográficas nas transformações do litoral brasileiro pela energia eólica. *Revista Brasileira de Geografia*, Rio de Janeiro v. 63, n. 1, p. 3-28, jan./jun. 2018. Disponível em: <https://rbg.ibge.gov.br/index.php/rbg/article/view/188/77>. Acesso em: 30 set. 2019.

CENSO DEMOGRÁFICO 2010: características da população e dos domicílios: resultados do universo. Rio de Janeiro: IBGE, 2011. 270 p. Disponível em: https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/93/cd_2010_caracteristicas_populacao_domicilios.pdf. Acesso em: 15 set. 2019.

ESTEVA, Gustavo. Desenvolvimento. In: SACHS, Wolfgang (ed.). *Dicionário do desenvolvimento: guia para o conhecimento como poder*. Petrópolis: Vozes, 2000. p. 59-83.

FURTADO, Celso. *O mito do desenvolvimento econômico*. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1981. 92 p.

GLOBAL WIND ENERGY COUNCIL. *Global wind report 2024*. Brussels: GWEC, 2024. Disponível em: https://img.saurenergy.com/2024/05/gwr-2024_digital-version_final-1-compressed.pdf. Acesso em: 28 abr. 2024.

INFORMATIVO BW GUIRAPÁ. Caetité: BW Guirapá, ano 1, n. 2, nov. 2014.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. *Censo Demográfico: tabela 202: população residente, por sexo e situação do domicílio: 1970-2010*. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/202>. Acesso em: 28 set. 2019.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. *Divisão regional do Brasil em regiões geográficas intermediárias e regiões geográficas imediatas*: 2017. Rio de Janeiro: IBGE, 2017. 82 p. Disponível em <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv100600.pdf>. Acesso em: 28 nov. 2019.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. *Enciclopédia dos municípios brasileiros*. Rio de Janeiro: IBGE, 1958. v. 20, 399 p. Disponível em: http://biblioteca.ibge.gov.br/colecao_digital_publicacoes_multiplo.php. Acesso em: 5 out. 2018.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. *IBGE Cidades*: Caetité: panorama. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/ba/caetite/panorama>. Acesso em: 30 jul. 2025a.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. *IBGE Cidades*: Guanambi: panorama. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/ba/guanambi/panorama>. Acesso em: 30 jul. 2025b.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. *IBGE Cidades*: Igaporã: panorama. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/ba/igapora/panorama>. Acesso em: 30 jul. 2025c.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. *IBGE Cidades*: Pindai: panorama. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/ba/pindai/panorama>. Acesso em: 30 jul. 2025d.

LIMA, Zamana Brisa Souza. *Museu do Alto Sertão da Bahia*: diálogos entre museu de território e culturas digitais. 2016. 213 f. Dissertação (Mestrado em Museologia) - Faculdade de Filosofia e Ciências Humanas, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2016. Disponível em: <https://repositorio.ufba.br/bitstream/ri/22646/1/dissertacao%20mestrado%20zamana%20brisa.pdf>. Acesso em: 20 abr. 2019.

LOUREIRO, Caroline Vitor; GORAYEB, Adryane; BRANNSTROM, Christian. Análise comparativa de políticas de implantação e resultados sociais da energia eólica no Ceará (Brasil) e no Texas (EUA). *Revista RA'E GA*, Curitiba, v. 40, p. 231 -247, ago. 2017. Disponível em: https://www.observatoriodaenergiaeolica.ufc.br/wp-content/uploads/2019/08/Artigo_Loureiro_Gorayeb_Brannstrom.pdf. Acesso em: 28 abr. 2019.

NEIVA, Antonio Carlos de Barros *et al.* *Atlas do potencial eólico brasileiro*: simulações 2013. Rio de Janeiro: CEPEL, 2017. Disponível em: https://novoatlas.cepel.br/wp-content/uploads/2017/07/Novo-Atlas-do-Potencial-Eolico-Brasileiro-SIM_2013.pdf. Acesso em: 10 nov. 2018.

PEREIRA, Sofia Rebouças Neta. *Políticas energéticas e desenvolvimento sócio-espacial*: as transformações geradas pela energia eólica no semiárido baiano. 2020. 253 f. Tese (Doutorado em Geografia) - Instituto de Geociências, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2020. Disponível em: <https://repositorio.ufba.br/bitstream/ri/32820/1/VERS%c3%83O%20FINAL%20TESE%20SOFIA%20PDF.pdf>. Acesso em: 30 jul. 2025.

PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O DESENVOLVIMENTO; INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA; FUNDAÇÃO JOÃO PINHEIRO. *Atlas do desenvolvimento humano*. Disponível em: <http://www.atlasbrasil.org.br/perfil>. Acesso em: 7 out. 2019.

SACHS, Ignacy. *Desenvolvimento*: incluyente, sustentável, sustentado. Rio de Janeiro: Garamond, 2004. 152 p.

SANTOS, Ozenice Silva dos. *O espaço de Guanambi/BA: o algodão como elemento de organização*. Guanambi: Gráfica Papel Bom, 2004. 131 p.

SERRA dos Ventos. *Bahia Oportunidades*, Salvador, nov./dez. 2016. Disponível em: <http://www.sde.ba.gov.br/vs-arquivos/imagens/revista-pdf-10184.pdf>. Acesso em: 25 jul. 2019.

SIMAS, Moana Silva. *Energia eólica e desenvolvimento sustentável no Brasil: estimativa da geração de empregos por meio de uma matriz insumo-produto ampliada*. 2012. 220 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012. Disponível em: <https://teses.usp.br/teses/disponiveis/86/86131/tde-10092012-095724/publico/MoanaSimasoriginal.pdf>. Acesso em: 10 out. 2019.

SOUZA, Marcelo Lopes de. *A prisão e a ágora: reflexões em torno da democratização do planejamento gestão das cidades*. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2006. 632 p.

SOUZA, Marcelo Lopes de. A teorização sobre o desenvolvimento em uma época de fadiga, ou: sobre a necessidade de uma “teoria aberta” do desenvolvimento sócio-espacial. *Revista Território*, Rio de Janeiro, v. 1, n. 1, p. 5-22, 1996.

SOUZA, Marcelo Lopes de. *Os conceitos fundamentais da pesquisa sócio-espacial*. 3. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2016. 320 p.

TOLMASQUIM, Maurício Tiomno (coord.). *Energia renovável: hidráulica, biomassa, eólica, solar, oceânica*. Rio de Janeiro: EPE, 2016. 452 p. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-172/Energia%20Renov%C3%A1vel%20-%20Online%2016maio2016.pdf>. Acesso em: 16 maio 2019.

TRALDI, Mariana. Impactos socioeconômicos e territoriais da implantação de parques eólicos nos municípios de Caetité (BA) e João Câmara (RN). In: GORAYEB, Adryane; BRANNSTROM, Christian; MEIRELES, Antonio Jeovah de Andrade. *Impactos socioambientais da implantação dos parques de energia eólica no Brasil*. Fortaleza: Edições UFC, 2019. p. 265-286.



Resumo

Este trabalho tem como objetivo analisar a intersecção entre arte, ciência e ecologia no contexto dos bancos de rodolitos no litoral brasileiro. A metodologia adotada inclui levantamento bibliográfico, além de análise crítica de dissertações e teses relacionadas à temática socioambiental e artística. Os principais resultados indicam a importância dos rodolitos como ecossistemas marinhos vulneráveis, cuja representação artística contribui para a conscientização ambiental e para a valorização cultural das comunidades costeiras. A conclusão destaca que a integração entre saberes científicos e artísticos potencializa práticas de conservação ambiental e fomenta um diálogo crítico sobre as mudanças climáticas e a sustentabilidade marinha.

Palavras-chave: rodolitos; arte e ecologia; conservação marinha; representações socioambientais; educação ambiental.

Abstract

This study aims to analyze the intersection between art, science, and ecology in the context of rhodolith beds on the Brazilian coast. The methodology adopted includes a bibliographic survey, as well as a critical analysis of dissertations and theses related to socio-environmental and artistic themes. The main results indicate the importance of rhodoliths as vulnerable marine ecosystems, whose artistic representation contributes to environmental awareness and the cultural appreciation of coastal communities. The conclusion highlights that the integration of scientific and artistic knowledge enhances environmental conservation practices and fosters a critical dialogue on climate change and marine sustainability.

Keywords: rhodoliths; art and ecology; marine conservation; socio-environmental representations; environmental education.

Arte e ciência em diálogo: a representação dos rodolitos como símbolos de conservação ambiental no Litoral Norte da Bahia

JAEISON DE OLIVEIRA CASTRO¹

Técnico em Meio Ambiente pela Escola
Técnica da Bahia (Eteba); graduando
em Interdisciplinar em Humanidades
na Universidade Federal da Bahia
(UFBA). Técnico em Meio ambiente do
Instituto do Meio Ambiente e Recursos
Hídricos (Inema).
<https://orcid.org/0009-0001-7623-7843>.
jaelson.castro@inema.ba.gov.br

doi.org/10.56839/bd.v35i2.a19

A PRESERVAÇÃO DOS BANCOS de rodolitos no Litoral Norte da Bahia emerge como urgência ecológica e simbólica para as sociedades contemporâneas. Esses organismos calcários, formados por macroalgas coralináceas, desempenham papel central no equilíbrio marinho e na captura de carbono (Lee *et al.*, 2023). Esta pesquisa propõe investigar como a arte visual pode se constituir em veículo de sensibilização e comunicação ambiental eficaz sobre os rodolitos, integrando saber científico e estético.

¹ O autor agradece de forma especial a Sol de Maria, pelas contribuições fundamentais que enriqueceram o desenvolvimento deste trabalho, oferecendo reflexões valiosas e inspirações ao longo do processo. Registra também sua gratidão a Giovanna Martins Sampaio, pela dedicação na elaboração e revisão das tabelas e dados, cuja precisão e cuidado foram essenciais para a consistência das análises apresentadas. Reconhece, ainda, o apoio institucional do Instituto do Meio Ambiente e Recursos Hídricos da Bahia (Inema), que, ao fornecer suporte técnico e institucional, possibilitou a realização desta pesquisa com maior solidez e alcance.

Rodolitos são engenheiros ecológicos que estruturam habitats ricos em biodiversidade. Localizados em águas claras sobre substratos calcários, são encontrados ao longo da plataforma continental brasileira, notadamente entre Bahia, Pernambuco e Rio Grande do Norte

Ainda pouco conhecidos, os rodolitos são engenheiros ecológicos que estruturam *habitats* ricos em biodiversidade. Localizados em águas claras sobre substratos calcários, são encontrados ao longo da plataforma continental brasileira, notadamente entre Bahia, Pernambuco e Rio Grande do Norte (Kikuchi; Leão, 1998). O estudo de Didi-Huberman (2015) revela a presença de 26 espécies de *Lithophylloideae* no litoral brasileiro, ampliando o conhecimento da biodiversidade e distribuição dessas algas calcárias.

O tema combina ecologia costeira, educação ambiental e arte em uma abordagem transdisciplinar². Este estudo busca analisar representações visuais que traduzem cientificamente a ecologia dos rodolitos, articulando-as a mensagens simbólicas de conservação e justiça

-
- 2 A transdisciplinaridade é entendida como uma abordagem que ultrapassa os limites das disciplinas tradicionais, buscando a integração de diferentes saberes – científicos, artísticos, sociais e culturais – em uma perspectiva que reconhece a complexidade dos fenômenos. Para Morin (2005), a transdisciplinaridade não se reduz à justaposição ou ao simples diálogo entre disciplinas, mas implica uma “ecologia dos saberes” capaz de articular dimensões múltiplas da realidade. Essa perspectiva se diferencia tanto da multidisciplinaridade, que apenas agrega diferentes áreas, quanto da interdisciplinaridade, que estabelece interações limitadas entre elas.

Nicolescu (2002) reforça essa ideia ao afirmar que a transdisciplinaridade busca compreender aquilo que atravessa e transcende os campos disciplinares, constituindo um espaço de encontro entre ciência, filosofia, arte e espiritualidade. Segundo o autor, trata-se de um movimento que rompe com a lógica fragmentada do conhecimento moderno, oferecendo caminhos para enfrentar problemas complexos, como as questões ambientais e socioculturais, que não podem ser resolvidos de maneira setorial.

No campo brasileiro, Japiassu (1976) foi pioneiro ao destacar a importância da transdisciplinaridade no contexto acadêmico, definindo-a como uma forma de construção do saber que se ancora na abertura epistemológica e na troca contínua entre áreas. Esse pensamento foi posteriormente expandido por autores como Guattari (1990), que ao propor as “três ecologias”, coloca em evidência a necessidade de um pensamento integrador entre natureza, sociedade e subjetividade, fundamentos que dialogam diretamente com a arte, a ciência e a ecologia.

A transdisciplinaridade, ao ser aplicada em pesquisas que tratam de ecologia, arte e conservação ambiental, como as que embasam este trabalho (Andrade, 2020; Santos, 2019; Silva, 2023), permite o entrelaçamento de saberes técnicos e expressivos, científicos e comunitários. Em outras palavras, ela cria um campo de conhecimento ampliado em que o rigor da ciência se alia à sensibilidade estética e à experiência social, promovendo uma compreensão mais ampla e humanizada dos fenômenos complexos.

A transdisciplinaridade tem-se consolidado como um paradigma essencial para enfrentar os desafios socioambientais contemporâneos, especialmente aqueles relacionados às mudanças climáticas e à conservação dos ecossistemas marinhos. Diferente da interdisciplinaridade, que busca estabelecer diálogos entre disciplinas, a transdisciplinaridade propõe um movimento mais radical: ultrapassar os limites disciplinares para construir um campo de conhecimento que integre saberes científicos, artísticos, culturais e tradicionais (Nicolescu, 2002). Nesse sentido, torna-se um caminho privilegiado para pensar estratégias de educação ambiental transformadora.

No campo da educação, essa abordagem representa mais que uma metodologia: trata-se de uma postura epistemológica que reconhece a importância da sensibilidade, da imaginação e da criatividade no processo de aprendizagem (Guattari, 1990; Japiassu, 1976). Projetos que unem ciência marinha e artes visuais podem, portanto, funcionar como dispositivos pedagógicos capazes de mobilizar emoções e conhecimentos, tornando o debate ambiental mais próximo das comunidades costeiras e dos jovens estudantes.

Do ponto de vista prático, iniciativas de educação transdisciplinar que associam ciência e arte têm mostrado resultados significativos em processos de sensibilização e engajamento comunitário.

Por fim, a transdisciplinaridade na educação ambiental mostra-se como via estratégica para enfrentar a crise climática. Ao integrar o rigor científico com a expressividade da arte, ela promove um aprendizado não apenas cognitivo, mas também sensível e ético, capaz de formar cidadãos críticos e engajados na proteção dos ecossistemas marinhos e costeiros.

ambiental³. Essas representações podem transformar percepções e fortalecer o engajamento público sobre a crise climática.

A relevância do tema é destacada por sua dimensão climática, uma vez que os rodolitos atuam como sumidouros de carbono azul⁴, removendo dióxido de carbono (CO₂) dissolvido na água por meio do processo de calcificação. Ao longo do tempo, eles podem sequestrar carbono de forma significativa, contribuindo para a mitigação das mudanças climáticas. Adicionalmente, sua sensibilidade à acidificação oceânica e ao aumento da temperatura torna-os indicadores ecológicos críticos.

Entretanto, apesar de sua importância, os bancos de rodolitos estão ameaçados por múltiplos fatores: acidificação, sedimentação, impactos resultantes de exploração mineral e poluição costeira (Dewey, 2005; Didi-Huberman, 2015). No Litoral Norte da Bahia, essas ameaças se intensificam pela proximidade urbana e o aumento das dragagens ocasionadas pelas operações de sondagem e perfuração, especulação

Apesar de sua importância, os bancos de rodolitos estão ameaçados por múltiplos fatores: acidificação, sedimentação, impactos resultantes de exploração mineral e poluição costeira

3 A justiça ambiental é um conceito que busca garantir a distribuição equitativa de riscos, benefícios e responsabilidades relacionados ao meio ambiente entre diferentes grupos sociais, reconhecendo especialmente aqueles historicamente marginalizados ou mais vulneráveis aos impactos ambientais (Martinez-Alier, 2002; Schnaiberg, 2000). Não se limita à proteção da natureza, mas envolve a interseção entre direitos humanos, ética ambiental e governança socioambiental, defendendo que o acesso a um ambiente saudável é direito fundamental de todas as pessoas, independentemente de classe social, raça, gênero ou localização geográfica.

Segundo Agyeman, Bullard e Evans (2003), a justiça ambiental não se restringe à dimensão distributiva – ou seja, à forma como os recursos e os riscos ambientais são compartilhados –, mas também incorpora dimensões procedimentais e de reconhecimento, considerando quem participa das decisões sobre o uso do território, a exploração de recursos naturais e a implementação de políticas públicas. Nesse sentido, políticas que visem proteger bancos de rodolitos ou áreas costeiras da Bahia, por exemplo, devem considerar não apenas a preservação ecológica, mas também a participação de comunidades locais que dependem desses ecossistemas para pesca, turismo e subsistência.

A perspectiva da justiça ambiental integra-se à conservação marinha ao apontar que impactos ambientais, como acidificação oceânica, aquecimento dos mares e poluição, não afetam todas as populações de maneira uniforme. Comunidades costeiras tradicionais, pescadores artesanais e populações com menor acesso a tecnologias e informações científicas frequentemente sofrem os efeitos mais severos da degradação ambiental, enquanto grupos com maior poder econômico e político tendem a externalizar os impactos (Martinez-Alier, 2002).

Por fim, a justiça ambiental reforça que a preservação do meio ambiente e a sustentabilidade não podem ser desvinculadas da equidade social. Políticas de conservação, manejo e uso sustentável devem reconhecer direitos, responsabilidades e saberes locais, promovendo práticas que conciliem proteção ecológica, desenvolvimento humano e participação democrática.

4 O termo carbono azul refere-se ao carbono armazenado em ecossistemas costeiros e marinhos, como manguezais, marismas, vegetação submersa e bancos de algas calcárias, incluindo os rodolitos, que atuam como sumidouros naturais de CO₂. Esses ecossistemas têm uma capacidade elevada de sequestrar carbono da atmosfera e armazená-lo tanto na biomassa quanto nos sedimentos, contribuindo para a mitigação das mudanças climáticas (Agyeman; Bullard; Evans, 2003; Amado Filho *et al.*, 2012).

No contexto dos rodolitos – estruturas calcárias formadas por algas vermelhas coralíneas –, o carbono é fixado durante o processo de calcificação, formando depósitos de carbonato de cálcio. Além disso, esses bancos funcionam como biodiversidade crítica, fornecendo habitat para inúmeras espécies marinhas, o que intensifica o papel desses ambientes na estabilidade ecológica e na regulação do ciclo do carbono (Bahia *et al.*, 2014; Foster, 2001).

Em resumo, o carbono azul é tanto um indicador ecológico de saúde ambiental quanto um instrumento de educação socioambiental, podendo ser explorado para integrar conhecimento científico, arte e conscientização climática, em consonância com os objetivos de preservação dos bancos de rodolitos e ecossistemas costeiros.

**Artes que
traduzem
paisagens
naturais e
organismos
ameaçados
podem exercer
função
mobilizadora
quando aliadas
a dados
científicos**

imobiliária, poluição etc. A proteção dessas formações exige políticas públicas baseadas em evidência científica territorializada.

A questão-problema da pesquisa é a seguinte: de que maneira obras de arte visual podem representar rodolitos de forma a sensibilizar diferentes públicos sobre sua importância ecológica e urgência de preservação? A hipótese principal é que a arte, integrando informação científica e estética, amplifica a compreensão pública e mobiliza ações de conservação.

O objetivo geral é investigar a capacidade da arte visual de comunicar conceitos ecológicos referentes aos rodolitos de forma eficaz e engajadora. Os objetivos específicos incluem: analisar obras artísticas existentes inspiradas nos rodolitos; identificar quais elementos científicos são integrados nessas representações, e avaliar, via entrevistas ou análises qualitativas, a percepção de públicos envolvidos em ações socioambientais.

Este estudo justifica-se pela necessidade de novas formas de educação ambiental que dialoguem com o público de maneira estética e emocional. A arte pode tornar perceptível aquilo que normalmente se mantém invisível ou inacessível, como os rodolitos submersos. Ao tornar essas formações sujeitas à percepção sensível, amplia-se sua visibilidade enquanto símbolo de justiça climática e conservação marinha.

O referencial teórico abrange três núcleos disciplinares: ecologia dos rodolitos (estrutura, distribuição, funções ecológicas), mudanças climáticas e impactos costeiros, e teoria da arte ambiental na comunicação socioambiental. O trabalho de Didi-Huberman (2015) fornece base taxonômica e filogenética para a identificação das algas formadoras dos rodolitos (*Lithophyllum*, *Amphiroa*, *Paulsilvella*, *Titanoderma*) e suas implicações para conservação da biodiversidade marinha.

Um segundo pilar teórico é o reconhecimento dos rodolitos como mega-habitats calcários biogênicos, responsáveis pela produção anual de carbonato de cálcio (CaCO_3) comparável às maiores áreas depositantes globais (Amado Filho *et al.*, 2012). Esse caráter geobiológico os coloca como nodos centrais para o ciclo do carbono no Atlântico Sul.

Artes que traduzem paisagens naturais e organismos ameaçados podem exercer função mobilizadora quando aliadas a dados científicos. A proposta é integrar ciência e estética para moldar narrativas visuais de impacto.

O trabalho parte de lacunas atuais: apesar do crescente corpo de estudos científicos recentes sobre rodolitos – inclusive trabalhos sobre diversidade florística e fauna associada no Nordeste brasileiro –, há escassez de iniciativas que envolvam expressão artística como estratégia

de conscientização específica para esses ecossistemas. A convergência entre ecologia marinha e arte visual representa inovação metodológica.

Assim, esta pesquisa visa oferecer contribuição acadêmica e prática: produção de conhecimento interdisciplinar, proposições de projetos artísticos com base científica, e diretrizes para comunicação socioambiental sobre rodolitos. Ao articular arte, ciência e comunidade litorânea, pretende-se ampliar o alcance das discussões de justiça climática no litoral baiano.

REFERENCIAL TEÓRICO

Ecologia dos rodolitos: estrutura, funcionamento, importância para a biodiversidade marinha e o ciclo do carbono

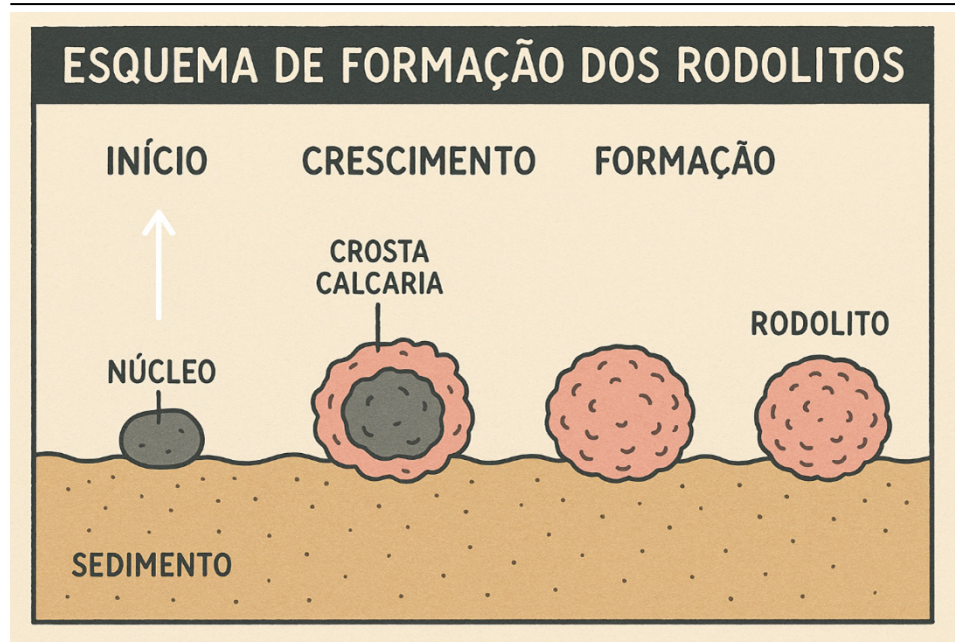
Os rodolitos são estruturas biogênicas formadas por algas vermelhas calcificadas da ordem *Corallinales*, destacando-se principalmente dos gêneros *Lithothamnion*, *Phymatolithon* e *Spongites*. Com crescimento extremamente lento – entre 0,2 mm e 2 mm por ano (Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade, 2021) –, esses agregados calcários são considerados “engenheiros de ecossistemas”, pois criam estruturas tridimensionais que fornecem abrigo, substrato e condições favoráveis para o desenvolvimento de uma diversidade significativa de organismos bentônicos (Amado Filho; Pereira-Filho, 2012; Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade, 2021). Nos últimos anos, os rodolitos passaram a ser reconhecidos não apenas por seu papel ecológico, mas também por sua relevância nos ciclos biogeoquímicos, especialmente o do carbono, emergindo como potenciais sumidouros naturais de carbono azul em escala global (Amado Filho; Pereira-Filho, 2012).

Apesar de encontrada em locais diferentes dos habituais, como, por exemplo, no turbilhão da foz do Rio Amazonas, a formação de rodolitos ocorre preferencialmente em áreas marinhas com boa penetração de luz e substrato adequado, com predomínio de ambientes de baixa sedimentação e hidrodinamismo moderado. Nessas condições, as algas calcárias crescem livremente, acumulando-se em forma de nódulos ou aglomerados, sem se fixarem a rochas ou substratos rígidos, o que os diferencia de recifes consolidadores como os corais. A calcificação ocorre pelo acúmulo de carbonato de cálcio (CaCO_3) em suas paredes celulares, extraído diretamente da coluna d'água. Esse processo implica a captura de carbono inorgânico dissolvido (DIC), o que contribui para a remoção de dióxido de carbono (CO_2) da atmosfera e seu sequestro em formações calcárias de longa duração (Bahia *et al.*, 2014; Nelson, 2009), conforme representado na Figura 1.

Os rodolitos
são estruturas
biogênicas
formadas por
algas vermelhas
calcificadas
da ordem
Corallinales,
destacando-se
principalmente
dos gêneros
Lithothamnion,
Phymatolithon
e *Spongites*

Figura 1

Esquema de formação dos rodolitos



Fonte: elaboração própria (2025).

A importância ecológica dos rodolitos é bastante acentuada, pois eles atuam como verdadeiros ‘berçários marinhos’, oferecendo micro-habitats complexos para peixes, invertebrados, moluscos e diversas espécies vegetais. Pesquisas como a de Pereira-Filho *et al.* (2015) e a de Steller *et al.* (2003), realizadas no Golfo da Califórnia na plataforma continental do Brasil, mostram que a estrutura dos bancos de rodolitos aumenta significativamente a diversidade e a abundância de organismos bentônicos, sendo comparável a recifes de coral em termos de riqueza biológica. Tal característica confere a esses ambientes um valor ecológico estratégico para a conservação da biodiversidade marinha, especialmente em tempos de rápida degradação dos ecossistemas costeiros.

No contexto brasileiro, destacam-se o mapeamento e a caracterização dos mega-habitats bentônicos na plataforma continental da região de Abrolhos (Amado Filho *et al.*, 2012b), onde foram identificados os maiores bancos de rodolitos do Atlântico Sul, cobrindo uma área de mais de 20 mil km². Esses bancos sustentam cadeias alimentares inteiras e contribuem para atividades econômicas locais, como a pesca artesanal, o turismo subaquático e o potencial uso biotecnológico. A relevância dos rodolitos para a economia, especialmente como fonte de carbonato de cálcio para a agricultura e outras indústrias, requer regulação cuidadosa para evitar impactos irreversíveis, considerando sua taxa de recuperação extremamente lenta.

Na plataforma continental da Bahia, os bancos de rodolitos ocupam áreas expressivas, especialmente na porção norte do litoral, entre o Rio Pojuca e a divisa com Sergipe. Estudos como os de Kikuchi e Leão (1998) e Kikuchi (2000) indicam a presença contínua desses habitats desde os anos 1990. A Área de Proteção Ambiental (APA) da Plataforma Continental do Litoral Norte da Bahia, instituída pelo Decreto Estadual nº 8.553/2003, foi uma das primeiras tentativas de reconhecimento da importância ecológica e socioeconômica desses bancos (Bahia, 2003). Nunes e Andrade (2017) ressaltam que, mesmo com esse avanço legal, faltam políticas efetivas de monitoramento e proteção contra ameaças como extração mineral, emissários submarinos e pesca predatória.

A função ecológica dos rodolitos no ciclo do carbono marinho é particularmente relevante em tempos de mudanças climáticas. Esses organismos realizam fotossíntese, assimilando CO₂ atmosférico dissolvido na água e convertendo-o em matéria orgânica e carbonato de cálcio. O processo de calcificação, embora envolva liberação secundária de CO₂, resulta em um balanço líquido de carbono que pode ser positivo, especialmente em ambientes onde os rodolitos estão associados a outras formas vegetais como fanerógamas marinhas (Foster, 2001; International Renewable Energy Agency; International Labour Organization, 2024). Assim, os rodolitos podem ser considerados componentes críticos dos estoques de carbono azul, uma categoria emergente de sumidouros naturais reconhecida por organismos internacionais como a International Union for Conservation of Nature (IUCN) e o Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC).

Contudo, os efeitos da acidificação oceânica, provocada pelo aumento das concentrações atmosféricas de CO₂, representam uma ameaça crescente à calcificação e à sobrevivência dos rodolitos. O diminuição do pH da água do mar dificulta a precipitação de carbonato de cálcio, podendo levar à dissolução das estruturas existentes. Além disso, o aquecimento das águas altera o metabolismo das algas coralináceas, favorece espécies invasoras e pode provocar branqueamento e mortalidade em larga escala (Bahia *et al.*, 2014; Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade, 2021).

Em paralelo, o aumento de eventos extremos, como tempestades e inundações pode provocar o soterramento dos bancos por sedimentos, caracterizando um impacto físico que resulta em sua degradação ou eliminação. A erosão costeira e a intensificação do turismo desordenado também atuam como vetores de destruição. Essa vulnerabilidade exige ações de gestão integrada da zona costeira, com base em evidências científicas e participação social.

**A função
ecológica dos
rodolitos no
ciclo do carbono
marinho é
particular-
mente relevante
em tempos
de mudanças
climáticas.
Esses
organismos
realizam
fotossíntese,
assimilando
CO₂ atmosférico
dissolvido
na água e
convertendo-o
em matéria
orgânica e
carbonato
de cálcio**

O desafio atual reside em equilibrar os interesses econômicos e ambientais relacionados aos rodolitos. Enquanto alguns setores defendem sua exploração econômica, outros apontam sua conservação como prioridade ante a crise climática

Do ponto de vista metodológico, recentes abordagens multiescalares têm sido utilizadas para o estudo dos bancos de rodolitos, integrando imagens de sonar de varredura lateral, análise geoquímica, sensoriamento remoto e genética ambiental. Essas tecnologias permitem mapear e monitorar esses habitats com maior precisão e auxiliar na criação de políticas públicas baseadas em evidência. Os dados do projeto de mapeamento da International Renewable Energy Agency (Irena) apontam que a conservação de ecossistemas marinhos ricos em carbono pode representar uma estratégia fundamental para a mitigação do aquecimento global e para a adaptação às mudanças climáticas (International Renewable Energy Agency; International Labour Organization, 2024).

O desafio atual reside em equilibrar os interesses econômicos e ambientais relacionados aos rodolitos. Enquanto alguns setores defendem sua exploração econômica, outros apontam sua conservação como prioridade ante a crise climática. A intersecção entre ciência, política ambiental e justiça climática exige novos paradigmas de governança socioambiental, capazes de reconhecer os rodolitos não apenas como recursos, mas como patrimônios ecológicos essenciais à sustentabilidade dos mares.

Portanto, os rodolitos não são apenas estruturas biológicas, mas também testemunhos geológicos de longa duração que refletem e registram as alterações ambientais e climáticas. Sua proteção requer um modelo de manejo adaptativo, baseado em evidências científicas e em princípios de precaução. Nesse contexto, a Bahia apresenta-se como território estratégico para políticas de conservação marinha no Brasil, podendo servir como modelo para iniciativas de transição ecológica justa, baseada em ciência, cultura e participação cidadã.

Impactos ambientais e mudanças climáticas: acidificação oceânica, aquecimento, ameaças locais e globais, vulnerabilidade dos bancos de rodolitos

O sistema climático global encontra-se em desequilíbrio diante das alterações provocadas pelo acúmulo de gases de efeito estufa (GEE), com destaque para o dióxido de carbono (CO₂), o metano (CH₄) e o óxido nitroso (N₂O). Esses gases não apenas aquecem a atmosfera terrestre, mas também afetam diretamente os oceanos, responsáveis pela absorção de mais de 90% do calor acumulado no planeta e por cerca de 30% do CO₂ antropogênico lançado desde a Revolução Industrial (Lee *et al.*, 2023). Tal absorção intensifica dois processos críticos para os ecossistemas marinhos: o aquecimento das águas superficiais e a acidificação oceânica. Os rodolitos, enquanto organismos calcificantes e produtores de carbono biogênico, estão entre os mais afetados.

A acidificação dos oceanos é resultado da reação química entre o CO₂ atmosférico dissolvido na água do mar e o carbonato de cálcio, formando ácido carbônico (H₂CO₃), que se dissocia e diminui o pH da água. Essa queda de pH reduz a disponibilidade de íons carbonato (CO₃²⁻), essenciais para a formação de estruturas calcificadas em organismos como corais, moluscos e, principalmente, algas calcárias coralináceas. Segundo estudos realizados por Feely, Doney e Cooley (2010) e confirmados por experimentos em tanques controlados (Bahia *et al.*, 2014), os rodolitos sofrem perda de biomassa e dissolução parcial de suas estruturas em ambientes de pH reduzido, além de apresentar menor taxa fotossintética e aumento da mortalidade celular.

Esse processo não afeta apenas os indivíduos, mas compromete a integridade dos bancos como um todo, colocando em risco a biodiversidade que neles habita. Os rodolitos atuam como habitats estruturais e substratos para a colonização de esponjas, briozoários, tunicados e diversos invertebrados, além de microalgas epifíticas e microrganismos simbióticos. Quando a estrutura tridimensional do banco é alterada por dissolução ou colapso físico, ocorre um efeito cascata sobre as espécies dependentes, reduzindo a complexidade ecológica e a resiliência do ecossistema bentônico (Amado Filho *et al.*, 2012; Steller *et al.*, 2003).

Além da acidificação, o aquecimento das águas oceânicas é outro vetor de impacto climático com efeitos documentados nos bancos de rodolitos. A elevação da temperatura superficial do mar altera o metabolismo das algas coralináceas, podendo induzir o estresse térmico e a inibição da calcificação. Em temperaturas acima de 30°C, os rodolitos podem apresentar branqueamento semelhante ao observado em corais, causado pela perda de pigmentos fotossintéticos, e colapso das relações simbióticas com cianobactérias e bactérias fixadoras de nitrogênio (Bahia *et al.*, 2014). Essa condição fragiliza ainda mais os organismos diante da competição com espécies invasoras ou oportunistas, como macroalgas não calcárias que se proliferam em ambientes eutrofizados ou alterados.

No Brasil, estudos recentes apontam que o litoral do Nordeste, especialmente a plataforma continental da Bahia, é uma das regiões mais suscetíveis às mudanças climáticas marinhas. A combinação entre elevação do nível do mar, aumento da temperatura e acidificação já compromete recifes costeiros, bancos de fanerógamas e bancos de rodolitos. A pesquisa de V. Santos (2022) sobre as vulnerabilidades da costa norte da Bahia identificou redução significativa da cobertura de rodolitos em áreas expostas ao escoamento de sedimentos e poluentes oriundos da expansão urbana e industrial de municípios como Camaçari, Lauro de Freitas e Entre Rios. Além disso, a interação entre impactos locais e estressores globais agrava a situação desses ambientes bentônicos.

**No Brasil,
estudos
recentes
apontam que
o litoral do
Nordeste,
especialmente
a plataforma
continental da
Bahia, é uma
das regiões
mais suscetíveis
às mudanças
climáticas
marinhas**

A vulnerabilidade dos bancos de rodolitos não deve ser compreendida apenas sob a ótica ecológica, mas também em termos socioterritoriais

Outro aspecto importante é a intensificação de eventos climáticos extremos, como tempestades tropicais, ressacas e ciclones atípicos, que provocam aumento da turbidez da água, soterramento dos bancos por sedimentos finos e destruição física das estruturas calcificadas. Estudos recentes realizados por Martins *et al.* (2020) no litoral baiano demonstraram que, após episódios de fortes chuvas e descarga fluvial, as taxas de sedimentação sobre os bancos de rodolitos costumam aumentar até cinco vezes, reduzindo drasticamente a penetração de luz e, consequentemente, a fotossíntese das algas coralináceas.

Em relação às ameaças antrópicas, destaca-se a mineração submarina, ainda incipiente no Brasil, mas com potencial destrutivo para os habitats bentônicos. Os rodolitos são explorados para a obtenção de carbonato de cálcio usado na agricultura e na indústria farmacêutica. No entanto, a remoção de bancos inteiros compromete processos ecológicos que levam séculos para se estabelecer. O trabalho de Andrade (2020) alerta para a ausência de regulamentação específica para a extração de rodolitos, o que favorece práticas predatórias e ilegais, com sérios riscos à biodiversidade e aos serviços ecossistêmicos marinhos.

Diante desse cenário, políticas públicas de mitigação e adaptação tornam-se urgentes. Embora o Brasil possua compromissos internacionais com a Convenção sobre Diversidade Biológica (CDB) e o Acordo de Paris, os mecanismos de proteção dos ambientes bentônicos ainda são frágeis e desarticulados. A criação de Áreas Marinhas Protegidas (AMP), como a APA da Plataforma Continental do Litoral Norte da Bahia, representa um avanço, mas sua efetividade depende de fiscalização, planejamento espacial marinho e envolvimento das comunidades locais. A pesquisa de Nascimento (2021) aponta que a governança costeira ainda sofre com fragmentação institucional, falta de recursos e ausência de base científica para tomada de decisões.

No plano internacional, ações como a Blue Carbon Initiative, promovida pela IUCN e a Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura (UNESCO), buscam integrar os ecossistemas marinhos aos mecanismos de compensação e financiamento climático (International Renewable Energy Agency; International Labour Organization, 2024). No entanto, os rodolitos ainda não são reconhecidos oficialmente como sumidouros de carbono, embora estudos como o de Didi-Huberman (2015) argumentem que sua capacidade de sequestro pode ser comparável a manguezais e pradarias marinhas. Essa lacuna científica e política impede que tais habitats sejam priorizados em programas de adaptação baseada em ecossistemas (EbA) e soluções baseadas na natureza (NbS).

A vulnerabilidade dos bancos de rodolitos não deve ser compreendida apenas sob a ótica ecológica, mas também em termos socioterritoriais.

As comunidades pesqueiras que dependem desses ecossistemas são as primeiras a sofrer com sua degradação. Os bancos funcionam como áreas de reprodução e alimentação para peixes, crustáceos e moluscos, essenciais para a segurança alimentar e a economia de subsistência. A perda desses habitats significa também o empobrecimento dos territórios pesqueiros tradicionais, agravando desigualdades históricas e ameaçando modos de vida sustentáveis (Silva; Barbosa, 2020).

Nesse contexto, a produção de conhecimento científico associado à arte, à comunicação ambiental e à educação crítica desempenha papel estratégico para ampliar a consciência pública sobre os impactos das mudanças climáticas nos oceanos. Projetos de arte-ciência que envolvem visualização de dados, produção audiovisual e arte performática têm sido utilizados em diversos países para traduzir a complexidade das alterações climáticas de forma sensível e acessível. Iniciativas como o projeto *Ocean Memory*, da NSF (2021), e a *Blue Carbon Art Initiative*, no Mediterrâneo, mostram que a integração entre ciência e arte pode fortalecer a ação ambiental e inspirar políticas transformadoras (International Renewable Energy Agency; International Labour Organization, 2024).

Portanto, os impactos ambientais e as mudanças climáticas representam ameaças reais e crescentes aos bancos de rodolitos, cuja conservação depende de múltiplas estratégias que combinem regulação, ciência, inovação, participação social e sensibilidade artística. A resistência desses organismos milenares será, em grande medida, reflexo da capacidade humana de aprender com a ciência e agir com responsabilidade diante da crise ecológica em curso.

MATERIAIS E MÉTODOS/PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

A pesquisa aqui apresentada adota uma metodologia qualitativa, fundamentada na análise interpretativa e interdisciplinar dos rodolitos em contextos artísticos, científicos e ambientais. A escolha desse método decorre da natureza complexa do objeto em estudo: os rodolitos não são apenas estruturas biológicas calcárias, mas também símbolos ecológicos, construções culturais e materiais de expressão artística. A abordagem qualitativa permite, assim, captar a profundidade dos significados associados a esses organismos e suas representações simbólicas.

Conforme Denzin e Lincoln (2018), a pesquisa qualitativa é particularmente apropriada quando se busca compreender processos simbólicos, relações culturais e significados sociais. Nesse caso, a análise das representações artísticas dos rodolitos exige uma contextualização epistemológica e ecológica. A interdisciplinaridade é, portanto, uma exigência teórico-metodológica do próprio objeto de estudo.

A produção de conhecimento científico associado à arte, à comunicação ambiental e à educação crítica desempenha papel estratégico para ampliar a consciência pública sobre os impactos das mudanças climáticas nos oceanos

De que maneira obras de arte visual podem representar rodolitos de forma a sensibilizar diferentes públicos sobre sua importância ecológica e urgência de preservação? A hipótese principal é que a arte, integrando informação científica e estética

A pesquisa apoia-se em pilares metodológicos integrados, visando à análise documental e bibliográfica, à interpretação semiótica de obras artísticas; e à construção de vínculos entre arte, ciência e educação ambiental. Esse tripé metodológico articula fontes textuais, dados empíricos e interpretações conceituais, ampliando o campo de compreensão do fenômeno estudado.

O levantamento bibliográfico foi realizado principalmente nas bases de dados Google Scholar e Scopus, com as principais palavras-chave – “rodolitos”, “marinhos”, “trabalhos”, “artigos”, “acadêmicos”, “científicos”, “obras” e “educação ambiental” –, com o uso do operador boleano “AND”, resultando nas expressões principais “rodolitos and marinhos”, “rodolitos and obras and trabalhos acadêmicos”, “rodolitos and artigos científicos” e “rodolitos and educação ambiental”. A partir dessa triagem, foram selecionados majoritariamente trabalhos dos últimos dez anos (60%), redigidos em português (60%) e/ou inglês (40%). Foram consideradas prioritariamente revisões de literatura, acerca do contexto global e do Atlântico, e, em especial, o cenário brasileiro e baiano, sendo este último local responsável por ao menos 20% das publicações utilizadas como base bibliográfica e referencial deste trabalho.

Nesse sentido, enfatiza-se que a questão-problema do presente estudo refere-se a de que maneira obras de arte visual podem representar rodolitos de forma a sensibilizar diferentes públicos sobre sua importância ecológica e urgência de preservação? A hipótese principal é que a arte, integrando informação científica e estética, amplifica a compreensão pública e mobiliza ações de conservação.

A análise documental envolveu o levantamento de teses, dissertações, artigos científicos e relatórios técnicos sobre ecologia dos rodolitos, mudanças climáticas marinhas, políticas ambientais e práticas artísticas socioambientais. Entre as fontes utilizadas destacam-se os trabalhos de Andrade (2020), além de artigos recentes de Amado Filho *et al.* (2012) e Santos *et al.* (2019). Também foram incorporados documentos institucionais, entre os eles, relatórios do Instituto do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA), do Instituto de Biologia da Universidade Federal da Bahia (UFBA) e do Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas.

Além disso, a pesquisa realizou levantamento de acervos artísticos digitais e presenciais, em instituições como o Museu do Mar Aleixo Belov, o Museu de Arte Moderna da Bahia (MAM-BA), e o Instituto Goethe Salvador, a fim de identificar obras que tematizam os rodolitos, os ambientes marinhos ou a crise climática. A análise das obras artísticas seguiu os princípios da iconografia e da semiótica visual, conforme os métodos propostos por Barthes (2005) e Panofsky (1976). A análise iconográfica permitiu identificar os elementos visuais presentes nas obras, enquanto

a análise semiótica investigou os sentidos simbólicos atribuídos a essas representações, suas relações com o discurso científico e com os imaginários ecológicos contemporâneos.

Do ponto de vista epistemológico, esta pesquisa adota uma perspectiva construtivista e hermenêutica, na qual o conhecimento é considerado como produto de interpretações situadas, construídas a partir do diálogo entre diferentes saberes. A interdisciplinaridade aqui não é apenas uma justaposição de campos (arte, biologia, comunicação), mas sim uma prática metodológica ativa, que interroga os limites disciplinares e propõe conexões inovadoras entre estética, ecologia e política.

A opção por uma abordagem qualitativa crítica justifica-se ainda pela necessidade de evidenciar as formas de invisibilização ambiental que recaem sobre os rodolitos e outros organismos marinhos.

O recorte geográfico da pesquisa concentrou-se no litoral da Bahia, por sua relevância ecológica e sociocultural. A plataforma continental baiana abriga importantes bancos de rodolitos, como demonstrado em estudos de Amado Filho *et al.* (2012), e também apresenta uma cena artística em expansão, sensível às questões ambientais.

Na análise dos dados, utilizou-se a triangulação metodológica como estratégia de validação. Os resultados oriundos da análise iconográfica foram cotejados com dados científicos sobre ecologia dos rodolitos e com discursos produzidos pelos próprios artistas. Essa triangulação permitiu construir interpretações mais robustas e evitar leituras unilaterais ou esteticizantes.

A pesquisa também utilizou como fonte obras pedagógicas e materiais de divulgação científica com representações de rodolitos, especialmente voltadas para o ensino de ecologia marinha em escolas públicas. Esses materiais revelaram o papel das imagens na construção de uma pedagogia ambiental visual e na ampliação da sensibilidade ecológica desde a infância.

As limitações do estudo decorrem da escassez de obras especificamente centradas em rodolitos. No entanto, esse obstáculo foi contornado por meio da análise de obras que, embora não representem diretamente os rodolitos, tratam de ambientes associados (recifes, fundos marinhos, algas). Essa escolha metodológica amplia o campo semântico da pesquisa e justifica sua relevância. Outro desafio metodológico foi o acesso às obras em contextos de exposição temporária ou em acervos particulares.

**A plataforma
continental
baiana abriga
importantes
bancos de
rodolitos, como
demonstrado
em estudos de
Amado Filho
et al. (2012),
e também
apresenta uma
cena artística
em expansão,
sensível às
questões
ambientais**

As formações de rodolitos na plataforma continental da Bahia são de enorme riqueza ecológica e, ao mesmo tempo, invisibilizadas pelas políticas públicas e a cultura visual. Sua estetização é, portanto, também um ato político

Para superar essa dificuldade, foram utilizadas fontes digitais, bancos de dados visuais e sites institucionais.

A metodologia aqui adotada não busca fornecer respostas definitivas, mas abrir novos caminhos de investigação sobre as articulações entre arte, ciência e meio ambiente. Ela parte do reconhecimento da complexidade dos fenômenos estudados e da necessidade de abordagens que integrem razão e sensibilidade, análise e afeto, dados e imagens. Nesse sentido, o método qualitativo, interdisciplinar e crítico revela-se o mais adequado para os fins deste estudo.

ANÁLISES, RESULTADOS E DISCUSSÕES DOS DADOS

Representações artísticas dos rodolitos e construção simbólica

A representação visual de elementos naturais sempre exerceu papel determinante na mediação entre o ser humano e seu ambiente. No caso dos rodolitos – estruturas calcárias formadas por algas vermelhas que desempenham função crítica nos ecossistemas marinhos –, as representações artísticas ainda são incipientes, mas crescentemente relevantes. Este capítulo se dedica a analisar obras visuais contemporâneas, instalações, ilustrações científicas e representações híbridas que tratam dos rodolitos, articulando análise iconográfica e semiótica para revelar como essas imagens comunicam, estetizam e politizam o tema marinho.

A primeira dificuldade na representação artística dos rodolitos decorre de sua própria condição material: são seres discretos, tecnicamente complexos, localizados em zonas submersas e de acesso limitado. Isso exige do artista um processo de tradução visual e simbólica. De acordo com Andrade (2020), as formações de rodolitos na plataforma continental da Bahia são de enorme riqueza ecológica e, ao mesmo tempo, invisibilizadas pelas políticas públicas e a cultura visual. Sua estetização é, portanto, também um ato político.

Nesse sentido, a abordagem semiótica permite analisar os rodolitos como signos triplamente articulados: icônicos (na forma que reproduz suas características visuais), indexicais (ligados a processos naturais e científicos) e simbólicos (relacionados à ideia de resiliência ecológica). A presença desses elementos em obras contemporâneas revela uma intencionalidade pedagógica e crítica, que visa ativar no espectador uma consciência ambiental por meio da experiência estética (Barthes, 2005).

As ilustrações científicas desempenham, por sua vez, uma função de interseção entre arte, educação e ciência. Assim, diferentes projetos representam os rodolitos em cadernos pedagógicos voltados a comunidades

pesqueiras locais. A linguagem visual utilizada mescla realismo anatômico com narrativas visuais, possibilitando a apropriação do conhecimento científico por públicos não especialistas (Santos, 2019).

A análise iconográfica de imagens revela que os rodolitos são frequentemente representados como estruturas nodosas, circulares, de coloração rósea ou arroxeada, com texturas rugosas. Tais características visuais são coerentes com a taxonomia botânica e a morfologia calcária das algas incrustantes (Amado Filho *et al.*, 2012). No entanto, o modo como essas imagens são integradas em narrativas maiores – seja em cartilhas ambientais, murais escolares ou instalações artísticas – define sua carga simbólica.

Essa mudança de estatuto ontológico – de organismo biológico a imagem significativa – é mediada pela arte como dispositivo de tradução. Segundo Didi-Huberman (2015), a imagem não é aquilo que se mostra, mas aquilo que nos faz ver. Os rodolitos, nesse contexto, atuam como imagens-limite: tornam visível o invisível, o submerso, o negligenciado. E ao fazê-lo, exigem novas sensibilidades perceptivas e cognitivas.

A inserção de obras escultóricas no fundo do mar visa criar recifes artificiais que se integram ao meio natural. Em projetos-piloto no litoral baiano, artistas e pesquisadores discutem a possibilidade de criar esculturas em biocimento inspiradas na morfologia dos rodolitos, que simultaneamente abriguem espécies e eduquem visualmente os mergulhadores (Silva, 2023).

A presença dos rodolitos em contextos museológicos também redefine a percepção em torno do ambiente marinho, utilizando-se de réplicas ampliadas de rodolitos para ilustrar seu papel no sequestro de CO₂. Peças em escala aumentada, acompanhadas por projeções de dados científicos, têm como objetivo transformar o rodolito em símbolo do esforço global de mitigação da crise climática. Essa abordagem articula estética, ciência e política ambiental numa linguagem acessível e afetiva.

As narrativas visuais construídas em torno dos rodolitos também dialogam com práticas decoloniais.

As práticas artísticas aqui analisadas indicam que os rodolitos, embora pouco conhecidos fora do meio científico, possuem grande potencial como ‘operadores estéticos’ na construção de uma consciência ecológica crítica. Sua representação não se limita à função educativa ou decorativa, ela ativa redes de sentido que articulam ciência, mito, estética e política.

**A presença
dos rodolitos
em contextos
museológicos
também
redefine a
percepção
em torno do
ambiente
marinho,
utilizando-se
de réplicas
ampliadas
de rodolitos
para ilustrar
seu papel no
sequestro
de CO₂**

A relação entre arte e ciência, sobretudo no que concerne ao estudo dos ecossistemas costeiros, constitui uma interface fundamental para ampliar a percepção ambiental da sociedade contemporânea

O resultado dessa análise indica a existência de um campo emergente de práticas artísticas engajadas com os ecossistemas marinhos, cujos resultados ultrapassam a questão estética ao promover a transformação da percepção pública e das práticas territoriais. Os rodolitos, nesse contexto, transformam-se em ‘imagens-motrizes’, capazes de mobilizar debates sobre conservação, políticas públicas e justiça ambiental.

A análise semiótica das obras inspiradas nos rodolitos demonstra que essa representação opera em várias camadas: como signo natural, como metáfora ecológica e como provocação política. A arte não apenas comunica o saber científico, mas também o transforma, inscrevendo-o em regimes sensoriais e simbólicos mais amplos. A complexidade dessas imagens exige leituras interdisciplinares, sensíveis ao contexto cultural, ambiental e técnico em que se inserem.

A presente análise evidencia, portanto, que a inserção dos rodolitos no campo das artes visuais é uma forma potente de reencantamento ecológico e de pedagogia crítica. Ao tornarem visível o invisível, as obras que tematizam esses organismos revelam não apenas sua beleza estrutural, mas também sua centralidade ecológica e sua vulnerabilidade ante as mudanças climáticas.

Diálogo entre ciência, arte e percepção ambiental

A relação entre arte e ciência, sobretudo no que concerne ao estudo dos ecossistemas costeiros, constitui uma interface fundamental para ampliar a percepção ambiental da sociedade contemporânea. O cruzamento entre dados científicos rigorosos sobre rodolitos – tais como seu papel vital enquanto sumidouros naturais de carbono e indicadores da saúde marinha –, e a expressão visual artística inspirada nessas algas permite construir uma narrativa integrada que ultrapassa as fronteiras disciplinares. Essa integração possibilita não apenas a transmissão de informações, mas também a construção de sentidos que envolvem aspectos sensoriais, culturais e políticos, essenciais para a mobilização social em torno da conservação ambiental.

A arte, nesse contexto, funciona como um mediador simbólico, capaz de traduzir conceitos científicos em imagens que dialogam diretamente com a experiência estética e emocional dos indivíduos. Assim, obras que representam rodolitos não são meras ilustrações científicas, mas sim construções que propiciam uma imersão sensorial e cognitiva no universo marinho.

A partir dessas representações, emerge um discurso que conecta o conhecimento empírico e tradicional das comunidades com as descobertas

científicas recentes, criando um campo híbrido de saberes que fortalece a consciência ambiental, conforme representado na Figura 2.

Figura 2

Obra autoral



Fonte: elaboração própria (2025).

A dimensão política dessa relação também não deve ser negligenciada. A arte visual pode exercer um papel de denúncia e mobilização social, colocando em evidência a vulnerabilidade dos bancos de rodólitos diante das ameaças do aquecimento global e da acidificação dos oceanos. As representações artísticas, ao evocar a fragilidade e a resiliência dos ecossistemas marinhos, contribuem para problematizar a relação antrópica com o ambiente e para estimular o debate público sobre políticas de proteção ambiental, como demonstram os relatos de Santos (2019) sobre a repercussão social das ilustrações científicas em campanhas educativas.

Outro aspecto importante está relacionado à dimensão sensorial da arte, que amplia a experiência cognitiva para além da razão, incorporando percepções táteis, visuais e até sonoras. Essa expansão sensorial é essencial para a construção de uma relação empática com o ambiente marinho, estimulando mudanças comportamentais. De acordo com Andrade (2020), a integração entre arte e ciência possibilita a criação de narrativas estéticas que tornam tangíveis os impactos abstratos das mudanças climáticas, como o aumento da temperatura dos oceanos e a dissolução do carbonato de cálcio nos rodólitos.

Assim, o diálogo entre arte, ciência e percepção ambiental é fundamental para a formação de uma consciência ecológica crítica e sensível.

**A arte,
enquanto forma
de expressão
humana,
transcende
a função
estética e
ocupa um papel
estratégico na
comunicação
socioambiental,
sobretudo
no contexto
contemporâneo
marcado pela
crise climática
e ambiental**

Essa abordagem interdisciplinar abre possibilidades para a criação de estratégias inovadoras de educação ambiental, em que o conhecimento científico é enriquecido pela potência expressiva da arte, fortalecendo a capacidade da sociedade de compreender e enfrentar os desafios ambientais globais.

A arte como ferramenta de comunicação

A arte, enquanto forma de expressão humana, transcende a função estética e ocupa um papel estratégico na comunicação socioambiental, sobretudo no contexto contemporâneo marcado pela crise climática e ambiental. O emprego da arte como ferramenta de comunicação para a conservação de ecossistemas, como os rodolitos, emerge como uma alternativa promissora para superar os limites das abordagens científicas tradicionais, atingindo aspectos emocionais, culturais e cognitivos do público. Essa dimensão simbólica da arte propicia um espaço onde o conhecimento técnico converte-se em experiência sensorial e afetiva, fundamental para o desenvolvimento de uma consciência ecológica ativa.

A literatura sobre comunicação ambiental aponta que, apesar do avanço dos métodos científicos e das tecnologias digitais, a disseminação do conhecimento sobre ecossistemas marinhos ainda enfrenta barreiras significativas, principalmente em relação à compreensão pública e à mobilização social. A arte, ao dialogar com o imaginário coletivo, estimula o reconhecimento da importância dos rodolitos como elementos fundamentais para a biodiversidade marinha e para o ciclo do carbono, reforçando a urgência da sua proteção.

Na interface entre arte e ciência, a comunicação ambiental assume um caráter interdisciplinar que amplia o alcance das mensagens. Essa dupla função potencializa o impacto da comunicação, pois, ao mesmo tempo que apresenta dados científicos sobre o sequestro de carbono e a vulnerabilidade dos bancos de rodolitos, evoca sensações e reflexões que estimulam o compromisso emocional do público com a conservação.

Um aspecto central da arte como instrumento de comunicação é sua capacidade de narrar histórias que sensibilizam e educam. Ao contrário da linguagem científica, que pode parecer abstrata e inacessível, a arte traduz a complexidade ecológica em imagens e experiências que dialogam diretamente com o cotidiano das pessoas. Santos (2019) demonstra que o uso de ilustrações científicas, fotografias e instalações artísticas em campanhas de educação ambiental tem aumentado significativamente o interesse e o envolvimento da comunidade, favorecendo a internalização dos conceitos e a adoção de comportamentos pró-ambientais.

Além disso, a arte ambiental atua como um espaço de resistência e crítica social. Em contextos de ameaça e degradação dos ecossistemas, como no caso dos rodolitos expostos aos impactos do aquecimento global e da acidificação oceânica, as expressões artísticas denunciam as consequências dessas mudanças e questionam práticas políticas e econômicas que comprometem a sustentabilidade. Andrade (2020) enfatiza que a arte pode ser um meio eficaz para desafiar discursos hegemônicos e incentivar a reflexão crítica sobre a relação entre sociedade e natureza, fortalecendo movimentos sociais e políticas públicas ambientais.

Outro fator que confere potência comunicativa à arte é sua capacidade de criar empatia e conexão afetiva. As representações visuais dos rodolitos, por exemplo, não apenas informam sobre sua estrutura e função, mas também despertam admiração pela beleza e complexidade do ecossistema marinho. Essa experiência estética é crucial para que o público desenvolva um sentimento de pertencimento e responsabilidade, elementos fundamentais para a efetivação de ações conservacionistas.

A comunicação mediada pela arte também facilita o diálogo intercultural e intergeracional, integrando saberes tradicionais, científicos e artísticos. Em regiões costeiras, como a Bahia, onde comunidades locais possuem conhecimentos empíricos profundos sobre o ambiente marinho, a arte promove a valorização desses saberes e sua incorporação a narrativas contemporâneas. Essa convergência fortalece o protagonismo das comunidades na gestão ambiental e amplia a legitimidade das iniciativas de conservação, conforme apontam Andrade (2020) e Santos (2019).

No âmbito das políticas públicas, o uso da arte como ferramenta de comunicação ambiental tem ganhado espaço crescente. Museus, centros culturais e instituições ambientais têm promovido exposições e projetos artísticos como estratégias de educação e mobilização social. Essas iniciativas, ao integrar arte e ciência, criam espaços públicos de diálogo e aprendizagem que ultrapassam o ambiente acadêmico, ampliando o alcance das mensagens e a participação cidadã.

Entretanto, o uso da arte na comunicação ambiental também exige reflexão crítica sobre suas limitações e desafios. A diversidade de linguagens artísticas e a multiplicidade de públicos exigem estratégias adaptadas e contextualizadas, que considerem as especificidades culturais, sociais e políticas dos diferentes grupos.

Além disso, a sustentabilidade dos projetos artísticos ambientais depende de investimentos contínuos e do reconhecimento institucional da sua importância. A fragmentação das iniciativas, muitas vezes vinculadas a recursos temporários ou a agendas específicas, dificulta a construção de processos duradouros de sensibilização e educação. Andrade (2020)

**No âmbito
das políticas
públicas, o uso
da arte como
ferramenta de
comunicação
ambiental tem
ganhado espaço
crescente.
Museus, centros
culturais e
instituições
ambientais
têm promovido
exposições
e projetos
artísticos como
estratégias
de educação
e mobilização
social**

**A arte como
ferramenta de
comunicação
para a
conservação dos
rodolitos e do
meio ambiente
marinho
apresenta
um potencial
transformador
que ultrapassa
a mera
transmissão de
informações**

ressalta que a consolidação dessas práticas demanda políticas integradas que articulem cultura, educação e meio ambiente, garantindo suporte técnico, financeiro e político.

Outro desafio refere-se à mensuração dos impactos da arte na conservação ambiental. Embora existam evidências qualitativas do seu potencial mobilizador, a quantificação dos resultados, em termos de mudanças comportamentais e políticas, ainda é um campo pouco explorado. Santos (2019) aponta que a avaliação do impacto social da arte ambiental necessita de metodologias interdisciplinares que integrem indicadores quantitativos e qualitativos, capazes de captar as múltiplas dimensões da comunicação e da sensibilização.

A arte como ferramenta de comunicação para a conservação dos rodolitos e do meio ambiente marinho apresenta um potencial transformador que ultrapassa a mera transmissão de informações. Sua capacidade de envolver emocionalmente, educar criticamente e mobilizar socialmente configura um recurso estratégico para enfrentar os desafios da crise ambiental global. Para tanto, é fundamental que essa dimensão seja incorporada de forma sistemática nas políticas ambientais e educacionais, reconhecendo a complementaridade entre ciência e arte na construção de sociedades sustentáveis.

CONCLUSÃO

A análise interdisciplinar dos rodolitos revela sua relevância ecológica, cultural e simbólica, destacando-os como ecossistemas essenciais ao equilíbrio costeiro, sobretudo pelo potencial de sequestro de carbono e suporte à biodiversidade. Ao serem traduzidos em representações artísticas, esses organismos ampliam a sensibilização socioambiental, permitindo que o conhecimento científico conecte-se com dimensões estéticas, culturais e políticas. Assim, os rodolitos deixam de ser apenas estruturas biológicas para se tornarem símbolos da interação entre ciência e sociedade.

Os resultados apontam que as consequências das mudanças climáticas, como a acidificação e o aquecimento oceânico, somadas à poluição e à sobrepesca, impõem riscos severos à integridade dos bancos de rodolitos. Diante disso, torna-se indispensável a formulação de políticas públicas integradas, que contemplem tanto evidências científicas quanto práticas culturais e artísticas, capazes de potencializar a comunicação e o engajamento social.

A pesquisa demonstra que a arte, ao mobilizar narrativas visuais e sensoriais, fortalece a consciência crítica e amplia o alcance das práticas

conservacionistas. Recomenda-se, portanto, maior apoio a iniciativas interdisciplinares, que unam universidades, centros culturais e comunidades locais. Essa convergência entre arte, ciência e educação ambiental constitui uma via promissora para promover sociedades mais sustentáveis e participativas.

Por fim, a conservação dos rodolitos demanda continuidade em pesquisas multidisciplinares e inovação em estratégias de comunicação, incluindo mídias digitais e espaços educativos. Investir na integração entre arte e ciência significa ampliar horizontes de sensibilização, fortalecer a justiça ambiental e contribuir para o desenvolvimento de uma cultura ecológica comprometida com o futuro das próximas gerações.

REFERÊNCIAS

AGYEMAN, Julian; BULLARD, Robert D.; EVANS, Bob (ed.). *Just sustainabilities: development in an unequal world*. Cambridge, MA: MIT Press, 2003.

AMADO FILHO, Gilberto M. *et al.* Rhodolith beds are major CaCO₃ bio-factories in the tropical South West Atlantic. *PLoS ONE*, [s. l.], v. 7, n. 4, 2012b. Disponível em: <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0035171#s1>. Acesso em: 4 nov. 2025.

ANDRADE, Mariana Costa de. *Arte e Ecologia: representações visuais e sensibilização socioambiental*. 2020. Dissertação (Mestrado em Artes Visuais) – Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2020.

BAHIA. Decreto nº 8553, de 05 de junho de 2003. Cria a Área de Proteção Ambiental - APA da Plataforma Continental do Litoral Norte, e dá outras providências. *Diário Oficial do Estado*, Salvador, 6 jun. 2003. Acesso em: 4 nov. 2025.

BARTHES, Roland. *Elementos de semiologia*. São Paulo: Cultrix, 2005.

BOURRIAUD, Nicolas. *Estética relacional*. São Paulo: Martins Fontes, 2002.

DENZIN, Norman K.; LINCOLN, Yvonna S. (org.). *O planejamento da pesquisa qualitativa: teorias e práticas*. Porto Alegre: Artmed, 2018.

DEWEY, John. *Arte como experiência*. São Paulo: Martins Fontes, 2005.

DIDI-HUBERMAN, Georges. *O que vemos, o que nos olha*. São Paulo: Editora 34, 2015.

FEELY, Richard A.; DONEY, Scott C.; COOLEY, Sarah R. Ocean acidification: present conditions and future changes in a high-CO₂ world. *Oceanography*, [s. l.], v. 22, n. 4, p. 36-47, 2010. Disponível em: https://tos.org/oceanography/assets/docs/22-4_feely.pdf. Acesso em: 4 nov. 2025.

FOSTER, Michael S. Rhodoliths: between rocks and soft places. *Journal of Phycology*, [s. l.], v. 37, n. 5, p. 659-667, Oct. 2001.

GABLIK, Suzi. *The Reenchantment of Art*. New York: Thames & Hudson, 1991.

GABRYS, Jennifer. *Program Earth: environmental sensing technology and the making of a computational planet*. Minneapolis: University of Minnesota Press, 2016. (Electronic Mediations, 49). Disponível em: https://www.jstor.org/stable/pdf/10.5749/j.ctt1b7x5gq.pdf?refreqid=fastly-default%3A063e00e8ec2ccd051bce12d61039a9b&ab_segments=&initiator=&acceptTC=1. Acesso em: 4 nov. 2025.

GUATTARI, Félix. *As três ecologias*. Campinas: Papirus, 1990.

INSTITUTO CHICO MENDES DE CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE. *Avaliação da ocorrência e vulnerabilidade dos bancos de rodolitos da costa brasileira*. Brasília: ICMbio, 2021.

INTERNATIONAL RENEWABLE ENERGY AGENCY; INTERNATIONAL LABOUR ORGANIZATION. *Renewable energy and jobs: annual review 2024*. Abu Dhabi: IRENA; Geneva: ILO, 2024. Disponível em: https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2024/Oct/IRENA_Renewable_energy_and_jobs_2024.pdf. Acesso em: 4 nov. 2025.

JAPIASSU, Hilton. *Interdisciplinaridade e patologia do saber*. Rio de Janeiro: Imago, 1976.

KESTER, Grant H. *The one and the many: contemporary collaborative art in a global context*. Durham: Duke University Press, 2011. Disponível em: <https://portoiracemadasartes.org.br/wp-content/uploads/2018/12/the-one-and-the-many.pdf>. Acesso em: 4 nov. 2025.

LATOUR, Bruno. *Onde aterrar? Como se orientar politicamente no Antropoceno*. Rio de Janeiro: Bazar do Tempo, 2018.

LEE, Hoesung et al. (ed.). *Climate change 2023: synthesis report*. Geneva: IPCC, 2023. Disponível em: https://www.ipcc.ch/report/ar6/syr/downloads/report/IPCC_AR6_SYR_FullVolume.pdf. Acesso em: 4 nov. 2025.

MARTINEZ-ALIER, Joan. *The environmentalism of the poor: a study of ecological conflicts and valuation*. Cheltenham: Edward Elgar, 2002.

MORIN, Edgar. *Introdução ao pensamento complexo*. 4. ed. Porto Alegre: Sulina, 2005.

NELSON, Wendy A. Calcified macroalgae: critical to coastal ecosystems and vulnerable to change: a review. *Marine and Freshwater Research*, [s. l.], v. 60, n. 8, p. 787-801, 2009.

NICOLESCU, Basarab. *O manifesto da transdisciplinaridade*. São Paulo: TRIOM, 2002.

PANOFSKY, Erwin. *Significado nas artes visuais*. São Paulo: Perspectiva, 1976.

ROLNIK, Suely. *Esferas da insurreição: notas para uma vida não cafetinada*. São Paulo: N-1 Edições, 2018.

Resumo

O presente artigo apresenta uma visão integrada da produção científica com autores do Brasil sobre Transição Energética Sustentável aliada à Bioeconomia (TES-Bio) no período entre 2019 e 2025. Por meio de uma revisão abrangente nas bases Scopus e Web of Science (WoS), combinada com a leitura sistemática dos 25 artigos selecionados, foram mapeadas as tendências temporais, os periódicos mais proeminentes e os focos temáticos. Observou-se uma taxa de crescimento anual composta de aproximadamente 41%, com concentração de 64% dos trabalhos no triênio 2023-2025, fenômeno associado à adoção dos programas RenovaBio e crédito CBIO e às Leis nº 14.948/2024 e nº 14.993/2024 (Brasil, 2024a, 2024b). Quatro vetores de governança emergem como decisivos: estabilidade legislativa, instrumentos de mercado, coerência multiescalar e risco macroeconômico ligado a minerais críticos. No plano tecnológico predominam três rotas convergentes: bioenergia avançada (*upgrading* de biogás, etanol 2G), biorrefinarias energia-materiais (BECCS/BTL) e hidrogênio verde integrado à expansão solar-eólica. As análises revelam ainda lacunas de justiça distributiva, incidentes de injustiça energética catalogados e hegemonia de avaliações de ciclo de vida com sub-representação de métricas sociais. Conclui-se que, embora a TES-Bio detenha elevado potencial de descarbonização e diversificação da matriz energética, sua efetividade depende de arcabouços regulatórios que aliem sinal econômico claro, salvaguardas socioambientais e gestão de risco sistêmico, indicando rumos para políticas e pesquisas futuras.

Palavras-chave: energia; transformação; economia verde.

Abstract

This article presents an integrated view of scientific production by Brazilian authors on Sustainable Energy Transition combined with Bioeconomy (TES-Bio) in the period between 2019 and 2025. Through a comprehensive review of the Scopus and Web of Science (WoS) databases, combined with a systematic reading of the 25 selected articles, temporal trends, the most prominent journals, and thematic focuses were mapped. A compound annual growth rate of approximately 41% was observed, with 64% of the works concentrated in the 2023-2025 triennium, a phenomenon associated with the adoption of the RenovaBio and CBIO credit programs and Laws No. 14,948/2024 and No. 14,993/2024 (Brazil, 2024a, 2024b). Four governance vectors emerge as decisive: legislative stability, market instruments, multiscale coherence, and macroeconomic risk linked to critical minerals. At the technological level, three converging routes predominate: advanced bioenergy (biogas upgrading, 2G ethanol), energy-materials biorefineries (BECCS/BTL), and green hydrogen integrated with solar-wind expansion. The analyses also reveal gaps in distributive justice, catalogued incidents of energy injustice, and the hegemony of life cycle assessments with underrepresentation of social metrics. It is concluded that, although TES-Bio has high potential for decarbonization and diversification of the energy matrix, its effectiveness depends on regulatory frameworks that combine clear economic signals, socio-environmental safeguards, and systemic risk management, indicating directions for future policies and research.

Keywords: energy; transformation; green economy.

Transição Energética Sustentável, governança, bioeconomia e dinâmicas de mercado: uma revisão integrada¹

WILLIAN MOURA DE AGUIAR

Doutor em Ecologia e Recursos Naturais pela Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro (UENF), mestre e graduado em Biologia pela Faculdade de Filosofia Ciências e Letras de Alegre (Fafia). Professor adjunto do Departamento de Ciências Biológicas da Universidade Estadual de Feira de Santana (UEFS), coordenador do Programa de Pós-Graduação em Modelagem em Ciências da Terra e do Ambiente. <https://orcid.org/0000-0002-2825-8623>. willianaguiar@uefs.br

RODRIGO NOGUEIRA VASCONCELOS

Doutor em Ecologia e mestre em Ecologia e Biomonitoramento pela Universidade Federal da Bahia (UFBA), pós-doutor pela Universidade Estadual de Feira de Santana (UEFS), graduado em Ciências Biológicas pela Universidade Católica do Salvador (UCSal). Professor visitante do Departamento de Ciências Exatas da UEFS, professor permanente no Programa de Pós-Graduação em Modelagem em Ciências da Terra e do Ambiente. <https://orcid.org/0000-0002-1368-6721>. rnuvufspgpm@gmail.com

WASHINGTON DE JESUS SANT'ANNA DA FRANCA ROCHA

Doutor em Geologia pela Universidade Federal da Bahia (UFBA), pós-doutor na University of Twente's Faculty of Geo-Information Science and Earth Observation (ITC), mestre em Geologia Econômica e graduado em Geologia pela UFBA. Professor titular da Universidade Estadual de Feira de Santana (UEFS), coordenador da Agência de Inovação Inova-UEFS e professor permanente no Programa de Pós-Graduação em Modelagem em Ciências da Terra e do Ambiente. <https://orcid.org/0000-0002-2175-2792>. wrocha@uefs.br

doi.org/10.56839/bd.v35i2.a20

A DEGRADAÇÃO AMBIENTAL e a exclusão

social impõem a reconfiguração dos sistemas energéticos, demandando soluções que conciliem redução de emissões, contenção do consumo de energia e uma distribuição equitativa de custos e benefícios (Newell; Phillips; Mulvaney, 2020; Sovacool; Dworkin, 2015). A bioeconomia surge como eixo estratégico nesse cenário, ao substituir insumos fósseis por recursos biológicos renováveis, ampliando as possibilidades de criação de valor econômico sem ultrapassar os limites ecológicos (Aronoff *et al.*, 2019; Bugge;

- 1 Este trabalho contou com financiamento do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e do Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI), por meio do edital CNPq/MCTI nº 441271/2023-5 *Presente, passado e futuro da Biodiversidade do Semiárido: inventários, monitoramento, impacto das mudanças climáticas e implicações para o uso e conservação da flora, fauna e fungos*. Financiamento adicional foi concedido pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado da Bahia (Fapesb), no âmbito do programa Biorecursos, Hidrorecursos e Sustentabilidade Ambiental na Bahia, por meio do Programa de Pós-Graduação em Modelagem em Ciências da Terra e do Ambiente, Edital nº 38/2022, Termo de Cooperação Técnica nº 294/2023 e Termo de Outorga nº PPF0003/2023, T.C.P. (bolsa #380742/2024-1) agradece ao CNPq/MCTI pela bolsa de pesquisa. W.J.F.R. foi apoiado por bolsa de produtividade do CNPq (Processo #314954/2021-0) e pelo projeto Prospecta 4.0 - CNPq (Processo #407907/2022-0). R.N.V. e W.S.F.R. receberam apoio do INCT IN-TREE para Tecnologia em Estudos Interdisciplinares e Transdisciplinares em Ecologia e Evolução (CNPq (408930/2024-1), CAPES (88887.195651/2025-00), and FAPESP) e da subvenção do WRI à WRI Brasil (nº 73054) vinculada à plataforma Land and Carbon Lab.

A dimensão espacial das políticas biobaseadas envolvendo uso da terra, gestão de recursos e desenvolvimento regional requer integração a estratégias de ordenamento para minimizar conflitos, otimizar serviços ecossistêmicos e incorporar o conhecimento local na tomada de decisão

Hansen; Klitkou, 2016; D'Amato *et al.*, 2017; Grin; Rotmans; Schot, 2010). Entretanto, tanto a transição energética quanto a expansão de cadeias biobaseadas somente se materializarão de forma inclusiva se princípios de justiça distributiva, procedimental e reconstrutiva estiverem incorporados desde o planejamento até a implementação, prevenindo a reprodução de assimetrias históricas (Heffron; McCauley, 2017).

Do ponto de vista da gestão territorial, voltada à implementação da bioeconomia no âmbito da transição energética sustentável, um arcabouço regulatório consistente deve articular metas climáticas internacionais, instrumentos fiscais híbridos, salvaguardas ambientais e participação social em múltiplas escalas, garantindo que direitos territoriais e mecanismos de mercado coexistam sem criar novos vetores de vulnerabilidade (European Commission, 2019; Geels; Schot, 2010; Germany, 2015; Hafner; Tagliapietra, 2020; Sovacool; Dworkin, 2015).

A dimensão espacial das políticas biobaseadas envolvendo uso da terra, gestão de recursos e desenvolvimento regional requer integração a estratégias de ordenamento para minimizar conflitos, otimizar serviços ecossistêmicos e incorporar o conhecimento local na tomada de decisão (Dietz *et al.*, 2018). Paralelamente, avaliações de impacto precisam identificar efeitos cumulativos sobre biodiversidade, mercados de trabalho e coesão social, garantindo que a transição resulte em ganhos líquidos de bem-estar (Markard, 2018; Meadowcroft, 2011; Newell; Phillips; Mulvaney, 2020).

O progresso tecnológico oferece novos vetores de competitividade. Redes elétricas inteligentes, biorrefinarias modulares e plataformas digitais de dados abertos reduzem custos transacionais e incrementam a eficiência das cadeias de valor, conectando setores de energia, agricultura e indústria em arranjos circulares resilientes (Pfau *et al.*, 2014; Schütte, 2018; Staffas; Gustavsson; McCormick, 2013; Vakulchuk; Overland; Scholten, 2020).

A rápida queda nos preços das tecnologias renováveis, frequentemente combinada com o avanço das soluções em biotecnologias de conversão, abre espaço para portfólios energéticos diversificados que elevam a segurança no suprimento e reduzem a dependência de combustíveis fósseis. Ainda assim, a consolidação de mercados biobaseados exige transparência nas cadeias de custódia, mitigação de barreiras tarifárias e esquemas de financiamento que internalizem benefícios climáticos e sociais (Birner, 2018; McCormick; Kautto, 2013).

A convergência entre bioeconomia e transição energética não é apenas técnica ou econômica, mas também política e cultural: envolve redefinir a relação sociedade-natureza, reconhecer serviços ecossistêmicos como

ativos estratégicos e promover conjuntamente inovação social e tecnológica (Giampietro, 2019; Vivien *et al.*, 2019). À medida que governos nacionais e organizações internacionais adotam estratégias de bioeconomia, documentos políticos indicam que, até o início de 2022, o debate científico havia avançado para temas interdisciplinares, como métricas de sustentabilidade, governança adaptativa e limites planetários (Hausknost *et al.*, 2017; McCormick; Kautto, 2013).

Diante desse contexto, a presente revisão mapeia a interseção entre transição energética e bioeconomia, identificando possíveis vetores regulatórios, arranjos institucionais, avanços tecnológicos e dinâmicas de mercado que determinam o ritmo e a direção dessa dupla transformação.

Para consolidar o estado da arte e orientar futuras agendas de pesquisa, o estudo foi estruturado em torno das questões norteadoras a seguir: 1) quais políticas, mecanismos de governança e fundamentos econômicos, que despontam como determinantes para viabilizar ou limitar a Transição Energética Sustentável (TES), são relatados na literatura?; 2) quais implicações sociais e ambientais da TES são relatadas na literatura e por meio de quais métricas ou abordagens metodológicas são avaliadas?; 3) quais tecnologias emergentes e requisitos de infraestrutura são considerados essenciais, e quais desafios técnicos e soluções são discutidos para a implementação da TES em larga escala?; e 4) como a TES reconfigura as dinâmicas de mercado e a segurança energética, contemplando oferta, demanda e competitividade global?

MATERIAL E MÉTODOS

O presente estudo adotou um protocolo metodológico integrado, que combina duas abordagens de revisão da literatura: bibliométrica com descritores qualitativos e quantitativos e elementos da revisão sistemática, a partir da análise e extração de padrões associados aos artigos revisados.

As bases Scopus e Web of Science (WoS) foram escolhidas devido à abrangência multidisciplinar e ao rigor na indexação. Em seguida, foram definidos os termos semânticos centrais à convergência entre bioeconomia e transição energética, a partir de estratégias de busca que abarcaram artigos de periódicos, restringindo-se o recorte temporal até 4 de julho de 2024 e considerando a presença de pesquisadores brasileiros associados às afiliações institucionais.

O Quadro 1 representa as questões complementares, a serem abordadas nos métodos e nos resultados.

Diante desse contexto, a presente revisão mapeia a interseção entre transição energética e bioeconomia, identificando possíveis vetores regulatórios, arranjos institucionais, avanços tecnológicos e dinâmicas de mercado que determinam o ritmo e a direção dessa dupla transformação

Quadro 1

Resumo das conexões entre pesquisas, fontes de dados e métodos analíticos utilizados neste estudo

Questões	Análises	Dados
1. Quais as tendências de produção científica?	Estatísticas gerais	Todos os artigos retornados
2. Quais os periódicos que se destacam?	Estatísticas gerais	Todos os artigos retornados
3. Quais os autores que mais se destacam na produção científica?	Estatísticas gerais	Todos os artigos retornados
4. É possível identificar quais políticas, mecanismos de governança e fundamentos econômicos o artigo identifica como determinantes para viabilizar ou limitar a Transição Energética Sustentável?	Leitura dos artigos Estatísticas gerais	Todos os artigos retornados
5. Os estudos descrevem quais as principais implicações sociais e ambientais da Transição Energética Sustentável, e por meio de quais métricas ou abordagens são avaliadas?	Leitura dos artigos Estatísticas gerais	Todos os artigos retornados
6. Os estudos descrevem quais são as tecnologias e os requisitos de infraestrutura necessários para a Transição Energética Sustentável, e quais desafios e soluções associados são discutidos?	Leitura dos artigos Estatísticas gerais	Todos os artigos retornados
7. É possível identificar nos estudos os efeitos da Transição Energética Sustentável sobre as dinâmicas de mercado e a segurança energética, incluindo oferta, demanda e competitividade?	Leitura dos artigos Estatísticas gerais	Todos os artigos retornados

Fonte: elaboração própria (2025).

O conjunto dos artigos recuperados a partir de uma pesquisa geral passou por triagem manual em duas etapas: leitura de títulos e resumos, complementada por uma leitura integral do texto quando necessário, ou sempre que a pertinência não estava clara. O fluxo geral encontra-se resumido na Figura 1. Cada etapa será detalhada nas seções seguintes.

Figura 1

Representação do processo de pesquisa, destacando o fluxo lógico da coleta de dados para análise e interpretação



Fonte: elaboração própria (2025).

Base de dados

Para assegurar uma cobertura mais abrangente da produção científica sobre transição energética e bioeconomia, esta revisão recorreu simultaneamente às bases Scopus e Web of Science. Lançada pela Elsevier em 2004, a Scopus reúne dezenas de milhares de periódicos revisados por pares e centenas de milhões de registros, oferecendo indicadores de citação retroativos a meados da década de 1990. Sua interface web permite consultas simples e avançadas, filtros refinados e exportação de metadados, o que acelera a recuperação de informações e fornece um panorama consistente das tendências globais de pesquisa (Elsevier, 2024).

Complementarmente, a Web of Science, mantida pela Clarivate Analytics, agrega vários índices de citação (Science Citation Index Expanded, Social Sciences Citation Index, Arts & Humanities Citation Index, entre outros), integrando diferentes áreas do conhecimento em um único ambiente (Liu, 2019). A combinação dessas bases resulta em um conjunto robusto de referências, adequado a análises bibliométricas comparativas e a estudos de interseção temática, como os que envolvem governança da transição energética e dinâmicas de mercado da bioeconomia.

Estratégia de busca

Para identificar de forma abrangente a produção científica sobre a convergência entre Transição Energética Sustentável e Bioeconomia (TES-Bio), foi elaborada uma estratégia de busca que combina termos-chave específicos, frases articuladas e operadores booleanos, assegurando alta precisão e relevância dos resultados. A construção dessa consulta partiu da identificação de termos padronizados, seguida do encadeamento lógico de operadores booleanos, permitindo acessar de forma abrangente diferentes perspectivas da literatura associadas às questões da pesquisa.

Na base Scopus, a expressão adotada foi TITLE-ABS-KEY (“energy transitions” OR “energy shift” OR “transition to renewable energy” OR “energy transformation” OR “sustainable energy transition” OR “energy system change”) AND (“bioeconomy” OR “biobased economy” OR “bio-based economy” OR “biological economy” OR “green economy” OR “biomass economy”) AND AFFILCOUNTRY (“Brazil”) AND (DOCTYPE (ar) OR DOCTYPE (pr)) AND (LIMIT-TO (AFFILCOUNTRY, “Brazil”)). Essa formulação focaliza estudos revisados por pares que discutem, sob diferentes enfoques, os fatores regulatórios, institucionais, tecnológicos e mercadológicos associados à TES no contexto brasileiro.

Para garantir consistência entre plataformas, a pesquisa foi ajustada ao formato da Web of Science utilizando a seguinte sintaxe: TS = ((“energy transitions” OR “energy shift” OR “transition to renewable energy” OR

Para assegurar
uma cobertura
mais
abrangente
da produção
científica sobre
transição
energética e
bioeconomia,
esta revisão
recorreu simul-
taneamente às
bases Scopus e
Web of Science

Na definição das estratégias de busca nas bases científicas, optou-se pela construção de *query strings* que recuperassem, prioritariamente, estudos assinados por autores afiliados a instituições brasileiras

“energy transformation” OR “sustainable energy transition” OR “energy system change”) AND (“bioeconomy” OR “biobased economy” OR “bio-based economy” OR “biological economy” OR “green economy” OR “biomass economy”)) AND CU = Brazil AND (DT = Article OR DT = Preprint). A equivalência entre campos (TS para tópico, CU para país de afiliação e DT para tipo documental) assegurou comparabilidade entre os resultados provenientes das duas bases.

Com essas expressões, foi possível isolar a literatura que aborda políticas públicas, métricas socioambientais, inovações tecnológicas e transformações de mercado ligadas à Transição Energética Sustentável e Bioeconomia (TES-Bio). A recuperação dessas referências constitui o alicerce empírico da revisão, permitindo uma análise sistemática e bibliométrica robusta sobre o estado da arte e as lacunas de pesquisa nesse domínio.

Na definição das estratégias de busca nas bases científicas, optou-se pela construção de *query strings* que recuperassem, prioritariamente, estudos assinados por autores afiliados a instituições brasileiras. Essa delimitação assegurou que a amostra refletisse as particularidades socioeconômicas, tecnológicas e institucionais do país, possibilitando descrever os padrões de produção científica nacionais em transição energética sustentável, bioeconomia, governança e dinâmicas de mercado. Dessa forma, mapeou-se a contribuição de autores afiliados a instituições brasileiras, identificando lacunas de conhecimento e gerando subsídios robustos para a formulação de políticas públicas alinhadas às necessidades e oportunidades do Brasil.

Ferramentas de processamento e visualização

A etapa analítica foi organizada em dois blocos complementares. No primeiro, realizou-se um exame bibliométrico da literatura sobre Transição Energética Sustentável e Bioeconomia (TES-Bio), identificando a evolução temporal da produção, as fontes mais influentes e os autores de maior destaque. Para isso, utilizaram-se integralmente os registros obtidos após a triagem e a fusão dos resultados provenientes das bases Scopus e Web of Science.

O segundo bloco envolveu uma leitura sistemática de todos os artigos retornados. Cada documento foi examinado na íntegra, garantindo a extração das informações presentes na Tabela 1. Registraram-se, entre outros aspectos, os instrumentos de política e governança analisados, as métricas socioambientais empregadas, as tecnologias emergentes e os requisitos de infraestrutura discutidos, bem como os efeitos relatados sobre dinâmicas de mercado e segurança energética.

As estatísticas descritivas, as séries temporais de produtividade e a identificação de documentos mais citados foram geradas com o pacote Bibliometrix (versão 3.1.4) (Aria; Cuccurullo, 2017) em R 4.0.4 (R Foundation, 2024), utilizando-se o ambiente RStudio 1.4.1106 (RStudio, 2020) e gráficos produzidos com ggplot2 3.3.5. (Wickham, 2016).

RESULTADOS

Padrões de publicações

O levantamento revelou 25 documentos sobre Transição Energética Sustentável e Bioeconomia (TES-Bio) indexados entre 2019 e 2025. A evolução anual permite distinguir quatro estágios, cada qual associado a um padrão específico de crescimento (Quadro 2).

Quadro 2

Informações gerais extraídas dos 25 artigos obtidos do conjunto de dados inicial

Período	2019:2025
Periódicos	22
Documentos	25
Taxa de crescimento anual %	41,42
Idade média dos documentos	1,96
Média de citações por documento	8,48
Número de autores	118
Autores únicos por autoria	3
Média de coautores por documento	4,84
Coautoria internacional	4

Fonte: elaboração própria (2025).

No período 2019-2020, registrou-se apenas um artigo por ano (acumulado = dois) correspondendo a 8% de toda a produção analisada. A atividade restrita sugere que a TES-Bio ainda não figurava como fronteira de pesquisa consolidada.

A fase 2021-2022 marcou a primeira mudança estrutural: publicaram-se quatro trabalhos em 2021 e três em 2022, elevando o estoque para nove. Esse conjunto representa 28%, com incremento absoluto de +300% entre 2020 e 2021. O ritmo médio de produção passou de um para cerca de 3,5 artigos/ano, indicando entrada de novos grupos e diversificação temática.

Em 2023 ocorreu uma expansão: cinco artigos adicionais elevaram o acumulado para 14, um salto de +67% em relação a 2022. Sozinho, o ano de 2023 concentrou 20% de todos os estudos recuperados, sinalizando

alinhamento com marcos regulatórios globais e maior disponibilidade de financiamentos voltados à descarbonização de cadeias produtivas.

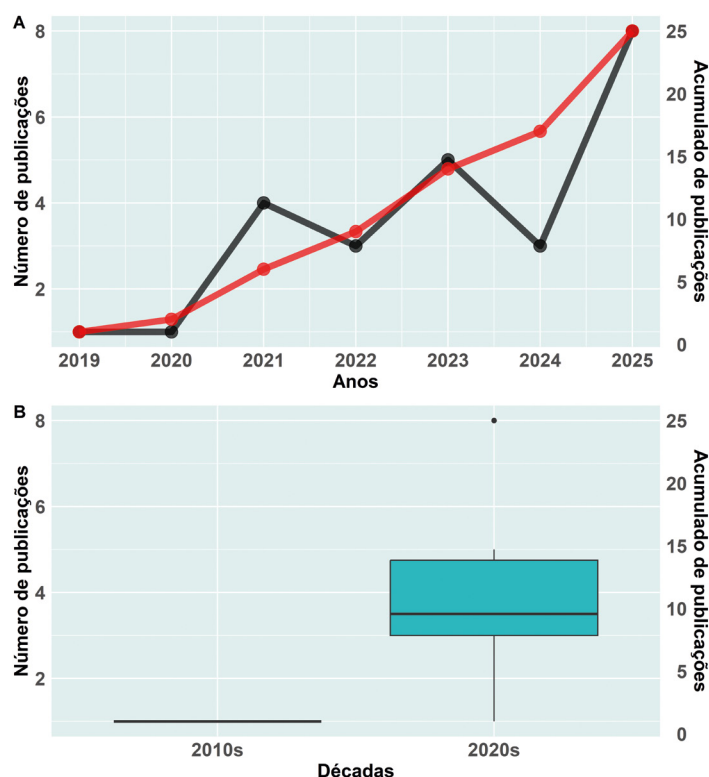
Já o ano de 2024 registrou três documentos (acumulado = 17), configurando uma oscilação conjuntural de 40% ante 2023. A retração, contudo, mostrou-se transitória: em 2025 o volume voltou a crescer, atingindo oito publicações, o maior patamar anual da série, impulsionando o total de artigos para 25. Esse último salto representa +167% sobre 2024 e 32% do total, refletindo a consolidação definitiva do tema e o amadurecimento das redes colaborativas interdisciplinares que o investigam.

Considerando todo o intervalo de sete anos, a produção média foi de aproximadamente 3,6 artigos/ano, sendo que a taxa de crescimento anual composta (CAGR) de 2019 a 2025 atingiu cerca de 41%, evidenciando difusão rápida do tópico. Observa-se ainda que 64% dos estudos (16/25) concentram-se no triênio mais recente (2023-2025), indicador de que a TES-Bio evoluiu de nicho emergente para agenda central em política energética, inovação tecnológica e reconfiguração de mercados.

Figura 2

A – Taxa de crescimento anual das publicações sobre TES-Bio (curva preta, eixo y à esquerda) comparada ao crescimento anual acumulado (curva vermelha, eixo y à direita) da base de dados (2019-2025)

B – A produção é apresentada por décadas, com cada cor representando uma década diferente



A análise das estatísticas de crescimento das publicações sobre Transição Energética Sustentável e Bioeconomia (TES-Bio) no intervalo 2019-2025 revela um padrão claramente ascendente

A análise das estatísticas de crescimento das publicações sobre Transição Energética Sustentável e Bioeconomia (TES-Bio) no intervalo 2019-2025 revela um padrão claramente ascendente. Partindo de apenas um artigo em 2019 e outro em 2020, o campo registrou sucessivos avanços até atingir oito publicações em 2025, resultando numa taxa média de crescimento anual de 41,42%. Esse valor indica que o ritmo de produção praticamente dobrou a cada dois anos, com aceleração mais nítida a partir de 2023.

O aumento na produção veio acompanhado de maior mobilização de pesquisadores: 118 autores assinam os 25 documentos mapeados. Embora haja espaço para contribuições individuais, identificaram-se apenas três artigos de autoria única, sendo que a colaboração domina a dinâmica do campo, refletida em uma média de 4,84 coautores por trabalho. Esse índice denota esforços de pesquisa cada vez mais coletivos e interdisciplinares, ainda que a colaboração internacional permaneça modesta (4% das assinaturas), aspecto que sugere oportunidades para ampliar parcerias transnacionais.

Do ponto de vista do impacto, cada artigo recebe, em média, 8,48 citações, apesar da idade média de apenas 1,96 ano dos documentos, evidenciando uma breve difusão dos resultados e interesse crescente da comunidade científica. O corpo bibliográfico analisado distribui-se por 22 periódicos, sinalizando diversidade de canais editoriais e potencial de alcance em múltiplos domínios do conhecimento relacionados à governança da transição energética e às dinâmicas de mercado da bioeconomia.

Padrões de citação da literatura

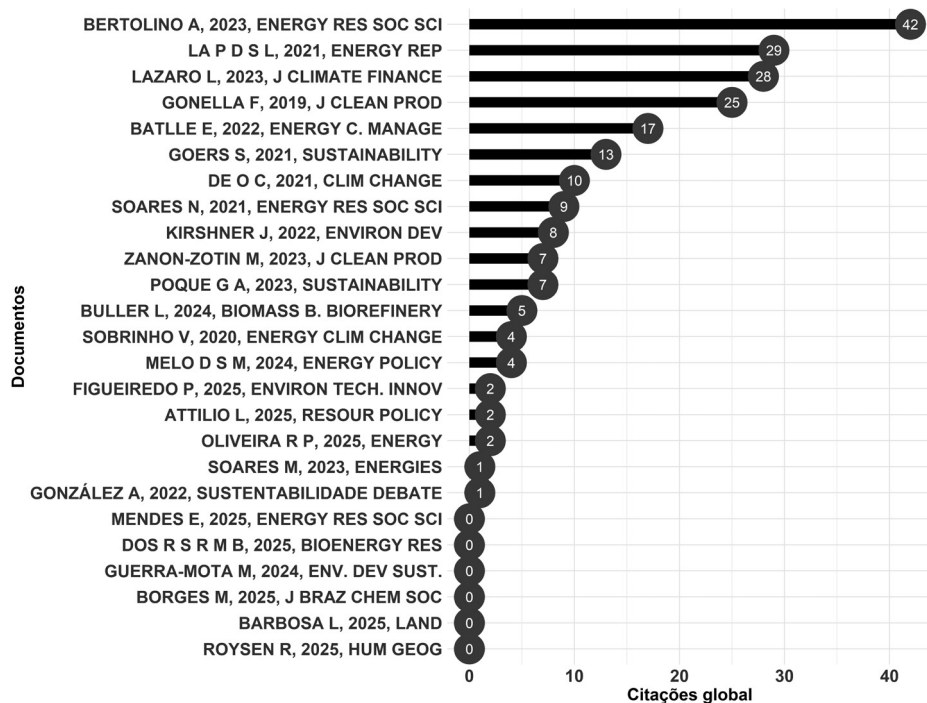
A análise dos artigos mais citados em Transição Energética Sustentável e Bioeconomia (TES-Bio) indica um núcleo de estudos que tem moldado o debate recente (Figura 3). O trabalho de Bertolino *et al.* (2023) lidera o *ranking* com 42 citações, destacando-se como referência central para investigações sociotécnicas sobre transição energética. Em seguida aparecem Souza *et al.* (2021) com 29 citações, Lazaro *et al.* (2023) com 28 e Gonella *et al.* (2019) com 25, sinalizando o crescente peso de pesquisas que integram finanças climáticas, produção mais limpa e métricas de desempenho.

Ainda conforme a Figura 3, entre os dez artigos mais influentes, o número médio de citações é 18,8, variando de sete a 42, o que evidencia dispersão moderada de impacto dentro do próprio grupo de elite. A distribuição temporal desses dez trabalhos concentra-se em quatro anos-chave: 2019 (um estudo), 2021 (quatro), 2022 (dois) e 2023 (três). A presença dos estudos de 2021 e 2023 reflete o avanço das agendas de descarbonização e o fortalecimento de políticas e mercados voltados à bioeconomia (Figura 3).

Até 2025, os 25 artigos publicados apresentaram uma média de 8,48 citações por documento, no entanto o impacto é assimétrico: apenas quatro estudos superaram a barreira de 25 citações, enquanto seis trabalhos publicados entre 2024 e 2025 ainda não receberam citações. Esse padrão sugere que a área continua em expansão, embora seja inicial, com artigos recentes aguardando tempo de maturação para gerar influência mensurável (Figura 3).

Além da variação de citações, observa-se ampla diversificação de periódicos: *Energy Research & Social Science*, *Journal of Climate Finance*, *Journal of Cleaner Production* e *Energy Conversion and Management* figuram entre os veículos que acolhem pesquisas de alto impacto, refletindo o caráter transversal da TES-Bio, que abrange desde eficiência energética e finanças climáticas até análises sociopolíticas da transição.

Figura 3
Artigos mais citados no domínio TES-Bio



Fonte: elaboração própria (2025).

Nota: os círculos à direita indicam o total de citações de cada estudo.

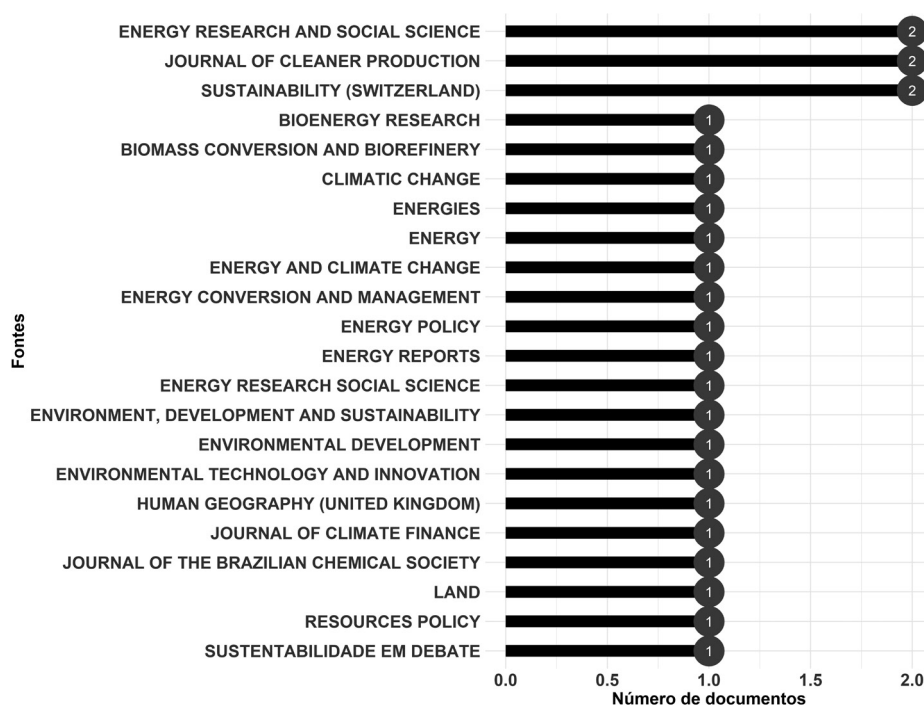
No tocante ao amadurecimento temático, estudos de 2021-2022 enfatizam a avaliação de políticas e métricas de sustentabilidade, enquanto os de 2023 integram discussões sobre governança socioambiental e justiça energética. Já os artigos de 2024-2025 apontam tendências emergentes em biorrefinarias e inovação tecnológica, ainda carecendo de tempo para acumular citações expressivas (Figura 3).

Periódicos mais relevantes

Os veículos que publicam artigos sobre Transição Energética Sustentável e Bioeconomia (TES-Bio) são heterogêneos, mas alguns padrões emergem quando os periódicos são agrupados por escopo temático e frequência de publicações. Três títulos concentram ligeira vantagem quantitativa – *Energy Research and Social Science*, *Journal of Cleaner Production* e *Sustainability (Switzerland)* –, com duas publicações cada, o que lhes confere posição de referência para estudos que articulam governança sociotécnica, inovações de produção mais limpa e métricas de sustentabilidade (Figura 4). Cada um desses periódicos responde por cerca de 8% da amostra (2/25), e, juntos, somam 24% de toda a produção.

Figura 4

Periódicos mais influentes da TES-Bio, de acordo com o número total de citações



Fonte: elaboração própria (2025).

Nota: a contagem de citações de cada artigo é indicada por círculos no lado direito.

O núcleo restante distribui-se por 19 periódicos com um artigo cada (em torno de 4% individualmente), refletindo a natureza transversal da TES-Bio. Entre eles destacam-se os periódicos *Energy Policy*, *Climatic Change*, *Energy Conversion and Management* que ancoram debates sobre regulação e cenários de descarbonização. Revistas específicas, como *Bioenergy Research* e *Biomass Conversion and Biorefinery*, evidenciam o interesse crescente em rotas bioquímicas e biotecnológicas para produção de energia renovável, enquanto o *Journal of Climate Finance* indica

Essa diversidade confirma que a TES-Bio agrega perspectivas das ciências exatas, engenharias, ciências sociais e economia ambiental, um atributo fundamental para enfrentar a complexidade dos desafios energéticos contemporâneos

o avanço de investigações sobre mecanismos financeiros e riscos de investimento associados à transição energética.

Observa-se ainda a presença de periódicos voltados a dimensões socioambientais (*Human Geography, Resources Policy, Sustentabilidade em Debate*) e a tecnologias emergentes (*Environmental Technology and Innovation*). Essa diversidade confirma que a TES-Bio agrega perspectivas das ciências exatas, engenharias, ciências sociais e economia ambiental, um atributo fundamental para enfrentar a complexidade dos desafios energéticos contemporâneos (Figura 4).

Considerando-se apenas os dez periódicos mais produtivos (Figura 4), o total de artigos atinge 13 (em torno de 52% da amostra). A média é de 1,3 artigo por periódico, parâmetro típico de áreas em consolidação.

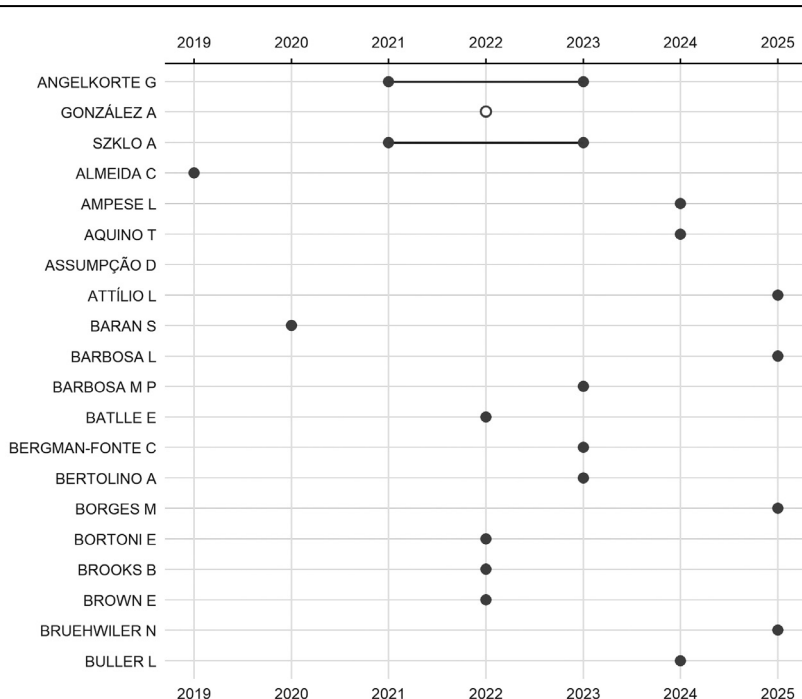
Contribuição dos autores ao longo do tempo

A Figura 5 ilustra a dinâmica temporal dos autores que contribuíram para a literatura sobre Transição Energética Sustentável e Bioeconomia (TES-Bio) entre 2019 e 2025. O diâmetro dos círculos indica o número de artigos publicados por ano, e as cores indicam o número de citações de cada pesquisador.

Destacam-se, inicialmente, autores com impacto concentrado em uma única publicação. Nesse grupo, Bertolino *et al.* (2023) e Gonella *et al.* (2019) configuram verdadeiros pontos de inflexão no debate científico. Embora cada um apresente apenas um artigo no período analisado, Gonella *et al.* (2019) acumula 28 citações, enquanto Bertolino *et al.* (2019) alcança 50 citações, evidenciando elevada repercussão imediata (Figura 5). Esse padrão é típico de trabalhos que se tornam rapidamente referenciais, frequentemente utilizados como base conceitual e metodológica para estudos subsequentes relacionados à governança sociotécnica, avaliação de políticas públicas e estratégias de descarbonização.

Um segundo eixo de destaque concentra-se em 2022, ano marcado por contribuições relevantes associadas à eficiência energética e à integração de fontes renováveis. Batlle *et al.* (2022) obtêm 18 citações, enquanto Kirshner *et al.* (2022) registram 9 citações, reforçando a importância de estudos voltados à modelagem de sistemas energéticos e à otimização do uso de recursos. Ainda nesse contexto, Poque González (2022) apresenta uma publicação com 2 citações, indicando uma contribuição mais recente e especializada, com potencial de crescimento futuro, especialmente no campo dos indicadores de sustentabilidade.

Figura 5
Dinâmica da produção dos autores



Fonte: elaboração própria (2025).

Nota: No eixo x estão os anos e no eixo y, os autores. Cada círculo indica a ocorrência de publicação do autor no respectivo ano; o tamanho do círculo representa o número de artigos publicados naquele ano (Artigos). As cores representam faixas do total de citações (TC), conforme a legenda: 0, 1-10 e 11-50 citações.

Observa-se também um padrão bianual de produção científica associado a autores que garantem visibilidade contínua ao longo do tempo. Soares, Gava e Oliveira (2021), com 12 citações, e Goers *et al.* (2021), com 16 citações, figuram como exemplos de pesquisadores cuja produção sustenta debates estruturais sobre planejamento energético e transições justas. De modo semelhante, Lazaro *et al.* (2023) e Souza *et al.* (2021) alcançam 37 e 33 citações, respectivamente, consolidando linhas de pesquisa relacionadas à bioeconomia, inovação tecnológica e justiça socioambiental. Esses autores atuam como elos integradores, conectando dimensões políticas, econômicas e tecnológicas, o que favorece a interdisciplinaridade do campo TES-Bio. Por fim, identifica-se um conjunto de novos entrantes entre 2024 e 2025, cujo impacto ainda é incipiente (Figura 5), mas que aponta para rotas emergentes de investigação. Pesquisadores como Buller *et al.* (2024), com 4 citações, Santos *et al.* (2024), com 9 citações, e Attilio (2025), com 5 citações, fortalecem agendas associadas a biorrefinarias avançadas, armazenamento de energia e políticas regionais de neutralidade de carbono. Outros autores, como Borges e Luz (2025), Figueiredo (2025) e Mendes, Sampaio e Colaço (2025), ainda não apresentam impacto significativo em termos de citações, o que é esperado dado o curto intervalo entre publicação e contabilização de impacto bibliométrico.

Consolida-se uma macro-economia de insumos críticos, na qual a volatilidade de lítio e cobalto passou a amplificar pressões inflacionárias e riscos geopolíticos

Tendências das publicações

A análise dos 25 artigos revela que a Transição Energética Sustentável e a Bioeconomia (TES-Bio) apoiam-se, sobretudo, em quatro eixos institucionais interligados. O primeiro deles são os marcos legislativos com sinalização de longo prazo, exemplificados pelo RenovaBio e pelas Leis nº 14.948/2024 e nº 14.993/2024 (Brasil, 2024a, 2024b). Esses marcos criam pacotes de incentivos que integram metas climáticas e créditos de descarbonização, impulsionando biogás e biometano (Borges; Luz, 2025). O segundo eixo são os instrumentos de mercado articulados a uma governança multiescalar, como leilões de energia sustentados pelo Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES) e os créditos CBIO. Esses instrumentos viabilizam novos investimentos, embora exijam taxonomias ESG robustas para evitar *greenwashing* (Lazaro *et al.*, 2023; Soares; Gava; Oliveira, 2021). O terceiro relaciona-se à persistência de assimetrias distributivas: corredores logísticos e acordos de livre-comércio favorecem processos de *green grabbing*, transferindo custos socioambientais às populações rurais (Barbosa; Nóbrega, 2025), enquanto subsídios desiguais ao biogás concentram 230 incidentes de injustiça energética mapeados no Brasil (Bertolino *et al.*, 2023). Por fim, consolida-se uma macroeconomia de insumos críticos, na qual a volatilidade de lítio e cobalto passou a amplificar pressões inflacionárias e riscos geopolíticos (Attílio, 2025; Poque González, 2022).

Quanto às implicações ambientais e sociais, predominam as Avaliações de Ciclo de Vida (*cradle-to-gate* ou *well-to-wheel*) que reportam reduções nas emissões fósseis em rotas como etanol-desidratação etileno (Zanon-Zotin *et al.*, 2023) e até 80% em biorrefinarias de cana e palma (Batlle *et al.*, 2022). Quadros de justiça energética procedimental, distributiva e de reconhecimento descrevem falhas de coerência nos Planos de Transição Justa (Mendes; Sampaio; Collaço, 2025) e conflitos acerca de renováveis do Chile e do Brasil (Poque González *et al.*, 2023). Inventários de incidentes (EJAtlas) complementam a mensuração de desigualdades, enquanto modelos macroeconômicos GVAR detalham como choques de preço de minerais repercutem sobre o Produto Interno Bruto (PIB) e a inflação (Attílio, 2025).

Do ponto de vista tecnológico, destaca-se um portfólio heterogêneo organizado em três blocos convergentes. O primeiro inclui bioenergia avançada e biorrefino: *upgrading* de biogás via PSA, membranas ou HPWS, torrefação de resíduos agrícolas e produção de etanol de segunda geração, processos ainda limitados por remoção de contaminantes, *Capital Expenditure* (CAPEX) elevado e logística de biomassa fragmentada (Borges; Luz, 2025; Kirshner *et al.*, 2022; Rodrigues *et al.*, 2025). O segundo bloco reúne rotas integradas energia-materiais, como biorrefinarias BECCS/BTL, com captura de dióxido de carbono (CO₂) e coprodução

de bioplásticos, que enfrentam o “trilema da biomassa” ao competir por terra, energia e matérias-primas (Oliveira *et al.*, 2021). O terceiro bloco abrange hidrogênio verde e renovável em larga escala, cuja expansão no Nordeste brasileiro esbarra em gargalos de transmissão e licenciamento social (Mendes; Sampaio; Collaço, 2025; Soares; Gava; Oliveira, 2021). Estratégias como plantas modulares, cadeias logísticas regionais, coprocessamento e captura de carbono emergem como soluções recorrentes.

Essas transformações tecnológicas e regulatórias reconfiguram os mercados de energia: biometano e bioeletricidade tornam-se recursos de balanço para amenizar a intermitência de energia solar e vento (Borges; Luz, 2025; Soares *et al.*, 2023); a cadeia eólica nacional já responde por 9% da capacidade instalada e sustenta um *cluster* com cerca de mil fornecedores (Soares; Gava; Oliveira, 2021); créditos de carbono setoriais atraem capital, mas a volatilidade de preços e a falta de padrões ameaçam sua credibilidade (Lazaro *et al.*, 2023); e o entrelaçamento entre petróleo e minerais críticos potencializa choques macroeconômicos que podem minar ganhos de competitividade dos renováveis (Attílio, 2025). Ao mesmo tempo, a diversificação para bio-QAV, biometanol e biochar reduz a exposição a um único mercado e agrega valor a cadeias agroflorestais (Batlle *et al.*, 2022; Borges *et al.*, 2024).

Além disso, 64% dos artigos retornados tratam da interface TES-Bioeconomia, indicando um deslocamento do debate para soluções baseadas em recursos biológicos. Pacotes de políticas nacionais e instrumentos de mercado são cruciais para acelerar o desplante tecnológico e reduzir o risco de investimento, mas precisam incorporar mecanismos de justiça social e salvaguardas ambientais contra apropriação territorial.

As métricas integradas de desempenho ambiental, macroeconômico e de justiça revelam *trade-offs* complexos entre mitigação de carbono, distribuição equitativa de benefícios e segurança energética. Tecnicamente, a convergência entre biorrefino, captura de carbono e hidrogênio verde desponta como caminho promissor, desde que acompanhada de infraestrutura de transmissão, governança inclusiva e estabilidade regulatória. Assim, a TES-Bio, articulada à bioeconomia, demonstra potencial para simultaneamente descarbonizar, diversificar e regionalizar sistemas energéticos, desde que as condições institucionais assegurem que seus benefícios sejam distribuídos de forma justa e que os riscos sejam devidamente mitigados.

As métricas integradas de desempenho ambiental, macroeconômico e de justiça revelam *trade-offs* complexos entre mitigação de carbono, distribuição equitativa de benefícios e segurança energética

O protagonismo de poucos estudos, como o de Bertolino et al. (2023) com 42 citações, expõe a dependência de trabalhos-âncora para guiar debates metodológicos, enquanto a dispersão temática sugere um período de exploração paradigmática antes da consolidação de escolas analíticas

DISCUSSÃO

Entre 2019 e 2025, o campo científico voltado à Transição Energética Sustentável articulada à Bioeconomia (TES-Bio), com participação de autores brasileiros, revelou um campo em plena ebulição: a produção científica cresceu a uma taxa composta próxima de 41%, saltando de dois artigos no biênio inaugural para oito estudos em 2025. Esse ímpeto pode refletir a convergência entre novos marcos regulatórios brasileiros, notadamente o RenovaBio e as Leis nº 14.948/2024 e nº 14.993/2024, que estabeleceram créditos de descarbonização para biogás e biometano, além do influxo de financiamentos climáticos globais (Brasil, 2024a, 2024b). No entanto, a produção científica recente, com idade média inferior a dois anos, pode indicar que muitas proposições ainda carecem de teste longitudinal, o que torna prudente relativizar o impacto médio de 8,48 citações por artigo. Embora a produção esteja distribuída entre 22 periódicos, apenas três – *Energy Research & Social Science*, *Journal of Cleaner Production* e *Sustainability (Switzerland)* – concentram frequência de publicações e destaque em citações, sinalizando a formação de um futuro núcleo editorial, mas ainda insuficiente para conferir plena coesão teórica ao campo. O protagonismo de poucos estudos, como o de Bertolino et al. (2023) com 42 citações, expõe a dependência de trabalhos-âncora para guiar debates metodológicos, enquanto a dispersão temática sugere um período de exploração paradigmática antes da consolidação de escolas analíticas.

Do ponto de vista autoral, observam-se perfis distintos: pesquisadores de influência pontual, como Bertolino et al. (2023), cuja única contribuição já alcança elevado reconhecimento; autores de produtividade recorrente, caso de Poque González (2022), que garantem continuidade em avaliações de sustentabilidade e planejamento energético; e uma geração emergente, representada por Atílio (2025) e Buller et al. (2024), que introduz tópicos como segurança de minerais críticos e rotas circulares de resíduos cítricos. Essa diacronia evidencia a carência de séries longitudinais capazes de aferir a eficácia das políticas ao longo do tempo.

Em termos de governança, quatro vetores aparecem como determinantes. A estabilidade legislativa e o sinal de preço do carbono criados pelo pacote RenovaBio-CBIO oferecem previsibilidade, embora dependam de taxonomias ESG rigorosas para evitar *greenwashing* (Brasil, 2024a, 2024b). Os instrumentos de mercado articulados a uma governança multiescalar, leilões federais financiados pelo BNDES e planos estaduais de transição mobilizam capital, mas podem induzir *lock-ins* exportadores, como no caso do hidrogênio verde no Ceará (Brasil, 2024a, 2024b). Persiste ainda um viés distributivo: corredores logísticos e subsídios assimétricos favorecem processos de *green grabbing* e redistribuem custos socioambientais às populações vulneráveis, resultado evidenciado por

incidentes de injustiça energética mapeados no EJAAtlas. Por fim, a volatilidade dos minerais estratégicos, sobretudo lítio e cobalto, emerge como nova fonte de risco macroeconômico, capaz de fragilizar a competitividade das renováveis se não houver diversificação de cadeias produtivas e estratégias de reciclagem.

No eixo das implicações ambientais, a Avaliação de Ciclo de Vida permanece hegemônica, relatando reduções nas emissões de dióxido de carbono equivalente (CO₂eq) em rotas como etanol-etileno e em biorrefinarias de cana e palma, mas revela dupla limitação: a sub-representação de categorias sociais – emprego, renda, justiça – e a ênfase em recortes estáticos (Brasil, 2024a, 2024b). Modelos macroeconômicos GVAR, que capturam repercussões de choques de preço de minerais críticos, e inventários de conflitos como o EJAAtlas ampliam o escopo e a profundidade, indicando movimento incipiente rumo a avaliações híbridas, que combinam métricas ambientais, sociais e macroeconômicas.

Em relação à paisagem tecnológica, foi possível verificar a presença de três trajetórias complementares. Na bioenergia avançada, o *upgrading* de biogás via PSA, membranas ou HPWS, a torrefação de resíduos e o etanol de segunda geração continuam limitados por CAPEX elevado, remoção de contaminantes e logística de biomassa dispersa. Na integração energia-materiais, biorrefinarias BECCS/BTL com captura de CO₂ e coprodução de bioplásticos competem simultaneamente por terra, energia e matérias-primas. Já a rota do hidrogênio verde e a expansão solar-eólica no Nordeste deparam-se com gargalos de transmissão e licenciamento social, indicando que avanços tecnológicos podem ser anulados por déficits institucionais. Estratégias apontadas como promissoras incluem plantas modulares, cadeias logísticas regionais, coprocessamento e captura de carbono, mas carecem de estudos empíricos de escalabilidade em contextos latino-americanos.

Essas inovações podem impactar o mercado e a segurança energética: biometano e bioeletricidade despontam como recursos de balanço para energia solar e vento, o cluster eólico brasileiro já reúne fornecedores com capacidade instalada, gerando empregos qualificados. Já os créditos CBIO atraem capital, porém sofrem com volatilidade de preços. Outro ponto sensível refere-se à dependência de minerais críticos, o que expõe o sistema a flutuações geopolíticas. A diversificação para bio-QAV, biometanol e biochar pode mitigar vulnerabilidades setoriais, agregando valor às cadeias agroflorestais.

Em termos gerais, os dados revelam que a TES-Bio possui potencial efetivo para descarbonizar, diversificar e regionalizar sistemas energéticos, mas apenas sob arcabouços regulatórios capazes de equilibrar incentivos econômicos, salvaguardas de justiça social e gestão proativa de

**Estratégias
apontadas como
promissoras
incluem plantas
modulares,
cadeias
logísticas
regionais,
coprocessa-
mento e captura
de carbono,
mas carecem
de estudos
empíricos de
escalabilidade
em contextos
latino-
-americanos**

O estudo fornece uma síntese integrada de métricas ambientais, macroeconômicas e sociais que fortalece a compreensão holística dos desafios e oportunidades da transição, servindo como base para pesquisas comparativas futuras e para a formulação de políticas mais alinhadas às realidades latino-americanas

riscos sistêmicos. Baseado nos resultados deste estudo é possível apontar que uma das possíveis novas fronteiras de pesquisa exige integrar métricas ambientais, sociais e macroeconômicas em modelos dinâmicos, expandir séries temporais que testem a persistência dos efeitos identificados e avaliar empiricamente a viabilidade das soluções tecnológicas propostas. Só então será possível converter o entusiasmo quantitativo que atualmente caracteriza o campo em busca de maturidade conceitual em impacto duradouro.

Embora o presente estudo tenha se limitado a uma amostra de apenas 25 artigos – e mesmo que esse número possa restringir a robustez estatística das inferências por deixar de captar nuances regionais mais amplas, visto ter empregado como critério de busca a presença de pelo menos uma afiliação institucional brasileira –, ainda assim oferece contribuições substanciais ao campo da TES-Bio.

A partir desse recorte, é possível mapear de forma sistemática os principais vetores regulatórios brasileiros (RenovaBio, Leis nº 14.948/24 e nº 14.993/24), revelar padrões emergentes de justiça energética e identificar sinergias tecnológicas em biorrefino, captura de carbono e hidrogênio verde (Brasil, 2024a, 2025b). Além disso, o estudo fornece uma síntese integrada de métricas ambientais, macroeconômicas e sociais que fortalece a compreensão holística dos desafios e oportunidades da transição, servindo como base para pesquisas comparativas futuras e para a formulação de políticas mais alinhadas às realidades latino-americanas.

CONCLUSÕES

O presente estudo destaca a análise da produção científica em Transição Energética Sustentável articulada à Bioeconomia (TES-Bio) entre 2019 e 2025, demonstrando que o campo atravessa uma fase de adensamento, provavelmente impulsionada por marcos regulatórios como o RenovaBio e as Leis nº 14.948/2024 e nº 14.993/2024 (Brasil, 2024a, 2024b), pela expansão de instrumentos de mercado, a exemplo dos créditos CBIO, e pelo ingresso de financiamento climático internacional. Os 25 artigos examinados apresentam um certo nível de difusão, mas continuam dependentes de poucos periódicos-núcleo e dos trabalhos-âncora mais citados em média, sinalizando a necessidade de maior coesão teórica, conceitual e aplicada. Os resultados revelam quatro vetores críticos de governança – estabilidade legislativa, instrumentos de mercado, coerência multiescalar e macroeconomia de insumos críticos –, bem como três trajetórias tecnológicas convergentes: bioenergia avançada, biorrefinarias integradas a energias materiais e hidrogênio verde associado à expansão solar-eólica. Embora tais avanços indiquem potencial para descarbonizar, diversificar e regionalizar o sistema energético, persistem

desafios substantivos: riscos distributivos decorrentes de *green grabbing* e subsídios assimétricos, volatilidade de minerais estratégicos, gargalos de infraestrutura de transmissão e lacunas de licenciamento social. A amostra limitada a estudos que incluem ao menos uma afiliação brasileira pode restringir a uma generalização global dos resultados encontrados, mas oferece contribuições relevantes ao mapear vetores regulatórios nacionais, identificar sinergias tecnológicas e propor métricas integradas que combinam dimensões ambientais, sociais e macroeconômicas. Para converter o atual aumento quantitativo em maturidade conceitual e impacto transformador, futuras pesquisas devem ampliar séries temporais, adotar avaliações híbridas que incorporem justiça social a Análises de Ciclo de Vida e testar empiricamente a escalabilidade de soluções técnicas em diferentes contextos regionais.

REFERÊNCIAS

ARIA, Massimo; CUCCURULLO, Corrado. Bibliometrix: an r-tool for comprehensive science mapping analysis. *Journal Of Informetrics*, Amsterdã, v. 11, n. 4, p. 959-975, Nov. 2017. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1751157717300500>. Acesso em: 2 jul. 2025.

ARONOFF, Kate *et al.* *A planet to win: why we need a green new deal*. London: Verso Books, 2019.

ATTÍLIO, Luccas Assis. Critical minerals: a new source of macroeconomic fluctuation? *Resources Policy*, Amsterdã, v. 101, p. 105477, Feb. 2025. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0301420725000194>. Acesso em: 2 jul. 2025.

BARBOSA, Lia Pinheiro; NÓBREGA, Luciana Nogueira. From the agrarian question to the territorial question: green grabbing and the corridors of extractivist dispossession in Latin America. *Land*, Basel, v. 14, n. 5, p. 1104, May 2025. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2073-445X/14/5/1104>. Acesso em: 2 jul. 2025.

BATLLE, Eric Alberto Ocampo *et al.* Brazilian integrated oilpalm-sugarcane biorefinery: an energetic, exergetic, economic, and environmental (4E) assessment. *Energy Conversion and Management*, Amsterdã, v. 268, p. 116066, Sept. 2022. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0196890422008536>. Acesso em: 2 jul. 2025.

BERTOLINO, Andrè Mateus *et al.* A matter of energy injustice? A comparative analysis of biogas development in Brazil and Italy. *Energy Research & Social Science*, Amsterdã, v. 105, p. 103278, Nov. 2023. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2214629623003389>. Acesso em: 2 jul. 2025.

BIRNER, Regina. Bioeconomy concepts. *In*: LEWANDOWSKI, Iris (ed.). *Bioeconomy: shaping the transition to a sustainable, biobased economy*. Alemanha: Springer International Publishing, 2018.

BORGES, Mariana de Souza *et al.* Exploring the potential of waste biomass from the brazilian legal Amazon in bioproducts production: a comprehensive analysis and promising perspectives. *Journal of the Brazilian Chemical Society*, Campinas, v. 36, Dec. 2024. Disponível em: <https://jbcs.sbq.org.br/pdf/2024-0265AR>. Acesso em: 2 jul. 2025.

BORGES, Maria dos Reis Santos; LUZ, Sandra Maria da. Life cycle assessment of biogas: evaluating scenarios for electricity generation and upgrading to biomethane. *BioEnergy Research*, Nova York, v. 18, n. 54, p. 1-20, 2025. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s12155-025-10855-7>. Acesso em: 2 jul. 2025.

BRASIL. Lei nº 14.948, de 2 de agosto de 2024. Institui o marco legal do hidrogênio de baixa emissão de carbono; dispõe sobre a Política Nacional do Hidrogênio de Baixa Emissão de Carbono; institui incentivos para a indústria do hidrogênio de baixa emissão de carbono; institui o Regime Especial de Incentivos para a Produção de Hidrogênio de Baixa Emissão de Carbono (Rehidro); cria o Programa de Desenvolvimento do Hidrogênio de Baixa Emissão de Carbono (PHBC); e altera as Leis nºs 9.427, de 26 de dezembro de 1996, e 9.478, de 6 de agosto de 1997. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF, 2 ago. 2024a. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2023-2026/2024/lei/l14948.htm. Acesso em: 2 jul. 2025.

BRASIL. Lei nº 14.993, de 8 de outubro de 2024. Dispõe sobre a promoção da mobilidade sustentável de baixo carbono e a captura e a estocagem geológica de dióxido de carbono; institui o Programa Nacional de Combustível Sustentável de Aviação (ProBioQAV), o Programa Nacional de Diesel Verde (PNDV) e o Programa Nacional de Descarbonização do Produtor e Importador de Gás Natural e de Incentivo ao Biometano; altera as Leis nºs 9.478, de 6 de agosto de 1997, 9.847, de 26 de outubro de 1999, 8.723, de 28 de outubro de 1993, e 13.033, de 24 de setembro de 2014; e revoga dispositivo da Lei nº 10.438, de 26 de abril de 2002. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF, 9 out. 2024b. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2023-2026/2024/lei/l14993.htm. Acesso em: 2 jul. 2025.

BUGGE, Markus M.; HANSEN, Teis; KLITKOU, Antje. What is the bioeconomy? A review of the literature. *Sustainability*, Basel, v. 8, n. 7, p. 691, June 2016. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2071-1050/8/7/691>. Acesso em: 2 jul. 2025.

BULLER, Luz Selene *et al.* T. Revalorization of industrial by-products from frozen concentrated orange juice for a circular economy. *Biomass Conversion and Biorefinery*, [s. l.], v. 14, n. 18, p. 21659–21668, 2024. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s13399-023-04218-5>. Acesso em: 2 jul. 2025.

D'AMATO, Dalia *et al.* Green, circular, bio economy: a comparative analysis of sustainability avenues. *Journal of Cleaner Production*, Amsterdã, v. 168, p. 716–734, Dec. 2017. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652617320425>. Acesso em: 2 jul. 2025.

DIETZ, Thomas *et al.* Governance of the bioeconomy: a global comparative study of national bioeconomy strategies. *Sustainability*, Basel, v. 10, n. 9, p. 3190, Sept. 2018. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/327488588_Governance_of_the_Bioeconomy_A_Global_Comparative_Study_of_National_Bioeconomy_Strategies. Acesso em: 2 jul. 2025.

ELSEVIER. *How Scopus works*: Scopus. Disponível em: <https://www.elsevier.com/solutions/scopus/how-scopus-works/content>. Acesso em: 26 set. 2024.

EUROPEAN COMMISSION. *What is the european green deal?* Bruxelas: European Commission, 10 Dec. 2019. Disponível em: https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/fs_19_6714. Acesso em: 26 nov. 2024.

FIGUEIREDO, Paulo N. Does convergence in firms' innovation capability accumulation paths drive industrial convergence and energy transition? An empirical exploration. *Environmental Technology and Innovation*, [s. l.], v. 37, p. 1-19, Feb. 2025. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.eti.2025.104045>. Acesso em: 2 jul. 2025.

GEELS, Frank W.; SCHOT, Johan. *The dynamics of transitions*: a socio-technical perspective. Cheltenham: Edward Elgar, 2010. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/273697987_The_Dynamics_of_Transitions_A_Socio-Technical_Perspective. Acesso em: 2 jul. 2025.

GERMANY. Federal Ministry for Economic Affairs and Climate Action. *The energy transition*: switch to the future. Berlim: Federal Ministry for Economic Affairs and Climate Action, 2015. Disponível em: <https://www.bmwk-energiewende.de/EWD/Redaktion/EN/Newsletter/2015/01/Meldung/topthema-the-energy-transition.html>. Acesso em: 20 nov. 2024.

GIACOMELLI SOBRINHO, Valny; LAGUTOV, Viktor; BARAN, Sándor. Green with savvy? Brazil's climate pledge to the Paris Agreement and its transition to the green economy. *Energy and Climate Change*, [s. l.], v. 1, Dec. 2020. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2666278720300155>. 2020. Acesso em: 20 nov. 2025.

GIAMPIETRO, Mario. The bioeconomy as a socio-economic transition. *Ecological Economics*, Amsterdã, v. 159, p. 177-186, 2019.

GOERS, Sebastian *et al.* The role of renewable energy in regional energy transitions: An aggregate qualitative analysis for the partner regions bavaria, Georgia, Québec, São Paulo, Shandong, Upper Austria, and Western Cape. *Sustainability*, v. 13, n. 1, p. 1-30, 2021. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2071-1050/13/1/76>. Acesso em: 20 nov. 2025.

GONELLA, Francesco *et al.* Is technology optimism justified? A discussion towards a comprehensive narrative. *Journal of Cleaner Production*, Amsterdã, v. 223, p. 456-465, June 2019. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0959652619308170>. Acesso em: 2 jul. 2025.

GUERRA-MOTA, Marta; AQUINO, Thereza. Getting biomethane out of the shadow: a framework analysis in Portugal and Brazil. *Environment, Development and Sustainability*, [s. l.], 2024. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10668-024-05182-4>. Acesso em: 2 jul. 2025.

GRIN, John; ROTMANS, Jan; SCHOT, Johan. *Transitions to sustainable development: new directions in the study of long term transformative change*. New York: Routledge, 2010.

HAFNER, Manfred; TAGLIAPIETRA, Simone. The global energy transition: a review of the existing literature. In: HAFNER, Manfred; TAGLIAPIETRA, Simone (org.). *The geopolitics of the global energy transition*. Cham: Springer International Publishing, 2020. p. 1-24. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/342046244_The_Global_Energy_Transition_A_Review_of_the_Existing_Literature. Acesso em: 2 jul. 2025.

HAUSKNOST, Daniel *et al.* A transition to which bioeconomy? An exploration of diverging techno-political choices. *Sustainability*, Basel, v. 9, n. 4, p. 669, Apr. 2017. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2071-1050/9/4/669>. Acesso em: 2 jul. 2025.

HEFFRON, Raphael J.; MCCAULEY, Darren. The concept of energy justice across the disciplines. *Energy Policy*, Amsterdã, v. 105, p. 658-667, June 2017. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0301421517301593>. Acesso em: 2 jul. 2025.

KIRSHNER, Joshua *et al.* "A future beyond sugar": examining second-generation biofuel pathways in Alagoas, northeast Brazil. *Environmental Development*, Amsterdã, v. 44, Dec. 2022. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2211464522000410?via%3Dihub>. Acesso em: 2 jul. 2025.

LAZARO, Lira Luz B. *et al.* What is green finance, after all? Exploring definitions and their implications under the Brazilian biofuel policy (RenovaBio). *Journal of Climate Finance*, Amsterdã, v. 2, Mar. 2023. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2949728023000056>. Acesso em: 2 jul. 2025.

LIU, Weishu. The data source of this study is Web of Science Core Collection? Not enough. *Scientometrics*, Dordrecht, v. 121, n. 3, p. 1815-1824, Sept. 2019. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/335996587_The_data_source_of_this_study_is_Web_of_Science_Core_Collection_Not_enough. Acesso em: 2 jul. 2025.

MARKARD, Jochen. The next phase of the energy transition and its implications for research and policy. *Nature Energy*, Londres, v. 3, n. 8, p. 628-633, May 2018. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/325403400_The_next_phase_of_the_energy_transition_and_its_implications_for_research_and_policy. Acesso em: 2 jul. 2025.

MCCORMICK, Kes; KAUTTO, Niina. The bioeconomy in Europe: an overview. *Sustainability*, Basel, v. 5, n. 6, p. 2589-2608, June 2013. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2071-1050/5/6/2589>. Acesso em: 2 jul. 2025.

MEADOWCROFT, James. Sustainable development and climate change policy: lessons from transition management. *Global Environmental Change*, Amsterdã, v. 21, n. 2, p. 389-395, dez. 2011.

MENDES, Emilia Davi; SAMPAIO, Rárisson Jardiel Santos; COLLAÇO, Flávia Mendes de Almeida. Justice or just plans? Reviewing the energy transition strategy of Brazil's Ceará state. *Energy Research & Social Science*, Amsterdam, v. 119, Jan. 2025. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2214629624004560>. Acesso em: 2 jul. 2025.

NEWELL, Peter; PHILLIPS, Jon; MULVANEY, Dustin R. The global energy transition. *Energy Research & Social Science*, Amsterdã, v. 69, Dec. 2020.

OLIVEIRA, Camilla C. N. de *et al.* The role of biomaterials for the energy transition from the lens of a national integrated assessment model. *Climatic Change*, Dordrecht, v. 167, n. 57, Aug. 2021. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/354198898_The_role_of_biomaterials_for_the_energy_transition_from_the_lens_of_a_national_integrated_assessment_model. Acesso em: 2 jul. 2025.

PFAU, Swinda F. *et al.* Visions of sustainability in bioeconomy research. *Sustainability*, Basel, v. 6, n. 3, p. 1222-1249, Mar. 2014. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/261446237_Visions_of_Sustainability_in_Bioeconomy_Research. Acesso em: 2 jul. 2025.

POQUE GONZÁLEZ, Axel *et al.* Socio-ecological controversies from Chilean and Brazilian sustainable energy transitions. *Sustainability*, Basel, v. 15, n. 3, p. 1861, Jan. 2023. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/367258943_Socio-Ecological_Controversies_from_Chilean_and_Brazilian_Sustainable_Energy_Transitions. Acesso em: 2 jul. 2025.

POQUE GONZÁLEZ, Axel. Who pays the price? Socio-ecological controversies regarding the energy transition in South America. *Sustentabilidade em Debate*, Brasília, v. 13, n. 3, Dec. 2022. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/366683354_Who_pays_the_price_Socio-ecological_controversies_regarding_the_energy_transition_in_South_America. Acesso em: 2 jul. 2025.

R FOUNDATION. *The R Project for Statistical Computing*. Disponível em: <http://www.r-project.org/>. Acesso em: 26 set. 2024.

RODRIGUES, Pedro Paulo de Oliveira *et al.* Effect of extractive removal and heating rates on pequi seed torrefaction: a detailed kinetic and predictive study for biofuel production. *Energy*, Amsterdã, v. 321, Apr. 2025. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0360544225011636>. Acesso em: 2 jul. 2025.

ROYSEN, Rebeca *et al.* Building a world-ship: a decolonial approach to just energy transitions. *Human Geography*, United Kingdom, v. 18, n. 2, p. 213-228, July 2025. Disponível em: <https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/19427786251326605>. Acesso em: 2 jul. 2025.

RSTUDIO. *Open source & professional software for data science teams*. Disponível em: <https://publish.obsidian.md/kaas-published/3-Resources/Highlights/Readwise/Articles/RStudio++Open+Source+%26+Professional+Software+for+Data+Science+Teams>. Acesso em: 26 set. 2020.

SANTOS, Marcos Eduardo Melo dos *et al.* SWOT analysis of Brazilian energy policy: a comparative panel data analysis of the twenty largest economies. *Energy Policy*, [s. l.], v. 191, Aug. 2024. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0301421524001927?via%3Dihub>. Acesso em: 2 jul. 2025.

SCHÜTTE, Georg. What kind of innovation policy does the bioeconomy need? *New Biotechnology*, Amsterdã, v. 40, p. 82-86, Jan. 2018. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1871678416326127?via%3Dihub>. Acesso em: 2 jul. 2025.

SOARES, Ítalo Nogueira; GAVA, Rodrigo; OLIVEIRA, José Antônio Puppim de. Political strategies in energy transitions: Exploring power dynamics, repertoires of interest groups and wind energy pathways in Brazil. *Energy Research & Social Science*, Amsterdã, v. 76, p. 102076, June 2021. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2214629621001699?via%3Dihub>. Acesso em: 2 jul. 2025.

SOARES, Munir Younes *et al.* Barriers to the expansion of sugarcane bioelectricity in brazilian energy transition. *Energies*, Basel, v. 16, n. 2, p. 955, Jan. 2023. Disponível em: <https://www.mdpi.com/1996-1073/16/2/955>. Acesso em: 2 jul. 2025.

SOUZA, Lidiane La Picirelli de *et al.* Theoretical and technical assessment of agroforestry residue potential for electricity generation in Brazil towards 2050. *Energy Reports*, Amsterdã, v. 7, p. 2574-2587, Nov. 2021. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352484721002420>. Acesso em: 2 jul. 2025.

SOVACOOOL, Benjamin K.; DWORKIN, Michael H. Energy justice: conceptual insights and practical applications. *Applied Energy*, Amsterdã, v. 142, p. 435-444, Mar. 2015. Disponível em: https://efl-stichting.nl/app/uploads/2022/08/Sovacool_Dworkin-AE-Justice20190902-14416-15urgi3-with-cover-page-v2-1.pdf. Acesso em: 2 jul. 2025.

STAFFAS, Louise; GUSTAVSSON, Mathias; MCCORMICK, Kes. Strategies and policies for the bioeconomy and bio-based economy: an analysis of official national approaches. *Sustainability*, Basel, v. 5, n. 6, p. 2751-2769, June 2013. Disponível em: https://www.mdpi.com/2071-1050/5/6/2751?utm_source=researchgate.net&utm_medium=article. Acesso em: 2 jul. 2025.

VAKULCHUK, Roman; OVERLAND, Indra; SCHOLTEN, Daniel. Renewable energy and geopolitics: a review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, [s. l.], v. 122, p. 1-12, 2020. Disponível em: <https://scispace.com/pdf/renewable-energy-and-geopolitics-a-review-2hm3gyy9u6.pdf>. Acesso em: 2 jul. 2025.

VIVIEN, Franck-Dominique *et al.* The hijacking of the bioeconomy. *Ecological Economics*, [s. l.], v. 159, p. 189-197, May 2019. Disponível em: <https://scispace.com/pdf/renewable-energy-and-geopolitics-a-review-2hm3gyy9u6.pdf>. Acesso em: 2 jul. 2025.

WICKHAM, Hadley. *Ggplot2: elegant graphics for data analysis*. Cham: Springer Cham, 2016. (Use R!).

ZANON-ZOTIN, Marianne *et al.* Unpacking bio-based alternatives to ethylene production in Brazil, Europe, and the United States: a comparative life cycle assessment. *Journal of Cleaner Production*, [s. l.], v. 428, p. 1-12, Nov. 2023. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652623035345>. Acesso em: 2 jul. 2025.

Resumo

Este artigo analisa o papel da Companhia Independente de Polícia de Proteção Ambiental (CIPPA/Lençóis), da Polícia Militar da Bahia (PMBA), no combate aos crimes ambientais no estado da Bahia. O estudo examina a estrutura organizacional, a área de atuação territorial e as principais operações da unidade, com foco na Operação Guardiões do Bioma como estudo de caso de integração interinstitucional. A pesquisa utiliza análise documental, dados oficiais e revisão bibliográfica para compreender os desafios e as perspectivas do policiamento ambiental especializado na Bahia. Os resultados indicam que a CIPPA/Lençóis desempenha papel fundamental na proteção dos ecossistemas do centro e do oeste baiano, enfrentando desafios relacionados à extensão territorial, aos recursos humanos e à integração institucional. O estudo contribui para o debate sobre políticas públicas de segurança ambiental e aponta direções para o aprimoramento do policiamento ambiental no estado.

Palavras-chave: Polícia Ambiental; crimes ambientais; CIPPA/Lençóis; proteção ambiental; Bahia.

Abstract

This article analyzes the role of the Independent Environmental Protection Police Company (CIPPA/Lençóis), part of the Bahia Military Police (PMBA), in combating environmental crimes in the state of Bahia. The study examines the organizational structure, territorial area of operation, and main operations of the unit, focusing on Operation Guardians of the Biome as a case study of interinstitutional integration. The research uses documentary analysis, official data, and a literature review to understand the challenges and prospects of specialized environmental policing in Bahia. The results indicate that CIPPA/Lençóis plays a fundamental role in protecting the ecosystems of central and western Bahia, facing challenges related to territorial extension, human resources, and institutional integration. The study contributes to the debate on public environmental security policies and points to directions for improving environmental policing in the state.

Keywords: Environmental Police; environmental crimes; CIPPA/Lençóis; environmental protection; Bahia.

O papel da Companhia Independente de Polícia de Proteção Ambiental, da Polícia Militar da Bahia, no combate aos crimes ambientais na Bahia

ALISSON DE JESUS SOARES

Especialista MBA em Gestão e Governança de Segurança Pública pela Universidade de Brasília (UNB) e em Planejamento Estratégico pela Faculdade Batista Brasileira (FBB); diplomado em Estudos e Política e Estratégia na Associação dos Diplomados da Escola Superior de Guerra (ADESG); pós-graduado em Direito Militar, em Ciências Jurídicas, em Direito Ambiental, em Direito e em Segurança Pública e Defesa Social, e graduando em Defesa Cibernética pela Academia de Polícia Militar da Bahia (APM). Oficial da Polícia Militar da Bahia (PMBA), coordenador de Telecomunicações, chefe da Segurança e Inteligência em Tecnologia da Informação, corregedor departamental da Diretoria de Tecnologia e Meio Ambiente (DMT) do Corpo de Bombeiros Militar da Bahia (CBMBA).
<https://orcid.org/0000-0003-0561-2578>.
alisson.soares@pm.ba.gov.br

doi.org/10.56839/bd.v35i2.a21

A PROTEÇÃO DO MEIO AMBIENTE constitui um dos maiores desafios contemporâneos, exigindo a articulação de diversos atores sociais e institucionais para garantir a preservação dos recursos naturais e a sustentabilidade ambiental. No Brasil, a Constituição Federal de 1988 estabeleceu como direito fundamental o meio ambiente ecologicamente equilibrado, impondo ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações (Brasil, 1988). Nesse contexto, a criminalização de condutas lesivas ao meio ambiente, materializada na Lei nº 9.605/1998, conhecida como Lei de Crimes Ambientais, representa um marco na proteção jurídica dos recursos naturais brasileiros (Brasil, 1998).

A complexidade dos crimes contra o meio ambiente, que frequentemente envolvem vastas áreas territoriais, conhecimento técnico especializado e articulação entre diferentes esferas de poder, demanda uma abordagem policial diferenciada

O estado da Bahia, com 564.760,429 km² de extensão territorial e 14.850.513 habitantes (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2025a), abriga uma rica diversidade de ecossistemas, incluindo porções significativas de Mata Atlântica, Cerrado e Caatinga. Essa variedade de biomas, aliada à extensão territorial do estado, apresenta desafios únicos para a proteção ambiental e o combate aos crimes contra a flora e fauna. Dados recentes indicam que a Bahia ocupa a quarta posição no *ranking* nacional de infrações ambientais registradas entre 2023 e 2024, com 87,22% dos casos relacionados a crimes contra a flora (Rede de Observatórios da Segurança, 2025). Esses números evidenciam a magnitude do problema e a necessidade de estratégias especializadas de enfrentamento.

A complexidade dos crimes contra o meio ambiente, que frequentemente envolvem vastas áreas territoriais, conhecimento técnico especializado e articulação entre diferentes esferas de poder, demanda uma abordagem policial diferenciada. Diante desse cenário, o policiamento ambiental especializado emerge como ferramenta fundamental para a efetiva proteção dos recursos naturais. A especialização permite não apenas a capacitação técnica dos agentes para identificar e combater infrações ambientais, mas também o desenvolvimento de estratégias operacionais adequadas às particularidades desse tipo de criminalidade.

No âmbito da Polícia Militar da Bahia (PMBA), a Companhia Independente de Polícia de Proteção Ambiental (CIPPA/Lençóis) representa a materialização dessa especialização no combate aos crimes ambientais. Criada para atuar especificamente na proteção dos ecossistemas do centro e do oeste baiano, a CIPPA/Lençóis tem sua sede no município de Lençóis, localizado na região da Chapada Diamantina, uma das áreas de maior relevância ambiental do estado (Bahia, 2023b).

A atuação da CIPPA/Lençóis transcende as fronteiras municipais, abrangendo uma vasta região, que inclui importantes unidades de conservação, áreas de cerrado e remanescentes de Mata Atlântica. Essa amplitude territorial, ao mesmo tempo que confere à unidade um papel estratégico na proteção ambiental do estado, apresenta desafios operacionais significativos relacionados à logística, aos recursos humanos e à integração com outros órgãos ambientais.

A relevância do estudo acerca da atuação da CIPPA/Lençóis justifica-se por múltiplos fatores. Primeiramente, a unidade representa um modelo de policiamento ambiental especializado que pode servir de referência para outras regiões do país. Em segundo lugar, sua atuação na região da Chapada Diamantina e do oeste baiano coloca-a em posição estratégica para a proteção de ecossistemas de importância nacional e internacional. Por fim, a análise de sua estrutura, operações e desafios pode contribuir

para o aprimoramento das políticas públicas de segurança ambiental no estado da Bahia.

Além disso, a participação da CIPPA/Lençóis em operações de grande envergadura, como a Operação Guardiões do Bioma, coordenada pela Secretaria de Operações Integradas do Ministério da Justiça (Seopi/MJ), demonstra a importância da integração interinstitucional no enfrentamento aos crimes contra o meio ambiente (Brasil, 2023). Essa operação, que teve como foco o combate a incêndios e desmatamento nos principais biomas brasileiros, evidencia tanto as potencialidades quanto os desafios da atuação coordenada entre diferentes órgãos de segurança e proteção ambiental.

O presente estudo tem como objetivo geral analisar o papel da CIPPA/Lençóis no combate aos crimes ambientais no estado da Bahia, examinando sua estrutura organizacional, área de atuação, principais operações e desafios enfrentados. Como objetivos específicos, destacam-se: 1) caracterizar a estrutura organizacional e territorial da CIPPA/Lençóis; 2) analisar a participação da unidade na Operação Guardiões do Bioma como estudo de caso de integração interinstitucional; 3) examinar o panorama atual dos crimes ambientais na Bahia e sua distribuição territorial; 4) identificar os principais desafios enfrentados pela unidade e propor perspectivas de aprimoramento.

A metodologia adotada baseia-se em análise documental, utilizando fontes oficiais, como o Plano de Emprego Operacional da CIPPA/Lençóis de 2023, os relatórios da Operação Guardiões do Bioma, os dados estatísticos sobre crimes ambientais e os documentos normativos relacionados à proteção ambiental na Bahia. Para complementar a análise, foram utilizados dados secundários do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), relatórios de organizações especializadas em segurança pública e legislação pertinente ao tema.

A estrutura do artigo organiza-se em seções que abordam, sequencialmente, a fundamentação teórica sobre direito ambiental e policiamento especializado, a caracterização da CIPPA/Lençóis, a análise da Operação Guardiões do Bioma, o panorama dos crimes ambientais na Bahia e os desafios e perspectivas para o policiamento ambiental no estado. Essa organização permite uma compreensão abrangente do tema, desde seus fundamentos teóricos até suas implicações práticas e perspectivas futuras.

O presente estudo tem como objetivo geral analisar o papel da CIPPA/Lençóis no combate aos crimes ambientais no estado da Bahia, examinando sua estrutura organizacional, área de atuação, principais operações e desafios enfrentados

O princípio da prevenção, fundamental no Direito Ambiental, orienta a atuação estatal no sentido de evitar a ocorrência de danos ambientais, reconhecendo que, muitas vezes, eles são irreversíveis ou de difícil reparação

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Direito Ambiental e a proteção constitucional do meio ambiente

O Direito Ambiental brasileiro consolidou-se como ramo autônomo do Direito a partir da Constituição Federal de 1988, que dedicou um capítulo específico ao meio ambiente e estabeleceu princípios fundamentais para sua proteção. O artigo 225 da Carta Magna consagra o meio ambiente ecologicamente equilibrado como direito de todos e bem de uso comum do povo, essencial à sadia qualidade de vida, impondo ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações (Brasil, 1988).

Essa inovação constitucional representou um marco paradigmático na ordem jurídica brasileira, elevando a proteção ambiental ao status de direito fundamental e estabelecendo o que Fiorillo (2021) denomina de “constitucionalização do direito ambiental”. A partir dessa base constitucional, desenvolveu-se um arcabouço normativo abrangente, que inclui desde a Política Nacional do Meio Ambiente (Brasil, 1981) até legislações específicas sobre recursos hídricos, florestas, unidades de conservação e crimes ambientais.

O princípio da prevenção, fundamental no Direito Ambiental, orienta a atuação estatal no sentido de evitar a ocorrência de danos ambientais, reconhecendo que, muitas vezes, eles são irreversíveis ou de difícil reparação. Como observa Sarlet e Fensterseifer (2021, p. 617), “a prevenção constitui a pedra angular do direito ambiental, uma vez que os danos ambientais, em regra, são irreversíveis ou de custosa e complexa reparação”. Esse princípio fundamenta a necessidade de mecanismos eficazes de fiscalização e controle, incluindo o policiamento ambiental especializado.

A responsabilidade tríplice – civil, administrativa e penal – por danos ao meio ambiente estabelece um sistema abrangente de proteção que permite a aplicação simultânea de diferentes sanções. Essa característica, conhecida como independência das instâncias, fortalece o sistema de proteção ambiental ao permitir que a mesma conduta seja sancionada em diferentes esferas, maximizando o efeito dissuasório das normas ambientais (Amado, 2020).

Lei de Crimes Ambientais (Lei nº 9.605/1998) e sua aplicação

A Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998, conhecida como Lei de Crimes Ambientais, representa um marco na criminalização de condutas lesivas ao meio ambiente no Brasil. Essa norma sistematizou e ampliou o rol de crimes ambientais, estabelecendo sanções penais e administrativas para

pessoas físicas e jurídicas que pratiquem condutas prejudiciais ao meio ambiente (Brasil, 1998).

A lei estrutura-se em diferentes categorias de crime: contra a fauna (artigos 29 a 37), contra a flora (artigos 38 a 53), de poluição e outros crimes ambientais (artigos 54 a 61), contra o ordenamento urbano e o patrimônio cultural (artigos 62 a 65), e contra a administração ambiental (artigos 66 a 69) (Brasil, 1998). Essa tipificação abrangente permite o enquadramento de diversas condutas lesivas ao meio ambiente, desde a caça e a pesca ilegais até crimes de poluição e desmatamento (Prado, 2019).

Prado (2019) destaca que a Lei de Crimes Ambientais introduziu importantes inovações no sistema penal brasileiro, incluindo a responsabilização penal da pessoa jurídica, a previsão de sanções restritivas de direitos e a possibilidade de aplicação de penalidades alternativas. Essas características refletem a busca por um sistema sancionador mais eficaz e adequado às particularidades dos crimes ambientais.

A aplicação efetiva da Lei de Crimes Ambientais depende, fundamentalmente, da capacidade de detecção e investigação das infrações ambientais. Nesse contexto, o papel das polícias especializadas torna-se crucial, uma vez que os crimes ambientais frequentemente ocorrem em áreas remotas, envolvem conhecimento técnico específico e demandam estratégias investigativas diferenciadas.

Rodrigues (2021, p. 236) observa que “a efetividade da Lei de Crimes Ambientais está diretamente relacionada à capacidade do Estado de detectar, investigar e processar as infrações ambientais, o que demanda estruturas especializadas e adequadamente equipadas”. Essa observação evidencia a importância do policiamento ambiental especializado como instrumento de efetivação da proteção ao meio ambiente.

Policiamento Ambiental Especializado no Brasil

O Policiamento Ambiental Especializado no Brasil desenvolveu-se gradualmente a partir da década de 1980, acompanhando a evolução da legislação ambiental e o reconhecimento da necessidade de abordagens específicas para o combate aos crimes contra o meio ambiente. As primeiras unidades especializadas surgiram em estados com maior pressão sobre recursos naturais, como São Paulo, Rio de Janeiro e Minas Gerais, expandindo-se posteriormente para outras unidades da Federação (Carvalho, 2020).

A especialização do policiamento ambiental justifica-se pelas características peculiares dos crimes, que: 1) demandam a necessidade de conhecimento técnico específico para identificação de infrações; 2) ocorrem

O papel das polícias especializadas torna-se crucial, uma vez que os crimes ambientais frequentemente ocorrem em áreas remotas, envolvem conhecimento técnico específico e demandam estratégias investigativas diferenciadas

O modelo de policiamento ambiental adotado no Brasil varia entre os estados, refletindo diferentes concepções organizacionais e prioridades políticas

com frequência em áreas de difícil acesso; 3) exigem complexas investigações, que podem envolver múltiplas jurisdições; 4) necessitam ser combatidos a partir de uma integração entre órgãos ambientais especializados; e 5) precisam ser inibidos com medidas de prevenção, dada a dificuldade de reparação de muitos danos ambientais (Carvalho, 2020).

O modelo de policiamento ambiental adotado no Brasil varia entre os estados, refletindo diferentes concepções organizacionais e prioridades políticas. Algumas unidades federativas optaram pela criação de batalhões ou companhias especializadas dentro das polícias militares, enquanto outras desenvolveram estruturas específicas nas polícias civis ou criaram polícias ambientais independentes (Oliveira, 2019).

A Polícia Militar da Bahia (PMBA) adotou o modelo de companhias independentes especializadas, criando unidades específicas para diferentes regiões do estado. Esse modelo permite maior proximidade com as comunidades locais e melhor conhecimento das particularidades ambientais regionais, ao mesmo tempo que mantém a integração com a estrutura geral da corporação (Bahia, 2023c).

A efetividade do Policiamento Ambiental Especializado depende de diversos fatores, incluindo: adequada capacitação dos agentes, disponibilidade de recursos materiais e tecnológicos, integração com outros órgãos ambientais, apoio da comunidade local e respaldo institucional. Como observa Amado (2020, p. 291), “o sucesso do policiamento ambiental não depende apenas da existência de unidades especializadas, mas da articulação sistêmica de diversos elementos que permitam uma atuação eficaz e sustentável”.

Políticas públicas de proteção ambiental na Bahia

O estado da Bahia desenvolveu, ao longo das últimas décadas, um arcabouço institucional e normativo abrangente para a proteção ambiental, que inclui órgãos especializados, legislação específica e programas de conservação. O Sistema Estadual de Meio Ambiente (Sisema), instituído pela Lei nº 12.377/2011, estabelece a estrutura organizacional para a gestão ambiental no estado, definindo competências e mecanismos de coordenação entre diferentes órgãos públicos (Bahia, 2011).

A Secretaria do Meio Ambiente (Sema) constitui o órgão central do Sisema, responsável pela formulação e a coordenação da política ambiental estadual. O Instituto do Meio Ambiente e Recursos Hídricos (Inema) atua como órgão executor, responsável pelo licenciamento ambiental, a fiscalização e o monitoramento. Essa estrutura é complementada por órgãos setoriais e entidades vinculadas, formando uma rede institucional para a gestão ambiental (Bahia, 2024j).

A legislação ambiental baiana inclui normas específicas sobre recursos hídricos (Bahia, 2009), unidades de conservação, licenciamento ambiental e fiscalização. A Lei nº 11.051/2008 estabelece convênios com a Polícia Militar para atividades de fiscalização ambiental, formalizando a participação da corporação na proteção ambiental (Bahia, 2008).

O Plano Estadual de Recursos Hídricos e o Zoneamento Ecológico-Econômico constituem instrumentos de planejamento que orientam as políticas de conservação e uso sustentável dos recursos naturais. Essas iniciativas são complementadas por programas específicos, como o Programa de Combate à Desertificação e o Programa de Conservação da Mata Atlântica (Bahia, 2025f).

A integração entre as políticas de segurança pública e de proteção ambiental materializa-se por meio de ações de monitoramento, como a Fiscalização Preventiva Integrada (FPI), programa que articula diferentes órgãos estaduais e federais em operações coordenadas de fiscalização ambiental. Esse modelo de atuação integrada reconhece que a proteção ambiental efetiva demanda a articulação de competências e a mobilização de recursos de diferentes instituições (Bahia, 2024g).

A participação da PMBA nesse sistema de proteção ambiental, por meio das companhias especializadas, como a CIPPA/Lençóis, representa um elemento fundamental para a efetivação das políticas ambientais estaduais. A capacidade de atuação preventiva e repressiva da Polícia Militar, aliada ao conhecimento técnico especializado, contribui significativamente para a dissuasão de crimes ambientais e a proteção dos recursos naturais.

CIPPA/LENÇÓIS: ESTRUTURA, ORGANIZAÇÃO E ATUAÇÃO

Histórico e criação da CIPPA/Lençóis

A Companhia Independente de Polícia de Proteção Ambiental (CIPPA/Lençóis) foi criada como parte da estratégia da Polícia Militar da Bahia (PMBA) para especializar o policiamento ambiental e adequá-lo às particularidades regionais do estado. Sua localização no município de Lençóis, no coração da Chapada Diamantina, reflete o reconhecimento da importância estratégica dessa região para a conservação ambiental do território baiano (Bahia, 2023c).

A escolha de Lençóis como sede da unidade não foi casual. O município, localizado a aproximadamente 400 quilômetros de Salvador, constitui um dos principais portais de entrada para o Parque Nacional da Chapada Diamantina e abriga importantes remanescentes de Mata Atlântica e

**A Companhia
Independente
de Polícia
de Proteção
Ambiental
(CIPPA/Lençóis)
foi criada
como parte da
estratégia da
Polícia Militar
da Bahia
(PMBA) para
especializar o
policiamento
ambiental e
adequá-lo às
particulari-
dades regionais
do estado**

Cerrado. Além disso, a região concentra significativa biodiversidade e recursos hídricos, incluindo nascentes de importantes rios baianos (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2025b).

A criação da CIPPA/Lençóis insere-se no contexto mais amplo de modernização e especialização da PMBA, que reconheceu a necessidade de desenvolver capacidades específicas para o enfrentamento dos crimes ambientais. Essa especialização está alinhada às melhores práticas internacionais de policiamento ambiental, que enfatizam a importância do conhecimento local e da proximidade com as comunidades para a efetividade das ações de proteção ambiental (Carvalho, 2020).

Estrutura organizacional e recursos humanos

A estrutura organizacional da CIPPA/Lençóis, conforme estabelecida no Plano de Emprego Operacional de 2023, reflete uma organização hierárquica típica das unidades militares, adaptada às especificidades do policiamento ambiental. A unidade é comandada por um major PM, auxiliado por um grupamento de oficiais e praças especializados (Bahia, 2023c).

Quadro 1

Estrutura organizacional da CIPPA/Lençóis (2023) – *staff* de oficiais

Posto/Graduação	Nome	Matrícula	Função
MAJ PM	George Porto Vieira	30337440	Comandante
CAP PM	Ailson Oliveira de Carvalho	30366536	Subcomandante
TEN PM	Alisson de Jesus Soares	30483384	Chefe da SPO
TEN PM	Samanta Gomes de Souza Almeida	30564036	4º PEL – SPO/SEA
TEN PM	Saulo Carvalho de Oliveira	30307948	2º PEL – SSO
TEN PM	Taina Pires Maabreh	30640234	3º PEL – ASCOM
SUB TEN PM	Jackson Muniz de Andrade	30306947	3º PEL – SSO/STM

Fonte: Bahia (2023c).

Em abril de 2025, a unidade passou por uma mudança de comando, com a major PM Adriana Vilas Boas de Athayde assumindo a liderança da CIPPA/Lençóis, em substituição ao major PM George Porto Vieira. Essa transição representa a continuidade do processo de fortalecimento da unidade, com a nova comandante trazendo experiência em gestão operacional e administrativa (Chapada News, 2025b).

A estrutura da CIPPA/Lençóis organiza-se em diferentes seções especializadas, incluindo a Seção de Planejamento Operacional (SPO), a Seção de Inteligência (Soint), a Assessoria de Comunicação Social (Ascom) e o apoio logístico. Essa organização permite uma abordagem multifacetada do policiamento ambiental, integrando atividades de patrulhamento, investigação, educação ambiental e relacionamento com a comunidade.

Área de atuação territorial

A CIPPA/Lençóis tem como missão institucional “proteger os ecossistemas do centro e do oeste baiano”, conforme estabelecido em seus documentos oficiais (Bahia, 2023c, p. 9). Essa área de atuação abrange uma vasta região que inclui municípios da Chapada Diamantina e do oeste da Bahia, totalizando milhares de quilômetros quadrados de território com características ambientais diversificadas.

A região de atuação da CIPPA/Lençóis caracteriza-se pela presença de diferentes biomas, incluindo Cerrado, Mata Atlântica e áreas de transição. O Cerrado, em particular, tem importância estratégica na região oeste da Bahia, onde se concentra significativa atividade agropecuária. Essa diversidade de ecossistemas demanda conhecimento técnico especializado e estratégias diferenciadas de proteção (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2012).

A Chapada Diamantina, núcleo central da área de atuação da CIPPA/Lençóis, abrange 24 municípios oficiais e ocupa uma área de 32.407,36 km², com densidade demográfica de 11,48 hab/km² (Bahia, 2025d). A região concentra importantes unidades de conservação, incluindo o Parque Nacional da Chapada Diamantina, que possui 152 mil hectares distribuídos por sete municípios: Andaraí, Ibicoara, Iramaia, Itaetê, Lençóis, Mucugê e Palmeiras (Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade, 2025).

O reconhecimento da necessidade de ampliação da cobertura territorial levou à criação, em junho de 2025, do 1º Pelotão de Proteção Ambiental do Oeste, sediado em Barreiras. Essa expansão representa um marco importante na estruturação do policiamento ambiental na região, permitindo maior proximidade com as comunidades do oeste baiano e resposta mais rápida às ocorrências ambientais (Bahia, 2025b).

Plano de Emprego Operacional 2023

O Plano de Emprego Operacional da CIPPA/Lençóis para 2023 estabelece as diretrizes estratégicas e operacionais para a atuação da unidade, definindo prioridades, metas e procedimentos para o policiamento ambiental na região. Esse documento apresenta o planejamento sistemático das atividades da unidade e sua integração com as políticas de segurança pública e proteção ambiental do estado (Bahia, 2023c).

O plano estrutura-se em diferentes eixos de atuação, incluindo patrulhamento preventivo, fiscalização ambiental, educação ambiental, integração interinstitucional e resposta a emergências ambientais (Bahia, 2023c). Essa abordagem multidimensional reconhece que uma efetiva

A região de
atuação da
CIPPA/Lençóis
caracteriza-se
pela presença
de diferentes
biomas,
incluindo
Cerrado, Mata
Atlântica
e áreas de
transição

O desenvol-
vimento de
estratégias de
comunicação
e educação
ambiental
adequadas às
particulari-
dades locais
constitui
elemento
fundamental
para o sucesso
das ações
de proteção
ambiental

proteção ambiental demanda ações que vão além da simples repressão, incluindo prevenção, educação e articulação com outros atores sociais.

As atividades de patrulhamento preventivo constituem o núcleo das operações da CIPPA/Lençóis, envolvendo rondas regulares em áreas de maior vulnerabilidade ambiental, monitoramento de unidades de conservação e presença ostensiva em locais de ocorrência frequente de crimes ambientais. Essas atividades são planejadas com base em análise de inteligência e dados históricos de criminalidade ambiental (Bahia, 2023c).

A fiscalização ambiental integrada representa outro componente fundamental do Plano de Emprego Operacional, envolvendo ações coordenadas com órgãos ambientais estaduais e federais. Essa integração permite a otimização de recursos e a maximização da efetividade das ações fiscalizatórias, aproveitando as competências específicas de cada instituição.

Desafios da cobertura territorial

A vasta extensão territorial da área de atuação da CIPPA/Lençóis apresenta desafios significativos para a efetividade do policiamento ambiental. Com milhares de quilômetros quadrados para cobrir e recursos humanos limitados, a unidade enfrenta dificuldades para definir ações prioritárias e otimizar o uso dos recursos disponíveis (Sampaio, 2021).

A diversidade de ecossistemas presentes na região demanda conhecimento técnico especializado e estratégias diferenciadas de proteção. Os crimes contra a flora no Cerrado, por exemplo, apresentam características distintas dos que ocorrem em áreas de Mata Atlântica, exigindo abordagens específicas de prevenção e repressão.

A logística constitui outro desafio importante, considerando as distâncias envolvidas e as dificuldades de acesso a algumas áreas. A necessidade de longos deslocamentos impacta tanto a capacidade de resposta rápida a ocorrências quanto os custos operacionais da unidade. A criação de um pelotão em Barreiras representa uma resposta a esse desafio, ampliando a capilaridade da atuação policial (Bahia, 2025b).

A integração com comunidades locais também apresenta desafios específicos, considerando a diversidade socioeconômica da região e as diferentes percepções sobre conservação ambiental. O desenvolvimento de estratégias de comunicação e educação ambiental adequadas às particularidades locais constitui elemento fundamental para o sucesso das ações de proteção ambiental.

A capacitação contínua dos agentes representa outro desafio significativo, considerando a evolução constante das técnicas de crimes ambientais

e a necessidade de atualização sobre legislação e procedimentos. Apesar disso, a CIPPA/Lençóis tem investido em programas de capacitação e intercâmbio com outras unidades especializadas para manter seus agentes atualizados (Bahia, 2024b).

Inovação tecnológica: o uso pioneiro da Plataforma Brasil MAIS

A CIPPA/Lençóis tem-se destacado como unidade pioneira na incorporação de tecnologias avançadas de sensoriamento remoto para o policiamento ambiental, a partir da utilização da Plataforma Brasil MAIS (Meio Ambiente Integrado e Seguro). Essa ferramenta, desenvolvida no âmbito do Ministério da Justiça e Segurança Pública, por meio da Portaria MJSP nº 535, de 22 de setembro de 2020, representa um marco na modernização das ferramentas de monitoramento ambiental disponíveis para as forças de segurança pública (Brasil, 2020).

O Programa Brasil MAIS integra o subprograma Consciência Situacional por Sensoriamento Remoto que disponibiliza imagens satelitais de alta resolução, alertas de detecção de mudanças e produtos geoespaciais especializados para diversos setores da segurança pública. A plataforma oferece seis categorias principais de produtos: imagens PlanetScope de alta resolução, mosaicos mensais, alertas de detecção de mudanças, identificação de edificações (*buildings*), mapeamento de estradas (*roads*) e imagens específicas para áreas urbanas (SCCON Geospatial, 2022a).

A implementação dessa tecnologia na CIPPA/Lençóis representa uma inovação significativa no policiamento ambiental brasileiro, posicionando a unidade na vanguarda da utilização de ferramentas de geoprocessamento para a proteção ambiental. O uso da plataforma permite o monitoramento contínuo e automatizado de vastas áreas territoriais, superando as limitações físicas e logísticas do patrulhamento tradicional.

Quadro 2

Produtos da Plataforma Brasil MAIS utilizados pela CIPPA/Lençóis

Produto	Descrição	Aplicação operacional
Imagens PlanetScope	Imagens de alta resolução espacial	Identificação de desmatamentos e alterações ambientais
Alertas de mudanças	Detecção automatizada de alterações	Resposta rápida a crimes ambientais
Mosaicos mensais	Compilações temporais de imagens	Análise de tendências e padrões
<i>Buildings</i>	Identificação de edificações	Detecção de construções irregulares
<i>Roads</i>	Mapeamento de estradas	Identificação de acessos clandestinos
Análise temporal	Comparação entre períodos	Avaliação de impactos ambientais

Fonte: elaboração própria.

**A CIPPA/
Lençóis utiliza
as imagens
de alta
resolução para
acompanhar
continuamente
o estado de
preservação do
Parque Nacional
da Chapada
Diamantina e
outras áreas
protegidas em
sua região de
atuação. Essa
vigilância
tecnológica
complementa
o patrulha-
mento físico,
permitindo
cobertura mais
abrangente e
eficiente do
território**

A capacitação dos agentes da CIPPA/Lençóis para a utilização dessa tecnologia envolveu treinamento especializado em Sistemas de Informações Geográficas (SIG), incluindo *softwares* como QGIS, ArcGIS, GRASS-GIS e outros sistemas compatíveis com a plataforma. A capacitação técnica desses agentes representa um investimento estratégico na modernização do policiamento ambiental, permitindo que seus membros desenvolvam competências em geoprocessamento e análise espacial (SCCON Geospacial, 2022b).

A aplicação prática da Plataforma Brasil MAIS na CIPPA/Lençóis tem demonstrado resultados significativos em diferentes aspectos operacionais. A detecção precoce de desmatamentos através de alertas automatizados permite resposta mais rápida às infrações ambientais, reduzindo o tempo entre a ocorrência do crime e a intervenção policial. Essa capacidade de resposta rápida é fundamental para a efetividade da proteção ambiental, considerando que muitos danos ao meio ambiente são irreversíveis ou de difícil recuperação.

O monitoramento de unidades de conservação representa outra aplicação estratégica da tecnologia. A CIPPA/Lençóis utiliza as imagens de alta resolução para acompanhar continuamente o estado de preservação do Parque Nacional da Chapada Diamantina e outras áreas protegidas em sua região de atuação. Essa vigilância tecnológica complementa o patrulhamento físico, permitindo cobertura mais abrangente e eficiente do território.

A identificação de atividades ilegais por meio da detecção de novas edificações e estradas constitui ferramenta valiosa para o combate a crimes ambientais complexos. A plataforma permite identificar padrões de ocupação irregular, construções clandestinas em áreas protegidas e abertura de acessos não autorizados, fornecendo evidências técnicas precisas para procedimentos legais.

O planejamento operacional da CIPPA/Lençóis tem sido significativamente aprimorado a partir da utilização de dados geoespaciais. A análise de padrões espaciais e temporais de crimes ambientais permite o direcionamento mais eficiente dos recursos humanos e materiais, otimizando as operações de patrulhamento e fiscalização. Essa abordagem baseada em evidências representa evolução importante na estratégia de policiamento ambiental.

A integração da Plataforma Brasil MAIS com outros sistemas de informação utilizados pela CIPPA/Lençóis tem permitido o desenvolvimento de protocolos específicos para o uso policial de dados geoespaciais. Esses protocolos incluem procedimentos para validação de alertas, coleta de evidências digitais, elaboração de relatórios técnicos e compartilhamento de informações com outros órgãos ambientais.

O impacto dessa inovação tecnológica transcende os benefícios operacionais imediatos, contribuindo para o fortalecimento da capacidade técnica da CIPPA/Lençóis, posicionando-a como referência nacional na utilização de tecnologias avançadas para policiamento ambiental. A experiência acumulada pelos agentes da unidade tem potencial para ser replicada em outras regiões, contribuindo para a modernização do policiamento ambiental brasileiro.

A utilização pioneira da Plataforma Brasil MAIS pela CIPPA/Lençóis demonstra como a incorporação de tecnologias avançadas pode revolucionar o policiamento ambiental, oferecendo ferramentas mais eficazes para a proteção dos recursos naturais. Essa experiência inovadora demonstra como a integração entre tecnologia e conhecimento especializado pode potencializar a efetividade das ações de proteção ambiental, contribuindo para a conservação dos ecossistemas brasileiros.

OPERAÇÃO GUARDIÕES DO BIOMA: ESTUDO DE CASO DE INTEGRAÇÃO INTERINSTITUCIONAL

Descrição da Operação Guardiões do Bioma

A Operação Guardiões do Bioma representa um marco na coordenação interinstitucional para o combate aos crimes ambientais no Brasil, demonstrando a importância da articulação entre diferentes esferas de governo e órgãos especializados. Coordenada pela Secretaria de Operações Integradas do Ministério da Justiça e Segurança Pública (Seopi/MJ), a operação tem como objetivo principal o combate a incêndios florestais e desmatamento nos principais biomas brasileiros (Brasil, 2022).

A iniciativa caracteriza-se pela mobilização coordenada de recursos federais, estaduais e municipais, envolvendo órgãos como Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (Ibama), Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio), Polícia Federal, Força Nacional de Segurança Pública, polícias militares estaduais e corpos de bombeiros. Essa articulação multi-institucional reitera o reconhecimento de que a proteção ambiental efetiva demanda a integração de competências e recursos de diferentes instituições (Brasil, 2023).

O foco da operação nos principais biomas brasileiros – Amazônia, Cerrado, Mata Atlântica, Caatinga, Pantanal e Pampa – evidencia a abordagem sistêmica adotada para a proteção ambiental nacional. Essa perspectiva reconhece que os crimes ambientais frequentemente transcendem fronteiras administrativas e demandam estratégias coordenadas de enfrentamento.

**O impacto
dessa inovação
tecnológica
transcende
os benefícios
operacionais
imediatos,
contribuindo
para o fortalecimento da
capacidade
técnica da
CIPPA/Lençóis,
posicionando-a
como referência
nacional na
utilização de
tecnologias
avançadas para
policiamento
ambiental**

Na Bahia,
a operação
contribuiu
para o fortalecimento
das ações
de proteção
ambiental,
resultando em
apreensões de
equipamentos
utilizados
em crimes
ambientais,
autuações
por infrações
à legislação
ambiental e
prisões de
responsáveis
por atividades
ilegais

Participação da Polícia Militar da Bahia

A Polícia Militar da Bahia (PMBA) teve participação destacada na Operação Guardiões do Bioma, de 2022 a 2023, mobilizando recursos humanos e materiais especializados para as ações de combate aos crimes ambientais. A CIPPA/Lençóis, como unidade especializada da corporação, desempenhou papel fundamental na operação, contribuindo com seu conhecimento técnico e experiência na proteção dos ecossistemas baianos (Bahia, 2023d).

A participação da PMBA na operação envolveu diferentes modalidades de atuação, incluindo patrulhamento preventivo em áreas de risco, fiscalização ambiental integrada, combate a incêndios florestais e apoio logístico às demais forças envolvidas. Essa diversidade de ações demonstra a versatilidade e a capacidade de adaptação da corporação às demandas específicas da proteção ambiental.

O Relatório da Operação Guardiões do Bioma, de 2023, destaca a importância da participação das polícias militares estaduais, reconhecendo sua capacidade de atuação territorial e conhecimento das particularidades regionais. No caso da Bahia, a experiência acumulada pela CIPPA/Lençóis na proteção dos ecossistemas do centro e oeste do estado contribuiu significativamente para a efetividade das ações operacionais (Brasil, 2023).

Resultados e Impactos da Operação

Os resultados da Operação Guardiões do Bioma evidenciam a efetividade da abordagem integrada para o combate aos crimes ambientais. Durante o período de execução da operação, de junho a outubro de 2022, foram registradas reduções significativas nos índices de desmatamento e incêndios florestais em várias regiões do país, demonstrando o impacto positivo da coordenação interinstitucional (Brasil, 2024a).

Na Bahia, a operação contribuiu para o fortalecimento das ações de proteção ambiental, resultando em apreensões de equipamentos utilizados em crimes ambientais, autuações por infrações à legislação ambiental e prisões de responsáveis por atividades ilegais. Tais resultados refletem tanto a efetividade das ações operacionais quanto o efeito dissuasório da presença ostensiva das forças de segurança em áreas de risco (Bahia, 2023c).

A operação também teve impactos importantes na capacitação dos agentes envolvidos, promovendo intercâmbio de experiências e conhecimentos entre diferentes instituições. Para os agentes da CIPPA/Lençóis, a participação na operação representou oportunidade de aprendizado e aprimoramento de técnicas e procedimentos, contribuindo para o desenvolvimento institucional da unidade.

Lições aprendidas e perspectivas futuras

A análise da Operação Guardiões do Bioma oferece importantes lições para o aprimoramento das estratégias de proteção ambiental no Brasil. A primeira lição refere-se à importância da coordenação interinstitucional, que permite a otimização de recursos e a maximização da efetividade das ações. A realização da operação demonstrou que a articulação entre diferentes órgãos e esferas de governo é fundamental para o enfrentamento eficaz dos crimes ambientais (Brasil, 2024b). Cabe esclarecer que a Operação foi pontual, não contínua. A experiência foi nacional, com aplicação na Bahia pelas unidades ambientais.

A segunda lição importante relaciona-se à necessidade de planejamento integrado, que considere as particularidades regionais e as competências específicas de cada instituição envolvida. A operação evidenciou que o sucesso das ações depende não apenas da mobilização de recursos, mas também da adequada coordenação e distribuição de responsabilidades.

A terceira lição refere-se à importância da capacitação contínua dos agentes envolvidos em operações ambientais. A complexidade dos crimes contra o meio ambiente e a evolução constante das técnicas utilizadas pelos infratores demandam atualização permanente de conhecimentos e procedimentos operacionais.

Análise crítica da integração interinstitucional

A análise crítica da Operação Guardiões do Bioma revela potencialidades e desafios quanto à integração interinstitucional no combate aos crimes ambientais. Entre as potencialidades, destaca-se a capacidade de mobilização de recursos especializados de diferentes instituições, permitindo uma abordagem mais abrangente e eficaz dos problemas ambientais.

Os desafios identificados incluem a necessidade de uma melhor articulação entre as diferentes culturas organizacionais dos órgãos envolvidos, a harmonização de procedimentos operacionais e a definição clara de responsabilidades e competências. Esses desafios não diminuem a importância da integração, mas evidenciam a necessidade de aprimoramento contínuo dos mecanismos de coordenação (Carvalho, 2020).

Para os agentes da CIPPA/Lençóis, a participação na Operação Guardiões do Bioma representou oportunidade de demonstrar a capacidade técnica e operacional da unidade, consolidando sua posição de referência no policiamento ambiental baiano. A experiência acumulada contribui para o fortalecimento institucional da unidade e para o desenvolvimento de novas estratégias de atuação.

Os desafios identificados incluem a necessidade de uma melhor articulação entre as diferentes culturas organizacionais dos órgãos envolvidos, a harmonização de procedimentos operacionais e a definição clara de responsabilidades e competências

A perspectiva de longo prazo aponta para a necessidade de institucionalização de mecanismos permanentes de coordenação interinstitucional, que permitam resposta mais rápida e eficaz às demandas de proteção ambiental. A experiência da Operação Guardiões do Bioma oferece base sólida para o desenvolvimento desses mecanismos, contribuindo para o aprimoramento das políticas públicas de proteção ambiental no país.

CRIMES AMBIENTAIS NA BAHIA: PANORAMA ATUAL E DESAFIOS

Estatísticas de crimes ambientais na Bahia (2023-2024)

O panorama dos crimes ambientais na Bahia revela a magnitude dos desafios enfrentados pelo estado na proteção dos recursos naturais. Segundo dados da Rede de Observatórios da Segurança, divulgados no relatório *Além da Floresta: conflitos socioambientais e deserto de informações*, a Bahia ocupa a quarta posição no *ranking* nacional de crimes ambientais registrados entre 2023 e 2024 (Rede de Observatórios da Segurança, 2025).

Do total de 41.203 crimes ambientais registrados no Brasil durante o período analisado, a Bahia apresentou números significativos que evidenciam a pressão sobre seus ecossistemas. Os dados abrangem nove estados brasileiros – Amazonas, Bahia, Ceará, Maranhão, Pará, Pernambuco, Piauí, Rio de Janeiro e São Paulo –, com base na Lei nº 9.605/1998 (Lei de Crimes Ambientais) (Brasil, 1998; Rede de Observatórios da Segurança, 2025).

Quadro 3

Distribuição dos crimes ambientais na Bahia por categoria – 2023-2024

Categoria	Percentual	Características
Crimes contra a flora	87,22%	Desmatamento, corte ilegal, queimadas
Exploração mineral	2,20%	Extração irregular, garimpo ilegal
Crimes contra a fauna	Não especificado	Caça, pesca e tráfico de animais
Poluição	Não especificado	Contaminação de recursos hídricos
Outros crimes ambientais	Não especificado	Diversas infrações ambientais

Fonte: Rede de Observatórios da Segurança (2025).

O dado mais alarmante refere-se aos crimes contra a flora, que representam 87,22% do total de infrações ambientais registradas no estado. Esse percentual evidencia a pressão sobre a cobertura vegetal baiana, incluindo remanescentes de Mata Atlântica, áreas de Cerrado e vegetação de Caatinga. A predominância desse tipo de crime reflete tanto a expansão de atividades agropecuárias quanto a exploração ilegal de recursos florestais (Bahia, 2023d).

A Bahia também se destaca negativamente na exploração mineral irregular, ocupando a segunda posição nacional, com 2,20%, dos crimes dessa categoria, atrás apenas do Rio de Janeiro (2,66%). Esse dado é particularmente relevante considerando a tradição minerária do estado e a presença de importantes reservas minerais em sua região oeste (Rede de Observatórios da Segurança, 2025).

Tipologia dos crimes ambientais mais frequentes

A análise da tipologia dos crimes ambientais na Bahia revela padrões específicos relacionados às características geográficas e econômicas do estado. Os crimes contra a flora, que representam a maioria absoluta das infrações, incluem principalmente desmatamento para expansão agropecuária, corte ilegal de madeira, queimadas não autorizadas e supressão de vegetação em áreas protegidas.

O desmatamento para expansão agropecuária constitui o principal vetor de pressão sobre os ecossistemas baianos, especialmente na região oeste do estado, onde se concentra significativa atividade agrícola. A conversão de áreas de Cerrado para cultivo de grãos tem sido responsável por parcela significativa dos crimes contra a flora registrados na região de atuação da CIPPA/Lençóis (Bahia, 2025e).

A exploração madeireira irregular representa outra modalidade de delito contra a flora, envolvendo tanto a extração de espécies nativas quanto a comercialização ilegal de produtos florestais. Essa atividade frequentemente ocorre em áreas de difícil acesso, demandando estratégias específicas de detecção e combate.

As queimadas não autorizadas constituem problema recorrente, especialmente durante o período seco, quando as condições climáticas favorecem a propagação do fogo. Essas queimadas podem ter origem em atividades agropecuárias, limpeza de terrenos ou mesmo ações criminosas intencionais.

Distribuição territorial dos crimes ambientais

Os crimes ambientais na Bahia apresentam padrões específicos relacionados às características geográficas, econômicas e demográficas das diferentes regiões do estado. A região oeste, que inclui parte significativa da área de atuação da CIPPA/Lençóis, concentra importante parcela das infrações contra a flora, reflexo da intensa atividade agropecuária e da pressão sobre os remanescentes de Cerrado (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2025).

O desmatamento para expansão agropecuária constitui o principal vetor de pressão sobre os ecossistemas baianos, especialmente na região oeste do estado, onde se concentra significativa atividade agrícola

O relatório da Rede de Observatórios da Segurança (2025) reconhece explicitamente a existência de subnotificação significativa e limitações na coleta e classificação de dados entre os estados

Já a região da Chapada Diamantina, núcleo central de atuação da CIPPA/Lençóis, apresenta características específicas de criminalidade ambiental, incluindo pressão sobre unidades de conservação, exploração irregular de recursos hídricos e impactos relacionados ao turismo não sustentável. A presença do Parque Nacional da Chapada Diamantina e de outras unidades de conservação na região demanda estratégias específicas de proteção.

Por sua vez, a região sul da Bahia, embora fora da área de atuação direta da CIPPA/Lençóis, apresenta importantes desafios relacionados à proteção dos remanescentes de Mata Atlântica. Os crimes ambientais nessa região incluem desmatamento para expansão urbana, exploração madeireira irregular e pressão sobre áreas de preservação permanente.

Integração com promotorias de Justiça Ambiental

A efetividade do combate aos crimes ambientais na Bahia depende fundamentalmente da integração entre os órgãos de segurança pública e o sistema de Justiça, particularmente as promotorias de Justiça Ambiental do Ministério Público da Bahia (MPBA). Essa integração permite a articulação entre as ações de detecção e repressão realizadas pela CIPPA/Lençóis e outros órgãos policiais com os procedimentos de investigação e processamento judicial (Bahia, 2024a).

O MPBA mantém estrutura especializada para o tratamento de crimes ambientais, incluindo promotorias específicas e centros de apoio técnico (Bahia, 2024a). Essa especialização é fundamental para lidar adequadamente com a complexidade técnica e jurídica dos crimes ambientais, que frequentemente demandam conhecimentos específicos sobre legislação ambiental, perícias técnicas e avaliação de danos.

A cooperação entre a CIPPA/Lençóis e as promotorias de Justiça Ambiental materializa-se por meio de diferentes mecanismos, incluindo operações conjuntas, compartilhamento de informações, elaboração de relatórios técnicos e apoio a investigações. Essa cooperação é essencial para garantir que as infrações detectadas pela polícia sejam adequadamente processadas pelo sistema de Justiça.

Limitações dos dados e subnotificação

A análise dos dados sobre crimes ambientais na Bahia deve considerar importantes limitações metodológicas que podem afetar a compreensão da real dimensão do problema. O relatório da Rede de Observatórios da Segurança (2025) reconhece explicitamente a existência de subnotificação significativa e limitações na coleta e classificação de dados entre os estados.

A subnotificação de crimes ambientais constitui problema estrutural que afeta a capacidade de dimensionar adequadamente o problema e desenvolver estratégias eficazes de enfrentamento. Essa subnotificação pode resultar de diferentes fatores, incluindo dificuldades de detecção em áreas remotas, limitações de recursos para fiscalização, falta de denúncias por parte da população e deficiências nos sistemas de registro.

As limitações dos dados também se relacionam ao escopo da Lei de Crimes Ambientais, que não abrange conflitos agrários nem diversas formas de violência contra povos tradicionais, como indígenas, quilombolas e ribeirinhos. Essa limitação é particularmente relevante na Bahia, estado que abriga significativa população tradicional e apresenta histórico de conflitos relacionados ao uso da terra.

A variação na coleta e na classificação de dados entre os estados compromete a comparabilidade das estatísticas e pode resultar em distorções na compreensão dos padrões regionais de criminalidade ambiental. Essa limitação evidencia a necessidade de padronização dos sistemas de coleta e classificação de dados sobre crimes ambientais.

Para a CIPPA/Lençóis, tais limitações representam desafios importantes para o planejamento operacional e a avaliação da efetividade das ações. A unidade tem buscado desenvolver mecanismos próprios de coleta e análise de dados, incluindo a utilização da Plataforma Brasil MAIS para monitoramento territorial e a manutenção de registros detalhados sobre suas operações.

A superação desses entraves demanda esforços coordenados entre diferentes instituições, envolvendo a padronização de procedimentos, o investimento em sistemas de informação, a capacitação de agentes e o desenvolvimento de mecanismos de integração entre diversos órgãos engajados na proteção ambiental. A experiência da CIPPA/Lençóis pode contribuir significativamente para esses esforços, oferecendo modelo de boas práticas na coleta e análise de dados sobre crimes ambientais.

DESAFIOS E PERSPECTIVAS PARA O POLICIAMENTO AMBIENTAL NA BAHIA

Desafios operacionais e logísticos

A CIPPA/Lençóis enfrenta desafios operacionais e logísticos significativos, decorrentes da vasta extensão territorial de sua área de atuação e das características geográficas da região. A cobertura de milhares de quilômetros quadrados, incluindo áreas de difícil acesso na Chapada Diamantina e no oeste baiano, demanda estratégias específicas de planejamento e execução das operações policiais (Bahia, 2024b).

**A variação na
coleta e na
classificação
de dados entre
os estados
compromete
a compara-
bilidade das
estatísticas e
pode resultar
em distorções
na compreensão
dos padrões
regionais de
criminalidade
ambiental**

A complexidade dos crimes ambientais, que envolvem conhecimentos técnicos específicos sobre legislação ambiental, ecologia, identificação de espécies e procedimentos de perícia, demanda formação contínua e atualizada

O primeiro desafio operacional refere-se à otimização da cobertura territorial com recursos humanos limitados. A necessidade de priorizar áreas de maior risco ambiental e concentrar esforços em locais de ocorrência frequente de crimes ambientais exige análise constante de inteligência e planejamento estratégico. O novo pelotão foi reflexo de um desafio para cobrir extensa área apresentado no início do texto (Barreiras, 2025).

Os custos operacionais relacionados a combustível, manutenção de viaturas e tempo de deslocamento impactam significativamente a capacidade operacional da unidade. A utilização de tecnologias como a Plataforma Brasil MAIS tem contribuído para otimizar o direcionamento das operações, reduzindo deslocamentos desnecessários.

As condições climáticas e sazonais também apresentam desafios específicos para as operações da CIPPA/Lençóis. Durante o período seco, aumenta significativamente o risco de incêndios florestais, demandando maior atenção e recursos para prevenção e combate. No período chuvoso, as dificuldades de acesso a algumas áreas podem limitar a capacidade de resposta a ocorrências.

Recursos humanos e capacitação especializada

A questão dos recursos humanos representa um desafio fundamental para a efetividade das ações da CIPPA/Lençóis, e envolve tanto aspectos quantitativos quanto qualitativos. O dimensionamento adequado do efetivo para a cobertura da vasta área de atuação da unidade constitui uma dificuldade permanente, exigindo equilíbrio entre as demandas operacionais e as limitações orçamentárias (Bahia, 2024d).

A capacitação especializada dos agentes configura um elemento crucial para a efetividade do policiamento ambiental. A complexidade dos crimes ambientais, que envolvem conhecimentos técnicos específicos sobre legislação ambiental, ecologia, identificação de espécies e procedimentos de perícia, demanda formação contínua e atualizada. A CIPPA/Lençóis tem investido em programas de capacitação, incluindo o treinamento na Plataforma Brasil MAIS e cursos especializados em Direito Ambiental.

A retenção de agentes especializados representa outro desafio importante. O investimento em capacitação pode ser perdido quando agentes treinados são transferidos para outras unidades ou deixam a corporação. O desenvolvimento de políticas de valorização e retenção de pessoal especializado é fundamental para a continuidade e o aprimoramento das ações da unidade.

A integração de novos agentes à cultura organizacional da CIPPA/Lençóis também demanda atenção especial. A unidade tem desenvolvido

programas de ambientação que incluem não apenas aspectos técnicos, mas também a compreensão da missão institucional e dos valores relacionados à proteção ambiental.

Integração interinstitucional

A efetividade do policiamento ambiental depende fundamentalmente da integração com outros órgãos e instituições comprometidos com a proteção ambiental. A CIPPA/Lençóis atua em um ambiente institucional complexo, que inclui órgãos ambientais federais (Ibama, ICMBio), estaduais (Inema, Sema) e municipais, além do Ministério Público, do Poder Judiciário e das organizações da sociedade civil (Bahia, 2024a).

O desafio da integração interinstitucional manifesta-se em diferentes dimensões. A primeira refere-se à harmonização de procedimentos operacionais entre as diferentes instituições, que podem ter culturas organizacionais, protocolos e prioridades distintas. A experiência da Operação Guardiões do Bioma demonstrou tanto as potencialidades quanto as dificuldades dessa integração.

A segunda dimensão diz respeito ao compartilhamento de informações e inteligência entre os órgãos. O desenvolvimento de sistemas integrados de informação e protocolos de compartilhamento de dados é fundamental para otimizar as ações de proteção ambiental. A CIPPA/Lençóis tem buscado desenvolver mecanismos de integração, incluindo a participação em grupos de trabalho interinstitucionais.

A terceira dimensão envolve a coordenação de operações conjuntas, que demanda planejamento integrado, definição clara de responsabilidades e mecanismos eficazes de comunicação. A experiência acumulada pelos agentes da CIPPA/Lençóis em operações integradas tem contribuído para o desenvolvimento de boas práticas nessa área.

Tecnologia e inovação no policiamento ambiental

A incorporação de tecnologias avançadas representa, ao mesmo tempo, oportunidades e desafios para o policiamento ambiental. A experiência pioneira da CIPPA/Lençóis com a Plataforma Brasil MAIS demonstra o potencial transformador da tecnologia, mas também evidencia os desafios relacionados à capacitação, à infraestrutura e à integração de sistemas (SCCON Geospatial, 2024).

O primeiro desafio no âmbito tecnológico refere-se à necessidade de uma infraestrutura adequada para dar suporte às tecnologias avançadas. Isso inclui acesso à internet, equipamentos de informática, sistemas de

**A efetividade do
policiamento
ambiental
depende funda-
mentalmente da
integração com
outros órgãos
e instituições
comprometidos
com a proteção
ambiental**

Na dimensão tecnológica, recomenda-se a ampliação do uso de tecnologias avançadas, incluindo drones para monitoramento aéreo, sistemas de comunicação digital, aplicativos móveis para coleta de dados em campo e integração com sistemas de informação geográfica

comunicação e energia elétrica confiável. Em áreas remotas da região de atuação da CIPPA/Lençóis, esses requisitos nem sempre estão disponíveis.

O segundo desafio relaciona-se à capacitação contínua dos agentes para utilização de novas tecnologias. A evolução rápida das ferramentas tecnológicas demanda atualização permanente dos conhecimentos e habilidades dos agentes. Mesmo com limitações, a CIPPA/Lençóis tem buscado desenvolver programas de capacitação contínua para acompanhar essas evoluções.

O terceiro desafio envolve a integração de diferentes sistemas tecnológicos utilizados pela unidade e por outros órgãos. Desenvolver a interoperabilidade desses sistemas é fundamental para maximizar os benefícios da tecnologia e evitar duplicação de esforços.

Propostas de aprimoramento

Com base na análise dos desafios identificados, é possível propor direções para o aprimoramento da atuação da CIPPA/Lençóis e do policiamento ambiental na Bahia. Essas propostas organizam-se em diferentes dimensões: estrutural, operacional, tecnológica e institucional.

Na dimensão estrutural, propõe-se a expansão gradual da presença territorial da CIPPA/Lençóis por meio da criação de novos pelotões em pontos estratégicos da região de atuação. A experiência do pelotão de Barreiras pode servir de modelo para essa expansão, permitindo maior proximidade com as comunidades locais e resposta mais rápida às ocorrências.

Na dimensão operacional, sugere-se o desenvolvimento de protocolos específicos para diferentes tipos de crimes ambientais, considerando as particularidades de cada categoria de infração. Esses protocolos devem incluir procedimentos de detecção, investigação, coleta de evidências e articulação com outros órgãos.

Na dimensão tecnológica, recomenda-se a ampliação do uso de tecnologias avançadas, incluindo drones para monitoramento aéreo, sistemas de comunicação digital, aplicativos móveis para coleta de dados em campo e integração com sistemas de informação geográfica. A experiência com a Plataforma Brasil MAIS pode ser expandida, de modo a integrar outras ferramentas tecnológicas.

Na dimensão institucional, propõe-se o fortalecimento dos mecanismos de integração interinstitucional por meio da criação de protocolos formais de cooperação, sistemas integrados de informação e programas de capacitação conjunta. A institucionalização de grupos de trabalho permanentes pode contribuir para a continuidade e o aprimoramento da cooperação.

Finalmente, sugere-se o desenvolvimento de indicadores específicos para avaliação da efetividade do policiamento ambiental, incluindo métricas de resultado (redução de crimes ambientais, recuperação de áreas degradadas) e de processo (tempo de resposta, qualidade das investigações, satisfação da comunidade). Esses indicadores podem orientar o planejamento estratégico e a alocação de recursos da unidade.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise do papel da Companhia Independente de Polícia de Proteção Ambiental (CIPPA/Lençóis) no combate aos crimes ambientais no estado da Bahia revela a importância estratégica do policiamento ambiental especializado para a proteção dos recursos naturais brasileiros. O estudo demonstra que a CIPPA/Lençóis representa um modelo inovador de policiamento ambiental ao combinar especialização técnica, conhecimento territorial e incorporação de tecnologias avançadas para enfrentar os desafios da proteção ambiental em uma das regiões de maior diversidade biológica do país.

A caracterização da estrutura organizacional e territorial da CIPPA/Lençóis revela a complexidade dos desafios enfrentados pela unidade. A responsabilidade pela proteção dos ecossistemas do centro e do oeste baiano, incluindo importantes remanescentes de Cerrado, Mata Atlântica e áreas de transição, demanda estratégias diferenciadas e recursos especializados. A criação do pelotão em Barreiras representa evolução importante na estruturação territorial da unidade, ampliando a capilaridade da atuação policial e permitindo uma resposta mais eficaz às demandas regionais.

O uso pioneiro da Plataforma Brasil MAIS pela CIPPA/Lençóis constitui um marco na modernização do policiamento ambiental brasileiro, demonstrando como a incorporação de tecnologias de sensoriamento remoto pode revolucionar as estratégias de monitoramento e combate aos crimes ambientais. Essa inovação posiciona a unidade na vanguarda da utilização de ferramentas geoespaciais para proteção ambiental, oferecendo um modelo que pode ser replicado em outras regiões do país.

A análise da Operação Guardiões do Bioma como estudo de caso de integração interinstitucional indica, ao mesmo tempo, as potencialidades e os desafios da coordenação entre diferentes órgãos e esferas de governo. A participação da CIPPA/Lençóis na operação demonstra a capacidade da unidade de atuar em contextos complexos de cooperação interinstitucional, contribuindo com sua expertise técnica e conhecimento territorial para o sucesso das ações integradas.

**A análise
do papel da
Companhia
Independente
de Polícia
de Proteção
Ambiental
(CIPPA/Lençóis)
no combate
aos crimes
ambientais
no estado da
Bahia revela
a importância
estratégica do
policiamento
ambiental
especializado
para a proteção
dos recursos
naturais
brasileiros**

Estudos comparativos com outras unidades de policiamento ambiental no Brasil podem contribuir para identificar melhores práticas e oportunidades de aprimoramento

O panorama dos crimes ambientais na Bahia, com o estado ocupando a quarta posição nacional em registros de infrações, evidencia a magnitude dos desafios enfrentados e a importância do trabalho desenvolvido pela CIPPA/Lençóis. O predomínio dos crimes contra a flora (87,22% dos casos) reflete a pressão sobre os ecossistemas baianos e a necessidade de estratégias específicas para proteção da cobertura vegetal (Bahia, 2022).

Os problemas identificados em diferentes esferas – operacionais, logísticas, de recursos humanos, tecnológicas e de integração interinstitucional – não diminuem a importância do trabalho desenvolvido pela CIPPA/Lençóis, mas apontam áreas que demandam atenção e investimento contínuo. A capacidade da unidade de se adaptar a esses desafios e desenvolver soluções inovadoras, a exemplo da incorporação da Plataforma Brasil MAIS, demonstra sua resiliência e potencial de evolução.

As contribuições da CIPPA/Lençóis para a proteção ambiental transcendem os resultados operacionais imediatos, incluindo o desenvolvimento de conhecimento especializado, a formação de agentes capacitados, a criação de protocolos e procedimentos específicos e a demonstração da viabilidade do policiamento ambiental especializado. Estas contribuições têm potencial para influenciar políticas públicas e práticas institucionais em outras regiões do país.

O estudo apresenta limitações importantes que devem ser consideradas na interpretação dos resultados. A análise baseou-se principalmente em fontes documentais e dados secundários, não incluindo pesquisa de campo ou entrevistas com agentes da CIPPA/Lençóis. Além disso, a disponibilidade limitada de dados específicos sobre a atuação da unidade restringiu algumas análises quantitativas.

Para pesquisas futuras, recomenda-se a realização de estudos empíricos que incluam pesquisa de campo, entrevistas com agentes e análise detalhada dos resultados operacionais da CIPPA/Lençóis. Estudos comparativos com outras unidades de policiamento ambiental no Brasil podem contribuir para identificar melhores práticas e oportunidades de aprimoramento. A avaliação do impacto da utilização da Plataforma Brasil MAIS nos resultados operacionais da unidade constitui área promissora para investigação futura.

A análise da percepção das comunidades locais sobre o trabalho da CIPPA/Lençóis e o desenvolvimento de indicadores específicos para avaliação da efetividade do policiamento ambiental representam outras direções importantes para análises posteriores. Estudos sobre a integração entre policiamento ambiental e educação ambiental também podem contribuir para o desenvolvimento de estratégias mais abrangentes de proteção ambiental.

Em conclusão, a CIPPA/Lençóis representa modelo exitoso de policiamento ambiental especializado, que combina conhecimento técnico, inovação tecnológica e compromisso com a proteção ambiental. Sua atuação na região da Chapada Diamantina e no oeste baiano contribui significativamente para a conservação dos ecossistemas locais e oferece exemplo inspirador para outras iniciativas de policiamento ambiental no Brasil. O aprimoramento contínuo de suas estratégias e a superação dos desafios identificados podem potencializar ainda mais essa contribuição para a proteção ambiental nacional.

A experiência da CIPPA/Lençóis demonstra que o policiamento ambiental especializado, quando adequadamente estruturado e equipado, pode desempenhar papel fundamental na proteção dos recursos naturais brasileiros. Essa constatação é particularmente relevante no contexto atual de crescente pressão sobre os ecossistemas nacionais, diante da necessidade urgente de estratégias eficazes para sua proteção. A CIPPA/Lençóis oferece modelo concreto de como essas estratégias podem ser desenvolvidas e implementadas, contribuindo para a edificação de um futuro mais sustentável para o Brasil.

REFERÊNCIAS

AMADO, Frederico. *Direito ambiental*. 12. ed. Salvador: JusPodivm, 2020.

BAHIA. Lei nº 11.051, de 6 de junho de 2008. Reestrutura o Grupo Ocupacional Fiscalização e Regulação, criado pela Lei nº 8.889, de 01 de dezembro de 2003, e dá outras providências. *Diário Oficial do Estado*, Salvador, 7 jun. 2008. Disponível em: <https://leisestaduais.com.br/ba/lei-ordinaria-n-11051-2008-bahia-reestrutura-o-grupo-ocupacional-fiscalizacao-e-regulacao-criado-pela-lei-n-8889-de-01-de-dezembro-de-2003-e-da-outras-providencias>. Acesso em: 25 jul. 2025.

BAHIA. *Lei nº 11.612 de 08 de outubro de 2009*. Dispõe sobre a Política Estadual de Recursos Hídricos, o Sistema Estadual de Gerenciamento de Recursos Hídricos, e dá outras providências. Salvador: ALBA, 2009. Disponível em: https://progestao.ana.gov.br/acoes-estados/ba/lei-no11-612-09_ba.pdf/@download/file/LEI%20N%C2%BA11.612-09_BA.pdf. Acesso em: 25 jul. 2025.

BAHIA. Lei nº 12.377, de 28 de dezembro de 2011. Altera a Lei nº 10.431, de 20 de dezembro de 2006, que dispõe sobre a Política Estadual de Meio Ambiente e de Proteção à Biodiversidade, a Lei nº 11.612, de 08 de outubro de 2009, que dispõe sobre a Política Estadual de Recursos Hídricos, e a Lei nº 11.051, de 06 de junho de 2008, que reestrutura o Grupo Ocupacional Fiscalização e Regulação. *Diário Oficial do Estado*, Salvador, 29 dez. 2011. Disponível em: <http://www.seia.ba.gov.br/sites/default/files/legislation/LEI%20N%C2%BA%2012.377%20DE%2028%20DE%20DEZEMBRO%20DE%202011.pdf>. Acesso em: 25 jul. 2025.

BAHIA. Ministério Público. *Promotorias Ambientais*: capital e regiões ambientais. Disponível em: <https://www.mpba.mp.br/area/ceama/promotorias-ambientais>. Acesso em: 15 dez. 2024a.

BAHIA. Secretaria da Segurança Pública. *Inauguração do 1º Pelotão Ambiental em Barreiras*. Salvador: SSP, 2025a.

BAHIA. Secretaria da Segurança Pública. Polícia Militar. Companhia Independente de Polícia de Proteção Ambiental. *Desafios operacionais e logísticos*. Lençóis: CIPPA/Lençóis, 2024b.

BAHIA. Secretaria da Segurança Pública. Polícia Militar. Companhia Independente de Polícia de Proteção Ambiental. *Histórico da CIPPA/Lençóis*. Lençóis: CIPPA/Lençóis, 2023a.

BAHIA. Secretaria da Segurança Pública. Polícia Militar. Companhia Independente de Polícia de Proteção Ambiental. *Missão institucional*. Lençóis: CIPPA/Lençóis, 2023b.

BAHIA. Secretaria da Segurança Pública. Polícia Militar. Companhia Independente de Polícia de Proteção Ambiental. *Plano de Emprego Operacional 2023*. Lençóis: CIPPA/Lençóis, 2023c.

BAHIA. Secretaria da Segurança Pública. Polícia Militar. Companhia Independente de Polícia de Proteção Ambiental. *Programa de Capacitação Continuada*. Lençóis: CIPPA/Lençóis, 2024c.

BAHIA. Secretaria da Segurança Pública. Polícia Militar. Companhia Independente de Polícia de Proteção Ambiental. *Relatório de atividades 2023*. Lençóis: CIPPA/Lençóis, 2024d.

BAHIA. Secretaria da Segurança Pública. Polícia Militar. *Estrutura organizacional*. Disponível em: <https://www.pm.ba.gov.br/estruturaorganizacional/>. Acesso em: 25 jul. 2025b.

BAHIA. Secretaria da Segurança Pública. Polícia Militar. *Gestão de recursos humanos especializados*. Salvador: PMBA, 2024e.

BAHIA. Secretaria da Segurança Pública. Polícia Militar. *Plano de Operações: operação guardiões do bioma*. 2. ed. Salvador: PMBA, 2022. 12 p.

BAHIA. Secretaria da Segurança Pública. Polícia Militar. *Relatório de participação na Operação Guardiões do Bioma*. Salvador: PMBA, 2023d.

BAHIA. Secretaria da Segurança Pública. *Resultados da Operação Guardiões do Bioma na Bahia*. Salvador: SSP, 2023e.

BAHIA. Secretaria de Comunicação Social. *Bahia registra queda de 54% no desmatamento em 2024, aponta relatório do MapBiomas*. Salvador, 15 maio 2025c. Disponível em: <https://www.ba.gov.br/comunicacao/noticias/2025-05/368768/bahia-registra-queda-de-54-no-desmatamento-em-2024-aponta-relatorio-do>. Acesso em: 25 jul. 2025.

BAHIA. Secretaria de Cultura. *Divisão territorial da Bahia*: Chapada Diamantina. Disponível em: https://www.ba.gov.br/cultura/sites/site-secult/files/migracao_2024/arquivos/File/01_divisao_territorial_2/03_chapada.pdf. Acesso em: 25 jul. 2025d.

BAHIA. Secretaria do Meio Ambiente. *Cerrado Baiano*: desafios e avanços na preservação do “Berço das Águas”. Salvador, 11 set. 2025e. Disponível em: <https://www.ba.gov.br/meioambiente/noticias/2025-09/17181/cerrado-baiano-desafios-e-avancos-na-preservacao-do-berco-das-aguas>. Acesso em: 25 jul. 2025.

BAHIA. Secretaria do Meio Ambiente. *FPI*: Secretaria do Meio Ambiente e Inema integram força-tarefa de fiscalização e educação ambiental na região oeste do estado. Salvador, 15 maio 2024g. Disponível em: <https://www.ba.gov.br/meioambiente/noticia/2024-05/16419/fpi-secretaria-do-meio-ambiente-e-inema-integram-forca-tarefa-de-fiscalizacao>. Acesso em: 25 jul. 2025.

BAHIA. Secretaria do Meio Ambiente. *Instrumentos de planejamento ambiental*: Plano Estadual de Recursos Hídricos da Bahia. Disponível em: <http://www.seia.ba.gov.br/instrumentos-de-planejamento-ambiental/plano-estadual-de-recursos-h-dricos-perh>. Acesso em: 25 jul. 2025f.

BAHIA. Secretaria do Meio Ambiente. *Organograma*. Disponível em: <https://www.ba.gov.br/meioambiente/274/organograma>. Acesso em: 25 jul. 2025g.

BAHIA. Secretaria do Meio Ambiente. *SISEMA*: Sistema Estadual de Meio Ambiente. Disponível em: <http://www.seia.ba.gov.br/institucional/sistema-sistema-estadual-do-meio-ambiente>. Acesso em: 25 jul. 2025h.

BARREIRAS. *Barreiras ganha 1º Pelotão da Companhia Independente de Polícia de Proteção Ambiental durante Semana do Meio Ambiente*. Barreiras, 6 jun. 2025. Disponível em: <https://www.ba.gov.br/ssp/noticias/barreiras-ganha-pelotao-ambiental>. Acesso em: 25 jul. 2025.

BRASIL. [Constituição (1988)]. Constituição da República Federativa do Brasil de 1988. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF, 5 out. 1988. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm. Acesso em: 25 jul. 2025.

BRASIL. Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF, 2 set. 1981. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l6938.htm. Acesso em: 25 jul. 2025.

BRASIL. Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998. Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, e dá outras providências. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF, 13 fev. 1998. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9605.htm. Acesso em: 25 jul. 2025.

BRASIL. Ministério da Justiça e Segurança Pública. Portaria nº 535, de 22 de setembro de 2020. Institui o Programa Brasil MAIS. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF, 24 set. 2020. Disponível em: https://dspace.mj.gov.br/bitstream/1/1798/4/PRT_GM_2020_535.pdf. Acesso em: 25 jul. 2025.

BRASIL. Ministério da Justiça e Segurança Pública. Secretaria de Operações Integradas. *Relatório da Operação Guardiões do Bioma*. Brasília: SEOPI/MJ, 2023.

BRASIL. Ministério da Justiça e Segurança Pública. Secretaria de Operações Integradas. *Lições aprendidas da Operação Guardiões do Bioma*. Brasília: SEOPI/MJ, 2024a.

BRASIL. Ministério da Justiça e Segurança Pública. Secretaria de Operações Integradas. *Operação Guardiões do Bioma: resultados e impactos*. Brasília: SEOPI/MJ, 2024b.

BRASIL. Ministério da Justiça e Segurança Pública. Secretaria de Operações Integradas. *Operação Guardiões do Bioma: relatório de resultados*. Brasília: SEOPI/MJ, 2024c.

CARVALHO, Moisés Brandão. *Manual policial ambiental: procedimentos nos crimes contra a flora*. Salvador: JusPodivm, 2020.

CHAPADA NEWS. *CIPPA Lençóis recebe nova viatura para reforço no combate aos crimes ambientais*. [S. l.], 25 abr. 2025a. Disponível em: <https://chapadanews.com.br/2025/04/25/cippa-lencois-recebe-nova-viatura-para-reforco-no-combate-aos-crimes-ambientais>. Acesso em: 25 jul. 2025.

CHAPADA NEWS. *Polícia de proteção ambiental de Lençóis tem nova comandante*. [S. l.], 4 abr. 2025b. Disponível em: <https://chapadanews.com.br/2025/04/04/policia-de-protecao-ambiental-de-lencois-tem-nova-comandante/>. Acesso em: 25 jul. 2025.

FIORILLO, Celso Antonio Pacheco. *Curso de Direito Ambiental Brasileiro*. 21. ed. São Paulo: Saraiva, 2021.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. *Cidades e Estados*: Bahia. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/ba.html>. Acesso em: 25 jul. 2025a.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. *Cidades e Estados*: Lençóis. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/ba/lencois.html>. Acesso em: 25 jul. 2025b.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. *Manual técnico da vegetação brasileira*. 2. ed. rev. ampl. Rio de Janeiro: IBGE, 2012. (Manuais técnicos em geociências, 1). Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv63011.pdf>. Acesso em: 25 jul. 2025.

INSTITUTO CHICO MENDES DE CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE (Brasil). *Parna da Chapada Diamantina*. Disponível em: <https://www.gov.br/icmbio/pt-br/assuntos/biodiversidade/unidade-de-conservacao/unidades-de-biomas/caatinga/lista-de-ucs/parna-da-chapada-da-diamantina>. Acesso em: 25 jul. 2025.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (Brasil). *Biomass BR*: Programa de Monitoramento dos Biomas Brasileiros. Disponível em: <https://data.inpe.br/biomassbr/>. Acesso em: 25 jul. 2025.

OLIVEIRA, Alessandro José Fernandes de. *Manual de Direito Penal Policial*: aplicado à repressão imediata. Salvador: JusPodivm, 2019.

PRADO, Luiz Regis. *Direito Penal do ambiente*: crimes ambientais (Lei 9.605/1998). 7. ed. São Paulo: Revista dos Tribunais, 2019.

REDE DE OBSERVATÓRIOS DA SEGURANÇA. *Além da floresta*: conflitos socioambientais e deserto de informações. Rio de Janeiro: CESeC, 17 jun. 2025. Disponível em: https://observatorioseguranca.com.br/wordpress/wp-content/uploads/2025/06/RELATORIO_alem-da-floresta_DIGITAL-1.pdf. Acesso em: 25 jul. 2025.

RODRIGUES, Marcelo Abelha. *Direito Ambiental esquematizado*. 8. ed. São Paulo: Saraiva, 2021.

SAMPAIO, Rômulo. *Direito ambiental*: doutrina e casos práticos. Salvador: JusPodivm, 2021.

SARLET, Ingo Wolfgang; FENSTERSEIFER, Tiago. *Curso de Direito Ambiental*. 2. ed. Rio de Janeiro: Forense, 2021.

SCCON GEOSPATIAL. *Programa Brasil MAIS: aplicações no policiamento ambiental*. [S. l.]: SCCON, 2024.

SCCON GEOSPATIAL. *Programa Brasil MAIS: treinamento 04: módulo 1*. [S. l.]: SCCON, 2022a. Material de treinamento.

SCCON GEOSPATIAL. *Programa Brasil MAIS: treinamento 04: módulo 2*. [S. l.]: SCCON, 2022b. Material de treinamento.



Resumo

O setor mineral brasileiro, estratégico para a economia e a transição energética, enfrenta o desafio de se tornar mais resiliente e sustentável. Este trabalho analisa como o segmento vem-se adaptando por meio de um planejamento proativo e práticas inovadoras. O objetivo é demonstrar que a sustentabilidade, impulsionada pela agenda ESG (na sigla em inglês que significa Ambiental, Social e Governança), é um imperativo para a competitividade e o acesso a capital. A metodologia consiste na análise de iniciativas-chave para a área, como o rigoroso processo de licenciamento ambiental, a busca pelo “rejeito zero” por meio do reaproveitamento de resíduos, e a gestão eficiente da água. São apresentados estudos de caso da Companhia Baiana de Pesquisa Mineral (CBPM) e suas parcerias, destacando projetos de verticalização da cadeia produtiva (sílica em Belmonte) e soluções tecnológicas que eliminam barragens (fosfato em Irecê). Os resultados indicam que a mineração está construindo resiliência ao investir em capital humano (10% dos *royalties* são destinados à educação), promover a inclusão social (por meio do ‘garimpo legal’), e fomentar a inovação aberta (com investimento em *mining hub*). Conclui-se que o futuro do setor depende da integração da gestão com as necessidades das comunidades e da adoção de uma abordagem holística que equilibre desenvolvimento econômico com justiça social e preservação ambiental.

Palavras-chave: mineração sustentável; resiliência; ESG; economia circular; gestão hídrica.

Abstract

The Brazilian mineral sector, which is strategic for the economy and energy transition, faces the challenge of becoming more resilient and sustainable. This paper analyzes how the segment has been adapting through proactive planning and innovative practices. The objective is to demonstrate that sustainability, driven by the ESG (Environmental, Social, and Governance) agenda, is imperative for competitiveness and access to capital. The methodology consists of analyzing key initiatives for the area, such as the rigorous environmental licensing process, the pursuit of “zero waste” through the reuse of waste, and efficient water management. Case studies from Companhia Baiana de Pesquisa Mineral (CBPM) and its partnerships are presented, highlighting projects to verticalize the production chain (silica in Belmonte) and technological solutions that eliminate dams (phosphate in Irecê). The results indicate that mining is building resilience by investing in human capital (10% of royalties are allocated to education), promoting social inclusion (through ‘legal mining’), and fostering open innovation (with investment in mining hubs). It is concluded that the future of the sector depends on integrating management with community needs and adopting a holistic approach that balances economic development with social justice and environmental preservation.

Keywords: sustainable mining; resilience; ESG; circular economy; water management.

Mineração no Brasil: adaptação e resiliência para o futuro do setor

REJANE LIMA LUCIANO

Doutora em Geociências e Meio Ambiente
pela Universidade Estadual Paulista Júlio
de Mesquita Filho (Unesp-RC), mestra e
graduanda em Geologia pela Universidade
Federal da Bahia (UFBA).
<https://orcid.org/0009-0006-9809-6515>.
rejane.lima@cbpm.ba.gov.br

ANTONIO RAIMUNDO
LEONE ESPINHEIRA

Graduado em Geografia pela
Universidade Federal da Bahia (UFBA)
e técnico em Geologia pelo Instituto
Federal da Bahia (IFBA).
<https://orcid.org/0009-0005-6296-5574>.
antonioraimundo.espinheira@cbpm.ba.gov.br

doi.org/10.56839/bd.v35i2.a22

O SETOR MINERAL BRASILEIRO, fundamental para a economia e o desenvolvimento social, encontra-se em um ponto de inflexão. Historicamente, é um alicerce da sociedade moderna, fornecendo insumos essenciais para moradia, alimentação, saúde e comunicação, produtos indispensáveis ao cotidiano global. Contudo, a atividade minerária é intrinsecamente complexa, marcada pela rigidez locacional das ocorrências minerais, pela natureza não renovável dos recursos e pela inevitável exaustão das jazidas. Tais características, somadas aos altos riscos naturais e conjunturais, exigem longos períodos de maturação, além da atuação de equipes multidisciplinares à frente das etapas de avaliação e planejamento.

Apesar desses desafios inerentes, a mineração brasileira tem demonstrado uma robusta contribuição econômica. No primeiro semestre de 2025, o faturamento do setor atingiu R\$ 139,2 bilhões, enquanto a arrecadação de impostos e tributos alcançou R\$ 48 bilhões (um aumento de 7,5% em relação ao mesmo período de 2024) (Instituto Brasileiro de Mineração, 2025). Ao mesmo tempo, a arrecadação da Compensação Financeira pela

Essa mudança de paradigma implica que políticas de adaptação e resiliência não são apenas benéficas, mas essenciais para a sobrevivência econômica e o acesso ao mercado, impulsionando transformações estruturais e culturais mais profundas

Exploração de Recursos Minerais (CFEM) foi de R\$ 3,7 bilhões (crescimento de 1,4% sobre o mesmo período de 2024) (Instituto Brasileiro de Mineração, 2025). Além disso, o setor atrai investimentos substanciais, com projeções de US\$ 68,4 bilhões até 2029 (Instituto Brasileiro de Mineração, 2025). Essa capacidade de gerar valor econômico constitui um pilar para o desenvolvimento nacional, mas também impõe a necessidade de um compromisso cada vez maior com a sustentabilidade.

No cenário atual, a indústria mineral enfrenta pressões crescentes de cunho ambiental, climático e social. As discussões sobre mudanças climáticas, escassez de recursos e relações comunitárias têm-se intensificado, exigindo uma reavaliação das práticas operacionais. Nesse contexto, a agenda ESG – na sigla em inglês que significa Ambiental, Social e Governança – emergiu com uma visibilidade sem precedentes no mercado financeiro brasileiro, especialmente a partir de 2021. Pesquisas realizadas pela Associação Brasileira das Entidades dos Mercados Financeiro e de Capitais (Anbima) com 265 instituições financeiras em 2022 indicaram que, para 87% delas, o tema ESG ganhou relevância, com mais da metade (52%) apontando relevância muito alta. Essa ascensão do ESG transcende a mera conformidade ou aprimoramento da reputação; ela se torna um fator determinante para o acesso a capital e para a competitividade no mercado (Associação Brasileira das Entidades dos Mercados Financeiro e de Capitais, 2022).

A crescente demanda por práticas sustentáveis sinaliza uma transformação profunda na estratégia do setor. A sustentabilidade, que antes poderia ser vista como uma prática desejável ou voluntária, agora é percebida como uma vantagem competitiva da indústria mineral. Essa mudança de paradigma implica que políticas de adaptação e resiliência não são apenas benéficas, mas essenciais para a sobrevivência econômica e o acesso ao mercado, impulsionando transformações estruturais e culturais mais profundas.

Além dos benefícios diretos, a mineração, quando gerida de forma sustentável, pode atuar como um catalisador para a resiliência regional mais ampla. A injeção de capital e a criação de empregos – que incluem um efeito multiplicador de até 13 empregos indiretos para cada vaga direta no setor –, somadas ao potencial da CFEM para financiar o desenvolvimento municipal, geram um efeito cascata (Instituto Brasileiro de Mineração, 2015). Esses desdobramentos, por sua vez, fortalecem a capacidade adaptativa geral das regiões mineradoras, tornando-as menos vulneráveis a choques econômicos e ambientais.

METODOLOGIA

A pesquisa caracteriza-se como uma análise documental e estudo de caso sobre práticas de adaptação e resiliência no setor mineral brasileiro. Essa abordagem inclui revisão de literatura, abrangendo documentos normativos e relatórios de sustentabilidade, para compreender as dinâmicas do setor.

Estudos de caso da Companhia Baiana de Pesquisa Mineral (CBPM) destacam iniciativas de sustentabilidade, como verticalização da cadeia produtiva e inovação na gestão de resíduos. Esses casos são selecionados por sua relevância, permitindo a análise das estratégias para atender à agenda ESG (Ambiental, Social e Governança).

Os dados são examinados qualitativamente, identificando padrões que evidenciam a eficácia das políticas. A pesquisa considera a interação das empresas de mineração com as comunidades locais e as consequências sociais e ambientais, reforçando uma abordagem holística para avaliar a sustentabilidade do setor.

A combinação da análise documental com o estudo de caso contribui para entender quais transformações são necessárias para que a mineração no Brasil se torne mais resiliente e sustentável.

INFRAESTRUTURAS RESILIENTES: DEFINIÇÃO E RELEVÂNCIA NO SETOR MINERAL

A construção de um futuro sustentável para a mineração brasileira passa, invariavelmente, pela compreensão e aplicação dos conceitos de adaptação e resiliência. Embora frequentemente utilizados de forma intercambiável, esses conceitos possuem nuances distintas e complementares, sendo cruciais para a longevidade e a contribuição positiva do setor no que se refere a práticas sustentáveis.

O conceito de adaptação relaciona-se com o ajuste de processos, estruturas e comportamentos em resposta a estímulos climáticos reais ou esperados, ou seus efeitos (United Nations Climate Change, 2025). No contexto minerário, isso implica modificação de práticas operacionais, alteração no *design* de infraestruturas e implementação de estratégias de gestão adequadas para lidar com novas condições ambientais, paisagens regulatórias e expectativas sociais. É um processo proativo e contínuo de aprendizado e evolução, que permite ao setor antecipar e responder a cenários dinâmicos.

A construção
de um futuro
sustentável
para a
mineração
brasileira
passa, invariavelmente,
pela
compreensão
e aplicação
dos conceitos
de adaptação
e resiliência

A concretização da adaptação e da resiliência no setor mineral brasileiro manifesta-se por meio de um planejamento sustentável rigoroso e da implementação de práticas operacionais inovadoras

O conceito de resiliência, por sua vez, diz respeito à capacidade de um sistema – seja um ecossistema, uma comunidade ou uma operação industrial – de absorver perturbações e se reorganizar enquanto passa por mudanças, mantendo essencialmente a mesma função, estrutura, identidade e dinâmicas de retroalimentação (Brasil, 2021). No âmbito da mineração, isso se traduz na habilidade de se recuperar rapidamente de impactos adversos, como eventos climáticos extremos, flutuações de mercado e crises sociais, minimizando interrupções e assegurando a continuidade das operações e o bem-estar comunitário.

A relevância desses conceitos no setor mineral é acentuada pelas suas singularidades intrínsecas. A rigidez locacional das ocorrências mineiras, a natureza não renovável dos recursos e os longos períodos de pré-produção ou maturação das operações tornam a adaptação e a resiliência particularmente pertinentes. O setor está exposto a altos riscos, tanto naturais quanto conjunturais, incluindo incertezas geológicas, mudanças tecnológicas, alterações político-legislativas, volatilidade do mercado financeiro e flutuações na demanda. Essas vulnerabilidades ressaltam a necessidade de estratégias adaptativas e resilientes robustas.

Considerando as características fundamentais e imutáveis da atividade minerária – como a rigidez locacional e a exaustão das jazidas – e os riscos difusos – geológicos, tecnológicos, políticos, financeiros e de mercado –, a adaptação e a resiliência deixam de ser meras boas práticas e se tornam imperativos estratégicos para a sobrevivência e a rentabilidade de longo prazo do setor. Elas representam os mecanismos por meio dos quais a indústria pode mitigar suas vulnerabilidades inerentes e garantir a continuidade diante de forças externas imprevisíveis. Sob essa perspectiva, a resiliência deixa de ser um conceito reativo, transformando-se em uma estratégia de negócio proativa e integrada. A busca pela sustentabilidade na mineração integra por completo esses conceitos, visando ao crescimento econômico com justiça social e preservação ambiental. Essa visão holística exige infraestruturas resilientes e uma gestão adaptativa para navegar nas complexas interações entre as dimensões ambiental, social e econômica.

PLANEJAMENTO SUSTENTÁVEL E PRÁTICAS DE RESILIÊNCIA NA MINERAÇÃO

A concretização da adaptação e da resiliência no setor mineral brasileiro manifesta-se por meio de um planejamento sustentável rigoroso e da implementação de práticas operacionais inovadoras. Esses pilares são essenciais para mitigar riscos, otimizar recursos e fortalecer a relação com as comunidades.

Licenciamento ambiental

O licenciamento ambiental configura-se como condicionante fundamental para a instalação e a operação de empreendimentos minerários no Brasil. Projetos de grande porte, em particular, seguem um processo trifásico: Licença Prévia (LP), Licença de Instalação (LI) e Licença de Operação (LO). Esse processo é embasado em estudos ambientais abrangentes, como os Estudos de Impacto Ambiental (EIA) e seus respectivos Relatórios de Impacto Ambiental (Rima), que fornecem a base informacional para a tomada de decisões.

O processo de licenciamento envolve etapas que incluem desde a inscrição do empreendedor e a verificação de competência pelos órgãos ambientais responsáveis – como o Instituto Nacional do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (Ibama) ou as agências estaduais – até a elaboração de termos de referência, análise dos estudos ambientais, realização de audiências públicas (para EIA) e emissão de pareceres técnicos que culminam na concessão das licenças. Ao longo de todo o ciclo de operação da mina, desde a concepção até o fechamento, o monitoramento ambiental contínuo e o cumprimento rigoroso das condicionantes estabelecidas nas licenças são imperativos. Isso assegura a conformidade permanente e a capacidade de adaptação às condições ambientais em evolução e às demandas sociais.

O rigoroso processo de licenciamento ambiental atua como um mecanismo adaptativo essencial, determinando que as empresas a identifiquem e diminuam, de maneira proativa, os potenciais impactos ambientais e sociais antes mesmo do início de suas operações. Com essa abordagem, o paradigma deixa de ser a resolução reativa de problemas e passa a priorizar a gestão proativa de riscos e a prevenção de impactos, incorporando a resiliência ao próprio projeto e ao planejamento dos empreendimentos minerários.

O Quadro 1 ilustra as fases do licenciamento ambiental para grandes empreendimentos minerários, destacando a natureza estruturada e rigorosa da governança ambiental no setor.

O rigoroso
processo de
licenciamento
ambiental
atua como um
mecanismo
adaptativo
essencial,
determinando
que as empresas
a identifiquem
e diminuam,
de maneira
proativa, os
potenciais
impactos
ambientais e
sociais antes
mesmo do
início de suas
operações

Quadro 1

Fases do Licenciamento Ambiental de grandes empreendimentos mineiros

Fase principal	Atividades-chave do empreendedor	Atividades-chave do órgão ambiental (Ibama/estadual)	Autorização
Licença Prévia (LP)	Inscrição no Cadastro Técnico Federal (CTF); abertura de processo de licenciamento ambiental; elaboração de estudo ambiental (EIA/RIMA) conforme Termo de Referência (TR); envio de estudo ambiental e demais documentos.	Verificação da competência; abertura de processo; elaboração de TR e definição dos estudos necessários; análise de estudo ambiental e de documentos; realização de audiência pública (no caso de EIA/RIMA); emissão de parecer técnico final; Deferimento ou indeferimento da LP.	Concessão de viabilidade ambiental do projeto, mas não autorização de obras ou a instalação do empreendimento.
Licença de Instalação (LI)	Elaboração e detalhamento dos projetos executivos do empreendimento; desenvolvimento do Plano Básico Ambiental (PBA) e demais programas/projetos exigidos na LP; envio dos documentos para análise.	Análise do PBA, dos projetos e dos programas ambientais; verificação do cumprimento de todas as condicionantes da LP; emissão do parecer técnico e deferimento ou indeferimento da LI.	Autorização para o início das obras de implantação, observando as condicionantes estabelecidas.
Licença de Operação (LO)	Envio do requerimento da LO com antecedência mínima de 120 dias antes do vencimento da LI; apresentação dos programas de monitoramento e controle ambiental da fase de instalação; comprovação do atendimento de todas as condicionantes da LI.	Realização da vistoria técnica para verificar a conclusão das obras e o cumprimento das condicionantes; análise dos relatórios e documentos finais; emissão de parecer técnico e deferimento ou indeferimento da LO.	Autorização para o início das operações do empreendimento, com as devidas medidas de controle e monitoramento ambiental.

Fonte: Conama (1997).

Nota: adaptado da Resolução Conama nº 237/1997 e procedimentos do Ibama e órgãos estaduais.

Plano de reaproveitamento de rejeito

O desastre ocorrido no município de Mariana atuou como um catalisador para avanços significativos nas políticas e tecnologias de gestão de resíduos da mineração. Em resposta, o Ministério de Minas e Energia (MME) implementou ações concretas, incluindo a instituição do Plano Nacional de Segurança de Barragens, pela Agência Nacional de Mineração (ANM), que estabeleceu um sistema integrado de gestão em segurança de barragens e planos de ação de emergência, além de aprimorar as normas de fiscalização (Costa, 2019).

Adicionalmente, o MME contratou projetos focados na aplicação de estêreis e rejeitos da mineração em outras cadeias produtivas, notadamente na construção civil. Incentivos financeiros, como a redução de *royalties*, são concedidos para o aproveitamento de rejeitos (Brasil, 2022). Uma parceria estabelecida com a Empresa Brasileira de Pesquisa

Agropecuária (Embrapa) tem impulsionado o desenvolvimento tecnológico para o uso de rejeitos e estêreis como remineralizadores de solo (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 2023).

A visão de futuro para a mineração sustentável inclui a busca pelo “rejeito zero”, enfatizando inovações nos processos de produção e a revalorização de resíduos. Essa abordagem alinha-se com os princípios da economia circular, transformando o que antes era considerado passivo em novas fontes de receita.

Essa transformação representa uma mudança significativa de paradigma, em que o rejeito deixa de ser visto como passivo e passa a ser reconhecido como recurso. A transição para um modelo de economia circular não apenas reduz o impacto ambiental (ao diminuir o descarte), mas também gera novas oportunidades econômicas, melhora a eficiência dos recursos e contribui para a resiliência econômica de longo prazo do setor, ao diversificar as fontes de receita e diminuir os custos de materiais.

O Quadro 2 detalha as ações empreendidas pelo MME após o desastre em Mariana, demonstrando a capacidade adaptativa do setor em aprender com eventos adversos.

Quadro 2

Ações do MME após o desastre em Mariana para segurança de barragens e uso de rejeitos

Ação	Descrição
<i>Plano Nacional de Segurança de Barragens – criação da ANM</i>	Criação da Agência Nacional de Mineração (ANM) com foco em fiscalização e regulamentação mais rigorosas. Implementação do Sistema Integrado de Gestão em Segurança de Barragens e dos Planos de Ação de Emergência para fortalecer a segurança das estruturas e a resposta a incidentes.
<i>Aplicação de estêreis e rejeitos</i>	Contratação e apoio a projetos de pesquisa para encontrar novas aplicações para estêreis e rejeitos, com destaque para o uso desses materiais na construção civil, como na produção de cimento, blocos e agregados.
<i>Incentivo financeiro ao uso de rejeitos</i>	Proposta de revisão da legislação para reduzir ou isentar a taxa de <i>royalties</i> (Compensação Financeira pela Exploração de Recursos Minerais – CFEM) para empresas que utilizarem rejeitos de mineração em seus processos produtivos.
<i>Parceria com a Embrapa</i>	Parceria entre o MME e a Embrapa para o desenvolvimento de pesquisas que visam ao uso de rejeitos e estêreis como remineralizadores de solo, aumentando a produtividade agrícola e dando destinação útil a esses resíduos.

Fonte: Brasil (2016).

Inovação tecnológica e a gestão estratégica da água na mineração

A busca por sustentabilidade e competitividade tem impulsionado a inovação contínua no setor de mineração, especialmente na gestão da água, insumo crucial para as atividades extrativas e de beneficiamento mineral.

**No Brasil,
a gestão
integrada
de recursos
hídricos e a
colaboração
com as partes
interessadas
são cruciais
para a
convivência
harmônica da
atividade com
a sociedade**

O setor tem-se adaptado para minimizar os impactos ambientais e garantir a viabilidade operacional das atividades, mesmo com a necessidade de processar minérios de teores mais baixos e complexos. Essa evolução se reflete no aprimoramento constante das práticas de uso, reuso e recirculação de água. Estudo realizado pela Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA), em parceria com o Instituto Brasileiro de Mineração (IBRAM), publicado em 2024, retrata as perspectivas e os avanços da gestão de recursos hídricos na mineração.

Segundo esse estudo, a gestão hídrica na mineração brasileira é caracterizada pelo uso eficiente da água e a adoção de tecnologias avançadas. O volume de água retirado pela mineração no Brasil, em 2017, representou 1,6% do total nacional, percentual relativamente baixo quando comparado a outros setores, como a irrigação (Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico; Instituto Brasileiro de Mineração, 2024). No entanto, a demanda hídrica do setor em determinados locais pode ser expressiva e concentrada, como em municípios de Minas Gerais e do Pará. Por isso, o aprimoramento das ferramentas de gestão e governança é fundamental para o uso racional e eficiente da água.

Diante desse contexto, a indústria tem investido em alta recirculação e reuso, práticas essenciais para manter as operações sustentáveis. A taxa de consumo médio global do setor é de aproximadamente 30% da água retirada, enquanto a recirculação/reciclagem pode atingir 90% para concentrados de minério de ferro, 83% para cobre e 91% para pelotas de minério de ferro. Esses números refletem a alta eficiência e a capacidade de adaptação do setor diante da escassez hídrica. Por exemplo, a empresa Samarco alcançou uma média anual de 88% de reutilização de água em 2022, indicando aumento em relação a 2021, quando havia registrado 85,6% (Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico; Instituto Brasileiro de Mineração, 2024).

Além do foco em eficiência operacional, a água de mina também se apresenta como um ativo social, fortalecendo a resiliência das comunidades locais. O rebaixamento do nível d'água, necessário para o desenvolvimento de minas subterrâneas, pode gerar grandes volumes de água excedente. Em vez de ser apenas um efluente a ser descartado, essa água pode ser manejada de forma estratégica para mitigar impactos em mananciais e reduzir a demanda por novas captações. Exemplos internacionais mostram o potencial de uso de efluentes tratados para abastecimento de comunidades, como na operação de Mpumalanga da Anglo American na África do Sul. No Brasil, a gestão integrada de recursos hídricos e a colaboração com as partes interessadas são cruciais para a convivência harmônica da atividade com a sociedade. A capacidade de monitorar o balanço hídrico, gerenciar riscos e planejar o uso da água para diferentes cenários, incluindo eventos hidrológicos extremos,

é vital para o sucesso da gestão hídrica na mineração (Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico; Instituto Brasileiro de Mineração, 2024).

A inovação na gestão de barragens também é fundamental para a segurança hídrica e a resiliência do setor. A evolução regulatória e a adoção de tecnologias para disposição de rejeitos a seco (como empilhamento filtrado) permitem um maior reuso da água e a minimização dos riscos associados a barragens convencionais. O Quadro 3 apresenta os índices de recirculação de água por tipologia mineral, ilustrando o compromisso do setor com a gestão eficiente desse recurso.

Quadro 3
Consumo de água na produção mineral e índice de recirculação por tipologia mineral

Tipologia mineral	Volume de água consumida por tonelada produzida (m3/t)	Recirculação/reciclagem (%)
Minério de ferro (concentrado)	0,18 - 1,0	90
Cobre	2,03	83
Bauxita	3,0	50-90
Caulim	3,93	85
Alumínio	4,9 - 5,2	62
Fosfato	6,6 - 13,8	50-83
Minério de ferro (pelotas)	6,80	91
Aço	85 - 230	95,5

Fonte: Adaptado de ANA, IBRAM (2024).

INTERSEÇÃO ENTRE RESILIÊNCIA E SUSTENTABILIDADE

A capacidade da mineração de enfrentar crises e promover um desenvolvimento integrado é intrinsecamente fortalecida pela implementação de políticas ambientais e sociais robustas. A sustentabilidade, nesse contexto, não é um adendo, mas um componente central da resiliência.

Como políticas ambientais e sociais aumentam a capacidade da mineração de enfrentar crises

A adoção dos princípios ESG (Environmental, Social and Governance), cada vez mais determinantes para a competitividade, tem impulsionado a implementação de políticas ambientais e sociais sólidas. Essas políticas atuam como ‘amortecedores internos’, aprimorando a capacidade do setor de resistir e se recuperar de diversas crises, incluindo desastres ambientais, conflitos sociais e desacelerações de mercado.

A gestão ambiental proativa – que inclui licenciamento detalhado, monitoramento contínuo e investimentos em reabilitação de áreas – reduz a probabilidade e a severidade de incidentes ambientais, construindo

A sustentabilidade da mineração é definida por sua contribuição para o crescimento econômico, a justiça social e a preservação ambiental

assim resiliência ecológica. Paralelamente, programas sociais vigorosos, como o engajamento comunitário, o compartilhamento de infraestrutura e o apoio ao desenvolvimento local, fomentam a confiança e a colaboração dos agentes envolvidos. Tais elementos são cruciais para superar desafios sociais e manter um ambiente operacional estável. A melhoria nos Índices de Desenvolvimento Humano (IDH) em cidades mineradoras é uma indicação do impacto social positivo dessas iniciativas (Instituto Brasileiro de Mineração, 2018).

A importância crescente do ESG, que se tornou requisito fundamental para a competitividade, demonstra que não é apenas um arcabouço de relatórios, mas um quadro operacional e estratégico integrado que, por sua natureza, constrói resiliência. Ao abordar sistematicamente os riscos ambientais, promover relações sociais positivas e garantir uma governança robusta, as empresas de mineração reduzem sua exposição a interrupções, aumentam sua capacidade adaptativa e asseguram sua licença social para operar a longo prazo, tornando-se mais resilientes a uma ampla gama de crises.

Integração entre preservação ambiental, desenvolvimento econômico e inclusão social

A sustentabilidade da mineração é definida por sua contribuição para o crescimento econômico, a justiça social e a preservação ambiental. Essa abordagem tripartite garante que a resiliência seja construída sobre uma base de desenvolvimento holístico.

- **Preservação ambiental:** os esforços do setor em revegetação de áreas mineradas, contenção do desmatamento do entorno, preservação de áreas verdes (como a Reserva Particular do Patrimônio Natural (RPPN) Mata do Jambreiro) e proteção de campos rupestres, além da criação de parques nacionais como condicionantes ambientais (por exemplo, o Parque Nacional de Campos Ferruginosos), demonstram um compromisso com a biodiversidade e a preservação dos ecossistemas (Zutter, 2024). A natureza pontual e temporária da mineração, que permite o uso futuro do território minerado, reforça a integração ambiental de longo prazo.
- **Desenvolvimento econômico:** a contribuição econômica substancial da mineração, por meio do Produto Interno Bruto (PIB), exportações, investimentos e geração de empregos diretos e indiretos (com efeito multiplicador de 1:11), cria riqueza e oportunidades (Instituto Brasileiro de Mineração, 2020). Essa solidez econômica proporciona a capacidade financeira para investir em medidas de resiliência e práticas sustentáveis.

- **Inclusão social:** além da geração de empregos, o setor contribui para a inclusão social por meio do compartilhamento de infraestrutura (como a ferrovia da Vale e a adutora de água da Caraíba Metais), investimentos em educação e saúde (e.g., CBMM) e programas voltados para a diversificação e o empoderamento comunitário (por exemplo, os programas Juruti Sustentável e Territórios Sustentáveis) (Brasil Mineral, 2019; Companhia Brasileira de Metalurgia e Mineração, 2023; Costa *et al.*, 2011). Essas iniciativas constroem capital social e reduzem vulnerabilidades, tornando as comunidades mais resistentes.

Tradicionalmente, a gestão ambiental na mineração costuma focar na mitigação de impactos negativos. No entanto, o setor está evoluindo para, além dessa iniciativa, promover o reuso da água como um ativo social, converter o rejeito em recurso, e compartilhar a infraestrutura com as comunidades. Essa evolução indica que o setor não se limita à mera mitigação de impactos, cria ativamente valor compartilhado e fortalece a resistência de comunidades e ecossistemas. Ao converter passivos potenciais (como água de mina e rejeitos) em ativos e ao investir em infraestrutura comunitária, as empresas mineradoras não apenas cumprem regulamentações, mas contribuem, de maneira proativa, para a capacidade adaptativa e o bem-estar das regiões circundantes, solidificando sua própria viabilidade e legitimidade a longo prazo.

O setor está evoluindo para, além dessa iniciativa, promover o reuso da água como um ativo social, converter o rejeito em recurso, e compartilhar a infraestrutura com as comunidades

ESTUDOS DE CASO E A ATUAÇÃO DA CBPM

A aplicação das políticas de adaptação no setor mineral brasileiro pode ser verificada em diversas iniciativas e projetos. Assim, é possível identificar o tipo de contribuição que as empresas do setor, incluindo estatais como a Companhia Baiana de Pesquisa Mineral (CBPM), realizam para fomentar a sustentabilidade e a resiliência.

Exemplos de projetos e iniciativas de adaptação e resiliência

Alguns exemplos notáveis de como a mineração brasileira está aplicando esses conceitos na prática incluem:

- **compartilhamento de infraestrutura e acesso comunitário:** a Estrada de Ferro Vitória-Minas, operada pela Vale, é um exemplo de como a infraestrutura minerária pode beneficiar as comunidades. Além do transporte de carga, a ferrovia atua como um elo vital no transporte de passageiros, atendendo cerca de um milhão de pessoas anualmente e facilitando o acesso de produtos brasileiros ao mercado internacional (Vale, 2023a). A Caraíba Metais, na Bahia, subsidia o abastecimento de água para mais de

A Companhia Baiana de Pesquisa Mineral (CBPM), como empresa estatal atuante na área de pesquisa mineral, desempenha papel crucial no fomento de práticas minerárias sustentáveis na Bahia

100 mil pessoas por meio da Adutora Caraíba, de 56 km, e fornece 1.500 carros-pipa anualmente às comunidades do entorno da mina (Barbosa, 2023);

- **desenvolvimento social e qualidade de vida:** empresas como a Companhia de Ferro Ligas da Bahia S.A. (Ferbasa) investem em educação de alta qualidade, beneficiando aproximadamente quatro mil crianças e jovens carentes (Companhia de Ferro Ligas da Bahia, 2021). A Companhia Brasileira de Metalurgia e Mineração (CBMM) contribuiu significativamente para o Hospital Dr. Hélio Angotti, financiando 22 novos leitos que atendem majoritariamente pacientes do SUS (Associação Comercial Industrial e de Serviços de Uberaba, 2012). Esses investimentos refletem-se na melhoria dos Índices de Desenvolvimento Humano (IDH) em municípios mineradores; em Minas Gerais, oito das dez cidades com os melhores índices de qualidade de vida possuem operações minerárias;
- **engajamento comunitário e diversificação econômica:** o Projeto Juruti Sustentável, da Alcoa, no Pará, é um modelo de desenvolvimento local baseado em parcerias institucionais. Ele estabelece um espaço permanente de diálogo (Conselho Juruti Sustentável), utiliza indicadores de sustentabilidade e possui um fundo dedicado ao desenvolvimento comunitário de longo prazo (Costa *et al.*, 2011). A multinacional Imerys, com seu Programa de Avicultura, em Cajueiro/Ipixuna (PA), capacita moradores para a criação de galinhas caipiras, fortalecendo as economias locais (Salum, 2018). Já o Programa Territórios Sustentáveis, da Mineração Rio do Norte, atua em quatro pilares: gestão pública, capital social, desenvolvimento econômico e gestão ambiental (Equipe de Conservação da Amazônia, 2020);
- **restauração e preservação ambiental:** as empresas de mineração têm-se engajado ativamente na revegetação de áreas mineradas, contribuindo para a preservação de ecossistemas importantes. Um exemplo é a Reserva Particular do Patrimônio Natural (RPPN) Mata do Jambreiro, mantida pela Vale, que ocupa uma área de 912 hectares na Mina de Águas Claras, em Nova Lima, Minas Gerais (Vale, 2023b). A criação do Parque Nacional de Campos Ferruginosos (PA), com 59 mil hectares de floresta preservada e 377 cavernas, foi uma condicionante ambiental para o Projeto S11D da Vale (Inácio, 2023).

Destaque para a participação ativa da CBPM e suas parcerias

A Companhia Baiana de Pesquisa Mineral (CBPM), como empresa estatal atuante na área de pesquisa mineral, desempenha papel crucial no fomento de práticas minerárias sustentáveis na Bahia. Sua atuação no acompanhamento de processos de licenciamento, na promoção da

gestão responsável dos recursos e na parceria com comunidades locais e empresas privadas é central para a construção da resiliência regional. Os exemplos gerais apresentados anteriormente ilustram as diferentes iniciativas e parcerias que contribuem para a resiliência das atividades de mineração. O trabalho da CBPM alinha-se a esses esforços mais amplos no estado da Bahia, especialmente na promoção de práticas sustentáveis e no fomento ao desenvolvimento local.

Os estudos de caso apresentados demonstram que a resiliência social em comunidades mineradoras não é alcançada apenas por meio da responsabilidade social corporativa, mas por modelos de governança colaborativa que envolvem múltiplos atores. Ao engajar ativamente comunidades, governos locais e outras instituições no planejamento e na tomada de decisões, essas iniciativas constroem capital social, aumentam a capacidade adaptativa e garantem que o desenvolvimento seja equitativo e sustentável, mitigando potenciais conflitos sociais e promovendo a estabilidade a longo prazo.

Destinação de 10% dos *royalties* para investimentos em educação

No cenário global de transição energética e justiça climática, a mineração brasileira enfrenta o desafio de redefinir seu papel, indo além da exploração de recursos para se tornar um vetor de desenvolvimento sustentável. A CBPM emerge como um modelo promissor, demonstrando que políticas de adaptação e resiliência são fundamentais para a competitividade do setor. Uma das iniciativas mais notáveis da CBPM é a inclusão, em contratos recentes, de uma cláusula que destina 10% dos *royalties* para investimentos em educação nas comunidades locais.¹ Esse modelo se diferencia das formas de compensação passiva, pois investe estrategicamente no capital humano, garantindo que os benefícios da mineração perdurem mesmo após o esgotamento das jazidas.

A educação é um pilar crucial para a resiliência climática e social, pois aumenta a capacidade das comunidades de se adaptarem a mudanças econômicas e ambientais. A CBPM, ao focar na construção de escolas, no fornecimento de materiais e na valorização de professores, não apenas legitima a atividade de mineração, mas a transforma em uma ferramenta para o desenvolvimento duradouro. Essa abordagem está alinhada a uma visão mais ampla da companhia, que já incorpora os indicadores brasileiros para os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da Organização das Nações Unidas (ONU) e firma parcerias com órgãos governamentais para promover a qualificação da mão de obra e a expansão da infraestrutura.²

**No cenário
global de
transição
energética
e justiça
climática, a
mineração
brasileira
enfrenta o
desafio de
redefinir
seu papel,
indo além da
exploração de
recursos para
se tornar um
vetor de desen-
volvimento
sustentável**

1 Dados da empresa. Disponível nos novos contratos de arrendamento de direitos minerários.

2 Dados da empresa. Disponível nos novos contratos de arrendamento de direitos minerários.

A competitividade da mineração brasileira no cenário global será determinada não apenas por sua abundância de recursos, mas por sua capacidade de construir um novo pacto social e ambiental

Em última análise, a competitividade da mineração brasileira no cenário global será determinada não apenas por sua abundância de recursos, mas por sua capacidade de construir um novo pacto social e ambiental. O modelo de parceria público-privada adotado pela CBPM, que direciona parte dos lucros diretamente para a educação, preenche lacunas deixadas por debates legislativos e garante que o desenvolvimento social acompanhe o crescimento econômico. Ao investir em educação, a mineração brasileira contribui diretamente para a resiliência e a adaptação das comunidades, provando que a competitividade futura do país está intrinsecamente ligada a sua capacidade de agir com responsabilidade social e justiça climática.

Projeto de fosfato em Irecê (BA)

A parceria entre a CBPM e a Mineradora Galvani no projeto de exploração de fosfato em Irecê (BA) emerge como um estudo de caso relevante no âmbito das políticas de adaptação e resiliência na mineração brasileira. O empreendimento, que representa um investimento total de R\$ 1,1 bilhão e prevê a criação de cerca de 900 empregos, não se resume à mera exploração mineral, ele integra inovações tecnológicas e compromissos sociais que promovem a sustentabilidade e a competitividade.³

O cerne da resiliência operacional do projeto reside em sua tecnologia disruptiva. Diferentemente de modelos tradicionais, a operação utiliza um processo de calcinação de fosfato que dispensa o uso de água e elimina a necessidade de barragens de rejeitos, um dos maiores riscos ambientais da mineração. Essa abordagem crucial não só mitiga os desafios hídricos de uma região semiárida, mas também garante o aproveitamento de 100% do minério, com o resíduo mineral (calcário) sendo integralmente reaproveitado como remineralizador de solo. O projeto é um exemplo paradigmático de economia circular ao transformar o que seria um passivo ambiental em um ativo econômico e social.

Além da inovação tecnológica, a iniciativa aborda a questão da justiça climática por meio de compromissos sociais tangíveis. A parceria com a CBPM inclui investimentos diretos em educação, com R\$ 10 milhões destinados a um fundo de educação na Bahia, e ações voltadas para o desenvolvimento local, como a prioridade na contratação e qualificação de mão de obra da região. Notavelmente, o projeto compromete-se a doar anualmente dez mil toneladas de calcário agrícola para agricultores familiares, um insumo valioso que pode triplicar a produção local, fortalecendo a economia e a segurança alimentar da comunidade. Ao construir um elo sinérgico entre a mineração e a agricultura, o projeto redefine a licença social para operar, baseando-a na transferência direta de benefícios.⁴

3 Dados da empresa. Disponível nos novos contratos de arrendamento de direitos minerários.

4 Dados da empresa.

Em um contexto mais amplo, o Projeto Irecê configura-se como uma iniciativa estratégica para a segurança e a competitividade nacionais. Ao produzir anualmente 350 mil toneladas de concentrado de fosfato, o empreendimento visa reduzir a dependência brasileira de importações de fertilizantes, suprimindo até 30% da demanda das regiões Norte e Nordeste⁵. Essa contribuição para a autossuficiência do agronegócio nacional demonstra como a mineração pode ser um setor-chave para a resiliência econômica do país, consolidando seu papel estratégico, que vai muito além da exportação de *commodities*. A colaboração público-privada entre a CBPM e a Galvani, portanto, não apenas viabiliza um projeto tecnologicamente avançado e socialmente responsável, mas também pavimenta o caminho para um setor mineral mais sustentável, competitivo e alinhado aos desafios do futuro.

Projeto de sílica em Belmonte (BA)

O projeto de exploração de sílica no município de Belmonte (BA) representa mais um estudo de caso emblemático das políticas de adaptação e resiliência na mineração brasileira, alinhadas à transição energética e à justiça climática. A iniciativa surge da parceria estratégica entre a CBPM e a empresa de recrutamento Homerun Resources, uma colaboração que ultrapassa o mero acordo comercial. A parceria entre a CBPM, como fomentadora do setor, e a Homerun, com sua expertise tecnológica e capacidade de captação de recursos, configura um modelo de governança em rede, com o envolvimento de múltiplos órgãos públicos estaduais e municipais. Essa sinergia busca reduzir riscos e acelerar a implantação de um empreendimento de alto impacto, tornando-se, por si só, uma manifestação de resiliência.

O ponto central do projeto é a jazida de areia silicosa do distrito de Santa Maria Eterna. Essa jazida é descrita como “única no mundo” pela sua pureza, o que confere uma vantagem competitiva disruptiva. Contudo, a grande inovação reside na estratégia de verticalização da cadeia produtiva. Em vez de exportar o mineral bruto, o projeto integra a extração, o beneficiamento e a transformação da sílica em produto de alto valor agregado: o vidro solar de alta performance. Com um investimento total de cerca de R\$ 1,9 bilhão, que inclui uma unidade de beneficiamento e uma fábrica de vidro, o projeto posiciona a Bahia como o primeiro local no mundo, fora da China, a produzir esse insumo estratégico. Essa verticalização não apenas garante uma vantagem competitiva global, mas também constrói resiliência ao reduzir a dependência de cadeias de suprimento internacionais.⁶

**A colaboração
público-privada
entre a CBPM
e a Galvani,
portanto, não
apenas viabiliza
um projeto
tecnologica-
mente avançado
e socialmente
responsável,
mas também
pavimenta
o caminho
para um setor
mineral mais
sustentável,
competitivo
e alinhado
aos desafios
do futuro**

5 Dados da empresa.

6 Dados da empresa. Disponível nos novos contratos de arrendamento de direitos minerários.

A prioridade em contratar mão de obra local e a criação de um fundo para o desenvolvimento educacional materializam o conceito de justiça climática, que defende a distribuição equitativa dos benefícios da transição energética para uma economia de baixo carbono

A busca por sustentabilidade e justiça climática está no cerne da iniciativa. O projeto busca se alinhar às melhores práticas de governança ambiental, social e corporativa (ESG), com o compromisso de utilizar energia limpa, reaproveitar a água no processo industrial e minimizar resíduos. No eixo social, o impacto é ainda mais marcante, com a previsão de centenas de empregos diretos e indiretos em um município de baixa renda. A prioridade em contratar mão de obra local e a criação de um fundo para o desenvolvimento educacional materializam o conceito de justiça climática, que defende a distribuição equitativa dos benefícios da transição energética para uma economia de baixo carbono. Ao gerar inclusão produtiva para uma população historicamente vulnerável, o projeto se configura como um modelo de justiça distributiva.

Em suma, o projeto de Belmonte transcende o modelo extrativista tradicional ao verticalizar a cadeia de valor no próprio município de origem, transformando uma jazida singular em um produto estratégico para a transição energética. A colaboração multisetorial entre os setores público e privado, somada à ênfase nas práticas ESG e na inclusão social, transforma o projeto em um potencial modelo de 'mineração verde' no Brasil. Sua replicabilidade em outras regiões do país dependerá do fomento à pesquisa de minerais estratégicos, do incentivo à verticalização da cadeia e da integração da comunidade local no processo de desenvolvimento.

Projeto Garimpo Legal

A mineração, desde suas origens arcaicas, tem sido a primeira ação de extração mineral da espécie humana. Contudo, a atividade garimpeira ainda enfrenta desafios crônicos, como a falta de profissionalização, segurança e obediência à legislação, sujeitando seus atores a um regime de trabalho exaustivo e vulnerável. O projeto Garimpo Legal, fruto de uma parceria estratégica entre a CBPM, a Secretaria do Trabalho, Emprego, Renda e Esporte (Setre) e cooperativas locais, surge como uma resposta à realidade do garimpo, buscando fornecer instrumentos para a formação e integração da atividade às cadeias de valor regulamentadas. O curso de capacitação, ministrado inicialmente nos municípios de Novo Horizonte, Ibitiara e Santa Luz, aborda diretamente as lacunas do setor ao fornecer conhecimento em gestão, legislação, segurança e sustentabilidade, alinhando as práticas locais às exigências de competitividade global e aos padrões do Plano Nacional de Mineração 2030 (PNM-2030)⁷.

A informalidade do garimpo, além de privar os trabalhadores de garantias legais, gera desafios relacionados à falta de rastreabilidade dos minerais e à vulnerabilidade a atividades ilícitas. O projeto Garimpo Legal atua diretamente contra essa condição, não apenas com fiscalização,

mas com uma abordagem que torna a transição para a legalidade viável e sensível às especificidades sociais dos territórios. A parceria com as cooperativas é central nessa estratégia, conferindo ao projeto a legitimidade e a capilaridade necessárias para alcançar e mobilizar a base produtiva, transformando o garimpo em aliado da transição energética. A formalização e a profissionalização dos garimpeiros os habilitam a atuar em um mercado que exige cada vez mais conformidade com os padrões ESG, tornando a atividade mais competitiva e responsável.

O projeto demonstra que a integração do setor informal é a chave para o fortalecimento da indústria mineral brasileira como um todo. A formação oferecida é um investimento estratégico no capital humano do setor, essencial para a competitividade do país e para o cumprimento dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS). Ao promover a profissionalização dos trabalhadores, a formalização da atividade e a adoção de práticas responsáveis, o projeto Garimpo Legal garante que a transição para uma economia de baixo carbono seja também um vetor de prosperidade e justiça social para todos os níveis da cadeia produtiva, do garimpeiro artesanal até as grandes corporações globais.

Projeto Eco Minerar

O projeto Eco Minerar: os potenciais da mineração na Bahia, uma parceria entre a CBPM e o programa A Tarde Educação, do Grupo A Tarde, é um exemplo de política de adaptação e resiliência com foco em questões sociais e educacionais. O projeto foi dividido em duas etapas. Na primeira etapa, o A Tarde Educação visitou quatro municípios com empreendimentos minerários vinculados à CBPM e a empresas parceiras – como Irecê e Maracás – para realizar *workshops* com professores de escolas públicas, levando conhecimento e ouvindo as comunidades. A segunda etapa consistiu na promoção de *webinars* para dar continuidade ao projeto e permitir que os participantes tirassem dúvidas com profissionais da mineração e do meio ambiente.⁸

A escolha de professores e gestores da rede pública como público-alvo do projeto revelou-se uma estratégia que vai além da responsabilidade social corporativa tradicional, ao reconhecê-los como multiplicadores de conhecimento. A iniciativa oferece formação continuada em formato de *webinar* para capacitar educadores com ferramentas pedagógicas adequadas para abordar temas complexos, como mudanças climáticas, economia circular e conservação de recursos naturais. Essa abordagem busca combater a desinformação, frequentemente citada como uma das causas da crise de percepção pública em relação ao setor. A relevância do projeto é garantida pela sua articulação com a Base Nacional Comum

**A formalização
e a profissio-
nalização dos
garimpeiros
os habilitam
a atuar em
um mercado
que exige
cada vez mais
conformidade
com os padrões
ESG, tornando a
atividade mais
competitiva e
responsável**

8 Dados da empresa.

Ao educar multiplicadores de conhecimento e vincular a mineração ao cotidiano, à economia circular e à agenda climática, o projeto propõe desmistificar a atividade e reposicioná-la como aliada do desenvolvimento sustentável

Curricular (BNCC). Além disso, a iniciativa lançou o Prêmio Ecoinnovar para incentivar a conversão do conhecimento teórico em projetos práticos e replicáveis, demonstrando que o projeto vai além das *lives*.⁹

O conteúdo programático dos *webinars* foi elaborado para reposicionar a mineração como uma atividade fundamental para a sustentabilidade. Ao tratar do tema *Tudo vem da terra*, um dos seminários propôs uma introdução crítica à mineração, tornando o assunto tangível ao vincular objetos escolares a recursos minerais. Ao trazer o tema *Circular não é girar: é transformar*, o projeto abordou a economia circular como uma ferramenta educativa e ambiental, focando no reuso de rejeitos e na sua transformação em novos insumos. Já sob o tema *Mineração, mudanças climáticas e desenvolvimento*, as discussões giraram em torno da interferência dos minerais nas mudanças climáticas e do papel dos minerais estratégicos na transição energética, reposicionando o setor como uma parte vital da solução climática global. A análise dos reflexos territoriais na Bahia demonstrou como esses temas complexos podem ser discutidos a partir do entorno escolar, com um enfoque pedagógico e contextualização territorial.¹⁰

Por fim, ao tratar do tema *Fazendo na escola: pequenas práticas, grandes transformações*, o projeto incentivou a articulação entre teoria e prática, com iniciativas como hortas e compostagem. Essa estratégia de construção de resiliência ‘de baixo para cima’ tem fomentado a inovação e o senso de pertencimento, elementos cruciais para a sustentabilidade social e operacional da mineração. A sinergia com o Prêmio Ecoinnovar reforça essa lógica, criando um sistema de *feedback* e reconhecimento para as melhores práticas.¹¹

Em suma, a parceria entre a CBPM e o A Tarde Educação, por meio do projeto Eco Minerar, é considerada um modelo exemplar de política de adaptação e resiliência estratégica. Ao educar multiplicadores de conhecimento e vincular a mineração ao cotidiano, à economia circular e à agenda climática, o projeto propõe desmistificar a atividade e reposicioná-la como aliada do desenvolvimento sustentável. O modelo baiano demonstra que o setor de mineração pode assegurar seu papel de parceiro das práticas sustentáveis.

Conselho gestor da APA Lagoa Encantada

A mineração brasileira posiciona-se como um setor estratégico no cenário global de transição energética, fornecendo minerais essenciais como o lítio, o cobalto e as terras-raras. Contudo, essa posição de destaque

9 Dados da empresa.

10 Dados da empresa.

11 Dados da empresa.

exige um compromisso rigoroso com políticas de adaptação e resiliência que vão além da mera conformidade regulatória. O desafio reside em equilibrar a demanda por minerais com a necessidade de justiça climática, garantindo que o avanço econômico não se traduza em ‘zonas de sacrifício’ ambiental e social, com impactos desproporcionais sobre comunidades tradicionais e vulneráveis. Nesse contexto, a atuação da CBPM no conselho gestor da Área de Proteção Ambiental (APA) Lagoa Encantada e Rio Almada (LERA) serve como um estudo de caso emblemático dos desafios e oportunidades inerentes a essa transição.

A participação da CBPM no conselho da APA LERA, um fórum de gestão participativa, ilustra a complexidade de conciliar o fomento à atividade minerária com a proteção ambiental. A empresa, com sua missão de “induzir e promover o desenvolvimento do setor mineral na Bahia” (Companhia Baiana de Pesquisa Mineral, 2025), coexiste em um mesmo espaço de governança com órgãos e representantes dedicados à conservação. Essa dualidade de propósitos, embora paradoxal, oferece um caminho para desmistificar a percepção da mineração como uma atividade intrinsecamente destrutiva. Ao integrar a comissão da APA LERA, a CBPM reforça a temática de que a pesquisa e a exploração mineral podem ser conduzidas com menor impacto ambiental e maior responsabilidade social. A abertura para o diálogo permite abordar de forma objetiva as preocupações dos membros do conselho, como a segurança hídrica e a preservação da biodiversidade, além de favorecer a negociação de soluções que possam atender aos interesses dos envolvidos.

A atuação proativa da CBPM nesse conselho (mesmo não tendo área sob sua titularidade na região) fortalece a governança ambiental da empresa. Em um mercado global cada vez mais atento aos critérios ESG, a capacidade de demonstrar legitimidade e transparência em suas operações é um diferencial estratégico. A mineração brasileira, para ser efetivamente competitiva, precisa ir além da otimização de custos de produção, incorporando a proteção ambiental e os direitos das comunidades como pilares estratégicos. O caso da CBPM na APA LERA é um exemplo concreto de que a resiliência do setor não se constrói apenas com inovação tecnológica, mas principalmente com a capacidade de estabelecer pontes de diálogo e confiança entre o desenvolvimento econômico e a conservação, assegurando que o progresso beneficie equitativamente todos os envolvidos.

DESAFIOS E OPORTUNIDADES PARA O FUTURO

A jornada do setor mineral em direção a uma maior adaptação e resiliência é marcada por desafios persistentes e oportunidades emergentes, que determinarão seu futuro e sua contribuição para a transição energética e a justiça climática.

**A mineração
brasileira,
para ser
efetivamente
competitiva,
precisa ir além
da otimização
de custos de
produção,
incorporando
a proteção
ambiental e os
direitos das
comunidades
como pilares
estratégicos**

No entanto, a crescente obrigatoriedade da adoção do ESG pelo mercado para a manutenção da competitividade sinaliza que essa mudança cultural não é mais opcional, mas uma necessidade para a viabilidade futura do setor

Resistência cultural a mudanças

Um dos desafios mais significativos da atividade minerária é a resistência cultural à plena integração da sustentabilidade no *core business* das empresas do setor. Superar esse entrave exige mais do que apenas mudanças de políticas; demanda uma transformação cultural profunda no comportamento e na compreensão dos agentes envolvidos. A transição de modelos operacionais tradicionais para práticas mais sustentáveis e resilientes pode enfrentar resistência interna, enraizada em métodos de trabalho estabelecidos e na percepção de custos de curto prazo em detrimento de benefícios de longo prazo. No entanto, a crescente obrigatoriedade da adoção do ESG pelo mercado para a manutenção da competitividade sinaliza que essa mudança cultural não é mais opcional, mas uma necessidade para a viabilidade futura do setor.

Modelos de negócios sustentáveis (*hub* da mineração)

O *Mining Hub* surge como uma oportunidade notável para superar a resistência cultural e fomentar modelos de negócios sustentáveis. Primeiro *hub* de inovação aberta no setor mineral, ele atua como um ecossistema colaborativo e um catalisador para a transformação cultural da mineração. Lançado em 2019, o *Mining Hub* conecta empresas mineradoras a *startups*, tendo mapeado mais de 1.100 desafios e executado inúmeras provas de conceito. Essa iniciativa estabelece canais diretos para inovação aberta, projetos sociais e tendências do setor.

Esse modelo responde ao desafio futuro de produzir mais, a partir de minérios mais pobres e complexos, com menor impacto ambiental e maiores ganhos sociais. Ele promove a inovação nos processos de produção e a busca pelo “rejeito zero”. Os investimentos substanciais anunciados para o setor, totalizando US\$ 40,4 bilhões até 2026, indicam um forte compromisso financeiro com esses novos modelos de negócio mais sustentáveis e resilientes¹².

O modelo do *Mining Hub* representa uma estratégia adaptativa crucial, reconhecendo que a inovação interna, por si só, pode ser insuficiente para enfrentar os complexos desafios de sustentabilidade e resiliência. Ao abraçar a inovação aberta, o setor aproveita a expertise externa, acelera a adoção tecnológica (para o “rejeito zero”, por exemplo) e fomenta uma cultura mais ágil e adaptável, aumentando sua capacidade geral de responder a futuras interrupções e demandas do mercado.

Os volumosos aportes de capital de investidores globais, com US\$ 40,4 bilhões anunciados até 2026, ocorrendo simultaneamente com a crescente

obrigatoriedade do ESG, são um forte indicador da confiança do investidor na trajetória do setor em direção à sustentabilidade e à resiliência¹³. Isso sugere que os mercados financeiros têm valorizado cada vez mais empresas que integram princípios ESG e estratégias adaptativas. Assim, esses investimentos tornam-se um facilitador crítico para a viabilidade de longo prazo do setor e sua capacidade de financiar as inovações necessárias à adaptação climática e à transição energética.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho cumpriu o objetivo de analisar a trajetória de adaptação e resiliência do setor mineral brasileiro, demonstrando que a sustentabilidade, ancorada na agenda ESG, é inegavelmente um imperativo estratégico para a sua competitividade global e acesso a financiamento. A principal contribuição teórica deste estudo reside no reposicionamento da resiliência, elevando-a de um conceito reativo para uma estratégia proativa e integrada de negócio, que mitiga riscos inerentes à atividade (como a exaustão das jazidas e a rigidez locacional). No plano prático, a pesquisa destacou o avanço do setor por meio de ações concretas: o rigoroso mecanismo adaptativo do licenciamento ambiental, a alta eficiência na gestão hídrica, a busca paradigmática pelo “rejeito zero” e o fomento à inovação aberta por meio de ecossistemas como o *Mining Hub*.

Os estudos de caso da Companhia Baiana de Pesquisa Mineral (CBPM) e suas parcerias, particularmente nos projetos de fosfato em Irecê (que elimina barragens e adota a economia circular) e sílica em Belmonte (com verticalização da produção para vidro solar de alto valor agregado), oferecem contribuições empíricas robustas. Tais exemplos ilustram o novo paradigma da mineração no Brasil, pautado pela inovação tecnológica e pela justiça social e climática, como visto no investimento em capital humano (10% dos *royalties* para a educação) e na inclusão produtiva do garimpo formalizado (projeto Garimpo Legal). A resiliência, portanto, não se constrói apenas com infraestruturas físicas resistentes, mas por meio de um capital social robusto, garantido pela gestão integrada com as comunidades e a criação ativa de valor compartilhado. O futuro do setor depende da consolidação de uma abordagem holística que equilibre o desenvolvimento econômico com a justiça social e a preservação ambiental.

Apesar de evidenciar avanços significativos, este estudo possui limitações inerentes ao seu escopo, centrado em iniciativas de grande porte e empresas com alto poder de investimento e governança. A principal limitação reside na necessidade de aprofundar a investigação sobre a

O presente trabalho cumpriu o objetivo de analisar a trajetória de adaptação e resiliência do setor mineral brasileiro, demonstrando que a sustentabilidade, ancorada na agenda ESG, é inegavelmente um imperativo estratégico para a sua competitividade global e acesso a financiamento

13 Dados da empresa.

resistência cultural à mudança e a escalabilidade dessas práticas sustentáveis para o vasto universo das médias e pequenas mineradoras no país. Para futuras pesquisas, sugere-se a realização de estudos longitudinais que avaliem o impacto de longo prazo do investimento em educação e dos projetos de verticalização na diversificação econômica dos municípios mineradores. Outra perspectiva promissora envolve a análise da eficácia das políticas regulatórias para a replicação da tecnologia de “rejeito zero” em diferentes tipologias de minério, garantindo que o futuro do setor seja pautado não apenas pela excelência isolada, mas pela sustentabilidade disseminada em toda a cadeia produtiva nacional.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO (Brasil); INSTITUTO BRASILEIRO DE MINERAÇÃO (Brasil). *Perspectivas e avanços da gestão de recursos hídricos na mineração*. Brasília, DF: ANA: IBRAM, 2024. Disponível em: https://ibram.org.br/wp-content/uploads/2024/04/ANA_Perspectivas-e-Avancos-da-Gestao-de-Recursos-Hidricos-na-Mineracao_vf2_web-1.pdf. Acesso em: 19 ago. 2025.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS ENTIDADES DOS MERCADOS FINANCEIRO E DE CAPITAIS. *Quase 90% do mercado passou a dar mais relevância para sustentabilidade nos últimos 12 meses*. Rio de Janeiro, 7 jan. 2022. Disponível em: https://www.anbima.com.br/pt_br/imprensa/quase-90-do-mercado-passou-a-dar-mais-relevancia-para-sustentabilidade-nos-ultimos-12-meses-8A2AB2887DCAF91C017E35B162D42F86-00.htm. Acesso em: 19 ago. 2025.

ASSOCIAÇÃO COMERCIAL INDUSTRIAL E DE SERVIÇOS DE UBERABA. *Presidente da ACIU esteve presente na inauguração do Pavimento CBMM do Hospital Hélio Angotti*. Uberaba, 3 maio 2012. Disponível em: <https://www.aciu.com.br/noticias/10/presidente-da-aciu-esteve-presente-na-inaugurao-do-pavimento-cbmm-do-hospital-hlio-angotti>. Acesso em: 19 ago. 2025.

BARBOSA, Sílvia Helena Assis Oliveira. *Tratamento alternativo de água para abastecimento em comunidades rurais difusas da região do semiárido*. 2023. 78 f. Dissertação (Mestrado em Rede Nacional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos) – Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2023. Disponível em: https://repositorio.ufba.br/bitstream/ri/37238/5/Disserta%c3%a7%c3%a3o_Silvia_Barbosa.pdf. Acesso em: 19 ago. 2025.

BRASIL MINERAL. São Paulo: Signus, v. 35, n. 395, out. 2019. Disponível em: <https://www.brasilmineral.com.br/revista/395/PDF.pdf>. Acesso em: 19 ago. 2025.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. *Estratégias de adaptação às mudanças do clima dos sistemas agropecuários brasileiros*. Brasília, DF: MAPA, 2021. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/sustentabilidade/planoabc-abcmais/publicacoes/estrategias-de-adaptacao-as-mudancas-do-clima-dos-sistemas-agropecuarios-brasileiros.pdf>. Acesso em: 19 ago. 2025.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. Secretaria de Geologia, Mineração e Transformação Mineral. *Comissão Temporária da Política Nacional de Segurança de Barragens (CTPNB)*. Brasília, DF: MME, 2016. (Relatório final, 9). Disponível em: <https://legis.senado.leg.br/sdleg-getter/documento?dm=4105073&dispositivo=on=inline>. Acesso em: 19 ago. 2025.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. Secretaria de Geologia, Mineração e Transformação Mineral. *Plano Nacional de Mineração 2022-2050*: caderno 5: desenvolvimento sustentável na indústria mineral brasileira. Brasília, DF: MME, 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/secretarias/geologia-mineracao-e-transformacao-mineral/pnm-2050/estudos/caderno-5-desenvolvimento-sustentavel-na-mineracao-brasileira/DesenvolvimentoSustentavelnaIndustriaMineralBrasileira.pdf>. Acesso em: 19 ago. 2025.

COMPANHIA BAIANA DE PESQUISA MINERAL. *Apresentação*. Salvador: CBPM, 2025. Disponível em: <https://www.cbpm.ba.gov.br/institucional/apresentacao/>. Acesso em: 19 ago. 2025.

COMPANHIA BRASILEIRA DE METALURGIA E MINERAÇÃO. *Relatório de sustentabilidade 2022*. São Paulo: CBMM, 2023. Disponível em: https://cbmm.com/sustainability-report/public/pdf/CBMM_RS2022.pdf. Acesso em: 19 ago. 2025.

COMPANHIA DE FERRO LIGAS DA BAHIA. *Demonstrações financeiras individuais e consolidadas referentes ao exercício findo em 31 de dezembro de 2020 e relatório do auditor independente*. São Paulo: Deloitte Touche Tohmatsu Auditores Independentes, 2021. Disponível em: <https://api.mziq.com/mzfilemanager/v2/d/e71f73d4-4d0a-41fb-8e5b-8d7f3660b6ad/018e82f2-f1a0-4717-bfbf-72e2e93c89bf?origin=2>. Acesso em: 19 ago. 2025.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (Brasil). Resolução CONAMA nº 237, de 19 de dezembro de 1997. Dispõe sobre a revisão e complementação dos procedimentos e critérios utilizados para o licenciamento ambiental. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF, 22 dez. 1997. Disponível em: <https://mineralis.cetem.gov.br/bitstream/cetem/1163/2/O%20Projeto%20Juriti%20Sustent%C3%A1vel.pdf>. Acesso em: 19 ago. 2025.

COSTA, José Monteiro *et al.* O projeto Juruti Sustentável: uma proposta alternativa de desenvolvimento territorial? In: FERNANDES, Francisco Rego Chaves; ENRIQUEZ, Maria Amélia Rodrigues da Silva; ALAMINO, Renata de Carvalho Jimenez (ed.). *Recursos minerais & sustentabilidade territorial*. Rio de Janeiro: CETEM; MCTI, 2011. v. 1, p. 69-96. Disponível em: <https://mineralis.cetem.gov.br/bitstream/cetem/1163/2/O%20Projeto%20Juruti%20Sustent%C3%A1vel.pdf>. Acesso em: 19 ago. 2025.

COSTA, Maria Auxiliadora Serra R. *Análise crítica da fiscalização das barragens de mineração no Brasil: um estudo comparativo com o modelo canadense da Columbia Britânica*. 2019. 73 f. Monografia (Especialização em Segurança de Barragens: Aspectos Técnicos e Legais) – Escola Politécnica, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2019. Disponível em: <https://repositorio.ufba.br/handle/ri/38408>. Acesso em: 19 ago. 2025.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. *Pesquisa brasileira avança no uso de remineralizadores no solo*. Brasília, DF, 11 dez. 2023. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/85673644/pesquisa-brasileira-avanca-no-uso-de-remineralizadores-no-solo>. Acesso em: 19 ago. 2025.

EQUIPE DE CONSERVAÇÃO DA AMAZÔNIA. *Programa Territórios Sustentáveis: a construção de um programa de gestão territorial integrada na Amazônia*. Brasília, DF: ECAM, 2020. Disponível em: <https://ecam.org.br/wp-content/uploads/2021/03/Programa-Territ%C3%B3rios-Sustent%C3%A1veis-a-constru%C3%A7%C3%A3o-de-um-programa-de-gest%C3%A3o-territorial-integrado-na-Amaz%C3%B4nia.pdf>. Acesso em: 30 out. 2025.

INÁCIO, Alana Pereira. *Geoecologia das paisagens: florestas e campos ferruginosos em Carajás, PA*. 2023. 103 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2023.

INSTITUTO BRASILEIRO DE MINERAÇÃO. *Como a mineração contribui para o IDH das comunidades*. Belo Horizonte, 19 jan. 2018. Disponível em: <https://ibram.org.br/noticia/como-a-mineracao-contribui-para-o-idh-das-comunidades/>. Acesso em: 19 ago. 2025.

INSTITUTO BRASILEIRO DE MINERAÇÃO. *Informações sobre a economia mineral brasileira 2020: ano base 2019*. Brasília, DF: IBRAM, 2020. Disponível em: <https://portaldamineracao.com.br/wp-content/uploads/2021/03/Economia-Mineral-Brasileira-IBRAM-2020.pdf>. Acesso em: 19 ago. 2025.

INSTITUTO BRASILEIRO DE MINERAÇÃO. *Mineração segue como protagonista da economia*. Brasília, DF, 14 set. 2015. Disponível em: <https://ibram.org.br/noticia/mineracao-segue-como-protagonista-da-economia/>. Acesso em: 19 ago. 2025.

INSTITUTO BRASILEIRO DE MINERAÇÃO. *Setor mineral*: 1º semestre 2025: 1S25. Brasília, DF: IBRAM, 2025. Disponível em: [https://ibram.org.br/wp-content/uploads/2025/08/Setor-Mineral-1o-semester-2025- %E2%80%93-1S25-3.pdf](https://ibram.org.br/wp-content/uploads/2025/08/Setor-Mineral-1o-semester-2025-%E2%80%93-1S25-3.pdf). Acesso em: 13 nov. 2025.

SALUM, Maria José. *Curso de introdução à mineração*: etapas para instalação de uma mineração: aula 5. [S. l.], 2018. Disponível em: <https://www.gov.br/mme/pt-br/arquivos/aula-5-etapas-para-a-instalacao-de-uma-mineracao.pdf>. Acesso em: 19 ago. 2025.

UNITED NATIONS CLIMATE CHANGE. *Adaptation and resilience*. Disponível em: <https://unfccc.int/topics/adaptation-and-resilience/the-big-picture/what-do-adaptation-to-climate-change-and-climate-resilience-mean>. Acesso em: 19 ago. 2025.

VALE. *Estrada de ferro Vitória a Minas*: demonstrações financeiras “Carve-out”. [S. l.]: Vale, 2023a. Disponível em: <https://vale.com/documents/d/guest/df-efvm-4t23>. Acesso em: 19 ago. 2025.

VALE. *Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo e Vale assinam convênio para estudo e propagação de plantas raras de Minas Gerais*. [S. l.], 21 jun. 2023b. Disponível em: <https://vale.com/w/secretaria-de-agricultura-e-abastecimento-do-estado-de-sao-paulo-e-vale-assinam-convenio-para-estudo-e-propagacao-de-plantas-raras-de-minas-gerais>. Acesso em: 19 ago. 2025.

ZUTTER, Devian. *Parque Nacional de Campos Ferruginosos*: história. [S. l.], 19 nov. 2024. Disponível em: <https://123ecos.com.br/docs/parque-campos-ferruginosos/#:-:text=O%20Parque%20Nacional%20dos%20Campos%20Ferruginosos%2C%20localizado,conserva%C3%A7%C3%A3o%20criadas%20para%20preservar%20a%20biodiversidade%20amaz%C3%B4nica>. Acesso em: 19 ago. 2025.



SPADONI, Gian Luca
et al. *Devegetation is a widespread driver of fire in the Brazilian Cerrado. Journal of Environmental Management*, [s. l.], v. 385, p. 1-12, 2025.

**CARLOS VINÍCIUS
MARQUES DOS SANTOS**

Graduado em Ciências Econômicas pela Universidade Estadual de Feira de Santana (UEFS) com mobilidade internacional pela Universidade do Minho e pela Universidade de Coimbra, mestrando em Gestão, Organização e Sociedade pela UEFS e pós-graduando em MBA em Compliance e ESG pela Universidade de São Paulo (USP).
<https://orcid.org/0000-0003-1889-261X>.
cvms.marques@gmail.com

**JOSÉ RAIMUNDO
OLIVEIRA LIMA**

Professor Pleno da Universidade Estadual de Feira de Santana (UEFS): da Graduação e dos Programas de Pós-Graduação em Gestão, Organizações e Sociedade (PPGGOS), Planejamento Territorial (Planter) e Rede de Ciências Ambientais (Proficiamb), bem como do Programa de Extensão Incubadora de Iniciativas de Economia Popular e Solidária.
<https://orcid.org/0000-0002-3646-307X>.
zerraimundo@uefs.br

doi.org/10.56839/bd.v35i2.a23

Uso do solo e incêndios no Cerrado brasileiro a partir da pesquisa de Spadoni *et al.* (2025)¹

RESUMO

Este trabalho tem como objetivo apresentar uma resenha crítica da obra *Devegetation is a widespread driver of fire in the Brazilian Cerrado*, publicada no periódico *Journal of Environmental Management* (JEM) em junho de 2025. A resenha aborda os principais pontos do artigo, oferecendo um panorama geral de sua estrutura, discussões e resultados centrais. Além disso, propõe uma análise crítica dos achados, ampliando o debate com base em estudos de outros pesquisadores que tratam de temas correlatos, especialmente sobre o Cerrado, com ênfase na região de fronteira MATOPIBA – formada pelos estados Maranhão, Tocantins, Piauí e Bahia – e no estado do Mato Grosso. Nesta resenha, são consideradas as categorias de desmatamento, bem como os impactos sobre comunidades tradicionais e áreas protegidas. Por fim, apresenta-se uma seção opinativa com sugestões de novos estudos, considerações sobre as limitações e reflexão sobre os contextos atuais, buscando contribuir com a formulação de políticas públicas e com a atuação de outros agentes envolvidos na gestão ambiental da região.

Palavras-chave: Cerrado; uso do solo; queimadas; conservação ambiental; MATOPIBA.

ABSTRACT

*This paper aims to present a critical review of the article *Devegetation is a widespread driver of fire in the Brazilian Cerrado*, published in the *Journal of Environmental Management* (JEM) in June 2025. The review addresses the main points of the article, offering an*

1 Os autores agradecem à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes) pelo financiamento que tornou esta pesquisa possível.

overview of its structure, discussions, and key findings. In addition, it proposes a critical analysis of the findings, broadening the debate based on studies by other researchers dealing with related topics, especially about the Cerrado, with an emphasis on the MATOPIBA border region – formed by the states of Maranhão, Tocantins, Piauí, and Bahia – and the state of Mato Grosso. This review considers the categories of deforestation, as well as the impacts on traditional communities and protected areas. Finally, an opinion section is presented with suggestions for new studies, considerations on limitations, and reflections on current contexts, seeking to contribute to the formulation of public policies and the actions of other agents involved in environmental management in the region.

Keywords: Cerrado; land use; burning; environmental conservation; MATOPIBA.

INTRODUÇÃO

Esta introdução apresenta uma visão geral do artigo *Devegetation is a widespread driver of fire in the Brazilian Cerrado*, publicado no *Journal of Environmental Management* (JEM) em junho de 2025 (Spadoni *et al.*, 2025). A resenha foi construída com base nas orientações metodológicas propostas por Gonçalves (2020) e busca destacar os principais elementos da obra, incluindo sua estrutura, autoria, revista de publicação e demais aspectos relevantes, a fim de situar o leitor no contexto da pesquisa.

A obra trata de um tema atual e relevante no campo da sustentabilidade, com foco no Cerrado brasileiro, especialmente na região de fronteira MATOPIBA (acrônimo que denomina os estados do Maranhão, Tocantins, Piauí e Bahia) e no estado do Mato Grosso. O estudo aborda os incêndios florestais e suas consequências ambientais, sociais e territoriais, analisando suas relações com o uso e a conversão da terra ao longo de um período de 13 anos, entre 2003 e 2020. Os autores propõem uma distinção entre dois tipos de incêndio: os DRF (*Devegetation Related Fires*), aqueles em que a ignição ocorre dentro de áreas convertidas ou em um raio de até 1 km dessas áreas, no período de até dois anos após a conversão da vegetação nativa; e os IF (*Independent Fires*), que abrangem todos os demais incêndios ocorridos em áreas de vegetação nativa (Spadoni *et al.*, 2025). A partir dessa classificação, o estudo realiza uma análise espacial e temporal dos incêndios registrados na região.

Os autores envolvidos na pesquisa estão vinculados a instituições renomadas internacionalmente, entre elas o Department of Agricultural, Forest and Food Sciences da University of Torino (Itália), o AMAP da Université de Montpellier (França), o Department of Science, Technology and Society da University School for Advanced Studies IUSS Pavia

(Itália), o Environmental Change Institute da University of Oxford (Reino Unido), o Instituto de Pesquisa Ambiental da Amazônia (IPAM) (Brasil), o Tyndall Centre for Climate Change Research da University of East Anglia (Reino Unido), e o Woodwell Climate Research Center (Estados Unidos). A diversidade institucional reforça o caráter interdisciplinar e colaborativo do estudo².

O artigo foi publicado na revista *Journal of Environmental Management* (JEM), que tem como objetivo divulgar pesquisas aplicadas à gestão ambiental e às relações entre meio ambiente e sociedade. A revista contempla diversas áreas, incluindo evolução e monitoramento ambiental; controle da contaminação e gestão de resíduos; gestão de recursos naturais e ecossistemas; mudanças climáticas e resiliência ambiental; política ambiental, economia e ciências sociais; além de impactos ambientais provocados por ações antrópicas. O JEM é um periódico de acesso aberto, o que permite a ampla disseminação dos trabalhos publicados³.

Estruturalmente, o artigo está dividido em três grandes seções, somadas à introdução e às conclusões. A introdução apresenta o tema central do estudo, abordando a importância ecológica e socioeconômica do bioma Cerrado, os desafios relacionados ao desmatamento e à degradação dos recursos naturais, bem como a relevância da sustentabilidade para a região. Por sua vez, as conclusões expressam os principais achados da pesquisa.

A seção *Materiais e Métodos* descreve detalhadamente o percurso metodológico adotado pelos autores, com delimitação espacial concentrada na região MATOPIBA e no estado do Mato Grosso (Spadoni et al., 2025). Na seção, também são apresentados os bancos de dados utilizados ao longo do estudo, como o Prodes Cerrado, o Global Fire Atlas e o MapBiomas, além de fontes cartográficas, como o Terrabrisilis. Ademais, a pesquisa oferece subsídios para a formulação de estratégias de mitigação do desmatamento que sejam eficientes, equitativas e sensíveis às particularidades territoriais. O artigo contempla, ainda, a análise de comunidades tradicionais e áreas protegidas, igualmente afetadas pela expansão agropecuária. A metodologia, baseada em revisão bibliográfica e sustentada por dados quantitativos provenientes de fontes confiáveis, confere robustez e relevância ao trabalho. Tal abordagem também proporciona uma rica discussão teórica, permitindo um balanço avaliativo sobre as potencialidades e a contribuição do estudo para o avanço das pesquisas na temática.

2 Para consultar melhor a vinculação de cada autor, suas produções acadêmicas e demais informações como e-mail e demais contatos, ver o artigo original.

3 Para acessar diretamente essas informações e entender melhor o escopo e a atuação da revista, assim como o processo de publicação e consulta, buscar em: <https://www.sciencedirect.com/journal/journal-of-environmental-management>.

A seção *Discussão* expõe os resultados obtidos durante a pesquisa, incluindo estatísticas da devastação, características da terra, padrões dos incêndios e suas implicações ecológicas e territoriais. Já a seção *Resultados* amplia a análise a partir do diálogo com a literatura, destacando a relação entre a exploração de recursos, o uso do solo e os impactos dos incêndios para os diversos agentes envolvidos, inclusive aqueles que não participam diretamente das atividades que causam as queimadas. As demais características metodológicas e empíricas do estudo estão sintetizadas no Quadro 1 da resenha.

Quadro 1

Características dos principais elementos estruturais do artigo

Elementos	Características
Tema	<i>Devegetation is a widespread driver of fire in the Brazilian Cerrado</i>
Problema	<i>a) To what extent is devegetation a driver of fires in the Brazilian Cerrado?</i> <i>b) How much native vegetation surface has been burned by fires associated with devegetation, beyond the area directly lost to land conversion?</i> <i>c) Do fires related to devegetation have distinct characteristics in terms of size distribution and seasonality?</i> <i>d) How does land tenure influence devegetation and its associated fires?</i>
Objetivo	<i>This study, covering the period 2003–2020, quantifies both the surface of native vegetation lost through land conversion (devegetation) and the area burned by fires ignited in converted areas, focusing on the portion of the Cerrado included in the state of Mato Grosso and the MATOPIBA region.</i>
Relevância/Justificativa	<i>The Cerrado is the largest tropical savanna in the world, featuring a wide range of vegetation types with different sensitivity to fire. The structure, functioning and rich biodiversity of the non-forest formations is intimately associated with the presence of fire, which historically has acted both as a natural disturbance and as a tool used by Indigenous communities.</i>
Metodologia	<i>Using geospatial data on devegetation (Prodes Cerrado), fires (Global Fire Atlas), and land use (MapBiomass), we classified individual fires into Devegetation Related Fires (DRF) or devegetation Independent Fires (IF).</i>

Fonte: Spadoni et al. (2025).

Na próxima seção, será realizada uma análise detalhada de cada parte do artigo original, com o propósito de evidenciar os principais pontos discutidos no texto. Também será explorado o conteúdo efetivamente tratado, articulando-o com uma discussão mais ampla da temática e estabelecendo diálogos com outras pesquisas sobre o mesmo assunto. Essa abordagem busca interpretar os resultados apresentados e oferecer um panorama abrangente da literatura relacionada. Por fim, a resenha apresentará um olhar externo sobre a obra, destacando aspectos não contemplados pelo artigo, de modo a contribuir adicionalmente para o debate e sugerir possíveis caminhos para investigações futuras.

ANÁLISE E DISCUSSÃO DA OBRA: A PARTIR DOS ELEMENTOS ESTRUTURAIS DO ARTIGO

Spadoni *et al.* (2025) argumentam que o Cerrado é considerado um bioma extenso, que abriga uma grande diversidade de espécies, constituindo-se como um dos ecossistemas mais ricos do mundo em termos de flora e fauna. Representa, em média, cerca de 24% da cobertura territorial do Brasil. As atividades humanas desenvolvidas no bioma, quando não conduzidas de forma adequada, podem desestabilizar sua dinâmica natural, especialmente no processo de conversão da vegetação nativa para uso do solo destinado a atividades antropogênicas.

Um dos mecanismos utilizados para conter a devastação da floresta nativa é a atuação governamental, por meio de atividades regulatórias que visam controlar a dinâmica do bioma. Estudos indicam que a regulamentação e fiscalização adequadas são fundamentais para reduzir os índices de devastação. Quando o monitoramento feito leva em consideração a dinâmica dos incêndios, a eficiência da fiscalização tende a aumentar.

Para fundamentar esses pontos, os autores utilizaram diversos conjuntos de dados e ferramentas de monitoramento. Entre eles, o Global Fire Atlas (GFA), que permite observar incêndios individuais em escala regional e global; o Prodes (Monitoramento da Floresta Amazônica Brasileira por Satélite), desenvolvido pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) e utilizado para identificar variações nas áreas de vegetação nativa e outras categorias de uso do solo; o MapBiomas, que fornece mapas da cobertura vegetal e do uso do solo a partir de imagens de satélite; e a plataforma Terrabrasilis, que serve como base para a demarcação dos limites administrativos, o recorte do Cerrado e a análise de áreas protegidas e indígenas (Spadoni *et al.*, 2025).

A revisão metodológica combinou abordagens espaciais e testes estatísticos comparativos para avaliar a dinâmica dos incêndios no Cerrado. Entre os testes aplicados, destacam-se: 1) o de Kolmogorov-Smirnov, para verificar se a distribuição do número de dias dos incêndios nas categorias de desmatamento recente (DRF) e incêndios florestais (IF) é igual; 2) o teste t de Welch, utilizado para avaliar o nível de significância estatística na diferença das médias dos tamanhos dos incêndios entre as duas categorias; 3) o teste de Mann-Whitney, aplicado para confirmar as diferenças das medianas, reforçando a robustez da análise além de medidas descritivas, como moda, média e assimetria (Spadoni *et al.*, 2025).

Os principais resultados indicam que, no período estudado, aproximadamente 14,6 milhões de hectares foram afetados pela devastação. A categoria DRF apresentou um tamanho médio de incêndio 20% menor que a categoria IF. Considerando o recorte territorial adotado, cerca de 19,1%

da área total do Cerrado já foi modificada, sendo que os meses com maiores índices de incêndios concentraram-se entre maio e setembro. Entre as categorias fundiárias, as terras privadas sofreram a maior incidência de incêndios e alterações na vegetação, embora áreas protegidas também tenham sido impactadas.

A análise não identificou padrões regulares nos incêndios ao longo dos anos, demonstrando sua variabilidade temporal. Observou-se, ainda, que incêndios controlados podem fomentar novos focos na região e estão relacionados às áreas já devastadas. Entre os estados analisados, Mato Grosso apresentou a menor associação entre esses fatores, enquanto Maranhão exibiu a maior correlação. Em termos absolutos de devastação e desmatamento recente, o estado do Piauí foi o mais afetado.

Por fim, as conclusões do estudo destacam que os incêndios têm potencial para impactar a dinâmica do ecossistema e influenciar toda a estrutura da cadeia produtiva, especialmente o setor de *commodities*. Isso prejudica tanto a vegetação nativa quanto as populações locais. O estudo reforça a necessidade de políticas públicas que compreendam melhor a dinâmica dos incêndios e aperfeiçoem suas estratégias de controle.

Outros autores, não mencionados na obra de Spadoni *et al.* (2025), também contribuem para o debate em torno de suas pesquisas. Entre eles, destacam-se Ferreira (2024) e Aubertin (2013), cujos estudos abordam o Cerrado brasileiro. Estatisticamente, esse bioma comporta atualmente cerca de 5% da biodiversidade mundial, a qual tem sido significativamente comprometida pela expansão das atividades agroindustriais, resultando na devastação de milhões de hectares. O Cerrado é reconhecido por sua complexidade, rica biodiversidade, características do solo e sua relevância hídrica, fatores que atraem a atenção das atividades produtivas. Além disso, tornou-se o palco central das discussões sobre a fronteira agrícola do país. Esse conjunto de fatores tem impulsionado o desenvolvimento de tecnologias e investimentos na região, especialmente na produção de grãos. No entanto, esse avanço tem ocasionado perda da vegetação nativa e problemas ambientais decorrentes do uso do solo para fins antropogênicos. Tais problemas transcendem o bioma, afetando o clima e a proteção ambiental, com impactos que se estendem a outras regiões do Brasil e do mundo.

Castagna *et al.* (2024) também estabelecem um diálogo com a pesquisa de Spadoni *et al.* (2025), especialmente no que se refere ao Cerrado, que vem sendo profundamente transformado pelo uso intensivo do solo em decorrência das mudanças na estrutura econômica e produtiva da região, sobretudo no setor agrícola. Os autores apontam que a expansão da produção de *commodities* tem intensificado o uso da terra, alterando sua configuração local e reduzindo a cobertura de vegetação nativa,

tanto em áreas autorizadas quanto em zonas legalmente protegidas. Essas transformações afetam dinâmicas ambientais locais, contribuindo para o aumento da poluição e dos desafios relacionados ao manejo de resíduos.

O artigo apresenta grande relevância ao direcionar sua análise para o Cerrado, segundo maior bioma do Brasil e um dos mais ameaçados pela expansão agropecuária (Spadoni *et al.*, 2025). A pesquisa lança luz sobre uma região estratégica, fundamental para a segurança hídrica, climática e alimentar do país, bem como do mundo, especialmente diante da importância da produção de *commodities*. Esses atributos ressaltam a urgência de ações eficazes para sua conservação. Ao analisar a incidência, uso da terra e processos de devastação, o estudo oferece um olhar aprofundado que pode fortalecer a proteção ambiental em um território de alta importância estratégica.

Sob uma perspectiva externa, acredita-se que os resultados deste estudo podem fomentar um debate técnico qualificado sobre o uso estratégico de recursos provenientes de diversas origens para promover a conservação ambiental (Spadoni *et al.*, 2025). Isso contribuirá diretamente para uma agenda de desenvolvimento que concilie proteção ambiental, justiça social e eficiência econômica, alinhada aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), entre eles, o ODS 13 que se refere à ação contra as mudanças climáticas. Além disso, destaca-se a capacidade do estudo em gerar conhecimento aplicável e transformador, com potencial para orientar políticas públicas, direcionar investimentos do setor financeiro e subsidiar decisões de instituições comprometidas com a sustentabilidade na região do Cerrado e no território de fronteira MATOPIBA.

Por fim, torna-se necessário aprofundar o entendimento sobre outros fatores e variáveis que influenciam tanto a conservação quanto o desmatamento, para que se possam desenvolver medidas de mitigação eficazes. Entre esses fatores, destaca-se o papel dos órgãos fiscalizadores, das instituições de fomento e da atuação governamental, especialmente no contexto da região MATOPIBA. Debater a preservação do Cerrado e suas múltiplas interfaces é imprescindível, diante do quadro preocupante de conservação do bioma. Portanto, reconhece-se a importância desta pesquisa e a necessidade de estudos complementares, inclusive em outros contextos regionais e linguísticos, sobretudo para acompanhar as transformações ao longo dos anos.

REFERÊNCIAS

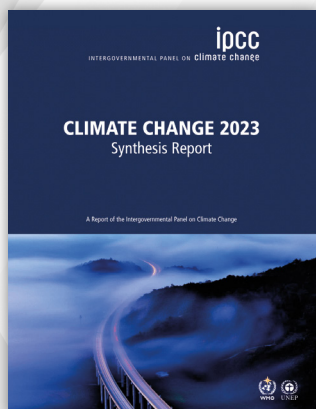
AUBERTIN, Catherine. O surgimento do Bioma Cerrado. *Ateliê Geográfico*, Goiânia, v. 7, n. 1, p. 5–24, abr. 2013. Disponível em: <https://revistas.ufg.br/ateliê/article/view/9387/13922>. Acesso em: 30 ago. 2025.

CASTAGNA, Daniela *et al.* Risco de desmatamento em áreas de Cerrado brasileiro. *Revista Brasileira de Geografia Física*, Recife, v. 17, n. 1, p. 199–212, 2024. Disponível em: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe/article/view/259228/45474>. Acesso em: 15 jul. 2025.

FERREIRA, Carolina Lie Okazachi. *Desmatamento no Cerrado do Centro-Oeste brasileiro: uma análise econométrica*. 2024. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Gestão Ambiental) – Faculdade de Ciências Biológicas e Ambientais, Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados, 2024. Disponível em: <https://repositorio.ufgd.edu.br/jspui/bitstream/prefix/6277/1/CarolinaLieOkazachiFerreira.pdf>. Acesso em: 15 jul. 2025.

GONÇALVES, Jonas Rodrigo. Como elaborar uma resenha de um artigo acadêmico ou científico. *Revista JRG de Estudos Acadêmicos*, São Paulo, v. 3, n. 7, p. 95–107, 2020. Disponível em: <https://revistajrg.com/index.php/jrg/article/view/41>. Acesso em: 15 jul. 2025.

SPADONI, Gian Luca *et al.* Devegetation is a widespread driver of fire in the Brazilian Cerrado. *Journal of Environmental Management*, [s. l.], v. 385, p. 1–12, 2025. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301479725016135>. Acesso em: 10 jul. 2025.



IPCC Climate Change 2023: Synthesis Report – Longer Report

RESUMO

Esta resenha crítica analisa o documento *Climate Change 2023: Synthesis Report – Longer Report*, elaborado pelo Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC), destacando sua relevância para a formulação de políticas públicas, a governança climática e a justiça socioambiental (Lee; Romero, 2023a). O objetivo é discutir a estrutura, os principais achados e as limitações político-epistemológicas do relatório, com ênfase na versão traduzida para o português pelo Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI). A metodologia adotada foi a análise crítica de conteúdo, com base em fontes primárias (o próprio relatório) e secundárias (artigos científicos e documentos institucionais complementares). Os principais resultados evidenciam que o relatório sintetiza, com elevado rigor científico, os riscos presentes e futuros das mudanças climáticas, ressaltando a intensificação de eventos extremos e as desigualdades sociais agravadas – e potencialmente ampliadas – pelo aquecimento global. A resenha aponta que, embora o documento represente um avanço técnico e ético, sua efetividade depende tanto da vontade política quanto da capacidade de implementação dos tomadores de decisão, o que limita a incorporação de saberes tradicionais, indígenas e práticas locais de adaptação às mudanças do clima. A ausência desses aportes epistemológicos alternativos enfraquece o potencial transformador da proposta de desenvolvimento resiliente ao clima. Conclui-se que a tradução brasileira amplia o acesso ao conhecimento científico, embora persistam limites quanto à inclusão de perspectivas diversas e à articulação de ações coordenadas ante a crise climática. O relatório constitui, portanto, uma ferramenta estratégica, embora consultiva, para promover uma governança ambiental mais integrada e equitativa.

Palavras-chave: mudanças climáticas; IPCC; governança socioambiental; justiça climática; políticas públicas.

LEE, Hoesung;
ROMERO, José
(ed.). *Climate change 2023: synthesis report: longer report*. Genebra: IPCC, 2023.

CLÁUDIO ROBERTO MEIRA
DE OLIVEIRA

Doutor em Botânica pela Universidade Federal de Viçosa (UFV), mestre em Ciências pela Universidade Federal de Lavras (UFLA). Professor do Departamento de Educação da Universidade do Estado da Bahia (Uneb). <https://orcid.org/0000-0002-3077-8353>. claudiomeira@gmail.com

doi.org/10.56839/bd.v35i2.a24

ABSTRACT

This critical review analyzes the document Climate Change 2023: Synthesis Report – Longer Report, prepared by the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), highlighting its relevance for public policy formulation, climate governance, and socio-environmental justice (Lee; Romero, 2023a). The objective is to discuss the structure, main findings, and political-epistemological limitations of the report, with an emphasis on the version translated into Portuguese by the Ministry of Science, Technology, and Innovation (MCTI). The methodology adopted was critical content analysis, based on primary sources (the report itself) and secondary sources (scientific articles and complementary institutional documents). The main results show that the report synthesizes, with high scientific rigor, the present and future risks of climate change, highlighting the intensification of extreme events and social inequalities aggravated—and potentially amplified—by global warming. The review points out that, although the document represents a technical and ethical advance, its effectiveness depends both on the political will and the implementation capacity of decision-makers, which limits the incorporation of traditional and indigenous knowledge and local practices for adapting to climate change. The absence of these alternative epistemological contributions weakens the transformative potential of the climate-resilient development proposal. It concludes that the Brazilian translation broadens access to scientific knowledge, although limitations remain regarding the inclusion of diverse perspectives and the coordination of actions in response to the climate crisis. The report is therefore a strategic, albeit advisory, tool for promoting more integrated and equitable environmental governance.

Keywords: climate change; IPCC; socio-environmental governance; climate justice; public policies.

INTRODUÇÃO

O *Longer Report* produzido pelo Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC) é uma síntese dos resultados do Sexto Relatório de Avaliação (AR6) e integra um amplo volume de evidências científicas formuladas pelos grupos de trabalho WGI, WGII, WGIII e por três relatórios especiais (Lee; Romero, 2023a). A edição final foi aprovada em março de 2023 por delegações diplomáticas na Suíça, consolidando a compreensão científica global sobre a crise climática.

A tradução para o português, disponibilizada pelo Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI) em 20 de março de 2023, representa um avanço crucial para democratizar o acesso à informação climática no Brasil e em países lusófonos, com potencial impacto direto na formulação

de políticas públicas, controle social e governança socioambiental (Lee; Romero, 2023b). Esse esforço de tradução mostra-se importante para reduzir barreiras linguísticas no debate científico e na dinâmica de tomada de decisão baseada em evidências, especialmente em contextos de vulnerabilidade socioambiental.

Desde a sua criação em 1988 pela Organização das Nações Unidas (ONU), o IPCC tem a missão de avaliar periodicamente o conhecimento científico sobre mudanças climáticas. O AR6, culminando com o *Longer Report*, foi precedido por relatórios especiais que aprofundaram a compreensão dos riscos climáticos, como o aquecimento global de 1,5°C, as mudanças em terra e as transformações no oceano e na criosfera (Lee; Romero, 2023a).

O relatório atual delineia cenários, riscos e estratégias de mitigação e adaptação com alto grau de confiança científica (Lee; Romero, 2023a). A constatação do estado atual do clima é alarmante: um aquecimento de aproximadamente 1,1°C acima dos níveis pré-industriais já está em curso, manifestado pela intensificação de eventos extremos, elevação do nível do mar e perda de gelo marinho. Esse cenário exige uma análise crítica da evolução do conhecimento climático, pois os limites para a adaptação à crise climática e a mitigação de seus efeitos são comparativamente estreitos e convergem com os objetivos do Acordo de Paris.

As projeções do relatório são sombrias, alertando que, mesmo com reduções significativas de emissões, há mais de 50% de probabilidade de ultrapassarmos 1,5°C entre 2030 e 2052 (Lee; Romero, 2023a). Cada décimo de grau adicional intensifica riscos socioambientais em cascata, complexos e interligados, levantando dilemas cruciais ligados à ética global, à justiça climática e à resiliência social, especialmente em contextos vulneráveis.

Esta resenha crítica busca, além de apresentar a evolução histórica do IPCC e a estrutura do AR6, descrever o cenário atual em relação ao clima e analisar as implicações futuras, as direções politicamente viáveis e a importância da tradução do documento em análise nesta resenha para a governança e a integridade socioambiental no Brasil (Lee; Romero, 2023b).

O relatório tem como objetivo informar e orientar diversos agentes sociais sobre a urgência de respostas integradas ante a emergência climática, com especial atenção à justiça climática, à integridade socioambiental e ao uso de tecnologias disruptivas. Ao oferecer um resumo técnico e abrangente, o documento visa embasar decisões estratégicas globais, destacando efeitos, riscos e caminhos de mitigação e adaptação, servindo como pilar para o fortalecimento da governança climática e das políticas públicas.

HISTÓRIA E CONTEXTO DO RELATÓRIO: UM MARCO DA CIÊNCIA CLIMÁTICA E SUAS LIMITAÇÕES POLÍTICAS

O IPCC, estabelecido em 1988 pela Organização Meteorológica Mundial (OMM) e pelo Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA), tem cumprido seu papel de assessorar governos com base científica. As edições periódicas dos relatórios de avaliação (AR1 a AR5) consolidaram o consenso científico sobre o aquecimento global, evidenciando a curva conhecida como “taco de hóquei” (*hockey stick*), que demonstra um longo período de estabilidade térmica seguido de um aumento abrupto da temperatura global nos últimos séculos. O AR6, no entanto, destaca-se por sua abrangência, abordando tecnologias emergentes e riscos complexos, e pela inclusão de relatórios especiais que amplificam a percepção sobre o limite de 1,5°C, o uso da terra e a criosfera (Lee; Romero, 2023b).

O processo de elaboração do *Longer Report*, envolvendo sete anos de construção e múltiplas etapas que culminaram em consenso diplomático, atesta a robustez metodológica e o rigor científico do documento (Lee; Romero, 2023a). A integração de evidências físicas, biológicas, econômicas e sociais reflete uma maturidade bem-vinda na abordagem interdisciplinar. Contudo, o processo de “consenso diplomático” que finaliza o relatório é também um ponto de vulnerabilidade.

A necessidade de aprovação por delegações governamentais pode, por vezes, diluir a urgência e a força de certas conclusões científicas em nome do acordo político. Embora a ciência seja rigorosa, a linguagem final e as recomendações podem ser moldadas por interesses nacionais, limitando o impacto prático de um documento tão crucial.

O relatório sintetiza os três grupos de trabalho do AR6: ciência física (WGI), impactos e adaptação (WGII) e mitigação (WGIII); além de três relatórios especiais, visando oferecer uma síntese de evidências e orientações de políticas climáticas (Lee; Romero, 2023b). É fundamental seu propósito de informar o processo de *Global Stocktake* (estabelecido pelo Acordo de Paris para avaliar o progresso global na luta contra as mudanças climáticas a cada cinco anos) da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas (UNFCCC, na sigla em inglês), facilitando a articulação de ações nacionais e multissetoriais com base científica consolidada, mas a efetividade depende da vontade política dos Estados-membros (Organização das Nações Unidas, 2015).

ESTADO ATUAL E TENDÊNCIAS: A INEVITABILIDADE DE UM FUTURO DESAFIADOR

O relatório não deixa margem para dúvidas: a temperatura global já aumentou 1,1°C, e há uma “certeza virtual” de que a intensificação generalizada de eventos climáticos extremos, como ondas de calor, secas e tempestades, é de origem antrópica (Lee; Romero, 2023a).

Observações como a retração do gelo, o aumento do nível do mar e a concentração de gases de efeito estufa indicam sistemas climáticos sem precedentes em milênios. Desse modo, a robustez das evidências observacionais é inquestionável, reforçando que as alterações são consideradas “virtualmente certas” e diretamente vinculadas às atividades humanas.

Os impactos atuais já são severos, afetando a segurança alimentar, prejudicando a saúde pública e aumentando a disparidade social. Uma das críticas ao documento é que, embora ele apresente a severidade desses impactos, a implementação de respostas de adaptação permanece fragmentada e insuficiente em mais de 170 países, com lacunas e o risco crescente de “*maladaptation*” (Lee; Romero, 2023b). Essa “maladaptação”, ou seja, ações de adaptação que, na realidade, agravam a vulnerabilidade, é um ponto crítico que o relatório aborda, mas cuja solução demanda mudança paradigmática nas abordagens de desenvolvimento.

Nesse contexto, a frequência e a intensidade de eventos extremos, como ondas de calor, secas, precipitações intensas e redução de gelo marinho, estão em níveis sem precedentes na história registrada, reforçando a urgência que o relatório tenta transmitir.

PERSPECTIVAS FUTURAS: ENTRE A ESPERANÇA E O LIMAR DA CATÁSTROFE

A síntese do IPCC é rigorosa ao afirmar que, mesmo com uma trajetória de baixa emissão (SSP1-1.9), ultrapassaremos 1,5°C na próxima década (Lee; Romero, 2023b). Esse cenário é desanimador e indica que o mundo está falhando em suas metas mais ambiciosas. Os riscos aumentam de modo exponencial em cada fração de grau, com consequências acumulativas para ecossistemas, permafrost, cadeias agrícolas e cidades costeiras. A possibilidade de “*tipping points*”, também conhecidos como efeitos irreversíveis e em cascata de impactos, como a desertificação na África e em outras partes do globo, representa a maior ameaça à vida e aponta para uma falha de governança global em conter o avanço das mudanças climáticas.

Em contrapartida, o relatório acerta ao destacar que grupos vulneráveis, com menor contribuição histórica para as emissões, enfrentarão consequências desproporcionais a sua participação nesse processo (Lee; Romero, 2023b). Diante disso, a questão da justiça climática é fundamental e deveria ser um pilar central de todas as discussões e políticas.

As projeções indicam que o limite de 1,5°C pode ser ultrapassado antes de 2052, mesmo em cenários moderados de emissão, e cada incremento adicional de aquecimento amplifica riscos, como perdas de biodiversidade, descongelamento de permafrost (ou solo congelado por longos períodos), eventos climáticos extremos e insegurança alimentar. Assim, a mensagem é clara ao buscar restringir o aquecimento, de forma a não chegar ao limite indicado de 1,5°C, ação essa que poderia evitar impactos devastadores em ecossistemas e na saúde pública. Contudo, a janela de retorno está se fechando rapidamente, o que, por si, evidencia a inadequação entre o tempo da ciência e o tempo da política internacional.

RESPOSTAS E CAMINHOS PROPOSTOS: AÇÕES NECESSÁRIAS VERSUS REALIDADE POLÍTICA

O relatório reforça ainda a urgência de cortes drásticos e antecipados de emissões de gases do efeito estufa, com a meta de reduzi-las pela metade até 2030 e zerá-las até 2050 (Lee; Romero, 2023b). Além disso, o documento defende o uso de tecnologias verdes, como as energias renováveis e a captura de carbono, no âmbito de políticas públicas integradas e equitativas, para assegurar benefícios em saúde, qualidade do ar e justiça social. As iniciativas de adaptação devem ser sistêmicas, inclusivas e de longo prazo. No entanto, a execução dessas metas e recomendações constitui um grande desafio.

O IPCC acerta ao alertar que ações pontuais podem gerar “travas de vulnerabilidade” se não considerarem planejamento integrado e participação social. Exemplos como gestão hídrica, planejamento urbano, zoneamento climático e redes de fomento coletivo são cruciais, mas exigem coordenação e compromisso político que frequentemente faltam. São recomendadas ações rápidas e profundas de redução de emissões, expansão de fontes renováveis, infraestrutura sustentável e tecnologias avançadas – a exemplo da inteligência artificial (IA), além do fortalecimento da adaptação social com foco em equidade e inclusão (Lee; Romero, 2023b).

O documento ainda destaca como benefícios adicionais uma melhor qualidade do ar e ganhos na saúde coletiva, além de resiliência econômica (Lee; Romero, 2023a). No entanto, a “janela de oportunidade” para uma transição efetiva mostra-se “estreita”, exigindo ações intensificadas nas

próximas duas décadas. Nesse ponto, a crítica reside na constatação de que, apesar de todas as informações e caminhos propostos, a implementação é lenta e insuficiente em face da urgência (Lee; Romero, 2023a).

No Brasil, autores como Nobre (2018) e Viola (2020) alertam que a capacidade institucional de resposta às mudanças climáticas permanece aquém do necessário. Especialmente em regiões amazônicas e semi-áridas, que concentram elevada vulnerabilidade social e ambiental, há baixa presença governamental para aplicar, de forma efetiva, as recomendações constantes no Sexto Relatório de Avaliação (ARC6) (Lee; Romero, 2023a).

INTEGRAÇÃO E INTEGRIDADE SOCIOAMBIENTAL: UM IDEAL AINDA DISTANTE

O relatório destaca que a mitigação dos efeitos das mudanças do clima e a adaptação a esses efeitos devem ser orientadas por justiça climática, diversidade epistemológica e participação social. Além disso, o texto aborda a importância de tecnologias como inteligência artificial e monitoramento ambiental para fortalecer a transparência e a integridade das políticas públicas. A cooperação multissetorial entre governos, setor privado, sociedade civil e comunidades científicas é essencial para construir “*climate resilient development pathways*” (Lee; Romero, 2023b). Esse enfoque sistêmico legitima o documento como instrumento de controle social e de promoção da incorruptibilidade socioambiental.

O relatório reconhece a interdependência entre sistemas climáticos, ecossistemas e sociedades humanas, enfatizando abordagens transversais ancoradas na justiça climática, na diversidade epistemológica, no controle social e na integridade das políticas públicas (Lee; Romero, 2023b). Essa perspectiva sistêmica alinha-se fortemente com a proposta de governança climática responsável, articulando ciência, tecnologia e valores sociais. A crítica aqui é que, apesar de todos os princípios éticos e a necessidade de integração serem bem delineados, a realidade das políticas globais e nacionais ainda se mostra muito aquém desse ideal, com muitos países ainda priorizando o crescimento econômico a curto prazo em detrimento da sustentabilidade e da justiça ambiental.

Autores como Acselrad (2014), Leff (2009) e Santos (2010) apontam que a governança socioambiental global ainda opera sob lógicas neocoloniais, em que o conhecimento técnico-científico do Norte global impõe-se sobre saberes locais. Essa crítica é pertinente ao se analisar o próprio IPCC, cuja autoridade epistêmica, embora robusta, nem sempre se traduz em práticas de justiça ambiental efetiva.

Nesse sentido, o relatório ainda se ancora predominantemente em uma epistemologia tecnocrática e baseada em modelos quantitativos, o que limita a incorporação de saberes tradicionais, indígenas e práticas locais de adaptação. A ausência desses aportes epistemológicos alternativos enfraquece o potencial transformador da proposta de um desenvolvimento resiliente ao clima.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O *Longer Report* do IPCC consolida o panorama climático contemporâneo fundamentado em rigorosas evidências científicas e densidade técnica. Sua tradução para a língua portuguesa potencializa a difusão e a aplicabilidade dessas evidências no Brasil e em demais nações lusófonas, fomentando debates essenciais sobre as interseções entre justiça socioambiental, climática, inovação tecnológica e estruturas de governança.

O relatório enfatiza, de forma urgente, que as escolhas políticas e sociais nas próximas duas décadas definirão o limite da crise climática, e que a coerência entre as iniciativas de mitigação e adaptação às mudanças climáticas, bem como a integridade pública, são determinantes para evitar cenários irreversíveis (Lee; Romero, 2023a). Assim, o documento emerge como base indispensável para acadêmicos, gestores públicos, sociedade civil e ativistas climáticos.

A análise da versão completa do *Climate Change* 2023 constitui um marco científico essencial para o debate climático. A tradução desse documento assegura a democratização do acesso ao conhecimento, reforçando a governança socioambiental (Lee; Romero, 2023b). O relatório simboliza não apenas a consolidação técnica do estado do clima global, mas também a urgência ética de ações integradas, equitativas e baseadas em evidências. As conclusões do IPCC oferecem base sólida para políticas intersetoriais, responsabilização institucional e mobilização social.

No entanto, a grande fragilidade do relatório reside em sua natureza consultiva. Embora seja a mais robusta compilação de conhecimento científico sobre o clima, o IPCC não tem poder sobre sua implementação. O relatório torna-se crucial para diversos *stakeholders*, mas a sua efetividade depende inteiramente da vontade e da capacidade dos tomadores de decisão em transformar essas evidências em ações concretas e ambiciosas.

A 'janela de oportunidade' está se estreitando, e a discrepância entre o alerta da ciência e a lentidão da resposta global é o ponto mais crítico a ser observado. A versão integral do *Longer Report* é, sem dúvida, um compêndio robusto do estado atual do conhecimento climático

contemporâneo, com profundo impacto potencial para a formulação de políticas no Brasil. A tradução realizada pelo MCTI representa um avanço importante em direção à acessibilidade e ao fortalecimento da governança ambiental e climática brasileira.

O documento ainda demonstra que as mudanças em curso demandam ação imediata, com base científica consolidada, foco sistêmico e equitativo, além de coerência entre propostas de mitigação e adaptação. Os reconhecimentos éticos, provenientes da justiça climática e da inclusão, tornam-se fundamentais num cenário onde riscos e desigualdades convergem.

Esta resenha reforça, portanto, que o Relatório Síntese constitui uma ferramenta estratégica para gestores, acadêmicos e ativistas climáticos, servindo como alicerce para a transição energética urgente rumo a caminhos resilientes e sustentáveis. Contudo, a capacidade de o relatório transcender o status de mero repositório de informações para se tornar um catalisador de mudanças radicais ainda é uma questão em aberto, dependente da coragem política e da mobilização social em escala global.

REFERÊNCIAS

ACSELRAD, Henri. *Justiça ambiental e construção de saberes*: diálogos com o pensamento de Paulo Freire. Rio de Janeiro: Garamond, 2014.

BOEHM, Sophie; SCHUMER, Clea. *10 big findings from the 2023 IPCC AR6 synthesis report on climate change*. [S. l.], 20 Mar. 2023. Disponível em: <https://www.wri.org/insights/2023-ipcc-ar6-synthesis-report-climate-change-findings>. Acesso em: 11 jul. 2025.

COOPER, Nathan. The IPCC just published its summary of 5 years of reports: here's what you need to know. *World Economic Forum*, [s. l.], 20 Mar. 2023. Disponível em: <https://www.weforum.org/stories/2023/03/the-ipcc-just-published-its-summary-of-5-years-of-reports-here-s-what-you-need-to-know/>. Acesso em: 2 abr. 2025.

EARTH.ORG. *8 Key findings from IPCC sixth assessment report*. [S. l.], May 2023. Disponível em: <https://earth.org/ipcc-assessment-report/>. Acesso em: 13 jun. 2025.

HARVEY, Fiona. What is the IPCC AR6 synthesis report and why does it matter? *The Guardian*, [s. l.], 19 Mar. 2023. Disponível em: <https://www.theguardian.com/environment/2023/mar/19/what-is-the-ipcc-ar6-synthesis-report-and-why-does-it-matter#:~:text=The%20IPCC%20AR6%20synthesis%20report%20is%20the,Inform%20the%20next%20UN%20climate%20summit%2C%20Cop28>. Acesso em: 25 jun. 2025.

LEE, Hoesung; ROMERO, José (ed.). *Climate change 2023: synthesis report*. Genebra: IPCC, 2023a. Disponível em: https://www.ipcc.ch/report/ar6/syr/downloads/report/IPCC_AR6_SYR_FullVolume.pdf. Acesso em: 13 abr. 2025.

LEE, Hoesung; ROMERO, José (ed.). *Mudança do clima 2023: relatório síntese*. Genebra: IPCC, 2023b. 184 p. Disponível em: https://www.gov.br/mcti/pt-br/acompanhe-o-mcti/sirene/publicacoes/relatorios-do-ipcc/arquivos/pdf/copy_of_IPCC_Longer_Report_2023_Portugues.pdf. Acesso em: 13 abr. 2025.

LEFF, Enrique. *Racionalidade ambiental: a reapropriação social da natureza*. 2. ed. São Paulo: Cortez, 2009.

NOBRE, Carlos A. *Uma reflexão sobre mudanças climáticas, riscos para a agricultura brasileira e o papel da Embrapa*. Brasília, DF: Embrapa, 5 abr. 2018. Disponível em: https://www.embrapa.br/olhares-para-2030/artigo/-/asset_publisher/SNN1QE9zUPS2/content/carlos-nobre. Acesso em: 14 maio 2025.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. Acordo de Paris. In: CONFERÊNCIAS DAS NAÇÕES UNIDAS SOBRE AS MUDANÇAS CLIMÁTICAS, 21., 2015, Paris. *Anais [...]*. Paris: ONU, 2015. Disponível em: https://unfccc.int/sites/default/files/resource/parisagreement_portuguese.pdf. Acesso em: 26 maio 2025.

SANTOS, Boaventura de Sousa. *A crítica da razão indolente: contra o desperdício da experiência*. 6. ed. São Paulo: Cortez, 2010.

VIOLA, Eduardo; FRANCHINI, Matheus. *A política internacional da mudança climática: a trajetória da negociação global e o protagonismo brasileiro*. 2. ed. Brasília: Universidade de Brasília, 2020.

Colaboraram nesse número:

Alex Álisson Bandeira Santos

Alisson de Jesus Soares

Ana Paula dos Santos de Melo

Andréa Cardoso Ventura

Antonio Angelo Martins da Fonseca

Antonio Raimundo Leone Espinheira

Carine Tondo Alves

Carlos Vinícius Marques dos Santos

Chiara Bragagnolo

Cláudio Roberto Meira de Oliveira

Felipe Romici Zane Lordelo Nogueira

Jaelson de Oliveira Castro

João Paulo Pereira Ribeiro

José Célio Silveira Andrade

José Raimundo Oliveira Lima

Kelly Cristina Ribeiro Marques Cardoso

Ligia Maria Manzine Costa

Luciano Hocevar

Lucinéia dos Santos

Luiza Reis Teixeira

Rejane Lima Luciano

Rodrigo Muller

Rodrigo Nogueira Vasconcelos

Rosângela Leal Santos

Sofia Rebouças Neta Pereira

Washington de Jesus Sant'anna da Franca Rocha

Willian Moura de Aguiar



30 ANOS DA SEI
70 ANOS DE PLANEJAMENTO



DO LADO
DA GENTE