

Ecuador

Revista do Programa de Pós-Graduação em Geografia da
Universidade Federal do Piauí

**VIII Congresso Brasileiro de Educação Ambiental
e Gestão Territorial**

v. 15, N.1 (2026)





Revista Equador. Universidade Federal do Piauí, Teresina, v.15, n.1, 2026.

EDITORA

Bartira Araújo da Silva Viana (UFPI)

CONSELHO CIENTÍFICO

Sergio Claudino Loureiro Nunes, Professor Auxiliar com nomeação por tempo indeterminado do Instituto de Geografia e Ordenamento do Território da Universidade de Lisboa (IGOT-UL), Lisboa, Portugal.
Fabio de Oliveira Sanches, Universidade Federal de Juiz de Fora - UFJF, MG, Brasil.
Jorge Martins Filho, Universidade Estadual do Piauí - UESPI Universidade Estadual do Maranhão - UEMA, Brasil.
Giovanni Farias Seabra, Universidade Federal da Paraíba, PB, Brasil.
Carlos Alexandre Leão Bordalo, Faculdade de Geografia e Cartografia; Programa de Pós Graduação em Geografia Universidade Federal do Pará, PA, Brasil.
Celia Alves Souza, Departamento de Geografia Universidade do Estado de Mato Grosso, MT, Brasil.
Charlei Aparecido da Silva, Universidade Federal da Grande Dourados, Mato
Messias Messias Modesto Passos, UNESP - Rio Claro – SP.
Lana Cavalcante, Universidade Federal de Goiás, GO, Brasil.
Maria Maria Del Carmem Huertas Calvente, Universidade Estadual de Londrina, PR, Brasil.
Façanha Antonio Cardoso Façanha, Universidade Federal do Piauí, PI, Brasil.
Jorn Seeman, Universidade Regional do Cariri, CE, Brasil.
Ana Paula Paula Turetta, Embrapa Solos, Brasil.
André Luiz Lopes Faria, Universidade Federal de Viçosa, CE, Brasil.
César Silva Chagas, Embrapa Solos
Edson Vicente Silva, Universidade Federal do Ceará, CE, Brasil.
Eugênio Pereira Carvalho Carvalho, Brasil.
Flávio Rodrigues Nascimento, Universidade Federal Fluminense, RJ, Brasil.
Francisco Gomes Ribeiro, Universidade Estadual do Piauí; Instituto Federal do Piauí, PI, Brasil.
Gustavo Souza Valladares, Universidade Federal do Piauí, PI, Brasil.
José Antônio Pacheco Almeida, Universidade Federal de Sergipe, SE, Brasil.
José Gerardo Beserra Oliveira, Universidade Federal do Ceará, CE, Brasil.
Lucivânio Jatobá, Universidade Federal de Pernambuco, PE, Brasil
Maria luzineide Gomes, Universidade Estadual do Piauí, PI, Brasil.
Marta Linhares Sales, Universidade Federal do Ceará, CE, Brasil.
Rosemeri Melo e Souza, Universidade Federal de Sergipe, SE, Brasil.
Maria Tereza Alencar, Universidade Estadual do Piauí, PI, Brasil.

CONSELHO EDITORIAL

Célia Alves Souza, Departamento de Geografia Universidade do Estado de Mato Grosso, MT, Brasil.
Carlos Alexandre Leão Bordalo, Faculdade de Geografia e Cartografia; Programa de Pós Graduação em Geografia Universidade Federal do Pará, PA, Brasil.
Sergio Claudino Loureiro Nunes, Professor Auxiliar com nomeação por tempo indeterminado do Instituto de Geografia e Ordenamento do Território da Universidade de Lisboa (IGOT-UL), Lisboa, Portugal.
Maíra Celeiro Chaple, Professor Dra. Sc. La Habana - Cuba
Geógrafa, pesquisadora do Instituto de Geografia Tropical de La Habana, Cuba.
Lúcio Cunha, Departamento de Geografia da Faculdade de Letras da Universidade de Coimbra, Portugal.
Jörn Seemann, Ball State University Assistant Professor Department of Geography Cooper Life Science Building 425 Muncie, IN 47306.
Fabio de Oliveira Sanches, Universidade Federal de Juiz de Fora - UFJF, MG, Brasil.
Ana Paula Paula Turetta, Embrapa Solos, Brasil.
Charlei Aparecido da Silva, Universidade Federal da Grande Dourados, MS, Brasil.
Lana Cavalcante, Universidade Federal de Goiás, Goiás, Brasil.

G344

Revista Equador [recurso eletrônico]. / . Universidade Federal do Piauí. – vol. 15, n. 1 (2026). – Teresina, PI: Universidade Federal do Piauí, 2026-. 236p.

Semestral.

Domínio: <<https://periodicos.ufpi.br/index.php/revistaequador>>.

ISSN: 2317-3491

1. Geografia Física. 2. Geografia Humana. 3. Ensino de Geografia. I. Universidade Federal do Piauí.

CDD 910

Revista Equador. Universidade Federal do Piauí, Teresina, v.15, n.1, 2026.

EDITORIAL

A Educação Ambiental desponta no contexto científico e dos saberes tradicionais atuais como uma área de conhecimento necessária frente às urgências climáticas e crises ambientais que o planeta tem enfrentado. Constitui um enfoque teórico-metodológico que representa um plano fundamental para a formação de cidadãos criticamente sensíveis ao meio ambiente em que habitam e almejando como o deixarão para as próximas gerações. Dessa forma, é imperativo compreender que a Educação Ambiental deve percorrer as mais diversas estratégias de planejamento e gestão, pois através de seus fundamentos e práxis que se alcançam as comunidades e as tornam ecologicamente mais conscientes sobre a realidade socioambiental.

O VIII Congresso Brasileiro de Educação Ambiental Aplicada e Gestão Territorial (CBEAAGT), continua sendo o palco de um grande encontro científico inter e transdisciplinar, onde se promovem trocas de experiências efetivas e realizadas em diferentes âmbitos temáticos. Essa oitava edição do evento, propôs um tema atual e abrangente intitulado “Planejamento e Educação Ambiental para a Organização Territorial em Tempos de Crises”, que cabe plenamente com o contexto da realidade atual.

O encontro reuniu pesquisadores, professores e estudantes de todo o país, além de colaboradores da África e América Latina, que contribuíram para debater e apresentar alternativas práticas para se aprimorar o desenvolvimento socioambiental, a gestão ambiental e a busca de múltiplos caminhos para uma educação ambiental aplicada. O congresso reafirmou a importância da integração entre as ciências e os saberes tradicionais de forma prática e eficiente, fortalecendo o compromisso coletivo com um futuro mais sustentável, por meio da instituição de um espaço de diálogo e a construção coletiva de conhecimentos.

Com uma programação diversificada e ampla, o congresso teve como propósito principal promover a integração entre a pesquisa acadêmica e as práticas aplicadas da educação ambiental, ampliando as reflexões sobre o papel da gestão territorial e da sustentabilidade no desenvolvimento das sociedades contemporâneas.

As parcerias junto a diferentes instituições de ensino e pesquisa, além de representações sociais surge como um importante meio de interações, parcerias e divulgação de resultados de pesquisas científicas.

Os 12 artigos presentes nessa publicação oferecem aos leitores a compreensão científica e empírica sobre a importância do planejamento e da gestão ambiental, bem como a aplicabilidade na EA sob amplas escalas, podem se consolidar de forma prática e efetiva.

Comissão Editorial do VIII CBEAAGT

Maria Rita Vidal
Edson Vicente da Silva
Camila Esmeraldo Bezerra
Jurandir Rodrigues de Mendonça Junior

Boa leitura!!

INTENSIDADE DO ESFORÇO PESQUEIRO DE JANGADAS PARA A CAPTURA DE LAGOSTA VERDE *PANULIRUS LAEVICAUDA* (Latreille, 1817) NO MUNICÍPIO DE ICAPUÍ NO CEARÁ

Mutsuo **ASANO FILHO**

Engenheiro de Pesca e Doutor em Desenvolvimento e Meio Ambiente com atividades em gestão e planejamento dos recursos pesqueiros
Professor do Departamento de Engenharia de Pesca da Universidade Federal do Ceará
E-mail: mutsuo.filho@hotmail.com
Orcid: <https://orcid.org/0009-0006-8745-1745>

Edson Vicente da **SILVA**

Graduação em Geografia pela Universidade Estadual do Ceará, Mestrado em Planejamento Rural em Função do Meio Ambiente pelo Instituto Agrônomo Mediterrâneo de Zaragoza - Espanha, Doutorado em Geografia pela Universidade Estadual Paulista
Filiação institucional
E-mail: cacauceara@gmail.com
Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-5688-750X>

João Capistrano de **ABREU NETO**

Graduação em Geografia pela Universidade Estadual do Ceará – UECE. Mestre e Doutor em Geologia pela Universidade Federal do Ceará - UFC
Professor EBTB do Instituto Federal de Pernambuco – IFPE
Email: joao.abreu@pesqueira.ifpe.edu.br
Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-4601-9386>

Enéas Oliveira **LOUSADA**

Graduado em Geologia pela Universidade Federal do Ceará, mestrado e doutorado em Geologia pela Universidade de Brasília
Docente do Departamento de Geologia Universidade Federal do Ceará. Coordenador do Curso de Geologia
Email: eneas@ufc.br
Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-0298-4325>

*Recebido
Fevereiro de 2026*

*Aceito
Junho de 2026*

*Publicado
Junho de 2026*

Resumo: Este trabalho tem o objetivo de agrupar informações de fácies sedimentares e da pesca para avaliar a intensidade da frota de jangadas na região com ocorrência da lagosta verde *Panulirus laeviscauda* (Latreille, 1817) no município de Icapuí no Ceará, servindo de base para inovações metodológicas da gestão ambiental e permitir uma maior eficiência nas atividades pesqueiras. Os resultados revelaram que o município de Icapuí detém uma frota de jangadas com 111 embarcações e uma intensidade/esforço para a área dimensionada com a frota em atividade simultaneamente, de 0,0595 Jang/km², e um esforço invertido de 16,81 km² de área disponível para a atividade de cada embarcação sem sobreposição. Os resultados foram comparados com de outro trabalho e apresentou divergência nos resultados devido a diferentes metodologias aplicadas. Este estudo apresentou importantes e inovadores resultados que poderão servir para uma base sólida para o planejamento e gestão dos recursos marinhos.

Palavras-chave: Icapuí; lagosta verde; gestão pesqueira.

INTENSITY OF FISHING EFFORT BY RAFTS FOR THE CAPTURE OF GREEN LOBSTER *Panulirus laeviscauda* (Latreille, 1817) IN THE MUNICIPALITY OF ICAPUÍ, CEARÁ.

Abstract: This study aims to gather information from sedimentary sources and fishing to assess the intensity of the jangada fleet in the region where the green lobster *Panulirus laeviscauda* (Latreille, 1817) occurs in the municipality of Icapuí, Ceará. This information serves as a basis for methodological innovations in environmental management and allows for greater efficiency in fishing activities. The results revealed that the municipality of Icapuí has a jangada fleet of 111 vessels, with an intensity/effort for the area with the fleet in simultaneous activity of 0.0595 jang/km², and an inverted effort of 16.81 km² of area available for the activity of each vessel without overlap. The results were compared with those of another study, which revealed divergence due to the different methodologies applied. This study presented important and innovative results that can serve as a solid basis for the planning and management of marine resources.

Keywords: Icapuí; green lobster; fisheries management.

INTENSIDAD DEL ESFUERZO PESQUERO MEDIANTE BALSAS PARA LA CAPTURA DE LANGOSTA VERDE *Panulirus laeviscauda* (Latreille, 1817) EN EL MUNICIPIO DE ICAPUÍ, CEARÁ.

Resumen: Este estudio tiene como objetivo combinar datos sedimentarios y pesqueros para evaluar la intensidad de la flota balsera en la región donde se encuentra la langosta verde **Panulirus laeviscauda** (Latreille, 1817) en el municipio de Icapuí, Ceará, sirviendo como base para innovaciones metodológicas en la gestión ambiental y permitiendo una mayor eficiencia en las actividades pesqueras. Los resultados revelaron que el municipio de Icapuí tiene una flota balsera de 111 embarcaciones y una intensidad/esfuerzo para el área dimensionada con la flota operando simultáneamente de 0,0595 Jang/km², y un esfuerzo invertido de 16,81 km² de área disponible para la actividad de cada embarcación sin superposición. Los resultados se compararon con los de otro estudio y mostraron divergencia debido a las diferentes metodologías aplicadas. Este estudio

presentó resultados importantes e innovadores que pueden servir como una base sólida para la planificación y gestión de los recursos marinos.

Palavras claves: Icapuí; langosta verde; ordenación Pesquera.

INTRODUÇÃO

A lagosta é uma espécie de pescado bastante apreciada mundialmente, sendo detentora de um mercado cobiçado e de elevados preços. O estado do Ceará foi um dos maiores produtores do Brasil para esta espécie e, semelhante ao pargo, houve, nas últimas décadas, uma queda abrupta da produção cearense deste crustáceo, provocando o deslocamento da frota para captura no Estado do Pará. Apesar desta mudança e, diferentemente da pesca do pargo, ainda existe uma frota bastante atuante no litoral cearense, sendo o município de Icapuí um dos principais polos de pesca da lagosta no Estado.

A lagosta é uma espécie bentônica e com fortes interações com o substrato, utilizando essas zonas para sobrevivência, crescimento e desenvolvimento, de acordo com cada fase de vida, principalmente para a busca por proteção e alimentação. Segundo Odum (2006), para as espécies marinhas, a composição e o tipo de substrato sobre o qual os seres vivos vivem têm uma forte ligação, sendo possível identificar e determinar suas zonas de distribuição e quando analisados juntamente com os parâmetros físico-químicos como temperatura, oxigênio dissolvido, salinidade, entre outros, apresentam uma maior confiabilidade, reforçando ainda mais os resultados.

Na zona costeira cearense, existem três tipos de lagostas com maiores potenciais comerciais todas pertencentes ao gênero *Panulirus*, sendo as espécies mais encontradas a lagosta vermelha *Panulirus argus* (Latreille, 1804), a lagosta verde *Panulirus laevicauda* (Latreille, 1817) e a lagosta pintada *Panulirus echinatus* (Smith, 1869). As duas primeiras se destacam por apresentarem maior valor econômico e terem maior representatividade nas capturas.

A jangada é, dentre os vários tipos de embarcações utilizadas para a captura da lagosta, ainda muito utilizada na frota artesanal, sendo a mais tradicional para a pesca no litoral nordestino (Figura 1). Para a localização dos pesqueiros, com a navegação em determinada direção, são utilizadas metodologias de marcações fixas e alinhamento de pontos em terra e/ou a batimetria manual através de prumos para a determinação da profundidade. A utilização de GPS portátil, com raras exceções, é um equipamento utilizado por poucos profissionais.

Figura 1 – Fotografia ilustrativa de uma jangada de pesca utilizada nas praias do litoral nordestino.



Fonte: Autor (2025).

O acesso e utilização de mapas, previamente avaliados por profissionais, para a obtenção de informações da zona de pesca é de extrema importância para o planejamento de pescarias e aumento da eficiência das atividades. Tal prática, associada ao uso de equipamentos eletrônicos de georreferenciamento e navegação (GPS), se torna ainda mais eficiente por poder contribuir para elevar a produtividade, a redução do tempo das viagens e em procura pelos locais apropriados para a pesca, reduzindo custos com o transporte e a manutenção da qualidade do pescado, bem como contribuindo com a sustentabilidade da atividade pesqueira.

A determinação de zonas com a distribuição de espécies marinhas lotadas nestas não resultará apenas em benefícios para a atividades econômicas diretas, também permitirá aos gestores dos recursos pesqueiros planejar, gerenciar e controlar de forma mais eficiente as áreas de pesca, podendo atuar com ações de fiscalização mais justas e precisas.

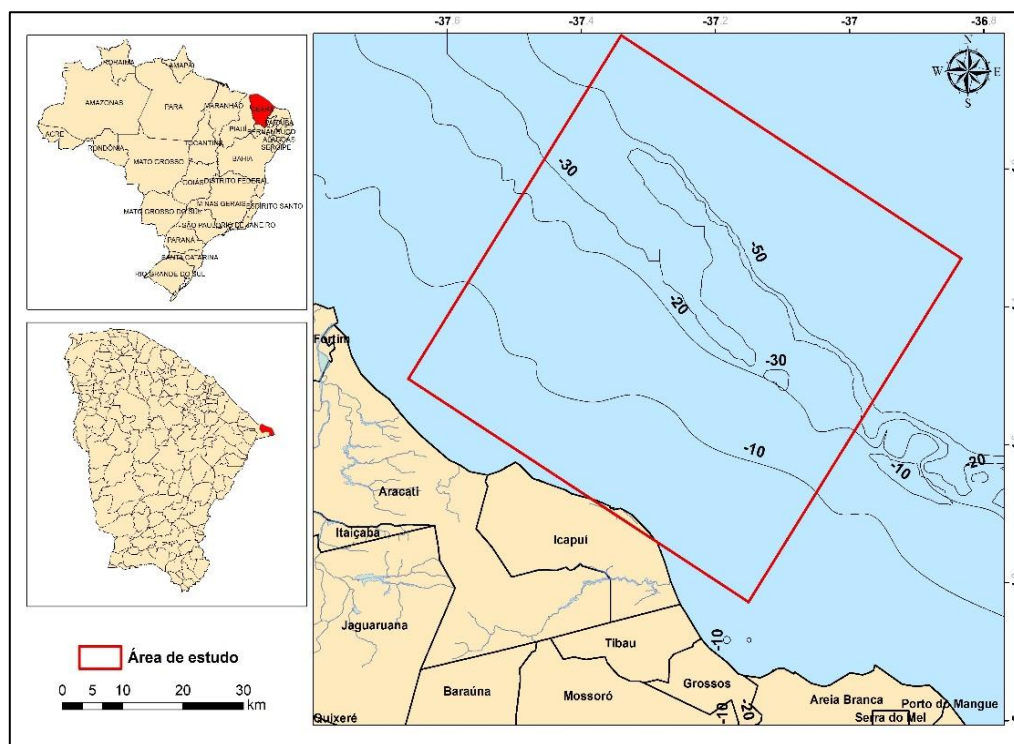
Este estudo objetivou avaliar o esforço de pesca exercido pela frota de jangada por km² para toda área de distribuição com ocorrência da lagosta Verde *Panulirus laevicauda* (Latreille, 1817) na plataforma continental de Icapuí, no sentido de verificar a pressão existente sobre o recurso pesqueiro e que estas informações possam subsidiar o planejamento e a gestão com possíveis melhorias econômicas, sociais e ambientais.

METODOLOGIA DA PESQUISA

O município de Icapuí-CE, localizado na parte mais oriental do estado, distante aproximadamente 210 km de Fortaleza, a capital, e com acesso pela rodovia CE-040, foi o local onde se realizaram as determinações das zonas de distribuição das espécies de lagosta e para determinação da frota de jangadas. Como base foram utilizadas as informações de três comunidades, as praias de Retiro Grande, Ponta Grossa e Redonda.

Para este trabalho foi definida e delimitada toda a área propícia de ocorrência de lagostas na costa litorânea do município de Icapuí no Ceará, tendo como limites, o município de Aracati – CE extremidade noroeste; e Tibau, município do estado do Rio Grande do Norte na extremidade sudeste. Para limitação foram definidas dentro da zona marinha, retas perpendiculares a costa nos pontos de fronteiras (Figura 2). Para determinação final da área de cobertura, foram utilizados dentro dos limites de fronteira, a plataforma continental desde a linha de praia até a isóbata de 50 metros de profundidades.

Figura 2 – Mapa de localização do Município de Icapuí e determinação da área de estudo.



Fonte: Autor.

O levantamento da frota de jangadas, foram realizados através de monitoramentos de campo no mês de maio de 2021, com a contagem de todas as embarcações existentes nas três comunidades: Retiro Grande, Ponta Grossa e Redonda. A contagem foi executada em período e horário de recesso de pesca, no sentido de evitar que alguma embarcação estivesse em atividade e fora das praias no momento das contagens. O cadastramento das embarcações foi realizado por um pesquisador, acompanhado de um pescador e morador da comunidade para que pudesse ter mais segurança e o conhecimento prévio das embarcações existentes, evitando a replicação de jangadas nos registros. Interações com pescadores pertencentes a comunidade, também permitiu a obtenção de posicionamento de pontos de pesca da lagosta, que foram utilizados para confirmação de pesqueiros e tipo de fundo registrado nas cartas faciográficas.

Para a determinação das áreas de distribuição das espécies foram utilizados três parâmetros: estudos de pesca, levantamentos geológicos marinhos e biologia das espécies. Levantamentos bibliográficos permitiram, conforme estudos e autores, determinar o tipo de fundo com ocorrência para a espécie, a qual, quando consolidadas as informações, permitiu gerar de forma precisa e dentro dos limites estipulados, toda a área e seu respectivo dimensionamento, que foi quantificada em km², a qual foi utilizada para a realização dos cálculos de esforço de pesca.

Para determinação do substrato e o respectivo dimensionamento, foram utilizadas informações do banco de dados do projeto GRANMAR Ceará, disponibilizados pelo Laboratório de Geologia e Geofísica Marinha Aplicada à Energias – LGMA e dos levantamentos das áreas de ocorrência de fundo rochoso que foram identificados nos trabalhos de Oliveira (2009), Almeida (2010), Monteiro (2011), obtidas por meio de coleta de sedimentos, sensoriamento remoto e mergulho.

Estas informações foram de fundamental importância para a elaboração de mapas com as caracterizações dos substratos e permitiram verificar as delimitações das áreas com ocorrência da lagosta e comparações com as regiões com a atuação da frota lagosteira e dos pesqueiros utilizados pelas embarcações das comunidades do município de Icapuí estudadas nesta pesquisa. Todo o mapeamento e o dimensionamento das áreas de atuação foi utilizado o programa ArcGIS.

Para a análise foram obtidos resultados de levantamentos dos substratos da área avaliada e compiladas/agrupadas as informações com estudos já realizados de ocorrência e habitat da espécie até a profundidade máxima de 50 metros.

A lagosta verde, foi selecionada como alvo deste estudo pelo fato da sua área de maior abundância e ocorrência ser similar e coincidente a área de autonomia da frota jangadeira, não ultrapassando zonas com profundidades acima de 50 metros de profundidade (Figura 3).

Figura 3 – Lagosta verde *P. laevicauda*, espécie foco do estudo no município de Icapuí.



Fonte: Disponível em: <http://ideiaweb.org/>.

As análises da distribuição espacial das espécies, ocorreu com base nos resultados de levantamentos dos substratos da área avaliada, sendo compiladas/agrupadas com estudos prévios realizados da ocorrência e habitat das espécies até profundidade máxima de 50 metros.

Os pontos de amostragem utilizados para a confecção das cartas faciográficas foram classificados segundo a classificação de Larsson modificada por Freire (1997), que classificaram os sedimentos segundo as proporções de areia, cascalho, lama e carbonato de cálcio, ajudando a entender a origem dos sedimentos (siliciclástico ou carbonático), auxiliando numa melhor compreensão na dinâmica do ambiente e na origem dos sedimentos da região.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os estudos da distribuição espacial das espécies foram direcionados com foco para a espécie *Panulirus laevicauda* (Latreille, 1817). Segundo Cunha (2014), a lagosta é um animal bentônico e estenoalino, intolerante a baixas salinidades. Ela apresenta uma distribuição e abundância estreitamente ligada à ocorrência de baixo aporte fluvial e das fácies sedimentares formadas por

sedimentos consolidados compostos, principalmente, por algas calcárias das classes Rhodophyceae e Chlorophyceae. As espécies *P. argus* e *P. laevicauda* apresentam uma sobreposição parcial em suas áreas de distribuição, sendo a segunda, com uma maior abundância na faixa de profundidade entre 31 e 40 metros (Fonteles-Filho, 2000).

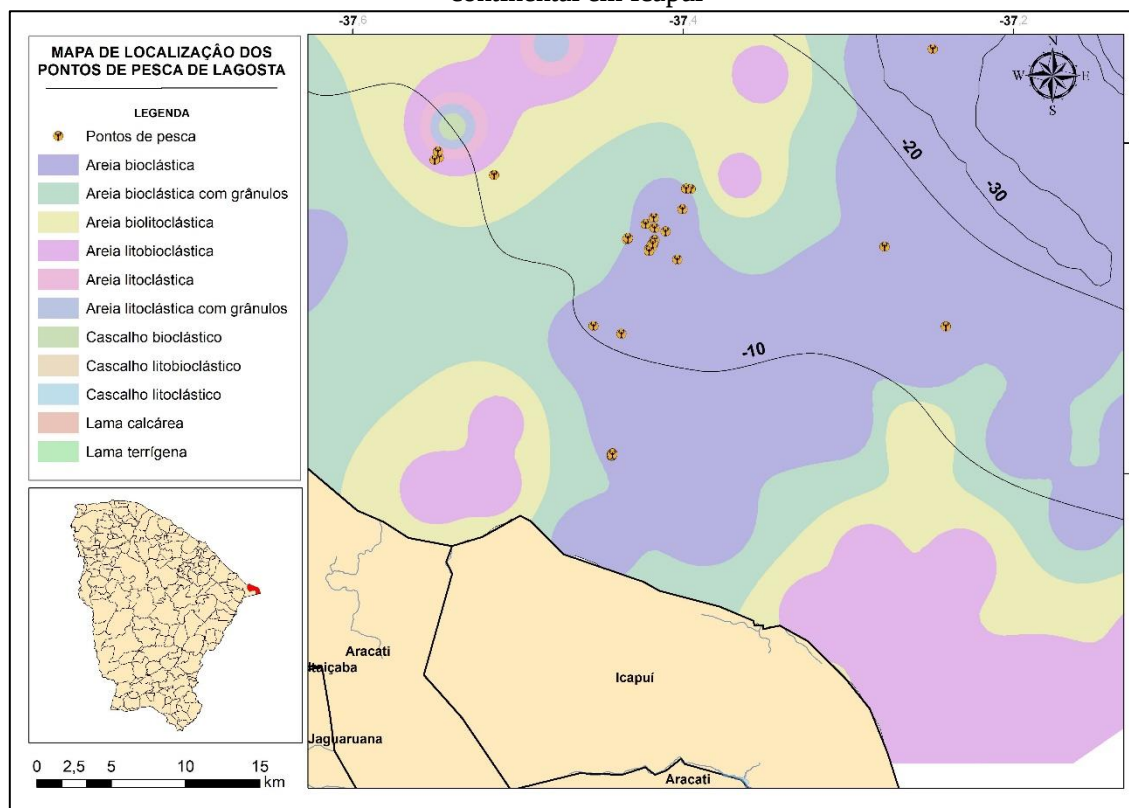
Dentre os estudos avaliados de distintos autores e publicações, nacionais e internacionais, é ratificado que a lagosta espinhosa tem sua ocorrência em fundos com características peculiares e descritas pelo pesquisador Antônio Adauto Fonteles Filho no livro “SÍNTESE SOBRE DISTRIBUIÇÃO, ABUNDÂNCIA, POTENCIAL PESQUEIRO E BIOLOGIA lagosta-vermelha *Panulirus argus* (Latreille) e a lagosta-verde *Panulirus laevicauda* (Latreille) DO NORDESTE DO BRASIL” conforme a descrição do texto abaixo:

O habitat natural das lagostas, animais gregários, é constituído pelo substrato de algas calcárias bentônicas, formado por algas vermelhas da família Rhodophiceae, principalmente do gênero *Lithothamnium*, com teores de 75-95% de carbonato de cálcio e 4-10% de carbonato de magnésio. Algas verdes da família Chlorophyceae, principalmente dos gêneros *Halimeda*, *Udotea* e *Penicillus*, também fazem parte do sedimento. Todos estes são importantes fornecedores de carbonato de cálcio para o meio ambiente, matéria-prima essencial para a formação do exoesqueleto durante a série de mudas que cada lagosta terá que realizar ao longo do seu ciclo (FontelesFilho, 1992). Este substrato incorpora, também, uma certa quantidade de areia e de pequena fração de lama, também calcária, procedentes do processo de sua própria destruição, sendo que o teor de carbonatos no sedimento é sempre superior a 90% (Fonteles Filho, 1999, s.p.).

A referência descrita acima foi utilizada como base para este estudo na determinação das características do habitat e o dimensionamento espacial utilizados nos mapas com limitações das áreas de distribuição da lagosta neste trabalho.

Através do projeto GRANMAR Ceará, foram obtidos 52 pontos amostrais que foram disponibilizados pelo Laboratório de Geologia Marinha e Aplicada – LGMA os quais juntamente com as demais informações e dados nos permitiu gerar um mapa de fácies (Figura 4).

Figura 4 - Mapa de localização dos pontos de pesca da lagosta vermelha sobre a faciologia da plataforma continental em Icapuí



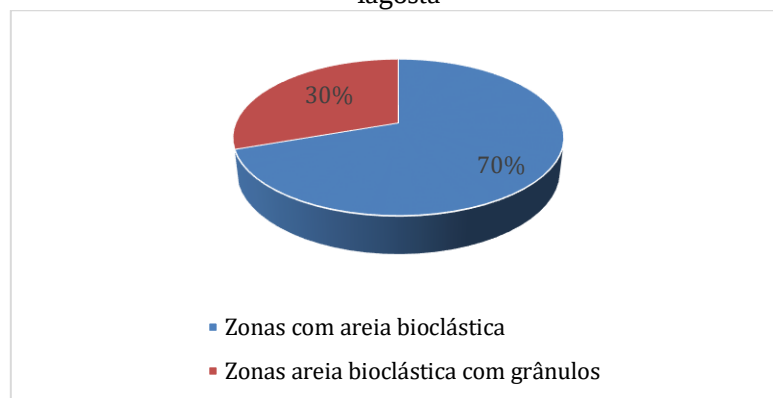
Fonte: Autor.

Levantamentos bibliográficos permitiram, conforme estudos e autores, determinar o tipo de fundo com ocorrência para a espécie, a qual, após consolidadas as informações e determinado o dimensionamento da área, permitiu gerar de forma precisa e dentro dos limites estipulados, quantificada a zona propícia para a ocorrência da lagosta em km².

Após elaboração do mapa de fácies, obtido através da metodologia definida e confeccionado através do Programa ArcGis, foi possível obter para a zona avaliada e propícia a ocorrência da lagosta verde uma dimensão calculada em torno de 1.865,9 km², sendo 70% (1.306,13 km²) de regiões com areia bioclástica e 30% (559,77 km²) de regiões com areia bioclástica com grânulos (Gráfico 1 e Figura 4).

As fácies bioclásticas (bioclásticas e bioclásticas com grânulos) foram predominantes, onde ocupam a maior parte da plataforma continental de Icapuí, com a bioclásticas distribuída no setor oeste da área a partir dos 5 m e no setor leste a partir de 10 m e ocupando quase toda a área até os 50 m de profundidade.

Gráfico 1 – Participação das diferentes zonas na área propícia à ocorrência da lagosta

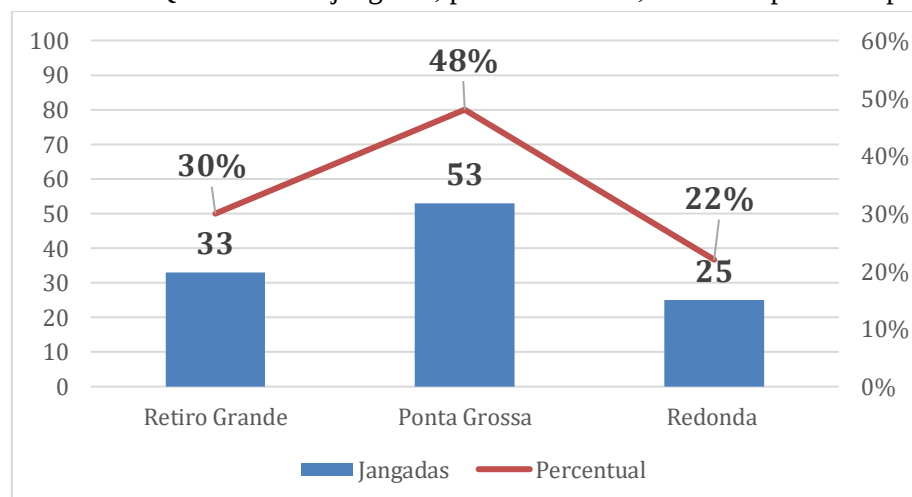


Fonte: Autor.

Quando analisados os dados do mapa faciológico e dos pontos de pesca previamente adquiridos pelos pescadores, foi observado o enquadramento dos pontos de pesca exatamente dentro das áreas com as características propícias a ocorrência das lagostas, confirmando a teoria da forte interação entre o ser biótico e habitat (Figura 4).

Para o cálculo do esforço de pesca, um total de 111 jangadas atuantes na pesca artesanal foi registrado para toda área de estudo. Ponta Grossa foi a comunidade que deteve a maior parte da frota, com 53 jangadas, representando quase a metade de todas as embarcações do município (48%). A praia da comunidade do Retiro Grande registrou 33 jangadas, com uma participação representativa de 30% e a praia da comunidade Redonda registrou a quantidade de 25 jangadas, correspondendo a 22% do total (Gráfico 2).

Gráfico 2 – Quantidade de jangadas, por comunidade, no município de Icapuí



Fonte: Autor.

Quando analisadas e comparados os dados obtidos da frota e as áreas propícias a ocorrência de lagosta, foi possível obter o esforço de pesca para área total; e por cálculos realizados, o esforço invertido para a frota total e parciais, conforme a Tabela 1 e Gráfico 3, que apresentou uma variação numérica para a área a ser explorada por cada jangada, de 16,81 km² até 67,24 km², se considerar a saída simultânea de 100% ou 25% da frota, respectivamente.

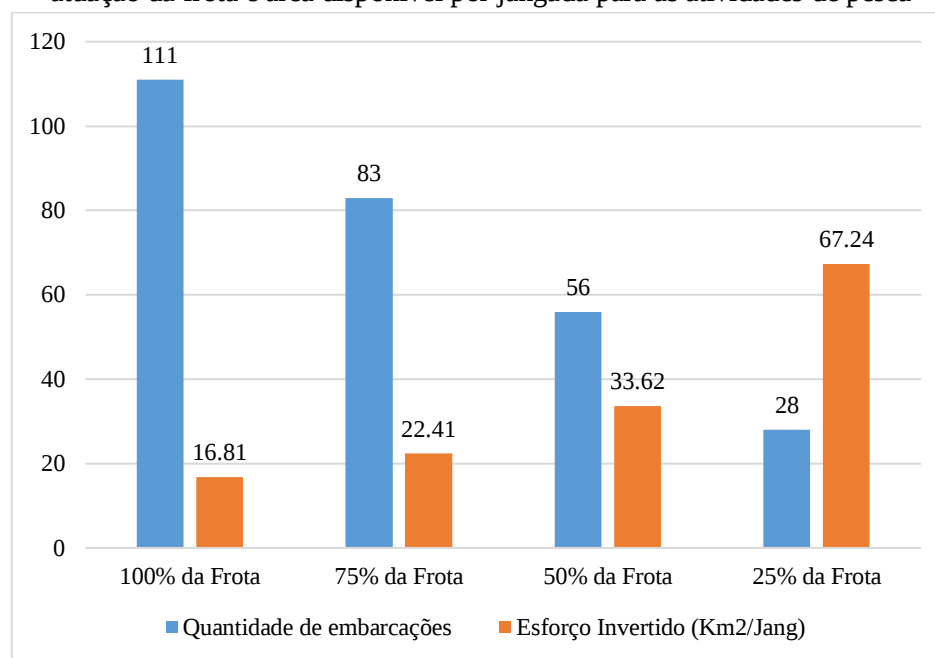
Tabela 1 – Dados comparativos entre a área com ocorrência da lagosta e o esforço de pesca das jangadas no município de Icapuí no Estado do Ceará

Parâmetros	100% da Frota	75% da Frota	50% da Frota	25% da Frota
Quantidade de embarcações	111	83	56	28
Esforço (Jang/Km ²)	0,0595	0,0446	0,0297	0,0149
Esforço Invertido (Km ² /Jang)	16,81	22,41	33,62	67,24

Fonte: Autor.

Estas Informações são importantes, uma vez que permitem, em conjuntos com outros parâmetros de ambientais e econômicos, avaliar várias possibilidades e medidas regulamentares com mais flexibilidade e menor prejuízo, avaliando a atividade da frota desde o menor esforço até com a atuação de 100% da frota em atuação simultaneamente.

Gráfico 3 – representação gráfica do comparativo entre as relações inversas do comportamento da atuação da frota e área disponível por jangada para as atividades de pesca



Fonte: Autor.

Para estimar a área de atuação da frota, foi realizada uma avaliação utilizando como padronização, para a frota registrada neste estudo, um dimensionamento da área de atuação para cada embarcação uma zona com raio limite de 500 metros, calculados matematicamente para a área de uma circunferência através da fórmula ($A = 3,14 \times r^2$) que apresentou para cada embarcação, uma área de 0,785 km². Considerando este resultado e determinando que não haverá sobreposição de áreas de atuação foi possível verificar que a área abrangida, levando em consideração as diferentes possibilidades para a atividade da frota, apresentou uma variação entre 87,1 e 22 km², considerando 100 e 25% da frota em atividade simultânea. Quando comparados estes dados com a área total propícia a ocorrência da lagosta, é possível verificar que mesmo com atuação de 100% da frota em atividades simultâneas e exercendo faina em áreas distintas, a soma de todo espaço ocupado representa 4,7%, da área total propícia a distribuição da lagosta e para a possibilidade de atuação de 25% da frota, utiliza 1,2% desta área (Tabela 2).

Tabela 2 – Área total de atuação da frota para as diferentes situações de esforço

	Atividade da Frota			
	100%	75%	50%	25%
Área Abrangida (km²)	87,1	65,2	43,2	22,0
Representação na área Total (1.865,9 km²)	4,7%	3,5%	2,3%	1,2%

Fonte: Autor.

Comparando os dados da Tabela 2 com a da Tabela 1 que apresenta o esforço invertido e apresentando a área disponível para as quatro possibilidades da atuação da frota, é verificado que a área de atuação calculada para cada embarcação ocupa uma região com baixa expressividade. Considerando o esforço invertido com 100% da frota em atividade simultânea, tem-se para cada embarcação uma área disponível de 16,81 km², considerando que a zona de atuação de cada embarcação é de 0,785 km², representando 4,7% da área disponível para cada embarcação, tem-se como área não utilizada 16,025 km², ou seja, 95,3% da área disponível para cada embarcação (Tabela 3).

Tabela 3 – Informações comparativas para o esforço invertido, área utilizada e área não utilizada por cada embarcação

Parâmetros	100% da Frota	75% da Frota	50% da Frota	25% da Frota
Esforço Invertido/Área disponível para cada embarcação (Km ² /Jang)	16,81	22,41	33,62	67,24
Área utilizada por cada embarcação (km ²)	0,785			
Percentual da área utilizada por cada embarcação considerando o esforço invertido	4,7%	3,5%	2,3%	1,2%
Área não utilizada por cada embarcação (km ²)	16,025	21,625	32,835	66,455

Fonte: Autor.

Estudos anteriores realizaram cálculos para a mesma frota e área de distribuição da lagosta, porém, devido a diferentes metodologias utilizadas para determinação da área de atuação de cada embarcação, os resultados foram distintos. Para a obtenção da área de atuação para cada embarcação, Asano-Filho (2025) no trabalho de “Caracterização Ambiental e Interrelações entre as Fácies Sedimentares e as Espécies da Fauna Marinha Demersal na Plataforma Continental de Icapuí – Ceará”, utilizou como padrão o cálculo, a média da área de 180 pontos de pesca, sendo a área total dimensionada utilizado o programa ArcGis e obtendo uma média de 2,36 km², a qual foi utilizada para o cálculo final da área de abrangência da frota, resultando em 262,3 km², que representa 14,06% da área total avaliada no referido estudo (Tabela 4 e Gráfico 4).

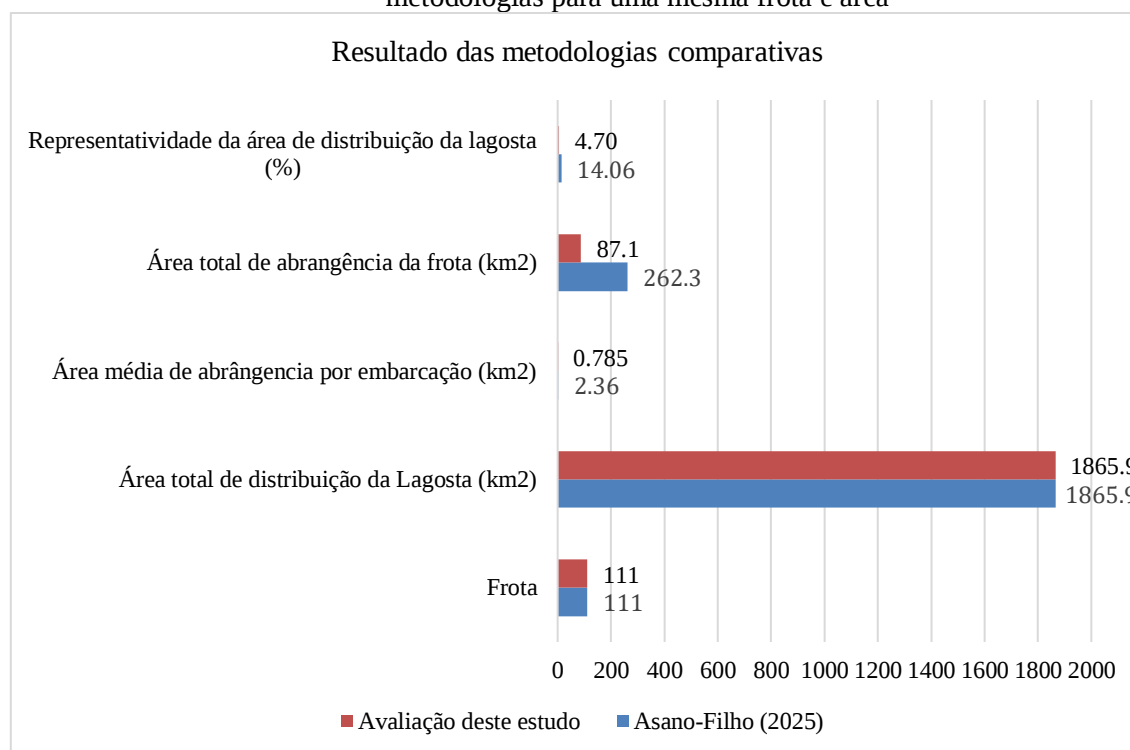
A diferença de resultados para os dois estudos é justificada devido a seguinte situação, mesmo utilizado a mesma concepção de um raio de 500 m para definir o alcance, no caso da utilização dos pesqueiros para determinar o dimensionamento da área total, o programa ArcGis considera os espaços existentes entre pontos próximos para dimensionar a área final, ampliando a extensão da área e consequentemente, no valor da média final calculada. Diferentemente, quando utilizados cálculos matemáticos diretos, os valores individuais calculados são posteriormente multiplicados diretamente para a obtenção de um valor. Isto comprova que, mesmo utilizando corretas metodologias, é possível haver diferenças significativas nos resultados, os quais possivelmente vão interferir nas avaliações. Para o trabalho de Asano-Filho (2025), a área final abrangida pela frota com 100% de atividade simultânea, foi o triplo da área obtida neste trabalho.

Tabela 4 – Comparativo dos resultados obtidos para os dois trabalhos utilizando diferentes metodologias para uma mesma frota e área

Trabalhos	Frota	Área total de distribuição da Lagosta (km ²)	Área média de abrangência por embarcação (km ²)	Área total de abrangência da frota (km ²)	Representatividade da área de distribuição da lagosta (%)
Asano-Filho (2025)	111	1865,9	2,36	262,3	14,06
Avaliação deste estudo	111	1865,9	0,785	87,1	4,70

Fonte: Autor.

Gráfico 4 - Representação gráfica dos resultados obtidos para os dois trabalhos utilizando diferentes metodologias para uma mesma frota e área



Fonte: Autor.

Mesmo considerando a metodologia que apresenta valores mais elevados e para a frota com atividade em 100%, área total ocupada é de 14,06%, de forma oposta, com os menores valores e atividade de 25% da frota, a área utilizada será de 1,2% (Tabela 5).

Tabela 5 – Resultados obtidos para as diferentes possibilidades de atuação da frota nos estudos avaliados

Atividade da Frota		100%	75%	50%	25%
Embarcações		111	83	56	28
Este Estudo	Área Abrangida (km ²)	87,1	65,2	43,2	22,0
	Representação na área Total (1.865,9 km ²)	4,7%	3,5%	2,3%	1,2%
Asano-Filho (2025)	Área Abrangida (km ²)	262,3	195,9	132,2	66,1
	Representação na área Total (1.865,9 km ²)	14,1%	10,5%	7,1%	3,5%

Fonte: Autor.

Apesar de, os dois trabalhos terem apresentados resultados diferenciados e distintos, os valores obtidos para as áreas de abrangência da frota avaliada, não foi de elevada expressão, com máxima e mínima para o estudo de Asano-Filho (2025) de 14,1% e 3,5%, e para este estudo 4,7% e 1,2%. Estas informações apesar da importante relevância e ser uma base inovadora para a futuras avaliações do esforço de pesca, não devem ser utilizadas isoladamente para planejamentos e propostas de gestão, sendo necessárias informações adicionais, que possam contribuir para um melhor entendimento, como por exemplo, do poder de pesca de cada embarcação, a dinâmica populacional das espécies, dentre outras informações necessárias para quaisquer avaliações de planejamento.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo apresenta uma inovação para as avaliações do esforço de pesca através da utilização da área total de distribuição da espécie, além de inovadora, torna-se uma importante ferramenta para as avaliações e uma base sólida para o planejamento e a gestão dos recursos, possibilitando a obtenção de informações que proporcionam uma ampliação das possibilidades e alternativas para avaliações mais eficientes e modernas na gestão dos recursos marinhos. Contudo, é importante atentar para a necessidade de um conhecimento aprofundado da metodologia utilizada que permita avaliações transparentes, uma vez que as mesmas podem interferir diretamente nos resultados e consequentemente possíveis equívocos nas decisões a serem tomadas.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, Lorena Galletti de. **Caracterização das áreas de pesca artesanal de lagosta na Praia da Redonda, Icapuí – CE**. 2010. Dissertação (Mestrado em Ciências Marinhas Tropicais) – Instituto de Ciências do Mar, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2010.

ASANO FILHO, Mutsuo; ABREU NETO, João Capistrano de. A zona de distribuição do pargo no litoral do município de Icapuí - Ceará. **Revista Sapiência: sociedade, saberes e práticas educacionais**, Anápolis, v. 13, n. 5, p. 307-318, 2024.

CUNHA, Viviana Lisboa da; SILVA, Alessandra Cristina da; FONTELES-FILHO, Antonio Adauto. Características e Dinâmica das Pescarias de Lagosta no Nordeste do Brasil. **Arq. Ciên. Mar**, Fortaleza, v. 47, n. 2, p. 5-18, 2014.

FREIRE, George Satander Sá; CAVALCANTI, Virgínia Maria Marques; MAIA, Luis Parente; LIMA, Sandor Freitas. Classificação dos Sedimentos da Plataforma Continental do Estado do Ceará. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DO NORDESTE, 17., 1997, Fortaleza. **Anais [...]**. Fortaleza: SBG, 1997. p. 209-211.

FONTELES FILHO, Antônio Adauto. **Síntese sobre distribuição, abundância, potencial pesqueiro e biologia da lagosta-vermelha *Panulirus argus* (Latreille) e a lagosta-verde *Panulirus laevicauda* (Latreille) do nordeste do Brasil**: análise/refinamento dos dados pretéritos sobre prospecção pesqueira. Brasília, DF: Ministério do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal, 1999. (Avaliação do Potencial Sustentável de Recursos Vivos na Zona Econômica Exclusiva - REVIZEE).

HAIMOVICI, Manuel. (org.). **Dados pretéritos de prospecção pesqueira marinha no Brasil: 1960 a 1990**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, Secretaria de Monitoramento e Controle da Qualidade Ambiental, 2007. Disponível em: https://demersais.furg.br/images/producao/2007_dados_preteritos_prospeccao_pesqueira_marinh_a_brasil_1960_1990.pdf. Acesso em: 20 jan. 2025.

HAIMOVICI, Manuel; KLIPPEL, Sandro. **Diagnóstico da Biodiversidade dos Peixes Teleósteos Demersais Marinhos e Estuarinos do Brasil**. Rio Grande do Sul. 1999. 79 p.

INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS Renováveis (IBAMA). **Boletim estatístico da pesca marítima e estuarina do Nordeste**: lagosta. Fortaleza: CEPENE, 2003. 43.

ICAPUÍ. Plano de intervenção na orla marítima de Icapuí-CE. Icapuí: Prefeitura Municipal de Icapuí, 2004.

NASCIMENTO, Robson Cabral do. Impactos sócio-ambientais de marambaias para a pesca de lagosta: o caso de Ponta Grossa, Icapuí, CE. **Mercator - Revista de Geografia da UFC**, Fortaleza, v. 5, n. 9, p. 133, 2006. Disponível em: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=273620669021>. Acesso em: 20 jan. 2025.

ODUM, Eugene P. **Fundamentos de ecologia**. Tradução: Antônio Manuel de Azevedo Gomes. 6. ed. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 2001.

OLIVEIRA, Paulo Roberto Alves de. **Caracterização morfológica e sedimentológica da plataforma continental brasileira adjacente aos municípios de Fortim, Aracati e Icapuí - CE**.

2009. Dissertação (Mestrado em Geodinâmica e Geofísica) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2009.

SILVA, Edson Carlos da. **De olho na água**: atlas socioambiental participativo de Icapuí. Fortaleza: UFC; LABOMAR; Projeto PELD Costa Semiárida, 2021.

VASCONCELOS, Elza Lemos Barros. **Caracterização faciológica da plataforma continental interna de Icapuí, Ceará**. 2014. Dissertação (Mestrado em Ciências Marinhas Tropicais) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2014.

AGRADECIMENTOS

Os autores gostariam de agradecer ao Laboratório de Geologia e Geofísica Marinha Aplicado à Energias – LGMA, pela disponibilização dos dados batimétricos e de sedimento da Plataforma continental de Icapuí.

A IMPORTÂNCIA DAS COMUNIDADES TRADICIONAIS PARA A CONSERVAÇÃO DA NATUREZA: ESTUDO DA ÁREA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL DO LAGAMAR DO CAUÍPE EM CAUCAIA-CE

Alh Gabriella **RAULT**

Universidade Federal do Ceará

E-mail: alhgabrielrarault@outlook.com

Orcid: <https://orcid.org/0009-0008-9305-541X>

Jardel de Oliveira **SILVA**

Universidade Federal do Ceará

E-mail: jardel.olvr.silva@gmail.com.br

Orcid: <https://orcid.org/0009-0002-7411-4070>

Rita Claudia Aguiar **BARBOSA**

Universidade Federal do Ceará

E-mail: rcab@ufc.br

Orcid: <https://orcid.org/0009-0009-1879-9360>

*Recebido
Janeiro de 2026*

*Aceito
Junho de 2026*

*Publicado
Junho de 2026*

Resumo: O presente trabalho iniciou-se em 2023, com a valoração ambiental da Unidade de Conservação (UC) da Área de Proteção Ambiental (APA) do Lagamar do Cauípe, localizada na região litorânea do Ceará, no município de Caucaia, caracterizado pela presença de comunidades tradicionais, principalmente por povos indígenas e quilombolas. Assim, o estudo atual visa analisar a relação entre a comunidade tradicional indígena Anacé, observando os conflitos socioambientais, a degradação ambiental e os impactos do Complexo Industrial e Portuário do Pecém (CIPP) sobre o território na APA do Lagamar do Cauípe. A metodologia combinou pesquisa bibliográfica, análise documental e trabalho de campo, com visitas à APA e a aldeias indígenas, além de entrevistas semiestruturadas com as comunidades indígenas. Os resultados apontam que, apesar da criação da APA em 1998, há ausência de fiscalização e um plano de manejo tardio, contribui para o avanço de construções irregulares e degradação ambiental. O estudo destaca ainda a resistência

do povo Anacé diante das ameaças à sua terra e cultura, evidenciando sua contribuição essencial para a proteção dos ecossistemas locais e a efetiva participação dos povos indígenas na gestão ambiental são fundamentais para a conservação da biodiversidade e dos saberes tradicionais.

Palavras-chave: povos tradicionais; degradação ambiental; conflitos socioeconômicos.

THE IMPORTANCE OF TRADITIONAL COMMUNITIES FOR NATURE CONSERVATION: A STUDY OF THE LAGAMAR DO CAUÍPE ENVIRONMENTAL PROTECTION AREA IN CAUCAIA-CE

This study originated in 2023 with an environmental valuation of the Lagamar do Cauípe Environmental Protection Area (APA), a sustainable-use protected area located in the coastal region of Ceará, in the municipality of Caucaia. This territory is characterized by the historical presence of traditional communities, primarily Indigenous and Quilombola peoples. Building upon that foundation, the current study aims to analyze the relationship between the traditional Anacé Indigenous community and their environment, focusing on socio-environmental conflicts, environmental degradation, and the impacts of the Pecém Industrial and Port Complex (CIPP) on the APA territory. The methodology combined a literature review, document analysis, and fieldwork, which included technical visits to the APA and indigenous villages, as well as semi-structured interviews with the community members. The results indicate that despite the creation of the APA in 1998, a persistent lack of enforcement and the delayed implementation of its management plan have facilitated the advance of irregular constructions and severe environmental degradation. Furthermore, the study highlights the resistance of the Anacé people against threats to their land and culture. It demonstrates that their traditional presence is essential for protecting local ecosystems, and concludes that the effective participation of Indigenous peoples in territorial governance is fundamental to the conservation of biodiversity and the safeguarding of traditional knowledge.

Keywords: traditional peoples; environmental degradation; socio-environmental conflicts.

LA IMPORTANCIA DE LAS COMUNIDADES TRADICIONALES PARA LA CONSERVACIÓN DE LA NATURALEZA: ESTUDIO DEL ÁREA DE PROTECCIÓN AMBIENTAL DEL LAGAMAR DO CAUÍPE EN CAUCAIA-CE

Resumen: El presente trabajo se inició en 2023, con la valoración ambiental de la Unidad de Conservación (UC) del Área de Protección Ambiental (APA) del Lagamar do Cauípe, ubicada en la región costera de Ceará, en el municipio de Caucaia, caracterizado por la presencia de comunidades tradicionales, principalmente pueblos indígenas y quilombolas. Así, el presente estudio tiene como objetivo analizar la relación con la comunidad tradicional indígena Anacé, observando los conflictos socioambientales, la degradación ambiental y los impactos del Complejo Industrial y Portuario de Pecém (CIPP) sobre el territorio en la APA del Lagamar do Cauípe. La metodología combinó investigación bibliográfica, análisis documental y trabajo de campo, con visitas a la APA y a aldeas indígenas, además de entrevistas semiestructuradas con las comunidades indígenas. Los resultados indican que, a pesar de la creación del APA en 1998, existe una ausencia de fiscalización y un plan de manejo tardío, lo que contribuye al avance de construcciones irregulares y a la degradación ambiental. El estudio también destaca la resistencia del pueblo Anacé frente a las amenazas a su tierra y cultura, evidenciando su contribución esencial para la protección

de los ecosistemas locales. La participación efectiva de los pueblos indígenas en la gestión ambiental es fundamental para la conservación de la biodiversidad y los saberes tradicionales.

Palabras clave: pueblos tradicionales; degradación ambiental; conflictos socioeconómicos.

INTRODUÇÃO

O presente trabalho visa identificar a importância das comunidades tradicionais para a conservação da natureza, por meio da análise das fenomenologias associadas à Unidade de Conservação (UC) da Área de Proteção Ambiental (APA) do Lagamar do Cauípe, localizada no município de Caucaia, Ceará. A UC possui uma importância socioambiental para a região, sendo fundamental compreender a relação entre a comunidade tradicional indígena, discutir os fatores que influenciam a preservação e os conflitos associados à área. Assim, compreender o contexto socioambiental da APA do Lagamar do Cauípe é essencial para mostrar a existência dos povos originários do município de Caucaia e possibilitar, por meio da participação do estudo de caso, dar voz a essas comunidades locais, assim como, poder disseminar os valores culturais e éticos associados ao ecossistema.

Segundo as entrevistas com as lideranças da Grande Aldeia Cauípe, o nome da APA do Lagamar do Cauípe provém do dialeto indígena do povo Anacé, devido ser o território e um local sagrado para a etnia, outros elementos da área têm origem no dialeto Anacé, evidenciando a ligação espiritual e ancestral da etnia Anacé com o território. De acordo com Meireles; Brissac e Schettino (2012), atualmente moram 180 famílias na área, sendo confirmado pelas lideranças da Grande Aldeia Cauípe nas entrevistas, assim, dependem dos recursos naturais para sua subsistência, para a realização de práticas agrícolas e culturais que estão em sintonia com a preservação dos ecossistemas locais. Contudo, lutam para ter o reconhecimento das suas terras e conservação do ecossistema que ao decorrer do tempo sofreu da degradação ambiental, sendo um dos resultados das mobilizações da comunidade indígena a criação da unidade de conservação.

Portanto, a APA Lagamar do Cauípe permanece com suas áreas praticamente intactas segundo os dados fornecidos pelos órgãos gestores, porém não ocorrem fiscalizações ou diagnósticos atualizados que comprovam o estado do ecossistema, sendo que o plano de manejo é aguardado desde 2010 e apenas em 2024 foi lançado pela Secretaria do Meio Ambiente e Mudança do Clima do Governo do Estado do Ceará (SEMACE). Apesar dessa consideração dos órgãos de gestão ambiental, durante as visitas de campo na UC, a comunidade relata os problemas

socioeconômicos e ambientais da área, o que causa dúvidas sobre as informações fornecidas pelos órgãos administrativos responsáveis, visto que existem construções de empreendimentos privados na área da APA e do território Anacé.

Conforme Freitas (2020), o CIPP tem gerado impactos ambientais significativos na região, incluindo a perda de biodiversidade, a contaminação do solo e da atmosfera, doenças respiratórias, o uso extensivo das águas superficiais e subterrâneas, além da degradação dos sistemas ambientais e ecossistemas na planície costeira dos municípios de Caucaia e São Gonçalo do Amarante. Com isso, a ocorrência de conflitos socioambientais na APA do Lagamar do Cauípe, esses danos ambientais são relatados pelo povo Anacé, em dados bibliográficos e observados em visitas de campo, principalmente a degradação ambiental advinda da construção de loteamentos imobiliários, empreendimentos turísticos e do Complexo Industrial e Portuário do Pecém (CIPP).

REFERENCIAL TEÓRICO

Área de Proteção Ambiental do Lagamar do Cauípe

A Área de Proteção Ambiental (APA) do Lagamar do Cauípe foi criada no dia 5 de junho de 1998, conforme o diploma legal do Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza (SNUC), Lei n.º 9.985/2000, sendo oficializado pelo Decreto Estadual n.º 24.957/1998 da Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Recursos Naturais (SEMA). O Lagamar do Cauípe possui peculiaridades ambientais e o seu entorno é refúgio biológico de grande valor, sendo necessária a conscientização da população do entorno sobre a preservação da área como meio para manter o equilíbrio ecológico.

Na Figura 1, mostra o mapa da Unidade de Conservação que é de categoria Área de Proteção Ambiental (APA), sendo de uso sustentável, localizada no Município de Caucaia, com extensão territorial inicial de 1.884,4640 hectares, sendo fronteira a Estação Ecológica do Pecém (EEP) segundo dados georreferenciados do Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará (IPECE) e informações do decreto da SEMACE. Ambas promovem a ciclo da biodiversidade entre uma e outra, ou seja, a EEP auxilia a ciclagem dos ecossistemas, servindo de corredor ecológico para as unidades de conservação adjacentes, assim como a APA do Lagamar do Cauípe promove a ciclagem natural dos recursos naturais por meio da transição da fauna e flora entre as áreas.

Figura 1 - APA do Lagamar do Cauípe e UC adjacentes



Fonte: SEMA (2023); IPECE (2022). Organizadora: Alh Gabriella Rault (2023).

O conjunto de órgãos que gerem a área, sendo a SEMACE e Instituto de Meio Ambiente de Caucaia (IMAC) responsáveis pelo licenciamento ambiental da APA. A SEMACE, órgão responsável pela gestão da área, possui uma sede administrativa na Estação Ecológica do Pecém, unidade de conservação adjacente a APA (Figura 1), que serve como um ponto de apoio para a APA do Lagamar do Cauípe, mas a sede de informações está localizada em São Gonçalo do Amarante, município localizado a oeste da unidade.

A APA está contida entre os médio e baixo cursos do Rio Cauípe, componente da Bacia Hidrográfica Metropolitana, seu curso é barrado pelo açude Cauípe e possui como principais afluentes o Coité e Matões, sendo fornecedor de água para o Complexo Industrial do Portuário do Pecém. Segundo a SEMA, a APA está situada na faixa litorânea que se enquadra no domínio intertropical, localizada entre as coordenadas 38°4903 longitudes O e 3°3424 de latitude S e 3°4047 de latitude S e 38°4452 de longitude O.

A APA do Lagamar do Cauípe tem o ecossistema composto de planícies litorâneas, tabuleiros pré-litorâneos e planícies flúvio-lacustre embutidas, tendo o tipo de solo podzólico. Segundo dados georreferenciados pelo IPECE, a unidade de conservação possui geologia característica predominante de terrenos metamórficos e sedimentares, com clima tropical quente

semiárido brando, pertencendo ao bioma Caatinga. Os recursos hídricos da APA pertencem à Bacia Metropolitana, apresentando um corpo hídrico alargado do Rio Cauípe e dos pequenos Riachos dos Matões e Coité que convergem para o Lagamar com embocadura fluvial barrada pelas dunas fixas e semifixas. O Rio Cauípe possui uma área de 103 km² e o volume de água armazenado está estimado em aproximadamente 15.200.000 m³ em épocas de cheias.

Com isso, a biodiversidade é composta por uma cobertura vegetal com características de áreas de dunas e tabuleiros pré-litorâneos, contendo mata ciliar com 95 espécies de flora catalogadas pela SEMA e fauna rica significativa que varia de insetos, aracnídeos e pequenos animais, se destacando a presença das espécies de caranguejo-fantasma, maçaricos, sabiá-da-praia, coruja-buraqueira, aranhas do gênero *Latrodectus* e sendo rota para tartarugas marinhas criarem seus ninhos. Além disso, devido à extensão do Rio Cauípe, possui grande biodiversidade marinha, destacando-se tucunaré, tilápia e pitú, meios de subsistência para comunidades pesqueiras que habitam na APA do Lagamar e ao seu entorno.

Ademais, a criação da APA do Lagamar do Cauípe também ocorreu devido à construção do Complexo Industrial e Portuário do Pecém (CIPP), momento com que comunidades tradicionais, como indígenas, pescadores artesanais, barraqueiros, agricultores e mineradores de areia vermelha passaram a sofrer com a degradação ambiental advinda do empreendimento. Assim, devido à abundância hidrográfica do Rio Cauípe, o CIPP integrou no planejamento de sua instalação o fornecimento de água vinda justamente da área onde está localizada a APA, sendo o corpo d'água perene e de grande potencial hidrológico mais próximo para o complexo usufruir.

Território Anacé

A comunidade indígena de etnia Anacé, que reside nos municípios de Caucaia e São Gonçalo do Amarante, no Ceará, possui um território de aproximadamente 9.054,72 hectares, sendo apenas 544,72 hectares já reconhecidos pela Fundação Nacional dos Povos Indígenas (FUNAI) e Governo do Estado do Ceará. Na Figura 2, é apresentada parte da localização do território Anacé, sendo a Reserva Indígena da Tabá dos Anacé a única área reconhecida pela FUNAI. As demais localidades georreferenciadas são baseadas do mapeamento participativo com a comunidade tradicional.

Figura 2 - Localização de parte do território Anacé e principais aldeias



Fonte: Google Earth (2020); SEMA (2023); Anacé (2018; 2023). Organizadora: Alh Gabriella Rault (2023).

Em visitas de campo na Grande Aldeia Cauípe, a liderança Marcelo Anacé relata que o território Anacé é extenso e possui várias aldeias espalhadas por Caucaia até São Gonçalo do Amarante, sendo a Reserva Indígena da Tabá dos Anacé um grande marco para o reconhecimento da etnia pelo estado, sendo reconhecida e delimitada pela FUNAI. O território se estende pelos entornos do litoral e das CE-085, CE-090 e CE-421, tendo localidades que estão sendo estudadas para delimitar o restante do território, sendo citado pelo Davi Anacé, juventude da etnia e ativista indígena, as aldeias Japuará, também chamada de aldeia mãe, a Aldeia da Retomada do Parnamirim, no qual o jovem mora, Aldeia Manguabeira e Grande Aldeia Cauípe.

O parecer técnico elaborado por Meireles; Brissac e Schettino (2012), identifica a ocupação do Cauípe com 1.402,35 hectares, composto por 180 famílias que se identificam indígenas de etnia Anacé, sendo chamada de Grande Aldeia Cauípe por ser composta por várias aldeias que se fortalecem como uma, formadas pelas aldeias Planalto Cauípe; Pitombeira; Coqueiro; Barra do Cauípe ou Barreiros; e Vila da Timbaúba que também abrangem famílias de etnia Potiguar, Tapuia e Tapeba que migraram para a região, segundo a liderança Marcelo Anacé, sendo demonstrado no Quadro 1 a ocupação e os meios de subsistência relevantes para a aldeia.

Quadro 1 - Ocupação Cauípe, meios de subsistência e recursos ambientais mais utilizados.

Ocupação Cauípe	Atividades Produtivas	Recursos Ambientais mais utilizados
Planalto Cauípe	Agricultura, pesca, pedreiros, professores e servidores da prefeitura, comércio	Carnaubal, cajueiros, Rio Cauípe
Pitombeiras	Pesca (pesca de gaiola, pesca de choque, espinhel), agricultura, funcionários da prefeitura de Caucaia; comércio, muitos aposentados	Rio Cauípe (tucunaré, tilápia, pitú)
Coqueiro	Agricultura, pesca, operários em fábricas em Fortaleza, prefeitura	Cajueiros, coqueiral
Barra do Cauípe	Comércio, barracas na Barra do Cauípe, guias turísticos, instrutores de kitesurf, prefeitura	Coqueiral, Barra do Cauípe, murici
Vila da Timbaúba	Agricultura, pesca, artesanato (caçá, cestas de cipó)	Coqueiral, cajueiro

Fonte: Adaptado de Meireles; Brissac e Schettino (2012).

Assim, a Grande Aldeia Cauípe está localizada na APA do Lagamar do Cauípe, sendo a população indígena da área composta por aproximadamente 2.361 pessoas que se identificam com a etnia Anacé, de acordo com dados de 2016 do Sistema de Informação da Atenção à Saúde Indígena (Siasi-Local) e Distrito Sanitário Especial Indígena do Ceará (Dsei-Ce/SESAI/MS). Meireles; Brissac e Schettino (2012) e Freitas (2020) afirmam que a comunidade indígena Anacé é caracterizada por sua resistência histórica e cultura própria, identificada a existência na região de Caucaia desde o início do século XVII, aparecendo no mapa etno-histórico de Curl Nimuendajú de 1944. Apesar disso, passam por embates judiciais para o reconhecimento da etnia pelo estado, mantendo sua cultura, religião e língua distinta diante das tentativas do Estado de assimilá-los à religião cristã e suprimir sua identidade indígena.

No entanto, segundo estudo de Freitas (2020), o povo Anacé enfrenta uma série de desafios e conflitos relacionados ao seu território. Além de estar em processo de identificação, o principal conflito enfrentado pelo povo Anacé está relacionado ao CIPP, que inclui um terminal portuário e várias empresas. A construção de uma refinaria pela Petrobrás, que também faria parte do CIPP, foi prevista, mas foi evitada devido à mobilização dos Anacé, que denunciaram os danos sociais e ambientais que seriam causados. Além disso, a Associação para Desenvolvimento Local Co-produzido (Adelco), documenta em 2018 que outro conflito importante envolve o Grupo Ernani Viana, que controla uma parte considerável do território Anacé, utilizando-o para loteamentos, criação de cavalos (haras) e pedreiras no interior das Terras Indígenas, assim, muitos indígenas foram desapropriados durante esse processo.

Deste modo, Meireles; Brissac e Schettino (2012), relatam que o povo Anacé possui sua emergência étnica ligada com a instalação, na mesma área, de uma série de empreendimentos que integram o CIPP, e essas obras tiveram início em 1996 e resultaram na expulsão de vários indígenas de suas terras. Em resposta a essa pressão e perda de território, Freitas (2020) afirma que os Anacé

iniciaram um movimento de autoafirmação étnica em 2003, reivindicando o direito à terra e aos recursos hídricos para evitar a desterritorialização, degradação ambiental, comprometimento do ciclo da água do Rio Cauípe, a construção de loteamentos para condomínios privados e o avanço das obras para a construção do Complexo Industrial e Portuário do Pecém (CIPP) na região.

METODOLOGIA

A pesquisa se desenvolveu por meio de visitas de campo na APA do Lagamar do Cauípe, para coleta de registros fotográficos, coleta de dados para caracterizar a unidade e identificar os pontos importantes para o povo Anacé. As informações foram coletadas por meio de entrevistas semiestruturada, para não ocorrer influência nas respostas dos entrevistados na comunidade indígena e algumas eram opcionais de serem respondidas, como o nome, devido alguns entrevistados não se sentirem seguros sobre a divulgação do nome no trabalho e ocorrer represálias.

Além disso, foram coletadas informações em campo sobre os serviços ecossistêmicos da APA do Lagamar do Cauípe, para poder analisar a importância da unidade e da presença ativa do povo Anacé no território, assim como, também ocorreram visitas em uma das aldeias fora da área de estudo, Aldeia Parnamirim, devido necessidade de complementar informações sobre a história e culturais do povo indígena Anacé, pois compreender suas lutas, dificuldades e os conflitos socioambientais enfrentados em diferentes áreas da mesma etnia se demonstrou um ponto importante para entender qual o papel do povo Anacé na proteção do meio ambiente e o vínculo da comunidade com o território.

As atividades de campo foram realizadas entre agosto e novembro de 2023. A primeira visita de campo para coletar informações ocorreu no dia 4 de agosto na Grande Aldeia Cauípe, onde ocorreu a entrevista da liderança Marcelo Anacé para coletar informações sobre a etnia indígena, o território na APA, as lutas e dificuldades ambientais que a aldeia tem presenciado ao longo dos anos. O percurso percorrido (Figura 3), a primeira visão na CE-090 no km 23 é do carnaubal que existe no entrono do Rio Cauípe e ao decorrer do trajeto é possível visualizar a grande extensão da APA do Lagamar do Cauípe, assim como, a abundância da biodiversidade existente nessa primeira parte da unidade.

Figura 3 - Mapa das estradas e paisagens na APA do Lagamar do Cauípe



Fonte: Google Earth (2023); SEMA (2023). Organização: Alh Gabriella Rault (2026).

Durante o percurso, para entrar na APA pela CE-090 foi percorrido cerca de 3 quilômetros em uma estrada local, em parte asfaltada e outra de terra batida, como mostra a Figura 4 o trajeto percorrido até a APA do Lagamar do Cauípe e a chegada na primeira localização, Aldeia Pitombeira, que pertence a Grande Aldeia Cauípe.

No dia 6 de setembro ocorreu a visita na Aldeia Parnamirim para coletar informações sobre o povo Anacé, como a extensão do território e suas aldeias, sendo também realizado uma visita na APA do Lagamar do Cauípe para fazer o percurso de uma trilha, fotografar a unidade, identificar pontos importantes para a valoração ambiental e descrição das características da unidade, como mostra a Figura 4.

Nas imagens é possível visualizar a biodiversidade que a APA do Lagamar do Cauípe possui, com dunas fixas e moveis nos pontos litorâneos da Barra do Cauípe e Cristalinas, assim como, uma vegetação arbustiva e algumas árvores de grande porte, como coníferas e palmeiras. Já nas áreas mais distantes do mar existe uma vegetação característica de mata de tabuleiro, nos entornos do Rio Cauípe se destacam as carnaúbas e várias espécies de aves, principalmente de garça-branca.

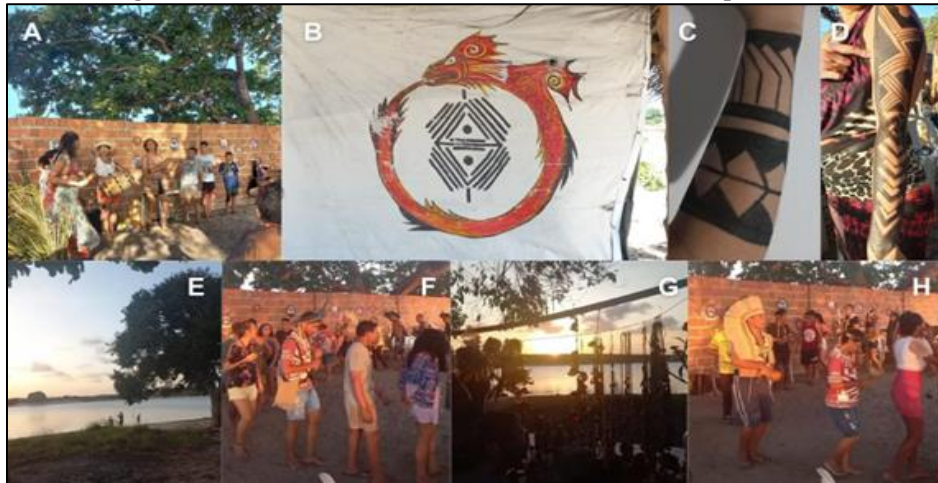
Figura 4 – Fotografias de paisagens na APA do Lagamar do Cauípe



Fonte: Rault (2023).

No dia 21 de outubro ocorreu a festa do coco, sendo um convite realizado pelo Davi Anacé para conhecer melhor a etnia, cultura e rituais realizados pelo povo Anacé, como o Toré, importante ritual e manifestação cultural envolvendo música e dança circular, como mostram as imagens F e H da Figura 5.

Figura 5 – Fotografias da Festa do coco na Aldeia Parnamirim do povo Anacé em Caucaia



Fonte: Rault (2023).

Na ilustração acima, a imagem A apresenta um grupo de jovens em sua maioria indígenas tocando e cantando músicas tradicionais da etnia Anacé, já na imagem B está o símbolo da Aldeia Parnamirim que fica na retomada Anacé perto do espelho d'água da Lagoa do Parnamirim. As

imagens C e D mostram pinturas corporais feitas pela etnia com a fruta de jenipapo verde para extrair a tinta natural, representam o corpo e identidade de cada indígena, e remetem a elementos da natureza e objetos típicos. Na imagem E e G mostra a Lagoa do Parnamirim e alguns artesanatos elaborados pela comunidade indígena, já as imagens F e H apresentam a roda tradicional indígena, o Toré, para prestigiar o pai Tupã e as lutas da retomada da Aldeia Parnamirim.

No dia 12 de novembro, ocorreu a última visita de campo, sendo possível concluir o mapeamento participativo. Foi realizado o mapeamento participativo com uma liderança da Grande Aldeia Cauípe e entrevista sobre os pontos mais importantes para a aldeia, assim como, quais os principais conflitos socioeconômicos e degradação ambiental que a comunidade presencia no seu cotidiano.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Degradação ambiental na APA do Lagamar do Cauípe

Segundo Costa e Dantas (2009), em Caucaia, a APA do Lagamar do Cauípe é um dos principais alvos de degradação ambiental na região metropolitana de Fortaleza (RMF), tanto por parte de agentes privados como públicos. A própria Prefeitura Municipal de Caucaia, que atua através do IMAC, vem alterando o leito da Barra do Cauípe com o emprego de máquinas e coação aos povos originais da região (Costa, 2022). Isso ocorre devido o desenvolvimento socioeconômico sem o devido cuidado ambiental, como a instalação de empreendimentos imobiliários ao longo da planície litorânea e o desenvolvimento de atividades turísticas.

Com isso, durante o trajeto até o Lagamar do Cauípe, localidade da comunidade Pitombeira, observa-se uma grande área devastada pela construção de um loteamento (Figura 6), sendo relatado por moradores “Do dia para a noite devastaram tudo, tinha várias carnaúbas e árvores na área, sem falar que existiam casas de antigos moradores, inclusive a casa da minha avó, onde eu cresci” (Entrevistado C).

Figura 6 - Áreas devastadas na APA do Lagamar do Cauípe para construções



Fonte: Google Earth (2023); SEMA (2023). Organização: Alh Gabriella Rault (2026).

A área devastada na APA do Lagamar do Cauípe pertencia ao território indígena do povo Anacé, sendo da comunidade Pitombeira da Grande Aldeia Cauípe. O processo de construção da área foi autorizado, sendo conflitante com as disposições do SNUC e o Art. 3º do Decreto nº24.957/98 “Nas APAs do Lagamar do Cauípe e do Pecém, ficam proibidas ou restringidas: a implantação ou ampliação de atividades potencialmente poluidoras, ou degradadoras, capazes de afetar os mananciais de água, formas do relevo, o solo e o ar” (Ceará, 1998).

Assim, o povo Anacé da Grande Aldeia Cauípe luta para as obras pararem e terem suas terras de volta, principalmente devido conflitos nas autorizações de construção da área, ocorrendo a licença instalação pelo IMAC em 2015 e depois revogado pela SEMACE, porém autorizado novamente pelo município. Ademais, vale ressaltar que a área degradada pelo loteamento infringe a Lei nº 9.985 de 2000, SNUC, assim como, o próprio decreto de criação da APA que proíbe a realização de obras de terraplanagem, principalmente quando essas ações “importarem em sensíveis alterações das condições ecológicas regionais” (Ceará, 1998), como mostra a Figura 7 mostra algumas dessas degradações ambientais encontradas na unidade.

Figura 7 – Fotografias da degradação ambiental na APA do Lagamar do Cauípe



Fonte: Rault (2023).

Deste modo, a degradação ambiental encontradas na APA do Lagamar do Cauípe são atualmente causadas pela especulação imobiliária, crescimento urbano desordenado e ações turísticas sem consciência ambiental que modificando o ecossistema, assim como, complexos industriais e empreendimentos diversos que mudam as propriedades naturais do ambiente e aumentam a entropia por meio da absorção desses impactos poluidores.

A degradação ambiental na área é recorrente de muitos anos, o Rio Cauípe “sempre foi vista e desejada seja pelos invasores que colonizaram o país, como também pelos invasores que hoje invadem nosso território, tentam roubar nossas histórias e existência” (Informação verbal, obtida por meio de entrevista com o Paulo França Anacé), ocorrendo a retirada da água para o CIPP e empreendimentos diversos, como imobiliários, turísticos, siderúrgicas, termoelétricas e outros complexos industriais que também aparecem nas Figuras 7 e 8 anteriormente, sendo algumas obras licenciadas pela própria prefeitura de Caucaia e o IMAC.

Além disso, as intervenções provenientes da construção do CIPP afetam várias comunidades da região, trazendo doença, ocorrências de desmatamentos, aterramento de lagoas e retirada de dunas. No caso do Pecém, o conflito começa em 1990 para os projetos de retirada de águas dos lagos e dunas para as atividades do CIPP, no qual fez a remoção forçada principalmente das comunidades da Lagoa do Pecém, Parada e povo indígena Anacé que foram violentamente silenciados sem poder lutar inicialmente pela reivindicação de suas terras e direitos sobre as atividades subsistências que eram praticadas pelas comunidades tradicionais.

Assim, no município de Caucaia e São Gonçalo do Amarante, as esteiras transportadoras de minérios do CIPP, passam por comunidades, dunas e áreas de mata nativa presentes nos municípios, revisitado as irregularidades das autorizações e licenciamento ambiental, visto que a dispersão dos minérios das esteiras do CIPP atingem as comunidades no entorno e até 16 quilômetros de distância desses equipamentos, conforme encontrado indícios de pó de carvão mineral nas comunidades da Grande Aldeia Cauípe, na APA do Lagamar do Cauípe. Devido à degradação ambiental do complexo industrial, as comunidades tradicionais atingidas na região se mobilizam para impedir que medidas sejam tomadas a respeito dos danos a causados ao meio ambiente, saúde e direitos as comunidades atingidas e retiradas das suas terras.

No caso da APA em Caucaia, o povo indígena Anacé lutou para a criação da APA do Lagamar do Cauípe, sendo relatado pela comunidade que a desapropriação das terras em São Gonçalo do Amarante resultou na migração para a área do Cauípe, ocorrendo maior pressão social para criação da unidade. Assim, consta no decreto de criação da APA do Lagamar do Cauípe que “os ambientes dotados de equilíbrio ecológico bastante frágil, pela sua própria natureza e intervenção do homem” (Ceará, 1998) e devido à necessidade de “conscientização da população regional sobre a preservação dessas áreas pelas suas riquezas florística, sedimentar e paisagística, consolidando ações para os seus desenvolvimentos sustentáveis” (Ceará, 1998).

Apesar desses desafios, o povo Anacé continua resistindo e lutando pelo reconhecimento de seus direitos territoriais, pela proteção do ambiente e cultura, principalmente para evitar maiores danos ao ecossistema. Denunciam a falta de apoio das autoridades e a repressão enfrentada durante suas mobilizações, sendo a luta do povo Anacé constante e de grande importância para proteger os direitos das comunidades indígenas e tradicionais em face de projetos de desenvolvimento que ameaçam seus territórios e o meio ambiente.

As comunidades tradicionais e lutas do povo Anacé

No município de Caucaia existem diversas comunidades tradicionais, na localidade existe cerca de 27 comunidades presentes na região do Lagamar do Cauípe, diretamente afetadas ao longo dos últimos anos, que realizam ações de resistência, principalmente em 2010, no qual as comunidades foram violentamente ameaçadas, devido à soma das violações provocadas pelo CIPP e a questão da apropriação das águas dos rios e afluentes presentes nos territórios tradicionalmente ocupados por essas comunidades para sua subsistência. Uma dessas comunidades, o povo indígena

Anacé, comunidade de pescadores artesanais, agricultores familiares e rendeiras que possuem práticas culturais e relação especial com o ambiente em que vivem, contribuindo para a diversidade e riqueza cultural do município, principalmente com a APA do Lagamar do Cauípe, local de parte do Território Anacé da Grande Aldeia Cauípe.

As lideranças da comunidade relatam que as aldeias estão espalhadas pelo município de Caucaia devido à etnia indígena possuir diversos meios de subsistência, com cada aldeia possuindo alguma relação específica com o território que se estabeleceu. No caso da Grande Aldeia Cauípe, essa relação é mais intensa com o mar e o Rio Cauípe, território parcialmente delimitado como APA do Lagamar do Cauípe, que teve grande apoio e movimento das comunidades tradicionais para que a Unidade de Conservação fosse criada, devido ao território denominado Lagamar do Cauípe representar um local sagrado onde se reflete a existência do povo Anacé.

Deste modo, o povo Anacé possui saberes ancestrais e tradicionais relacionados com seu vínculo com a natureza, sendo enfatizado que “A espiritualidade é a natureza como um todo, Mãe Tamain representa a terra e o nosso corpo, a água o sangue que corre em nossas veias” (relato de Marcelo e Paulo Anacé, 4 de agosto e 8 de novembro de 2023). Assim, têm uma cultura rica e ancestral, com profundo respeito pela natureza, que permite essa interconexão entre todos os seres vivos e na presença de espíritos da natureza, tendo práticas espirituais e rituais, como o Toré, como parte integrante de sua relação com o ambiente natural.

No Quadro 2 estão as aldeias que formam o território Anacé da Grande Aldeia Cauípe segundo informações da liderança local, sendo duas aldeias a que formam a comunidade indígena na área em comparação com o parecer técnico de Meireles; Brissac e Schettino (2012). Em algumas entrevistas com o povo Anacé foi relatado que por muitos anos tiveram que se esconder e omitir sua identidade indígena para evitar perseguições e serem mortos, então quando ocorrem pesquisas na área sem presença de algum representante da aldeia a comunidade entrevistada, mesmo atualmente, não se sente segura para responder abertamente sobre suas origens.

Nas entrevistas e visitas de campo identificou-se que o Rio Cauípe é um local sagrado para o povo Anacé, representando para a comunidade tradicional “um local onde se reflete a existência dos encantados, espíritos da mata, das águas e todas as energias que constroem a existência do povo Anacé e sua relação com a Mãe Terra” (relato de Paulo Anacé). Assim como, foi relatado em duas entrevistas que o nome Kauípe significa rio onde caminha o grande espírito, retratado a forte presença espiritual nas águas e nas histórias do povo Anacé sobre o Rio Cauípe, “sobre locais

sagrados presentes no que os brancos chamam de Lagamar do Cauípe, e para o povo Anacé era chamado de Amaçayó ou Maceió e representava um grande alagado que hoje muitos conhecem também como Barra do Cauípe” (Paulo Anacé).

Quadro 2 - Meios de subsistência e recursos ambientais mais utilizados na Grande Aldeia Cauípe

Aldeia	Atividades Produtivas	Recursos Ambientais mais utilizados
Mixira	Agricultura, artesanato e comerciantes.	Uso do solo para plantio e folhas de camaúbas
Planalto Cauípe	Agricultura, pesca, pedreiros, professores e servidores da prefeitura, comércio	Carnaubal, cajueiros, Rio Cauípe
Pitimbeira	Pesca, agricultura, funcionários da prefeitura de Cauaia; comércio, muitos aposentados	pesca de peixe gaiola, choque, espinhel, tucunarê, tilápia e pitú.
Coqueiro	Agricultura, pesca, operários em fábricas em Fortaleza, prefeitura	Agricultura, principalmente de cajueiros, coqueiral.
Barreiros	Comércio, barracas na Barra do Cauípe, guias turísticos, instrutores de kitesurf, prefeitura	Coqueiral, Barra do Cauípe, murici
Timbaúba	Agricultura, pesca, artesanato	Coqueiral, cajueiro, caçá e cestas de cipó
Castanhola	Agricultura, pesca, artesanato e trabalho autônomo.	Comerciantes, agricultores, artesãos e pesca artesanal, coqueiral, cajueiro

Fonte: Organização: Alh Gabriella Rault (2023).

A Figura 8 mostra os principais pontos da Grande Aldeia Cauípe na Unidade de Conservação e adjacentes a área, ademais, devido à extensão da aldeia, as delimitações realizadas abrangem apenas a área de estudo, sendo também informado pelas comunidades pontos específicos na APA. O mapa mostra o conjunto de comunidades que formam a Grande Aldeia Anacé, sendo informado os pontos pelas lideranças locais ao longo de trilhas realizadas durante visitas de campo na APA do Lagamar do Cauípe.

Figura 8 - Mapa das localidades da Grande Aldeia Cauípe



Fonte: Google Earth (2023); SEMA (2023). Organização: Alh Gabriella Rault (2026).

Ao longo do percurso na unidade é possível observar algumas atividades de agricultura familiar, sendo relatado pelas comunidades que os meios de subsistência na área não são mais suficientes para garantir o sustento das famílias na região, sendo necessário complementar a renda com algumas atividades comerciais, turísticas e trabalhos autônomos.

Como principais características, os Anacé respeitam o ciclo do ecossistema e fazem o uso de forma sustentável, possuindo conhecimentos sobre plantas medicinais, agroecologia, técnicas de cultivo adaptadas à região e ciclos de pesca, mantendo uma relação ancestral com a terra e os recursos naturais da região. Devido à poluição ambiental do solo e das águas, contudo, os seus meios de subsistência estão sendo afetados e alguns pescadores da comunidade relatam que “antigamente a gente voltava com a rede cheia de peixe pro mês todo, agora a gente passa dias tentando pescar algo” (Entrevistado B).

A preservação ambiental é fundamental para o povo indígena Anacé, que valoriza a terra como fonte de vida e sustento, mas o ecossistema local da APA do Lagamar do Cauípe está se modificando e reduzindo seu potencial de promover recursos naturais. Marcelo Anacé enfatiza que “a pesca aqui era abundante, temos comunidades de pescadores artesanais que tentam sobreviver dos poucos peixes que conseguem sobreviver no Rio Cauípe.” a liderança também comenta que “Tinha aldeias que viviam da agricultura de frutíferas, mas depois da instalação do Complexo do Pecém os frutos começaram a atrofiar até que algumas espécies não produziam mais”, o que demonstra que as comunidades tradicionais foram afetadas pela degradação ambiental e agora dependem de outros trabalhos para se manterem.

Com isso, o povo indígena Anacé enfrenta uma série de desafios e violência por parte do estado, principalmente por estar lutando pela preservação da água do Cauípe, devido ao governo e os órgãos responsáveis pelos recursos hídricos, como Secretaria dos Recursos Hídricos (SOHRIDA), permitir a retirada de água do Rio Cauípe para ser usado por empresas localizadas no CIPP, a uma taxa de cerca de 800 mil litros retirados por segundo, de acordo com denúncias da comunidade indígena e relatos que “o rio precisa continuar vivo, bem como todo o território e sua história e para isso continuaremos lutando contra retirada das suas águas, contra derrubada de nossas matas, e contra destruição do nosso povo e nossa espiritualidade.” (Entrevistado F).

Deste modo, os principais problemas enfrentados pela comunidade Anacé e outras da região, incluem desapropriação de Terras, disputa pela água, falta de reconhecimento, repressão

policial e a falta de apoio das autoridades competente em relação aos direitos ambientais e indígenas. Assim, o povo Anacé continua resistindo e lutando pelo reconhecimento de seus direitos territoriais e pela proteção de seu ambiente natural e cultural. Eles denunciam a falta de apoio das autoridades e a repressão enfrentada durante suas mobilizações. A luta dos Anacé destaca a importância de proteger os direitos das comunidades indígenas e tradicionais em face de projetos de desenvolvimento que ameaçam seus territórios e meios de vida.

Diante desses desafios, os Anacé e outras comunidades tradicionais afetadas têm se organizado e buscado fortalecer sua luta pela demarcação de terras, pela preservação de suas tradições culturais e pela promoção do desenvolvimento sustentável. Por meio de parcerias, projetos comunitários e ações de conscientização, eles trabalham para proteger seu território, garantir a continuidade de seus conhecimentos tradicionais e promover um equilíbrio entre o bem-estar humano e a preservação da natureza. Assim, as comunidades têm realizado movimentos para fortalecer sua cultura e mostrar sua luta para manter seu território.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os conflitos socioambientais, na APA do Lagamar do Cauípe, mostram que afetam o meio biótico e a comunidade tradicional que habita na área, dificultando na continuidade das práticas produtivas de subsistência que dependem do meio ambiente saudável. Assim, as comunidades tradicionais promovem a conservação da natureza devido o vínculo ancestral com o território que habitam, desempenhando um papel nos serviços ecossistêmicos da área, além do cultural, por meio dos saberes tradicionais, meios sustentáveis que influenciam na conservação e proteção dos ecossistemas.

Deste modo, comunidades tradicionais desempenham um papel crucial na conservação da APA do Lagamar do Cauípe, contribuindo através de seu conhecimento, do exercício de práticas sustentáveis e engajamento ativo na proteção desse ecossistema. A preservação da caatinga é essencial não apenas para a biodiversidade local, mas também para a manutenção dos serviços ecossistêmicos que essa região semiárida oferece à sociedade. Portanto, é fundamental reconhecer e apoiar o papel dessas comunidades na conservação da natureza.

Com isso, a importância de se recorrer às lutas e aos movimentos sociais que tenham perspectivas para além de suas pontualidades, munidos de mapas, cartas e cartografias que contenham informações e registros do modo como as populações tradicionais, indígenas, povos

das florestas, quilombolas, se relacionam com a natureza. Assim, disseminar os saberes ancestrais dos povos tradicionais como parte das políticas que devem ser implementadas para aumentar a resiliência social seria um meio de desenvolvimento sustentável, que preza pela manutenção da capacidade produtiva da humanidade em vez do crescimento ilimitado, sendo mais alinhada com os valores e práticas de comunidades tradicionais que geralmente têm uma abordagem mais sustentável em relação aos recursos naturais.

REFERÊNCIAS

BRASIL. Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000. Regulamenta o art. 225, § 1º, incisos I, II, III e VII da Constituição Federal, institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências. **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília, DF, ano 138, n. 138, p. 1-6, 19 jul. 2000. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19985.htm.

BRASIL. Fundação Nacional dos Povos Indígenas. **Terras indígenas e Situação Fundiária**: geoprocessamento e mapas. Brasília, DF: FUNAI, 2022. 1 mapa interativo. Disponível em: <https://www.gov.br/funai/pt-br/atuacao/terras-indigenas/geoprocessamento-e-mapas>.

CEARÁ. Superintendência Estadual do Meio Ambiente. **Cadastro Estadual de Unidades de Conservação: Área de Proteção Ambiental do Lagamar do Cauípe**. Fortaleza, Ceará, 2019. Disponível em: <https://www.sema.ce.gov.br/gestao-de-ucs/unidades-de-conservacao-uso-sustentavel/areas-de-protecao-ambiental/apa-do-lagamar-do-cauipe/>.

CEARÁ. Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Recursos Naturais. **Decreto Estadual nº 24.957 de 1998 da APA do Lagamar do Cauípe**. Fortaleza, Ceará. 2010. Disponível em: <https://www.sema.ce.gov.br/wp-content/uploads/sites/36/2021/09/Lagamar-Cauipe.pdf>.

CEARÁ. Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará (IPECE); Superintendência de Obras Hidráulicas (SOHIDRA). **Compartimentação geoambiental**, 2020. Disponível em: http://www2.ipece.ce.gov.br/atlas/capitulo1/12/pdf/Compartimentacao_Geoambiental_2020.pdf.

COSTA, George Lima da. Análise ambiental da Área de Proteção (APA) do Lagamar do Cauípe e área de entorno, zona costeira do estado do Ceará. **Territorium Terram**, UFSJ, São João del-Rei, v. 10, n. 16, p. 110-128, 2022. Disponível em: http://seer.ufsj.edu.br/territorium_terra/article/view/5242.

COSTA, Maria Clélia Lustosa; DANTAS, Eustógio Wanderley Correia. **Vulnerabilidade Socioambiental na Região Metropolitana de Fortaleza**. Fortaleza: Edições UFC, 2009. Disponível em: <https://www.ppggeografia.ufc.br/images/vulnerabilidadesocioambiental.pdf>.

FREITAS, Anderson Nonato de. **Utilização dos aquíferos, dunas e barreiras na região industrial do Pecém e (in)justiça ambiental nas comunidades tradicionais e indígenas**. 2020. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2020. Disponível em: https://repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/54547/3/2020_dis_anfreitas.pdf.

MEIRELES, Jeovah; BRISSAC, Sérgio ; SCHETTINO, Marco Paulo. Parecer Técnico Nº01/09: O Povo Indígena Anacé e seu Território Tradicionalmente Ocupado. **Cadernos do LEME**, Campina Grande, v. 4, n. 1, p. 115-235, 2012. Disponível em: https://www.academia.edu/124834320/O_Povo_Ind%C3%ADgena_Anac%C3%A9_e_Seu_Territ%C3%B3rio_Tradicionalmente_Ocupado.

NIMUENDAJÚ, Curl. **Mapa etno-histórico do Brasil e Regiões Adjacentes**. Museu Nacional, Rio de Janeiro, 1944. Disponível em: <http://portal.iphan.gov.br/uploads/publicacao/mapaetnohistorico2ed2017.pdf>.

RAULT, Alh Gabriella. **Avaliação dos serviços ecossistêmicos da área de proteção ambiental do lagamar do Cauípe**: a importância das comunidades tradicionais para a conservação da natureza. 2023. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Economia Ecológica) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2023. Disponível em: https://repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/75822/3/2023_tcc_agrault.pdf.

SUPERINTENDÊNCIA ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE (SEMACE). **Área de Proteção Ambiental do Lagamar do Cauípe**. Fortaleza, Ceará. 2010. Disponível em: <https://www.semace.ce.gov.br/2010/12/08/area-de-protecao-ambiental-do-lagamar-do-cauipe/>.

UM DIA NO PARQUE NATURAL MUNICIPAL DA PEDRA DO SEGREDO E A VALORIZAÇÃO DO BIOMA PAMPA

Suzane Bevilacqua **MARCUZZO**

Professora do Departamento de Ensino da Universidade Federal de Santa Maria
Santa Maria, Rio Grande do Sul, Brasil

E-mail: smarcuzzo@gmail.com

Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-1275-6502>

Adriano Severo **FIGUEIRÓ**

Professor do Departamento de Geografia da Universidade Federal de Santa Maria
Santa Maria, Rio Grande do Sul, Brasil

E-mail: adriano.figueiro@ufsm.br

Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-4988-771X>

Recebido
Janeiro de 2026

Aceito
Junho de 2026

Publicado
Junho de 2026

Resumo: A crescente degradação ambiental tem impulsionado a valorização das Unidades de Conservação (UCs) como espaços estratégicos para proteção da biodiversidade e promoção da educação ambiental. Este artigo apresenta a experiência da oficina de seedballs realizada durante o evento “Um Dia no Parque – Natureza para todas as pessoas”, no Parque Natural Municipal da Pedra do Segredo (Caçapava do Sul/RS), unidade integrante do Geoparque Caçapava. A atividade teve como objetivo sensibilizar os visitantes sobre a importância da conservação do bioma Pampa, por meio de práticas lúdicas que integram conhecimento ecológico, memória afetiva e ação participativa. Foram utilizadas sementes de espécies nativas e aplicadas metodologias interpretativas com apoio de materiais ilustrados. A análise de questionários respondidos por 25 participantes foi conduzida por técnicas estatísticas (KMeans e PCA), identificando dois perfis distintos de engajamento ambiental. Os resultados indicaram que a oficina promoveu envolvimento emocional e aprendizado técnico, evidenciando o potencial das atividades em UCs para

mobilização ecológica crítica. O lançamento simbólico das seedballs ao final da oficina fortaleceu o vínculo dos participantes com o território. Conclui-se que práticas participativas como esta são eficazes ferramentas educativas e restauradoras, devendo ser incorporadas nas estratégias de gestão e uso público de áreas protegidas.

Palavras-chave: Interpretação da Natureza; unidades de conservação; Geoparque Caçapava.

A DAY AT THE PEDRA DO SEGREDO MUNICIPAL NATURAL PARK AND THE VALORIZATION OF THE PAMPA BIOME

Abstract: The growing environmental degradation has reinforced the importance of Protected Areas (PAs) as strategic spaces for biodiversity conservation and environmental education. This article presents the experience of the seedball workshop held during the event “A Day in the Park – Nature for All People,” at the Pedra do Segredo Municipal Natural Park (Caçapava do Sul/RS), part of the Caçapava Geopark. The activity aimed to raise visitors' awareness about the importance of conserving the Pampa biome through playful practices that integrate ecological knowledge, affective memory, and participatory action. Native plant seeds were used, and interpretive methodologies were applied with the support of illustrated educational materials. A structured questionnaire was completed by 25 participants, and the responses were analyzed using statistical techniques (KMeans and PCA), identifying two distinct profiles of environmental engagement. The results showed that the workshop promoted emotional involvement and technical learning, highlighting the potential of activities in PAs to foster critical ecological engagement. The symbolic act of throwing seedballs at the end of the workshop strengthened the participants' bond with the territory. It is concluded that participatory practices such as this are effective educational and restorative tools and should be incorporated into management strategies and public use of protected natural areas.

Keywords: Nature Interpretation; protected areas; Caçapava Geopark.

UN DÍA EN EL PARQUE NATURAL MUNICIPAL DE LA PEDRA DO SEGREDO Y LA VALORIZACIÓN DEL BIOMA PAMPA

Resumen: La creciente degradación ambiental ha impulsado la valorización de las Unidades de Conservación (UC) como espacios estratégicos para la protección de la biodiversidad y la promoción de la educación ambiental. Este artículo presenta la experiencia del taller de *seedballs* realizado durante el evento “Un Día en el Parque – Naturaleza para todas las personas”, en el Parque Natural Municipal de la Pedra do Segredo (Caçapava do Sul/RS), unidad integrante del Geoparque Caçapava. La actividad tuvo como objetivo sensibilizar a los visitantes sobre la importancia de la conservación del bioma Pampa, mediante prácticas lúdicas que integran conocimiento ecológico, memoria afectiva y acción participativa. Se utilizaron semillas de especies nativas y se aplicaron metodologías interpretativas con el apoyo de materiales ilustrados. El análisis de los cuestionarios respondidos por 25 participantes se realizó mediante técnicas estadísticas (KMeans y PCA), identificando se dos perfiles distintos de compromiso ambiental. Los resultados indicaron que el taller promovió involucramiento emocional y aprendizaje técnico,

evidenciando el potencial de las actividades en las UC para la movilización ecológica crítica. El lanzamiento simbólico de las *seedballs* al final del taller fortaleció el vínculo de los participantes con el territorio. Se concluye que prácticas participativas como esta constituyen herramientas educativas y restauradoras eficaces, y deben incorporarse a las estrategias de gestión y uso público de las áreas protegidas.

Palabras clave: Interpretación de la Naturaleza; áreas protegidas; Geoparque Caçapava.

INTRODUÇÃO

A crescente degradação ambiental e a necessidade de conservar os ecossistemas naturais impulsionaram, ao longo das últimas décadas, a criação de áreas protegidas em todo o mundo. No Brasil, as Unidades de Conservação (UCs) representam instrumentos fundamentais para a preservação da biodiversidade e para a promoção da educação ambiental, funcionando como espaços privilegiados para a sensibilização da população quanto à importância da natureza (Dourojeanni; Pádua, 2013). As Unidades de Conservação (UCs) desempenham um papel central nesse processo, constituindo-se como espaços legalmente instituídos para assegurar a proteção da biodiversidade, dos recursos naturais e dos serviços ecossistêmicos, ao mesmo tempo em que oferecem oportunidades para a pesquisa científica, o lazer e a educação ambiental.

Em especial, os Parques Nacionais se destacam por aliar a proteção dos recursos naturais ao incentivo à visitação pública e ao desenvolvimento de atividades educativas e recreativas. No entanto, apesar de seu potencial multifacetado, observa-se que muitos desses espaços ainda apresentam uma abordagem limitada no que diz respeito à interpretação ambiental.

Diante desse cenário, iniciativas que buscam ampliar a abordagem interpretativa nas UCs e fortalecer a relação entre sociedade e natureza assumem especial relevância. É nesse contexto que se insere o evento nacional “Um Dia no Parque”, realizado anualmente em 18 de julho, em alusão à data de criação do Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza (SNUC). O evento “Um Dia no Parque” foi criado em 2018 pela Rede Nacional Pró Unidades de Conservação (Rede Pró UC), com o objetivo de incentivar a visitação e a valorização das Unidades de Conservação (UCs) em todo o Brasil. Desde então, é realizado anualmente, geralmente no mês de julho, promovendo uma conexão mais estreita entre a sociedade e as áreas protegidas (WWF-Brasil, 2023).

Com o tema “Natureza para todas as pessoas” na edição de 2024, o evento mobilizou mais de 350 unidades em todo o país, com a realização de atividades diversas voltadas à educação

ambiental e ao engajamento comunitário. Entre as experiências promovidas, se destaca a programação do Parque Natural Municipal Pedra do Segredo, que integrou trilhas ecológicas, oficinas, apresentações culturais e a valorização de biodiversidade local por meio de atividades recreativas de interpretação da natureza sensível às especificidades do bioma Pampa e inclusiva em sua abordagem, uma iniciativa que exemplifica o potencial das UCs para promover uma educação ambiental mais ampla e inclusiva, incorporando múltiplas dimensões da natureza.

No contexto do bioma Pampa, a flora assume papel de destaque não apenas pela sua biodiversidade, mas também por seu valor ecológico, cultural e socioeconômico. Composto por uma vasta variedade de campos nativos, espécies endêmicas e formações vegetais adaptadas às condições climáticas e edáficas da região, o Pampa representa um patrimônio natural frequentemente subvalorizado nas ações de conservação. Nesse sentido, atividades interpretativas que enfoquem a flora local constituem ferramentas relevantes para promover o reconhecimento e a valorização desse bioma junto aos visitantes e às comunidades do entorno das UCs. Por meio de oficinas temáticas e uso de recursos pedagógicos, é possível estimular uma compreensão mais ampla sobre os serviços ecossistêmicos associados às paisagens campestres e sobre a importância da preservação da vegetação nativa frente às ameaças impostas pelo uso intensivo do solo.

Nesse sentido, foi realizado durante o evento “Um dia no Parque” no Parque Natural Municipal da Pedra do Segredo, localizado no território do Geoparque Caçapava, a oficina de *Seedball* (bola de sementes). As bombas de sementes são um método utilizado principalmente na agricultura natural e restauração de áreas degradadas, muito difundido por Masanobu Fukuoka (1913-2008), que, mais do que um método, desenvolveu uma filosofia. Ele considerava que tratar a terra e purificar o espírito humano é o mesmo processo, o qual visa trabalhar junto com a natureza e não contra ela. Para a restauração de áreas degradadas e até mesmo desérticas, Fukuoka combinava várias plantas nativas que permitiam a extração de água do subsolo até a superfície, umidificando assim o ar, enriquecendo o solo e favorecendo a produção de húmus, buscando o equilíbrio do ecossistema naturalmente (Studer, 2005).

Por sua vez, é uma técnica que tem por base a sucessão ecológica, a qual consiste em entender como funciona o processo dinâmico e contínuo de mudanças na composição e estrutura das comunidades biológicas ao longo do tempo, resultando na substituição progressiva de espécies pioneiras por espécies mais exigentes em termos ambientais, até a formação de uma comunidade clímax relativamente estável (Odum, 1988; Begon; Townsend; Harper, 2007).

Nessa perspectiva, a oficina durante o evento teve como objetivo despertar de forma lúdica o interesse dos visitantes pelas espécies nativas e sensibilizar os visitantes sobre a importância da conservação do bioma Pampa, bem como estimular o protagonismo socioambiental e promover uma conexão afetiva com o ecossistema local por meio de práticas educativas, que valorizam o conhecimento ecológico e a manutenção das espécies nativas.

METODOLOGIA

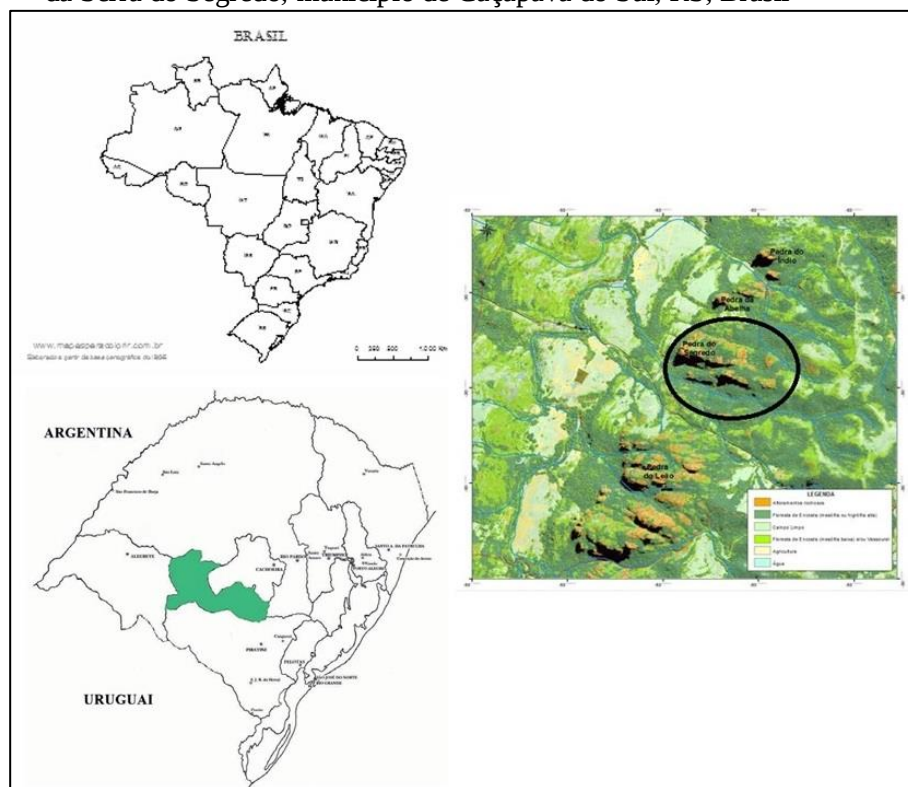
Área de Estudo

O Parque Natural Municipal da Pedra do Segredo (PNMPS) apresenta 4,81 ha de área e foi instituído no ano de 1999, através da Lei Municipal nº 1.055, e tem como objetivos a preservação da biodiversidade da Serra do Segredo, resguardar os atributos excepcionais da natureza da região; zelar pela preservação integral da geodiversidade, da flora, da fauna e demais recursos naturais, com utilização para objetivos educacionais, científicos, recreativos e turísticos; assegurar condições de bem-estar público.

O Parque apresenta um dos geossítios do Geoparque Caçapava, dispondo de um monumento geológico sedimentar de aproximadamente 120 metros, a Pedra do Segredo, a qual compõe o Maciço da Pedra do Segredo (Figura 1), cujas rochas são conglomerados e arenitos. Por sua vez, o Parque conta com rica fauna silvestre e vegetação característica do bioma Pampa, em especial a presença de cactáceas e petúnias endêmicas tais como a *Parodia crassigiba* e *Petunia secreta* (Borba *et al.*, 2019).

A unidade de conservação é administrada pela empresa Tuna Ecoturismo por concessão municipal, sendo responsáveis pela gestão do Parque desde dezembro de 2018 buscando promover o ecoturismo de maneira sustentável. A empresa oferece aos visitantes oportunidades de recreação por meio de trilhas envolvendo as modalidades de trekking, mountain bike, rapel e escalada, bem como educação ambiental com ações de coleta de lixo e plantio de árvores nativas.

Figura 1 – Mapa de localização da região do Parque Natural Municipal da Pedra do Segredo no Maciço da Serra do Segredo, município de Caçapava do Sul, RS, Brasil



Fonte: Elaborado pelos autores com base em Matheus e Corrêa (2018) e Bugin *et al.* (2014).

Nessa Unidade de Conservação, dentre as trilhas oferecidas aos visitantes algumas são autoguiadas, como a trilha das Grutas, trilha da Pedra do Sol, trilha da Pedra da Lua e a trilha ao Topo da Pedra do Segredo, a qual é a única trilha que requer acompanhamento de um guia e deve ser agendada previamente. Com 6 km de extensão, leva ao cume da Pedra do Segredo, que possui cerca de 120 metros de altura, passando também pela Pedra da Abelha.

Material e Métodos

A escolha da técnica de *seedball* (ou bola de sementes) fundamenta-se na sua capacidade de promover a interação dos participantes com elementos naturais, possibilitando o manuseio direto de sementes de espécies nativas do bioma Pampa. Simultaneamente, o ato de modelar a argila durante a manufatura evoca memórias afetivas relacionadas às brincadeiras da infância, o que contribui para o engajamento emocional e simbólico na atividade. Essa abordagem favorece uma experiência sensorial e educativa, articulando saberes tradicionais e práticas de conservação ambiental de forma lúdica e participativa.

Assim, a metodologia partiu do planejamento da escolha das sementes de espécies nativas do Pampa, as quais foram adquiridas no Laboratório de Silvicultura e Viveiro Florestal da UFSM. Ao utilizar uma variedade de espécies é possível garantir e promover a biodiversidade e criar um ecossistema resiliente e sustentável. As espécies utilizadas na oficina foram: topete-de-cardeal (*Calliandra tweediei*), açoita-cavalo (*Luehea divaricata*), vassourão-preto (*Piptocarpha Axillaris*) e Cambará (*Gochnatia polymorpha*). Além das sementes, para a atividade foram utilizados os seguintes materiais: 1 kg de argila em pó, terra ou composto orgânico, água, baldes ou bacias para misturar, colheres ou pequenas pás, bandejas ou caixas para secagem, luvas (opcional).

Por seguinte, conforme a metodologia, as etapas seguintes disseram respeito a preparação do material, realizando a mistura e encapsulamento, sendo que uma vez selecionadas as sementes, é realizada a mistura que geralmente consiste em argila, adubo orgânico e água. A argila em pó é um componente fundamental, pois ajuda a formar as bolas e proteger as sementes. O adubo orgânico fornece nutrientes essenciais para as sementes durante a germinação e os estágios iniciais de crescimento. A água é adicionada para criar uma consistência moldável, permitindo que a mistura seja formada em pequenas bolas (Figura 2).

Figura 2 - Preparação da oficina de Seedboll no Parque Natural Municipal Pedra do Segredo durante o evento “Um dia no Parque”.



Fonte: Autores.

Com a mistura pronta, as bombas de sementes foram ser formadas. Este processo envolveu combinar as sementes com a mistura de argila e adubo, moldando-as em pequenas bolas do tamanho de uma bola de tênis. Após a modelagem, as bombas de sementes foram deixadas para secar ao sol por alguns dias até ficarem duras. Este processo de secagem é crucial, pois endurece a cápsula de argila, protegendo as sementes de predadores, como aves e roedores, e de condições climáticas adversas até que estejam prontas para germinar. Para a atividade, foram confeccionadas

previamente uma quantidade de bolas de sementes, para respeitar o tempo de secagem e para visualização pelos visitantes do Parque.

Foram disponibilizados para manuseio livros ilustrados sobre as espécies do Pampa possibilitando que os visitantes que tivessem interesse verificassem informações sobre cada uma, tais como ecologia e distribuição geográfica.

Como forma de avaliação da metodologia aplicada como ferramenta eficaz de interpretação da natureza, foi aplicado um questionário estruturado logo após a participação dos visitantes na oficina. No questionário constava as seguintes questões:

1. Qual seu gênero?
☐ Masculino
☐ Feminino
☐ Prefiro não dizer
2. Qual sua idade?
3. O que você busca encontrar em um parque?
☐ lazer
☐ contemplação
☐ equilíbrio
☐ aventura
4. Já conhecia a atividade de Seedball?
☐ Sim
☐ Não
☐ Não sei dizer
☐ Outro:
5. Achou a atividade lúdica?
☐ Sim
☐ Não
☐ Não sei dizer
☐ Outro:
6. Você acha que a atividade é uma maneira eficiente de ajudar a natureza a se recuperar?
☐ Sim
☐ Não
☐ Não sei dizer
☐ Outro:
7. Você já conhecia alguma das espécies utilizadas na atividade?
☐ Conhecia todas

- ☐ Conhecia de 2 a 3
- ☐ Conhecia apenas uma
- ☐ Não conhecia nenhuma

8. Você sabia que essas espécies pertencem ao Bioma Pampa?

- ☐ Sim
- ☐ Não
- ☐ Não sei dizer

Com os dados obtidos por meio do questionário aplicado aos participantes da atividade de seedboll no Parque, foi realizada uma análise estatística multivariada utilizando técnicas de agrupamento (KMeans) e redução de dimensionalidade (PCA - Análise de Componentes Principais). O objetivo foi identificar padrões de respostas e possíveis perfis comportamentais entre os participantes, com base em variáveis qualitativas como gênero, motivação da visita, conhecimento prévio sobre a técnica e percepção ambiental. A análise por KMeans permitiu dividir os participantes em dois grupos distintos, revelando diferenças entre perfis mais conscientes e engajados ambientalmente, e outros mais aventureiros, porém com menor familiaridade com o tema. A visualização dos clusters por PCA facilitou a interpretação gráfica desses agrupamentos, evidenciando a coerência interna dos grupos formados. Esse tipo de abordagem estatística é amplamente utilizado para análises exploratórias de dados categóricos, especialmente em estudos com enfoque qualitativo e amostras reduzidas (Hair *et al.*, 2009; Fávero *et al.*, 2009).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Durante o evento “Um dia no Parque - Natureza para todas as pessoas”, o PNMPS recebeu em torno de 250 visitantes, os quais se dividiram em grupos percorrendo as trilhas já estabelecidas na unidade de conservação, conforme retornavam da atividade, o interesse pela oficina de bombas de sementes crescia significativamente. A oficina contou com a participação de 25 visitantes, dentre eles 52% feminino (13), 48% masculino (12), em média com 26 anos, o que indica um público predominantemente jovem, possivelmente em idade universitária ou início da vida profissional.

A atividade de confecção de bombas de sementes teve início com a chegada espontânea de dois participantes, ambos demonstrando interesse pela proposta da oficina. A participante relatou já ter vivenciado essa prática na infância, o que sugere uma memória afetiva relacionada aos elementos da natureza, como a terra (Jacobi, 2003). A abordagem inicial seguiu com uma

introdução teórica, apresentando os fundamentos das bombas de sementes, seu histórico de uso como técnica de reflorestamento e recuperação de áreas degradadas, bem como sua aplicação em práticas de educação ambiental participativa (Mollison, 1991; Dias, 2015).

Com o início da etapa prática, as primeiras unidades foram confeccionadas com apoio da equipe facilitadora, assegurando a correta manipulação dos materiais e a compreensão do processo. Progressivamente, a participante adquiriu autonomia, sendo capaz de desenvolver as bombas sem auxílio adicional, o que favoreceu a produção contínua e variada.

Destacou-se, durante a oficina, o interesse dos participantes pelas espécies vegetais utilizadas na composição das bombas. Em resposta a essa curiosidade, os facilitadores utilizaram livros com ilustrações botânicas e descrições acessíveis sobre espécies nativas do bioma Pampa, enfatizando seus usos ecológicos, importância para a fauna local e papel na regeneração natural. Esse recurso didático permitiu ampliar o repertório dos participantes, promovendo um processo de sensibilização e valorização da biodiversidade (Reigota, 2010).

À medida que a atividade se desenvolvia, a participação inicial atraiu a atenção de transeuntes, que, movidos pela curiosidade, foram se aproximando e integrando-se à oficina. A cada novo participante, foi reiterada a contextualização sobre o objetivo da prática e sua relevância socioambiental. Em pouco tempo, o espaço foi completamente ocupado, reunindo um grande grupo de visitantes, entre participantes ativos e observadores (Figura 3).

Figura 3 - Participantes da oficina de seedball (bola de sementes) durante a confecção do material



Fonte: Autores.

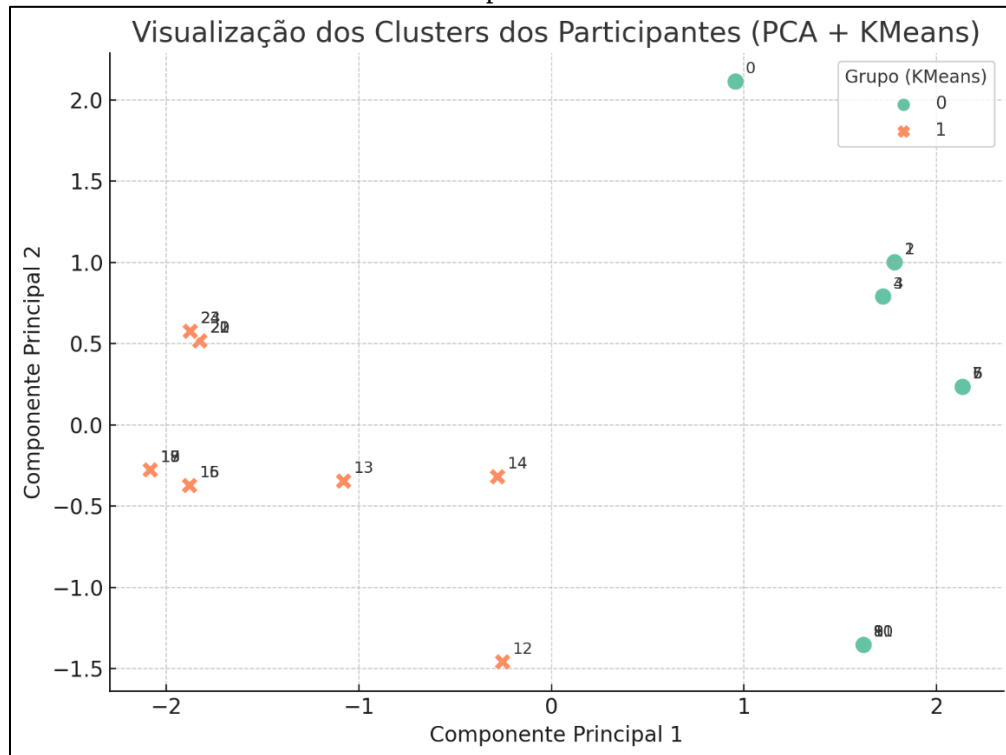
A presença constante desse público até o final da oficina indicou um alto nível de engajamento. Ao término, os participantes descreveram a experiência com termos como “terapêutica”, “relaxante” e “fácil”, destacando a dimensão afetiva e sensorial da prática, que se configura como um dispositivo potente de envolvimento comunitário e promoção da saúde mental, aspectos alinhados às propostas da educação ambiental crítica e transformadora (Loureiro, 2012).

Como etapa final da oficina, os participantes foram convidados a realizar o lançamento das bombas de sementes em direção a uma área de campo em processo de recuperação ecológica, localizada nas imediações do evento. Este momento simbólico foi marcado por expressões de entusiasmo e alegria coletiva, demonstrando não apenas o engajamento lúdico, mas também o comprometimento com a ação e seus desdobramentos ambientais. A prática de arremesso das bombas de sementes, além de representar o ápice da atividade, reforçou o vínculo entre os participantes e o território, contribuindo para o fortalecimento de valores ligados à responsabilidade socioambiental e à ação cidadã (Carvalho, 2004).

A análise estatística qualitativa e o agrupamento dos dados coletados na atividade de *seedball* permitiram identificar dois perfis distintos de engajamento dos participantes. Esses perfis revelam diferentes formas de interação com a proposta ecológica e educativa, o que se torna ainda mais relevante quando comparado à literatura nacional e internacional sobre educação ambiental, restauração ecológica e metodologias participativas. Os dados foram analisados com base nas respostas deles sobre gênero, objetivos no parque, conhecimento prévio, impressões sobre a atividade, familiaridade com espécies nativas e o bioma Pampa. Esses grupos representam padrões de comportamento e percepção que emergem naturalmente nos dados (Figura 4). No gráfico cada ponto representa um participante, as cores e formas indicam a qual grupo ele pertence e os números são os identificadores dos participantes, que podem ser usados para aprofundar análises específicas.

O Grupo 0 apresenta um perfil mais consciente e interessado, composto predominantemente por participantes do sexo masculino, cujo principal motivo de visita ao parque foi o lazer. Apesar de não terem conhecimento prévio sobre a técnica do *seedball*, os integrantes deste grupo avaliaram a atividade como divertida e reconheceram seu potencial como ferramenta eficaz para a restauração ambiental. Esse resultado converge com a abordagem de *Educação Ambiental Baseada na Natureza* (Nature-Based Solutions – NbS), conforme proposto por Hsu (2025), na qual se destaca que o envolvimento ativo com o ambiente natural promove não apenas o aprendizado cognitivo, mas também mudanças atitudinais e comportamentais no participante.

Figura 4 - Gráfico de análise dos participantes do Seedball por meio de Análise de Componentes Principais- PCA



Fonte: Autores.

Além disso, demonstraram maior familiaridade com as espécies utilizadas e sabiam que estas pertencem ao bioma Pampa. Tais características sugerem uma maior abertura à aprendizagem e à conscientização ambiental, mesmo em indivíduos sem experiência prévia formal. A atividade, nesse caso, parece ter despertado uma postura reflexiva e engajada, favorecendo a internalização de informações ecológicas, como reforçado pelo modelo do *Círculo da Coragem*, que valoriza pertencimento, domínio, independência e generosidade como pilares da educação transformadora (Wenger-Schulman; Hoffman, 2018).

Por outro lado, o Grupo 1 se destacou por um perfil mais aventureiro, contudo com menor base de conhecimento ambiental. Formado majoritariamente por participantes do sexo feminino, esse grupo foi motivado pela busca por experiências de aventura no parque. Ainda que também não conhecessem previamente a técnica do *seedball*, os integrantes avaliaram positivamente a experiência quanto ao aspecto lúdico, embora demonstrassem incerteza quanto à eficácia da técnica na restauração da natureza. Os dados corroboram a ideia de que experiências lúdicas e sensoriais são eficazes em despertar o interesse inicial, mas necessitam ser acompanhadas de estratégias de

aprofundamento educacional para gerar mudanças mais duradouras (Von Lachmann *et al.*, 2021). A vivência em ambientes protegidos, segundo os autores, potencializa o aprendizado emocional e cognitivo, mesmo em perfis inicialmente distantes da temática ambiental.

Embora tenham apresentado baixo conhecimento sobre as espécies utilizadas e sobre o bioma Pampa, esse grupo pode ser caracterizado como ativo e receptivo, porém com menor repertório ambiental, o que indica um potencial de engajamento que pode ser ampliado por meio de estratégias educativas mais acessíveis e sensoriais. Esse tipo de público se beneficia especialmente de metodologias lúdicas e sensoriais, como evidenciado na experiência realizada pela organização *Sports for Hope and Independence* (SHI), que integrou atividades esportivas e confecção de seed balls para promover a consciência ambiental em crianças (Sport and Dev, 2023). A interação corporal e simbólica com o meio ambiente, mesmo que inicialmente desvinculada de objetivos ecológicos explícitos, pode despertar o interesse e a responsabilidade ambiental a partir da experiência.

Esses resultados indicam que a atividade de *seedball* foi bem recebida por diferentes perfis de participantes, reforçando seu valor como ferramenta de educação ambiental. Enquanto um dos grupos demonstrou maior predisposição para a reflexão e aprendizado, o outro mostrou entusiasmo pela vivência prática, embora careça de base informacional. Isso revela a necessidade de adaptação pedagógica das atividades, respeitando as particularidades de cada público. Nesse sentido, os resultados obtidos neste estudo indicam que a técnica do *seedball*, além de seu valor ecológico reconhecido por autores como Martins *et al.* (2021), também se configura como uma ferramenta educativa de baixo custo, lúdica e replicável, com forte potencial de despertar a empatia e o engajamento com a natureza, sobretudo se associada a abordagens integradas e participativas (Martins *et al.*, 2021; WWF, 2021).

Para o grupo mais consciente, se recomenda a oferta de conteúdos mais aprofundados e momentos de debate, que favoreçam a consolidação do conhecimento. Já para o grupo mais dinâmico e sensorial, se sugere a criação de experiências práticas e lúdicas que, posteriormente, conduzam à introdução de informações sobre biodiversidade, biomas e conservação. Essa abordagem personalizada contribui para uma formação ambiental mais efetiva e significativa, reforçando o papel do parque como espaço de educação, sensibilização e transformação socioambiental.

Nessa perspectiva, a atividade de confecção e lançamento de bolas de sementes mostrou-se eficiente como ferramenta pedagógica e de restauração ecológica a ser utilizada de forma lúdica com visitantes em Parques Nacionais. Além do seu caráter acessível e participativo, a técnica possibilita o contato direto com o solo, as sementes e os ciclos da natureza, promovendo um aprendizado prático e interdisciplinar, bem como despertar memórias afetivas e formar vínculos com a unidade de conservação.

Essa abordagem foi igualmente eficaz na experiência da Friends School of Minnesota, em que estudantes do ensino fundamental utilizaram *seedballs* para restaurar pradarias em parceria com guardas-parques, integrando conceitos de ciências e matemática ao contexto ambiental (Friends School of Minnesota, 2016).

Adicionalmente, o uso das *seedballs* tem sido amplamente adotado em iniciativas de restauração ecológica, como no Parque Estadual da Serra do Mar, em São Paulo, onde a técnica é aplicada para recompor áreas degradadas, atrair fauna e reintroduzir espécies nativas (Fundação Florestal, 2018). Isso reforça a percepção dos participantes quanto à viabilidade da técnica para o restabelecimento da vegetação, mesmo em contextos urbanos ou semiurbanos, como o do parque em questão.

A produção das *seedballs* também segue recomendações técnicas específicas para garantir sua eficácia, como apontado por fontes especializadas em jardinagem e educação ambiental. A correta proporção entre argila, substrato e sementes, assim como a escolha de espécies adaptadas ao bioma local, são determinantes para a germinação e o sucesso da restauração (Gardening Know How, 2023). Tais aspectos foram contemplados na atividade analisada, e sua explicitação durante a dinâmica favoreceu o aprendizado técnico e científico dos participantes.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

As unidades de conservação desempenham um papel fundamental não apenas na proteção da biodiversidade, mas também como espaços privilegiados para a educação ambiental transformadora, especialmente quando abertas à visitação pública com atividades interpretativas e participativas. A realização do evento “Um dia no Parque – Natureza para todas as pessoas” no Parque Natural Municipal da Pedra do Segredo (PNMPS) evidenciou esse potencial educativo e mobilizador.

A atividade (oficina) de bombas de sementes (seedballs) destacou-se por seu poder de atrair e engajar o público de perfil jovem. A crescente adesão espontânea ao longo da oficina revelou não apenas o interesse pela prática, mas também a capacidade de atividades lúdico-educativas despertarem curiosidade, afeto e participação ativa, reforçando o potencial dos parques como espaços de construção de conhecimento e sensibilização ecológica.

A oficina propiciou uma experiência prática de educação ambiental, integrando teoria e prática ao abordar temas como a restauração ecológica, o uso de espécies nativas do bioma Pampa e o papel de cada indivíduo na regeneração da natureza. O uso de recursos como livros botânicos ilustrados favoreceu o letramento ecológico, ampliando o repertório dos participantes e promovendo o reconhecimento da diversidade vegetal local. As referências afetivas despertadas, como no caso da participante que relatou contato com a prática na infância, ilustram como essas ações podem evocar memórias e fortalecer vínculos com o ambiente.

Ao final da oficina, o lançamento coletivo das seedballs em uma área de campo em recuperação ecológica simbolizou não apenas o fechamento da atividade, mas também um ato de conexão simbólica e engajamento socioambiental. Esse momento, repleto de entusiasmo e pertencimento, evidencia a potência das oficinas como práticas de educação ambiental crítica, promovendo valores como responsabilidade, cooperação e cidadania ecológica.

Assim, conclui-se que oficinas de bombas de sementes representam uma estratégia potente de mobilização ecológica e cidadã, principalmente quando realizadas em áreas naturais protegidas. Essas atividades favorecem o encontro entre ciência, afeto e ação, promovendo o encantamento com o ambiente e o reconhecimento do papel ativo de cada indivíduo na construção de um futuro mais sustentável. Reforça-se, portanto, a necessidade de se ampliar a oferta de atividades interpretativas em unidades de conservação, assegurando o direito à natureza como um bem comum, educativo e regenerador.

REFERÊNCIAS

- BEGON, Michael; TOWNSEND, Colin R.; HARPER, John L. **Ecologia:** de indivíduos a ecossistemas. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2007.
- CARVALHO, Isabel Cristina de Moura. **A educação ambiental:** a formação do sujeito ecológico. São Paulo: Cortez, 2004.

DIAS, Genebaldo Freire. **Educação ambiental: princípios e práticas**. 11. ed. São Paulo: Gaia, 2015.

DOUROJEANNI, Marc J.; PÁDUA, Maria Tereza Jorge. **Arcas à deriva: unidades de conservação no Brasil**. Rio de Janeiro: Technical Books, 2013.

FÁVERO, Luiz Paulo; BELFIORE, Patricia. **Análise de dados: modelagem multivariada para tomada de decisões**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2009.

FRIENDS SCHOOL OF MINNESOTA. **Seed bombs, math and science with the national parks**, 2016. Disponível em: <https://fsmn.org/2016/03/seed-bombs-math-and-science-with-the-national-parks/>. Acesso em: 9 abr. 2025.

FUNDAÇÃO FLORESTAL. **PESM Núcleo Padre Dória lança bolas de sementes no Dia da Terra**, 2018. Disponível em: <https://fflorestal.sp.gov.br/2018/04/pesm-nucleo-padre-doria-lanca-bolas-de-sementes-no-dia-da-terra/>. Acesso em: 9 abr. 2025.

GARDENING KNOW HOW. **Making seed balls – fun with seed balls for kids**, 2023. Disponível em: <https://www.gardeningknowhow.com/special/children/making-seed-balls.htm>. Acesso em: 9 abr. 2025.

HAIR, Joseph F. **Análise multivariada de dados**. 6. ed. Porto Alegre: Bookman, 2009.

HSU, Chih-Hung. Outdoor environmental education as a nature-based solution for “education” and “environment”: a new conceptual framework and its pilot application in a coastal community case study in Taiwan. **Journal of Coastal Conservation**, v. 29, p. 13, 2025.

INSTITUTO DO HOMEM E MEIO AMBIENTE DA AMAZÔNIA – IMAZON. **Campanha Um Dia no Parque é lançada com objetivo de levar mais de 100 mil pessoas às Unidades de Conservação brasileiras**. Disponível em: <https://imazon.org.br/imprensa/campanha-um-dia-no-parque-e-lancada-com-objetivo-de-levar-mais-de-100-mil-pessoas-as-unidades-de-conservacao-brasileiras>. Acesso em: 31 mar. 2025.

JACOBI, Pedro Roberto. Educação ambiental, cidadania e sustentabilidade. **Cadernos de Pesquisa**, n. 118, p. 189-205, jul. 2003.

LOUREIRO, Carlos Frederico Bernardo. Educação ambiental e sustentabilidade: elementos para o debate educacional contemporâneo. **Revista Brasileira de Educação**, v. 17, n. 51, p. 307-323, 2012.

MARTINS, Sebastião Venâncio. **Bolas de sementes com rejeito da barragem de Fundão: uma inovação na restauração florestal das áreas atingidas na região de Mariana, MG**. Viçosa: UFV, 2021.

MATHEUS, Marcelo; CORRÊA, Ana Alice. A escravidão em uma perspectiva comparativa: Caçapava do Sul (RS, Brasil) e Brazoria (Texas) – primeira metade do século XIX. **Revista História: Debates e Tendências**, v. 18, p. 247–259, 2018. DOI: 10.5335/hdtv.18n.2.8074.

MOLLISON, Bill. **Introdução à permacultura**. São Paulo: Via Agrária, 1991.

ODUM, Eugene P. **Ecologia**. 5. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1988.

REIGOTA, Marcos. **O que é educação ambiental**. 3. ed. São Paulo: Brasiliense, 2010.

SPORT AND DEV. **SHI inspires eco-consciousness in children through seed ball sports session**. 2023. Disponível em: <https://www.sportanddev.org/latest/news/shi-inspires-eco-consciousness-children-through-seed-ball-sports-session>. Acesso em: 9 abr. 2025.

STUDER, Peter. **Manejo ecológico do solo: fundamentos para uma agricultura sustentável**. São Paulo: Ícone, 2005.

THE NATURE CONSERVANCY BRASIL (TNC). **Um Dia no Parque**, 2022. Disponível em: <https://www.tnc.org.br/conecte-se/comunicacao/noticias/um-dia-no-parque-2022>. Acesso em: 31 mar. 2025.

VIEIRA, Ricardo; MORAIS, Marília; TORALES-CAMPOS, Marília. **Educação ambiental e políticas públicas: indicadores e instrumentos participativos**. Brasília: MMA, 2020.

VON LACHMANN, Markus; DE SOUZA COUTO, Rodrigo; PORTAS, Rafael. Environmental education in protected areas in Petrópolis, Rio de Janeiro: children as agents of empathy for and engagement with the cause of nature conservation. *In: LEARN X DESIGN 2021*. Shandong University of Art & Design, China, 2021.

WENGER-SCHULMAN, Amanda R. S.; HOFFMAN, Lora. Seed Balls and the Circle of Courage: a decolonization model of youth development in an environmental stewardship program. **Afterschool Matters**, Spring, 2018.

WWF-BRASIL. **Um Dia no Parque leva mais de 120 mil pessoas às Unidades de Conservação brasileiras**. Disponível em: <https://www.wwf.org.br/?86561/Um-Dia-No-Parque-leva-mais-de-120-mil-pessoas-as-Unidades-de-Conservacao-brasileiras>. Acesso em: 31 mar. 2025.

METODOLOGIAS ATIVAS E EDUCAÇÃO EM SAÚDE AMBIENTAL EM UMA COMUNIDADE RURAL DE ARATUBA, CEARÁ

Antonio Ferreira **LIMA JÚNIOR**

Doutor em Geografia pela Universidade Federal do Ceará (UFC). Docente do Departamento de Geografia e do Programa de Pós-Graduação em Geografia da UFC.

E-mail: antoniojunior@ufc.br

Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-0848-3540>

Natan da Silva **FREITAS**

Bacharel em Ciências Biológicas pela Universidade Federal do Ceará (UFC). Consultor ambiental no Centro de Desenvolvimento e Planejamento Administrativo Municipal

E-mail: natan.freitas.2003.02@gmail.com

Orcid: <https://orcid.org/0009-0001-5473-9156>

Jordânia Kênia Cândido **GOMES**

Licenciada em Ciências Biológicas pela Universidade Estadual do Ceará (UECE). Pós-graduanda em Gestão Ambiental pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE)

E-mail: jordaniagomes09@gmail.com

Orcid: <https://orcid.org/0009-0006-5645-0467>

*Recebido
Janeiro de 2026*

*Aceito
Junho de 2026*

*Publicado
Junho de 2026*

Resumo: Mesmo em ambientes com relativa abundância hídrica, percebe-se a necessidade de fortalecer o uso consciente e seguro da água, especialmente em contextos de vulnerabilidade socioambiental, visando o fortalecimento das políticas de saúde ambiental e prevenção de doenças de veiculação hídrica. Este estudo avaliou a aplicação de metodologias ativas na educação em saúde ambiental voltada ao sistema de abastecimento de água na comunidade rural de Segredo, em Aratuba/CE. Foram utilizadas estratégias de Aprendizagem Baseada em Problemas (PBL), oficinas, seminários e dinâmicas participativas. As ações foram organizadas em sete etapas, com foco na autonomia dos participantes, na valorização de saberes locais e na integração entre teoria

e prática. Foram aplicados questionários em 130 domicílios para diagnóstico de Conhecimentos, Atitudes e Práticas (CAP) relacionadas ao uso da água. Constatou-se que, embora a maioria reconheça a importância do acesso à água potável, um terço da população ainda consome água sem tratamento. As capacitações e seminários envolveram cerca de 200 moradores e agentes locais, promovendo sensibilização sobre o vínculo entre água, saúde e meio ambiente. Constatou-se que houve forte adesão nas atividades promovidas pelos multiplicadores da própria comunidade, indicando a importância de agentes multiplicadores locais na promoção da saúde ambiental comunitária. Os resultados apontam para a eficácia das metodologias ativas na promoção da educação ambiental e no fortalecimento das ações de saneamento em comunidades tradicionais, uma vez que o diálogo entre o corpo técnico e a comunidade, facilitado pelos agentes locais, contribuiu para o fortalecimento de boas práticas e uso consciente da água na comunidade.

Palavras-chave: educação ambiental; abastecimento de água; saneamento ambiental.

ACTIVE LEARNING AND ENVIRONMENTAL HEALTH EDUCATION IN A RURAL COMMUNITY OF ARATUBA, CEARÁ

Abstract: Even in environments with relatively abundant water resources, there is a perceived need to strengthen the conscious and safe use of water, especially in contexts of socio-environmental vulnerability, aiming to strengthen environmental health policies and prevent waterborne diseases. This study evaluated the application of active learning in environmental health education focused on the water supply system in the rural community of Segredo, in Aratuba/CE. Problem-Based Learning (PBL) strategies, workshops, seminars, and participatory activities were used. The actions were organized into seven stages, focusing on participant autonomy, valuing local knowledge, and integrating theory and practice. Questionnaires were applied in 130 households to diagnose Knowledge, Attitudes, and Practices (CAP) related to water use. It was found that, although most recognize the importance of access to potable water, one-third of the population still consumes untreated water. The training sessions and seminars involved approximately 200 residents and local agents, promoting awareness of the link between water, health, and the environment. It was found that there was strong participation in the activities promoted by multipliers from the community itself, indicating the importance of local multipliers in promoting community environmental health. The results point to the effectiveness of active learning in promoting environmental education and strengthening sanitation actions in traditional communities, since the dialogue between the technical staff and the community, facilitated by local agents, contributed to the strengthening of good practices and conscious use of water in the community.

Keywords: environmental education; water supply; environmental sanitation.

METODOLOGÍAS ACTIVAS Y EDUCACIÓN EN SALUD AMBIENTAL EN UNA COMUNIDAD RURAL DE ARATUBA, CEARÁ

Resumen: Incluso en entornos con recursos hídricos relativamente abundantes, se percibe la necesidad de fortalecer el uso consciente y seguro del agua, especialmente en contextos de vulnerabilidad socioambiental, con el objetivo de fortalecer las políticas de salud ambiental y prevenir enfermedades transmitidas por el agua. Este estudio evaluó la aplicación de metodologías activas en la educación en salud ambiental, centrada en el sistema de abastecimiento de agua de la comunidad rural de Segredo, en Aratuba/CE. Se utilizaron estrategias de Aprendizaje Basado en Problemas (ABP), talleres, seminarios y actividades participativas. Las acciones se organizaron en siete etapas, priorizando la autonomía de los participantes, la valoración del conocimiento local y la integración de la teoría y la práctica. Se aplicaron cuestionarios en 130 hogares para diagnosticar los Conocimientos, Actitudes y Prácticas (CAP) relacionados con el uso del agua. Se observó que, si bien la mayoría reconoce la importancia del acceso al agua potable, un tercio de la población aún consume agua sin tratar. Las capacitaciones y seminarios involucraron a aproximadamente 200 residentes y agentes locales, promoviendo la concienciación sobre la relación entre el agua, la salud y el medio ambiente. Se observó una fuerte participación en las actividades promovidas por los multiplicadores de la propia comunidad, lo que indica la importancia de los multiplicadores locales en la promoción de la salud ambiental comunitaria. Los resultados apuntan a la eficacia de las metodologías activas para promover la educación ambiental y fortalecer las acciones de saneamiento en las comunidades tradicionales, ya que el diálogo entre el personal técnico y la comunidad, facilitado por los agentes locales, contribuyó al fortalecimiento de las buenas prácticas y el uso responsable del agua en la comunidad.

Palabras clave: Educación ambiental; Abastecimiento de agua; saneamiento ambiental.

INTRODUÇÃO

Com base na Organização Mundial da Saúde (OMS), o Ministério da Saúde define saúde ambiental como a área da saúde pública dedicada à formulação de políticas públicas, estudando a interação entre fatores ambientais e saúde humana, e como essa determina e influencia a qualidade de vida da população (Radicchi; Lemos, 2009). A Vigilância em Saúde Ambiental (VSA) é atividade do Ministério da Saúde, e diz respeito às ações voltadas a monitorar mudanças nos fatores ambientais, cujos padrões de qualidade são definidos por resoluções do CONAMA (Conselho Nacional do Meio Ambiente), que afetam a saúde humana (Brasil, 2025), incluindo as questões hídricas.

Em relação a qualidade da água fornecida à população, o VIGIAGUA, ou Programa Nacional de Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano, é a política pública que busca promover a saúde pública e combater doenças de veiculação hídrica, visando entre outros

“Minimizar os riscos à saúde relacionados ao consumo de água não segura, por meio de práticas de educação em saúde, como as orientações sobre boas práticas domiciliares relacionadas à água de consumo humano” (Brasil, 2018, p. 7).

A qualidade do abastecimento de água, principalmente localizadas em área rurais, interfere diretamente nos agravos de saúde pública. Destaca-se entre as principais enfermidades relacionadas à qualidade da água, a doença diarreica (Oliveira *et al.*, 2017). Diversos estudos indicam a relação das condições de abastecimento hídrico com a ocorrência de doença diarreica aguda, apontando também os impactos das condições de saneamento ambiental na redução dos riscos (Gross *et al.*, 1989; Benicio; Monteiro, 2000; Fewtrell *et al.*, 2005). Junto à implementação de novas medidas técnicas para melhoria da qualidade do abastecimento, é necessário agregar ações de educação ambiental, uma vez que fortalece o pensamento crítico e reflexivo na conscientização e na mobilização dos agentes sociais (Pereira; Melo; Fernandes, 2012).

No âmbito da saúde ambiental, a educação ambiental é uma ferramenta poderosa para conscientizar e sensibilizar populações tradicionalmente excluídas do seu direito ao saneamento básico, devendo ser incluída em projetos de infraestrutura, tais como abastecimento hídrico, rede de coleta de esgoto e melhorias sanitárias domiciliares, visando o melhor uso e conservação pela população (Ribeiro; Günther, 2002). Estudos apontam a educação ambiental como uma importante ferramenta de transformação social, principalmente no desenvolvimento de uma consciência ambientalista, eficaz no enfrentamento aos problemas hídricos (Iorio *et al.*, 2009; Santana; Freitas, 2012).

Dessa forma, as metodologias ativas de aprendizagem podem ser um auxílio importante para esse processo, frente ao desafio de facilitar o aprendizado de populações com baixa escolaridade. Isso se dá pela sua natureza formadora e de rompimento com o modelo tradicional de ensino, pois essas estratégias visam a autonomia do aluno, o trabalho em equipe, a integração entre teoria e prática e o desenvolvimento de uma visão crítica da realidade, tornando o aluno protagonista no processo de aprendizagem (Ferreira Paiva *et al.*, 2016; Lovato *et al.*, 2018). Estratégias de metodologias ativas são vistas positivamente, quando o intuito é promover mudanças sociais visando à sustentabilidade (Quintero-Angel *et al.*, 2024).

No estado do Ceará, estudos apontam problemas em relação à qualidade da água em diversas fontes de abastecimento (como poços e cisternas, amplamente utilizados em regiões que

apresentam déficit hídrico), apontando a necessidade da ampliação de sistemas de saneamento ambiental para solucionar os problemas oriundos desse cenário (Costa *et al.*, 2013; Braga *et al.*, 2017; Da Silva; Bezerra; Ribeiro, 2020).

O município de Aratuba, localizado no Maciço de Baturité, está situado no que se chama “brejos de altitude”, regiões onde as chuvas orográficas conferem umidade elevada e a paisagem destoa da Caatinga nordestina, estando presentes em cerca de 64 serras úmidas distribuídas pelo Nordeste brasileiro (Medeiros; Cestaro, 2019). Essas paisagens representam apenas cerca de 5% do sertão nordestino (Bétard; Peulvast; Claudino-Sales, 2007), contudo, são imprescindíveis na recarga de bacias hidrográficas, tendo em vista o número de nascentes incluídas em sua área, o que torna a questão do tratamento de esgoto e saneamento básico especialmente sensíveis.

Por conta desses fatores climáticos, Aratuba, assim como outros municípios cearenses localizados em diferentes brejos de altitude, enfrenta poucos problemas em relação à escassez de água, questão predominante para diversas cidades no interior do Ceará (Moro *et al.*, 2015). Ainda assim, certas comunidades enfrentam questões adversas no abastecimento de água e saneamento básico, mesmo que não sejam afetadas pela seca, mas sim pela ausência de um sistema de abastecimento com infraestrutura efetiva. Dessa forma, essas populações estão mais suscetíveis a problemas relacionados à falta de saneamento ambiental, como contaminação de corpos d’água, doenças relacionadas à qualidade da água, poluição, entre outras (Freire, 2007).

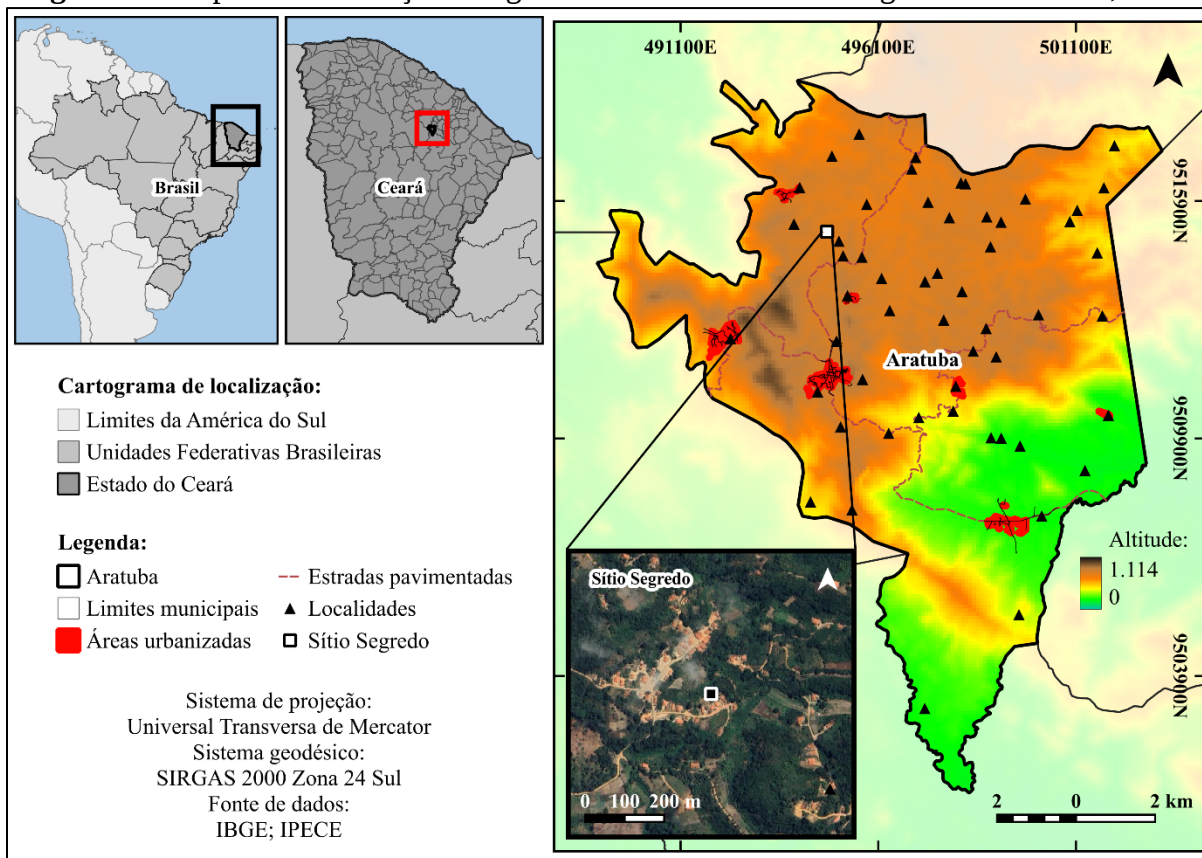
Conquanto, o investimento e instalação de infraestrutura sanitária não é suficiente para garantir a saúde da população, onde se faz necessária a educação ambiental como recurso de informação democrático, permitindo a manutenção desses serviços e usufruto pelos cidadãos. Assim, foi aplicado o projeto “Educação em saúde ambiental do sistema de abastecimento de água em áreas rurais e comunidades tradicionais no município de Aratuba”, na comunidade de Segredo, em Aratuba-CE, com o objetivo de atender as famílias beneficiadas com ações de Saneamento em Sistema de Abastecimento de Água, com atividades de educação em saúde ambiental. Esse Projeto foi idealizado pela Prefeitura Municipal de Aratuba, financiado com recursos da FUNASA (Fundação Nacional de Saúde), e executado pela empresa CEDEPAM (Centro de Desenvolvimento e Planejamento Administrativo Municipal), em 2020.

Nesse contexto, o objetivo deste estudo foi avaliar a aplicação de metodologias ativas na educação em saúde ambiental na comunidade Segredo no município de Aratuba, localizado em uma serra úmida do estado do Ceará, região nordeste brasileira.

METODOLOGIA

O projeto ao qual se refere o presente trabalho, financiado pela FUNASA, se deu no município de Aratuba, na comunidade rural de Segredo (Figura 1), que foi beneficiada com a instalação de um Sistema de Abastecimento de Água. Dessa forma, as atividades educacionais, realizadas ocorreram na mesma localidade.

Figura 1 – Mapa de Localização Geográfica da localidade Sítio Segredo em Aratuba, Ceará



Fonte: IBGE/ IPECE. Os autores (2025).

Para o desenvolvimento das atividades educacionais do projeto, foram utilizadas diversas estratégias de metodologias ativas de aprendizagem. Dentre essas, destaca-se a Aprendizagem Baseada em Problemas (Problem-Based Learning – PBL), aliada a seminários, oficinas e dinâmicas

participativas. Essa abordagem foi escolhida por promover maior envolvimento dos participantes, estimular o pensamento crítico e favorecer a construção coletiva do conhecimento, conforme defendido por Lovato *et al.* (2018).

Diversos estudos apontam a eficácia da PBL, principalmente aplicada na Educação Ambiental, onde os grupos que utilizaram o modelo de aprendizagem PBL com apresentaram mudanças significativas em aspectos do conhecimento (Paredes-Curin, 2016; Rachman; Sugimaru; Matsumoto, 2020). Em relação ao uso da PBL, Vasconcelos (2012) indica que a água é um dos assuntos citados no que tange aos aspectos de qualidade, corroborando com a utilização dessa abordagem nesse caso específico.

O processo educativo foi estruturado em sete etapas progressivas, conforme detalhado no Quadro 1, sendo cada fase pensada para favorecer a autonomia dos participantes e a aplicação prática dos conteúdos. O planejamento seguiu a lógica do ciclo de aprendizagem experiencial, iniciando com diagnóstico situacional (identificação de conhecimentos prévios e práticas), passando por momentos de sensibilização, capacitação e aplicação de conhecimentos por meio de agentes multiplicadores.

Quadro 1 – Etapas do projeto e estratégias de Metodologias Ativas aplicadas

Ação realizada	Estratégia ativa	Recursos utilizados	Público-alvo
Diagnóstico situacional CAP (Conhecimentos, Atitudes e Práticas)	Entrevista ativa com reflexão	Questionário orientado, roda de conversa	Famílias da comunidade beneficiada
Oficina para capacitação do GTI (Grupo de Trabalho Interinstitucional)	PBL, discussão orientada	Projeto, slides, dinâmica em grupo	Técnicos e lideranças locais
Seminários de mobilização	Aula participativa e resolução de problemas	Vídeos, dramatizações, exposição dialogada	Moradores da comunidade beneficiada
Matriz de Riscos do Projeto	PBL, análise crítica por equipe multidisciplinar	Estudo de caso, debate técnico	Técnicos municipais
Curso para agentes multiplicadores	PBL, aprendizagem colaborativa	Módulos temáticos, dinâmicas de grupo	Lideranças locais e comunidade em geral

Seminários temáticos	Oficinas práticas, exemplos locais	Audiovisuais, maquetes e simulações	Moradores da comunidade beneficiada
Curso final de Educação Ambiental	Aprendizagem colaborativa	Dinâmicas de grupo, exercícios práticos	Moradores da comunidade beneficiada

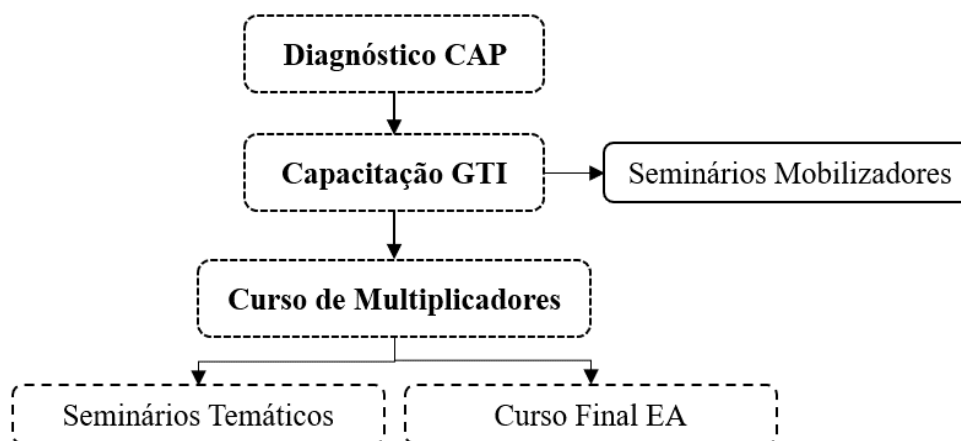
Fonte: Os autores (2025).

Durante a execução, as metodologias ativas foram fundamentais para superar o desafio da baixa escolaridade e da desconfiança inicial da comunidade. A técnica PBL foi aplicada com base em situações-problema retiradas do cotidiano local, como "o que fazer se a água da torneira estiver turva?" ou "como evitar doenças na ausência de coleta de esgoto?". Essas problemáticas eram apresentadas em grupos, que discutiam possíveis soluções sob a mediação dos facilitadores.

As atividades priorizaram a horizontalidade, permitindo que os saberes locais fossem valorizados e integrados ao processo de ensino-aprendizagem, tendo em vista que a valorização dos saberes locais é um importante recurso para a Educação Ambiental (Ferreira *et al.*, 2025). Cada encontro finalizou com uma devolutiva coletiva, sistematizando as aprendizagens e conectando o conteúdo com as decisões práticas no ambiente doméstico ou comunitário.

O fluxograma (Figura 2) abaixo apresenta a sequência metodológica aplicada, destacando a interdependência entre diagnóstico, ação educativa e avaliação:

Figura 2 – Organização Metodológica do Projeto



Fonte: Os autores (2025).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O projeto Educação em Saúde Ambiental do Sistema de Abastecimento de Água em áreas rurais e comunidades tradicionais no município de Aratuba, desenvolvido junto à comunidade de Segredo, foi dividido em 7 etapas, planejadas de forma a utilizar metodologias ativas de aprendizado, visto a importância desse processo para o cotidiano da população. Sendo essas:

Etapas 1: Diagnóstico Situacional para Identificar Conhecimentos, Atitudes e Práticas (CAP) das famílias atendidas com as ações de Saneamento em Sistema de Abastecimento Público de Água.

Essa etapa é fundamental para compreender todos os aspectos que envolverão as abordagens da educação ambiental, como questões sociais, ambientais, culturais, econômicas e os conflitos (Blengini *et al.*, 2019). Para a realização do Diagnóstico Situacional, foram realizadas entrevistas com questionários estruturados aplicados a todos os domicílios incluídos na área de estudo, mesmo quando não beneficiados pelas obras de instalação de Sistema de Abastecimento de Água (SAA). A pesquisa foi do tipo descritiva, com abordagem quali-quantitativa, e foi realizada em cerca de 130 domicílios, visitados previamente para saber sua situação de ocupação e atendimento pela infraestrutura instalada. Durante a visita, foi constatado que das 122 famílias que deveriam ser beneficiadas pela obra, somente 86 foram contempladas.

A pesquisa foi realizada por 5 técnicos de campo, entrevistando moradores da área do projeto que aceitaram participar do questionário de forma voluntária, durante a primeira quinzena do mês de maio de 2023. As perguntas respondidas diziam respeito a participação em programas sociais do governo; se o entrevistado foi beneficiado pela instalação do SAA público da FUNASA; identificação pessoal de gênero, raça, além de dados de faixa etária, escolaridade, número de membros da família, renda e ocupação; informações gerais sobre a residência; informações sobre o suprimento e armazenamento de água na residência; situação do esgotamento sanitário na residência, assim como o manejo de resíduos sólidos; Conhecimento sobre a FUNASA e uso correto de água potável, assim como sua importância; situação atual do abastecimento de água na comunidade; e por fim, hábitos no uso doméstico da água.

Com os resultados em mãos, foi possível concluir que tanto a população não beneficiada pelas obras, quanto a beneficiada, concorda que o acesso à água potável melhora as condições de

higiene e saúde pública, sendo essenciais ações como a da FUNASA para reduzir os riscos de doenças como “diarreia” (108), “arboviroses” (83), “lombriga” (56) - referindo-se a ascaridíase - e “cólera” (49). Além disso, mais de 97% dos entrevistados entraram em consenso que o abastecimento de água potável é um problema na comunidade, enxergando grande importância na instalação de SAA na comunidade de Segredo. Entre as práticas da população, o principal dado coletado foi o método de tratamento utilizado, onde foram utilizados tratamentos tais como adição de hipoclorito de sódio (44%) e filtração (20%). Contudo, um terço da população afirmou ainda consumir água sem tratamento, o que se mostrou preocupante diante dos esforços para a redução dos riscos à saúde humana.

Etapas 2: Oficina para Capacitação do Grupo de Trabalho Interinstitucional para atuação junto às famílias contempladas com o Sistema de Abastecimento Público de Água

De acordo com Medina (2002) o grupo de trabalho deve ser nomeado pelo órgão ou autoridade competente, devem ser sujeitos capazes de resolver um problema concreto ou atuar em torno de uma tarefa temporária. Nessa etapa, foram ministrados 24 horas/aula, com aproximadamente 20 alunos, entre técnicos da prefeitura e lideranças locais, capacitando agentes de atuação e os instruindo sobre saúde ambiental e as melhorias no saneamento básico trazidas pelo projeto. Assim, foi formado o GTI (Grupo de Trabalho Interinstitucional), constituído por técnicos designados pelo município para acompanhar o Projeto, dentre eles, alguns são moradores da comunidade de Segredo, o que auxiliou a entender a percepção dos beneficiários.

Entre os conteúdos expostos ao GTI, estavam o projeto de abastecimento de água, o projeto de educação em saúde ambiental, o manejo adequado da água no domicílio, uso do filtro doméstico, aplicação do hipoclorito de sódio, sistemas de abastecimento de água e ferramentas de acompanhamento do Projeto. Essas aulas foram desenvolvidas com auxílio de equipamentos como projetor de slides, lousa e notebook, visando capacitar uma equipe local para acompanhar as etapas do projeto, estando aptos também a colaborar com seu objetivo.

Etapas 3: 2 seminários de mobilização e sensibilização (4h/a/cada) para os 320 beneficiários residentes nas localidades de Segredo

Nos dias 21/05/2023 e 18/06/2023 foram realizados dois (2) seminários de mobilização e sensibilização para a população residente na localidade de Segredo (Figura 3 e 4), município de

Aratuba/CE. A meta era atingir um público de 320 moradores, contudo, diante da realidade da comunidade, que não possui essa quantidade de moradores adultos, os seminários foram realizados com o máximo de público possível, cerca de 200 participantes, garantindo o objetivo principal, que era a mobilização e conscientização dessa população.

Figura 3 – Fotografia do Seminário de mobilização realizado em 21/05/2023



Fonte: Acervo CEDEPAM (2023).

Os seminários foram iniciados com um momento de acolhida e atividades dinâmicas, visando diminuir a timidez dos participantes e garantir a interação desses com o conteúdo. Nessas exposições foram abordados tópicos como: Relação entre saúde e meio ambiente; Importância do acesso à água potável; Água e saúde humana; Principais doenças de veiculação hídrica e sua prevenção; Fontes de poluição da água, entre outros.

Figura 4 – Fotografia do Seminário de mobilização realizado 18/06/2023



Fonte: Acervo CEDEPAM (2023).

A metodologia utilizada na realização dos seminários foi a participativa, com técnicas de ensino que utilizam recursos didáticos e de audiovisual, tais como aula expositiva, projetor, notebook, caixa de som e microfone. Também foram utilizados vídeos animados de curta duração para fortalecer o processo ensino-aprendizagem do público-alvo, facilitando o acesso às pessoas com menor grau de escolaridade, o que é predominante na localidade.

Etapa 4: Matriz de Riscos do Projeto

Essa etapa visou a identificação de possíveis problemas no andamento da obra de implantação do sistema de abastecimento público de água, através da análise do projeto da obra, análise das partes interessadas, normativos dos convênios etc.

Essa etapa buscou identificar e determinar os riscos do Projeto do Sistema de Abastecimento de Água da localidade de Segredo que precisavam de maior ou menor atenção, possibilitando tomar decisões assertivas, considerando o nível de prioridade para cada risco, além do estabelecimento de medidas preventivas.

Etapa 5: Curso de Capacitação (24h/a)

O Curso foi realizado para 100 participantes, que irão atuar como Agentes Multiplicadores das ações de Educação em Saúde Ambiental do Sistema de Abastecimento Público de Água. A formação de agentes multiplicadores, dita como a principal estratégia na realização da Educação Ambiental, segundo Silva (2016), consiste na capacitação de multiplicadores para tornar mais eficiente o processo educativo contínuo de um grande número de pessoas, como definido pela Secretaria do Meio Ambiente do Estado do Ceará: “O Multiplicador em Educação Ambiental é um ator social capacitado para atuar em sua área de influência com o objetivo de sensibilizar mais pessoas para o cuidado com o nosso planeta. Sua tarefa é multiplicar a Educação Ambiental por onde for” (SEMA, 2017, p.17).

Dessa forma, a quinta fase do projeto teve como objetivo capacitar cidadãos para multiplicar ações e conhecimentos sobre Educação Ambiental (EA) e Educação em Saúde Ambiental do Sistema de Abastecimento Público de Água na comunidade, sendo desenvolvidas aulas entre 20/07 e 17/08 de 2023 (Figura 5). Importa destacar que para discutir saneamento ambiental é necessário

entender como ele será visto pelo beneficiário. Acreditar que apenas desenvolver projetos e implantá-los nas comunidades, sem iniciar um diálogo prévio com os moradores, resultará em grandes mudanças é menosprezar a importância que a cultura e os saberes locais têm para transformar os projetos em políticas públicas locais e sustentáveis.

Figura 5 – Fotografia do Curso de capacitação para agentes multiplicadores.



Fonte: Acervo CEDEPAM (2023).

Os caminhos críticos desta etapa se apresentaram com o grande desafio de conseguir sensibilizar, e principalmente, mobilizar uma população carente de recursos básicos para participar de atividades que fomentam a educação, a preservação do meio ambiente e a prevenção de doenças, visto que muitos apresentam grande resistência para participarem de atividades dessa natureza, possivelmente relacionado ao descrédito em relação à política e aos órgãos públicos. Portanto, foram necessárias estratégias de mobilização que efetivassem o acesso da comunidade às aulas, como a realização do curso durante os finais de semana, visto que boa parte do público-alvo é formada por agricultores que estão em atividade laboral durante a semana.

Etapas 6: 21 Seminários (4h/a) para os 320 beneficiários residentes na localidade de Segredo.

Os seminários foram realizados entre 24/06 e 15/07 de 2023 (Figura 6), com duração de 4 horas cada, e apresentando para os moradores da comunidade temas como: O manejo adequado de água no domicílio, formas de economizá-la, identificação de vazamentos, métodos de tratamento da água para consumo humano, descarte do lixo e doenças transmitidas pelo tratamento inadequado

da água. Segundo o Censo Demográfico realizado pelo IBGE (2022), somente 62,5 % da população brasileira possuía rede de coleta de esgoto em sua residência, o que torna comum o descarte desses resíduos por fossa séptica ou outros métodos alternativos, promovendo a poluição de corpos hídricos e afetando a saúde ambiental. Pesquisas como essa reforçam a importância de expor à população formas corretas de consumo da água, especialmente quando o acesso a SAA é insuficiente.

Utilizando metodologia semelhante à da etapa 3, e com base no Manual de boas práticas no abastecimento de água (Ministério da Saúde, 2006) no Manual de saneamento (FUNASA, 2015) e no Plano municipal de saneamento básico, os ouvintes dos seminários foram orientados a utilizar o filtro de barro e o hipoclorito de sódio para tratar água para o consumo humano; além de aprenderem sobre o descarte correto do lixo, bem como formas de diminuir sua produção; produção doméstica de biogás e compostagem; e como prevenir doenças como amebíase, giardíase, gastroenterite, febre tifóide, hepatites A e E, cólera e arboviroses, todas doenças veiculadas por água contaminada (Figura 6).

Figura 6 – Fotografia do Seminário apresentado por agente multiplicador.



Fonte: Acervo CEDEPAM (2023).

Etapá 7: Curso de Capacitação em Educação Ambiental (24h/a), para 60 participantes, sendo 30 vagas para os beneficiários e 30 vagas para a comunidade em geral

Na sétima e última etapa do projeto, foi realizado um Curso sobre Educação Ambiental (Figura 7), buscando trazer aos participantes uma visão holística e interdisciplinar de temas que os afetem diretamente, levando em consideração seu estilo de vida e contexto local. Nesse sentido,

foi abordada a história da APA (Área de Proteção Ambiental) da Serra de Baturité, primeira e maior APA instituída pelo governo do estado do Ceará (CEARÁ, 1990), com território em 8 municípios (Aratuba, Baturité, Capistrano, Guaramiranga, Mulungu, Pacoti, Caridade e Redenção), além da mais recente Reserva de Vida Selvagem (Revis) Periquito-Cara-Suja (CEARÁ, 2018), mostrando a relevância da biodiversidade da região. Juntamente dos conteúdos abordados anteriormente, esse momento contou com outras metodologias, como aplicação de questionários em grupo.

Figura 7 – Fotografia da capacitação em educação ambiental realizada por agentes multiplicadores



Fonte: Acervo CEDEPAM (2023).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A experiência desenvolvida na comunidade de Segredo, em Aratuba-CE, demonstrou a relevância das metodologias ativas de aprendizagem como instrumentos eficazes para a promoção da saúde ambiental em contextos de baixa escolaridade e vulnerabilidade socioambiental. Ao priorizar a participação comunitária, a valorização dos saberes locais e a construção coletiva do conhecimento, foi possível sensibilizar e capacitar a população sobre práticas seguras de uso e manejo da água, contribuindo significativamente para a melhoria das condições sanitárias e para a prevenção de doenças de veiculação hídrica.

Os resultados obtidos evidenciam que, embora o acesso à infraestrutura de saneamento seja essencial, ele não é suficiente por si só para garantir a saúde pública. A educação ambiental, quando

estruturada de forma dialógica e problematizadora, como nas oficinas, seminários e cursos promovidos, revela-se indispensável para o empoderamento das comunidades, permitindo que os moradores se tornem agentes ativos na gestão e preservação dos recursos hídricos locais. A atuação de agentes multiplicadores, formados durante o projeto, fortaleceu ainda mais esse processo, ampliando o alcance das ações educativas.

Por fim, o projeto aponta caminhos promissores para políticas públicas que integrem infraestrutura sanitária com processos educativos continuados, especialmente em áreas rurais e comunidades tradicionais. A replicabilidade dessa iniciativa em outras localidades depende do reconhecimento de que saúde e ambiente são dimensões indissociáveis e de que a educação é o elo fundamental para garantir a efetividade e a sustentabilidade das ações de saneamento básico. A experiência de Aratuba serve, portanto, como modelo de boas práticas para projetos de educação em saúde ambiental em territórios com características socioambientais semelhantes.

REFERÊNCIAS

BENICIO, M. H. D. A.; MONTEIRO, C. A. Tendência secular da doença diarreica na infância na cidade de São Paulo (1984-1996). **Revista de Saúde Pública**, 34, 83-90, 2000. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0034-89102000000700011>

BÉTARD, F.; PEULVAST, J-P.; CLAUDINO-SALES, V. Caracterização morfopedológica de uma serra úmida no semi-árido do nordeste brasileiro: o caso do Maciço de Baturité-CE **Mercator**, v. 6, n. 12, p. 107 a 126-107 a 126, 2007. Disponível em: <http://repositorio.ufc.br/handle/riufc/4768>. Acesso em: 2 abr. 2025.

BLENGINI, I. A. D.; LIMA, L. B.; DE MÉLO SILVA, I. S.; RODRIGUES, C. Trilha interpretativa como proposta de educação ambiental: Um estudo na RPPN do Caju (SE). **Revista Brasileira de Ecoturismo (RBEcotur)**, v. 12, n. 1, 2019. DOI: <https://doi.org/10.34024/rbecotur.2019.v12.6717>

BRAGA, E. S.; FREITAS, C. B.; MENDES, L. S. A. dos S.; AQUINO, M. D. de. Avaliação da qualidade de águas subterrâneas localizadas no litoral, serra e sertão do Estado do Ceará destinadas ao consumo humano. **Águas Subterrâneas**, v. 32, n. 1, p. 17-24, 2017. DOI: <https://doi.org/10.14295/ras.v32i1.28969>

BRASIL, Ministério da Saúde. **Boas práticas no abastecimento de água**: procedimentos para a minimização de riscos à saúde. Brasília, 2006.

BRASIL, Ministério da Saúde. **Qualidade da água para consumo humano**: cartilha para promoção e proteção da saúde. Brasília: Ministério da Saúde, 2018, 51 p. Disponível em: https://bvsmis.saude.gov.br/bvs/publicacoes/qualidade_agua_consumo_humano_cartilha_promocao.pdf. Acesso em: 2 abr. 2025.

BRASIL, Ministério da Saúde. **Saúde Ambiental**. Vigilância em Saúde e Ambiente, 2025. Disponível em: <https://www.gov.br/saude/pt-br/composicao/svsa/saude-ambiental>. Acesso em: 02 abr. 2025.

BRASIL, Ministério da Saúde. **Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano**. Saúde Ambiental, 2025. Disponível em: <https://www.gov.br/saude/pt-br/composicao/svsa/saude-ambiental/vigiagua>. Acesso em: 02 abr. 2025.

BRASIL. Fundação Nacional de Saúde. Ministério da Saúde. **Política e plano municipal de saneamento básico**. 2. ed. Brasília, 2014.

BRASIL. Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde. **Manual de Saneamento**. Brasília, 2015.

CEARÁ. **APA da Serra de Baturité**. 18 set. 1990. Disponível em: <https://www.sema.ce.gov.br/gestao-de-ucs/unidades-de-conservacao-uso-sustentavel/areas-de-protecao-ambiental/apa-da-serra-de-baturite/>. Acesso em: 10 abr. 2025

CEARÁ. **Refúgio de Vida Silvestre Periquito Cara Suja – REVIS PA**, 17 ago. 2018. Disponível em: <https://www.sema.ce.gov.br/postos-avancados/revis-pa/>. Acesso em: 10 abr. 2025.

COSTA, C. L.; LIMA, R. F. de; PAIXÃO, G. C.; PANTOJA, L. D. M. Avaliação da qualidade das águas subterrâneas em poços do estado do Ceará, Brasil. **Semina: Ciências Biológicas e da Saúde**, v. 33, n. 2, p. 171-80, 2013. DOI: <https://doi.org/10.5433/1679-0367.2012v33n2p171>

DA SILVA, J. P.; BEZERRA, C. E.; RIBEIRO, A. de A. Evaluation of the quality of water stored in cisterns in the Cearensian Semiarid. **Revista Brasileira De Engenharia De Biosistemas**, v. 14, n. 1, p. 27–35, 2020. DOI: <https://doi.org/10.18011/bioeng2020v14n1p27-35>

FERREIRA PAIVA, M. R.; FEIJÃO PARENTE, J. R.; ROCHA BRANDÃO, I.; BOMFIM QUEIROZ, A. H. Metodologias ativas de ensino-aprendizagem: revisão integrativa. **Sanare: Revista de Políticas Públicas**, v. 15, n. 2, 2016. Disponível em: <https://sanare.emnuvens.com.br/sanare/article/view/1049>. Acesso em: 2 abr. 2025.

FERREIRA, J. M.; DE OLIVEIRA, A. C.; DAMASCENO, L. C.; DA SILVA, A. S.; NOVAES, S. E.; DE FREITAS, F. C. C.; SANTOS, D. de S.; DOS SANTOS LIMA, D. Saberes locais e educação ambiental: caminhos para a conservação sustentável do Rio São Francisco. **Aracê**, v. 7, n. 2, p. 6333-6355, 2025. DOI: <https://doi.org/10.56238/arev7n2-107>

FEWTRELL, L.; KAUFMANN, R. B.; KAY, D.; ENANORIA, W.; HALLER, L.; COLFORD, J. M. Water, sanitation, and hygiene interventions to reduce diarrhoea in less developed countries: a systematic review and meta-analysis. **The Lancet infectious diseases**, v. 5, n. 1, p. 42-52, 2005. DOI: [http://dx.doi.org/10.1016/S1473-3099\(04\)01253-8](http://dx.doi.org/10.1016/S1473-3099(04)01253-8)

FREIRE, L. M. **Paisagens de exceção: problemas ambientais no município de Mulungu, serra de Baturité-Ceará**. 2007. Dissertação (Mestrado Acadêmico em Geografia) – Universidade Estadual do Ceará, Centro de Ciências e Tecnologia, Fortaleza, 2007.

GROSS, R.; SCHELL, B.; MOLINA, M. C. B.; LEÃO, M. A. C.; STRACK, U. The impact of improvement of water supply and sanitation facilities on diarrhea and intestinal parasites: a Brazilian experience with children in two low-income urban communities. **Revista de Saúde Pública**, v. 23, p. 214-220, 1989. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0034-89101989000300006>

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Censo 2022**: rede de esgoto alcança 62,5% da população, mas desigualdades regionais e por cor e raça persistem, 2022. Disponível em: <https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-noticias/2012-agencia-de-noticias/noticias/39237-censo-2022-rede-de-esgoto-alcanca-62-5-da-populacao-mas-desigualdades-regionais-e-por-cor-e-raca-persistem>. Acesso em: 02 abr. 2025.

IORIO, S. M.; ARCE, D. M.; MAGALHÃES, J.; MATTOS, A. B. D.; ZANON, A. M. A perspectiva da educação ambiental e o processo histórico do saneamento básico: a instalação das redes de água e esgoto nos municípios de Campo Grande/MS e Dourados/MS. **Interações**, Campo Grande, v. 10, p. 63-72, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1518-70122009000100007>

LOVATO, F. L.; MICHELOTTI, A.; DA SILVA LORETO, E. L. Metodologias ativas de aprendizagem: uma breve revisão. **Acta Scientiae**, v. 20, n. 2, 2018. DOI: <http://dx.doi.org/10.17648/acta.scientiae.v20iss2id3690>.

MEDEIROS, J. F. de; CESTARO, L. A. As diferentes abordagens utilizadas para definir Brejos de Altitude, áreas de exceção do Nordeste brasileiro. **Sociedade e Território**, v. 31, n. 2, p. 97-119, 2019. DOI: <https://doi.org/10.21680/2177-8396.2019v31n2ID16096>

MEDINA, N. M. Formação de multiplicadores para educação ambiental. O contrato social da ciência, unindo saberes na educação ambiental. In: PEDRINI, A. G. (org.). **O Contrato Social da Ciência, unindo saberes na Educação Ambiental**. Petrópolis: Vozes, 2002. p. 47-70,

MORO, M. F.; MACEDO, M. B.; MOURA-FÉ, M. M. de; CASTRO, A. S. F.; COSTA, R. C. da. Vegetação, unidades fitoecológicas e diversidade paisagística do estado do Ceará. **Rodriguésia**, v. 66, n. 3, p. 717-743, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1590/2175-7860201566305>

OLIVEIRA, J. D. S. C.; MEDEIROS, A. D. M.; CASTOR, L. G.; CARMO, R. F.; BEVILACQUA, P. D. Soluções individuais de abastecimento de água para consumo humano: questões para a vigilância em saúde ambiental. **Cadernos Saúde Coletiva**, n. 25, v. 2, p. 217-224, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1590/1414-462X201700020371>

PAREDES-CURIN, C. R. Problem-based learning (PBL): a teaching strategy of environmental education, in cañete municipal school students. **Revista Electrónica Educare**, v. 20, n. 1, p. 119-144, 2016. DOI: <http://dx.doi.org/10.15359/ree.20-1.6>

PEREIRA, C. A. R.; MELO, J. V.; FERNANDES, A. L. T. A educação ambiental como estratégia da Atenção Primária à Saúde. *Revista brasileira de medicina de família e comunidade*, n. 7, v. 23, p. 108-116, 2012. DOI: [https://doi.org/10.5712/rbmfc7\(23\)293](https://doi.org/10.5712/rbmfc7(23)293)

QUINTERO-ANGEL, M.; DUQUE-NIVIA, A. A.; MOLINA-GÓMEZ, C. A. A teaching strategy based on active learning which promotes strong sustainability that empowers students to have a

different type of relationship with the environment. **Environmental Education Research**, v. 30, n. 4, p. 560-579, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1080/13504622.2023.2211757>

RACHMAN, I.; SUGIMARU, C.; MATSUMOTO, T. Use of problem-based learning (PBL) model to improve learning outcomes in environmental education. **Journal of Environmental Science and Sustainable Development**, v. 3, n. 1, p. 114-141, 2020. DOI: <https://doi.org/10.7454/jessd.v3i1.1039>

RADICCHI, A. L. A.; LEMOS, A. F. **Saúde ambiental**. Belo Horizonte: Nescon/UFMG, 2009.

RIBEIRO, H.; GUNTHER, W. M. R. **A integração entre a educação ambiental e o saneamento ambiental como estratégia para a promoção da saúde e do meio ambiente sustentado**. Brasil. Brasília: Ministério da Saúde; Fundação Nacional de Saúde, 2002.

SANTANA, A. C., DE FREITAS, D. A. F. Educação ambiental para a conscientização quanto ao uso da água. **REMEA: Revista Eletrônica do Mestrado em Educação Ambiental**, v. 28, 2012. DOI: <https://doi.org/10.14295/remea.v28i0.3113>

SEMA. Secretaria de Meio Ambiente do Estado do Ceará: AMBIENTAGRO. **Curso multiplicadores em educação ambiental**. ed. rev. e ampl., Fortaleza, CE: [s.n.]. p. 17, 2017.

SILVA, M. M. P. da. **Manual Teórico Metodológico de Educação Ambiental**. Campina Grande - Pb: Maxgraf, 2016.

VASCONCELOS, C. Teaching environmental education through PBL: Evaluation of a teaching intervention program. **Research in Science Education**, v. 42, n. 2, p. 219-232, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11165-010-9192-3>

PSICOLOGIA, PERCEPÇÃO E VULNERABILIDADE AMBIENTAL NO RESIDENCIAL PEDRO BALZI, TERESINA-PIAUÍ

Cassandra de Sousa **CUNHA**

Doutoranda em Arquitetura e Urbanismo pela Universidade Federal da Bahia - UFBA

Arquiteta e Urbanista

Instituto Federal do Piauí

E-mail: cassandra@ifpi.edu.br

Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-5862-5367>

*Recebido
Janeiro de 2026*

*Aceito
Junho de 2026*

*Publicado
Junho de 2026*

Resumo: A psicologia e a percepção ambiental contribuem para a compreensão entre o indivíduo e o seu entorno tornando-se indispensáveis para o estudo da vulnerabilidade e qualidade do ambiente, uma vez que os problemas ambientais estão associados aos processos de urbanização. Desse modo, tem-se como questão norteadora da pesquisa: Qual é a percepção da vulnerabilidade e da qualidade ambiental dos moradores diante do local em que vivem? O objetivo do estudo é analisar a vulnerabilidade e a qualidade ambiental por meio da percepção dos moradores do Residencial Pedro Balzi, Teresina-Piauí, utilizando a abordagem perceptiva, fundamentada nos princípios do método fenomenológico. Cada indivíduo se comporta diferente diante das divergências do meio, assim, os participantes percebem, de modo mais evidente, as singularidades do residencial respectivas à infraestrutura, relacionadas a uma resolutividade de curto prazo, além de um baixo nível de satisfação psicológica emocional dos entrevistados em função do local onde moram. Tais resultados revelam, portanto, importantes particularidades a serem observadas na relação pessoa-ambiente, em uma dimensão psicológica, perceptiva e transformadora que contribuem para a tomada de ações e iniciativas voltadas ao meio ambiente e ao residencial.

Palavras-chave: meio ambiente; vulnerabilidade ambiental; psicologia ambiental; percepção ambiental; fenomenologia; Teresina.

PSYCHOLOGY, PERCEPTION AND ENVIRONMENTAL VULNERABILITY AT RESIDENCIAL PEDRO BALZI, TERESINA-PIAUÍ

Abstract: Psychology and environmental perception contribute to understanding between the individual and their surroundings, becoming essential for the study of the vulnerability and quality of the environment, since environmental problems are associated with urbanization processes. Thus, the guiding question of the research is: What is the perception of vulnerability and environmental quality of residents in relation to the place where they live? The objective of the study is to analyze vulnerability and environmental quality through the perception of residents of Residencial Pedro Balzi, Teresina-Piauí, using the perceptual approach, based on the principles of the phenomenological method. Each individual behaves differently in the face of environmental divergences, thus, participants perceive, more clearly, the singularities of the residence related to the infrastructure, related to short-term resolution, in addition to a low level of emotional psychological satisfaction of the interviewees due to the place where they live. Such results therefore reveal important particularities to be observed in the person-environment relationship, in a psychological, perceptual and transformative dimension that contribute to taking actions and initiatives aimed at the environment and residential areas.

Keywords: environment; environmental vulnerability; environmental psychology; environmental perception; phenomenology; Teresina.

PSICOLOGÍA, PERCEPCIÓN Y VULNERABILIDAD AMBIENTAL EN EL RESIDENCIAL PEDRO BALZI, TERESINA-PIAUÍ

Resumen: La psicología y la percepción ambiental contribuyen al entendimiento entre el individuo y su entorno, volviéndose esenciales para el estudio de la vulnerabilidad y la calidad del medio ambiente, ya que los problemas ambientales están asociados a los procesos de urbanización. Así, la pregunta rectora de la investigación es: ¿Cuál es la percepción de vulnerabilidad y calidad ambiental de los residentes en relación al lugar donde viven? El objetivo del estudio es analizar la vulnerabilidad y la calidad ambiental a través de la percepción de los residentes del Residencial Pedro Balzi, Teresina-Piauí, utilizando el enfoque perceptual, basado en los principios del método fenomenológico. Cada individuo se comporta de manera diferente frente a las divergencias ambientales, así, los participantes perciben, más claramente, las singularidades de la residencia relacionadas con la infraestructura, relacionadas con la resolución a corto plazo, además de un bajo nivel de satisfacción psicológica emocional de los entrevistados debido al lugar donde viven. Por lo tanto, tales resultados revelan importantes particularidades a observar en la relación persona-ambiente, en una dimensión psicológica, perceptiva y transformadora, que contribuyen a la adopción de acciones e iniciativas dirigidas al medio ambiente y a los espacios residenciales.

Palabras clave: ambiente; vulnerabilidad ambiental; psicología ambiental; percepción ambiental; fenomenología; Teresina.

INTRODUÇÃO

A psicologia é um campo fundamental que auxilia o homem diante das questões que o envolvem. Voltada para a perspectiva ambiental, trata-se de uma disciplina relacionada ao meio ambiente e ao comportamento humano, com vistas a proporcionar um ambiente mais adequado, considerando que os espaços induzem ou inibem determinados tipos de comportamento nas pessoas. Uma das características da psicologia ambiental é colaborar no estudo da percepção, análise que não pode ocorrer fora do ambiente natural do indivíduo, devendo incluir, além dos aspectos do ambiente e da paisagem, a perspectiva do sujeito, seu histórico, suas condições e seus valores (Melo, 1991).

Por percepção entende-se um método para compreensão do mundo por meio da consciência e dos sentidos, cujos estudos podem ser aplicados em diversas áreas. Neste trabalho, dar-se-á ênfase à percepção ambiental, por ser fundamental para o planejamento e a resolutividade de problemas ambientais urbanos, o que proporciona a aproximação da população no intervir do espaço habitado. A percepção ambiental é fundamental para o entendimento das inter-relações entre o ser humano e o meio ambiente, suas expectativas, ações e condutas, sendo a qualidade avaliada por intermédio da subjetividade daqueles que vivenciam um dado ambiente (Gomes; Soares, 2004).

As manifestações da população diante da problemática urbana são resultados das percepções e dos processos cognitivos de cada indivíduo, que, na maioria das vezes, ocorrem de forma inconscientemente e afeta a vida e o cotidiano (Del Rio; Oliveira, 1999). Reforça-se, ainda, segundo Tuan (2015), que, para conhecer a qualidade de um lugar, é necessário compreender a intensidade e a experiência do homem no ambiente, as atitudes em relação à vida e as variações individuais. Aliada à percepção, a psicologia ambiental, como campo multidisciplinar, contribui para a compreensão da relação entre o indivíduo e o seu entorno, com o objetivo de desenvolver uma relação harmônica e de bem-estar humano (Wiesenfeld, 2005).

Desse modo, torna-se indispensável a compreensão da vulnerabilidade e qualidade do ambiente pelo viés da psicologia e da percepção, uma vez que os problemas ambientais estão associados aos processos de urbanização, à falta de planejamento, entre outras variáveis e a forma como esse ambiente influencia a percepção, avaliação e o comportamento do indivíduo.

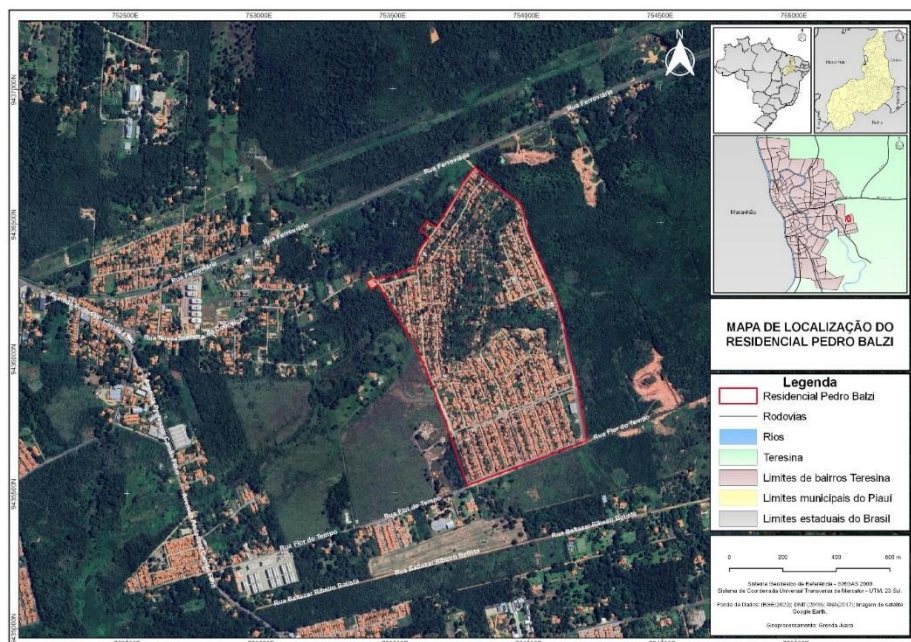
Na cidade de Teresina, capital do estado do Piauí, como consequência de sua trajetória urbana, ocorreu o surgimento de bairros periféricos e o processo de ocupação de extensas áreas

suscetíveis às vulnerabilidades e à ocorrência de desastres. Criado para alojar grupo em situação de vulnerabilidade e objeto de estudo do presente trabalho, o Residencial Pedro Balzi, situado no bairro Flor do Campo, figura 1, foi construído por intermédio da Prefeitura Municipal de Teresina, no ano de 2011, para abrigar aproximadamente 353 famílias que residiam às margens de rios, lagoas, áreas alagadiças e próximas a barrancos.

A Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM), conforme o mapa de prevenção de desastres do serviço geológico nacional, incluiu o Residencial Pedro Balzi entre as cinco principais áreas de risco para a ocorrência de deslizamento de terra (Soares, 2023).

Na configuração atual da ocupação, há famílias que vivem no local desde o início da entrega das casas, assim como novos moradores que ocuparam o terreno adjacente ao residencial, construíram suas moradias próximas a um barranco existente e convivem com deslizamentos e outros problemas ambientais presentes na área. Diante desse enquadramento, tem-se como questão norteadora da pesquisa: Qual a percepção da vulnerabilidade e da qualidade ambiental dos moradores diante do local em que vivem?

Figura 1 - Localização do Residencial Pedro Balzi, Teresina, Piauí



Fonte: Google Earth (2022). Adaptado.

Nesse contexto, o presente trabalho buscou analisar a vulnerabilidade e a qualidade ambiental por meio da percepção dos moradores do Residencial Pedro Balzi, utilizando a

abordagem perceptiva, fundamentada nos princípios do método fenomenológico, tendo como referência os procedimentos da Descrição (fala e experiência do sujeito), Redução fenomenológica (descrição representada na linguagem) e Essência identificada (estrutura do fenômeno) (Giorgi, 2008).

REFERENCIAL TEÓRICO

Psicologia ambiental

As mudanças tecnológicas e a Revolução Industrial provocaram interferências no ambiente, ocasionando diversas modificações e, conseqüentemente, alterando a interação com ser humano o que resultou em uma série de transformações no meio natural. De forma dialética, o ambiente passou também a influenciar o comportamento do indivíduo. A partir da preocupação do meio ambiente e com os efeitos sobre o comportamento das pessoas no espaço natural e construído, surgiu, na década de 1950, a inclusão da psicologia ambiental como campo disciplinar em um contexto de pós-guerra, de concentração urbana e de necessidade de compreensão do planejamento arquitetônico de grandes obras nas reconstruções das cidades, consolidando-se, a partir de então, como um ramo distinto da psicologia (Melo, 1991).

A psicologia ambiental tem como uma de suas principais características o estudo da avaliação do ambiente construído durante o processo de sua ocupação, de modo a garantir a qualidade de vida da população. O espaço passou a ser objeto de estudo para além de suas características físicas e passou a ser avaliado, discutido e interpretado pelos usuários como forma de análise comportamental e social, relativo à sua compreensão, valorizando os aspectos perceptivos da relação pessoa-ambiente (Elali, 1997).

Cavalcante; Elali (2011) abordam a psicologia ambiental como um campo de conhecimento interessado nas relações bidirecionais entre pessoas e ambientes e em como esses espaços influenciam o comportamento dos indivíduos e os processos psicossociais relacionados a cada situação. A meta é compreender a construção de significados e os comportamentos associados aos diversos espaços de vida, bem como as modificações e influências suscitadas pelas subjetividades nestes ambientes. A psicologia ambiental, segundo Weisenfeld (2005), busca compreender como o comportamento humano é influenciado pelo meio, a fim de construir uma relação sustentável entre o ser humano e a natureza, bem como as transações entre as pessoas e seus entornos, com vistas a promover uma relação harmônica entre ambos.

Moser (2005) considera a psicologia ambiental uma disciplina que estuda o indivíduo enquanto ser que pensa, sente e age em um ambiente. Trata-se de um campo essencial para o entendimento da relação sujeito e o meio ambiente físico e social, em suas dimensões espaciais e temporais. Esse estudo analisa as percepções, as atitudes e os comportamentos do indivíduo em sua relação explícita com o contexto físico e social no qual ele evolui. Essa relação inclui, como níveis de análise, o microambiente, no caso, a moradia, implicando o indivíduo; os ambientes de proximidade, por exemplo, os espaços partilhados, habitat coletivo e o bairro; os ambientes coletivos públicos, povoamentos diversos e o ambiente global, em sua totalidade, construído ou não.

Moser (1998) concebe a especificidade da psicologia ambiental como um meio de analisar como o indivíduo avalia e percebe o ambiente e, simultaneamente, como ele está sendo influenciado por esse mesmo ambiente. As dimensões sociais e culturais exercem influência na definição dos ambientes mediando a percepção, a avaliação e as atitudes do indivíduo frente ao espaço que vive.

No ambiente urbano das cidades, a complexidade inerente à problemática ambiental envolve uma rede de relações e inter-relações entre os seres humanos e as demais formas de vida e ocupação, em contextos diversos e distintos. A perspectiva da psicologia associada a percepção do espaço habitado e à forma como o indivíduo enxerga o local onde vive, constitui um caminho que pode resultar em uma compreensão mais clara e aprofundada da problemática socioambiental e em maior efetividade nas ações e intervenções formativas.

Os problemas ambientais são questões que devem ser postas em debate. Pato; Delabrida (2019) reforçam que os contextos ambientais, sociais e econômicos influenciam nos problemas ambientais e devem ser levados em consideração em sua análise. Nesse sentido, a psicologia ambiental inserida em um campo transdisciplinar, pode possibilitar intervenções na realidade socioambiental contribuindo para formar sujeitos conscientes dos problemas enfrentados em suas múltiplas dimensões, oferecendo oportunidades de reflexão e de ação criativa, além de valorizar seus saberes e experiências.

Além das questões ambientais, a possibilidade de o indivíduo sentir-se pertencente ao mundo e integrar-se ao espaço em que vive está vinculada à perspectiva da psicologia e da percepção do ambiente. A percepção do mundo, segundo Pallasmaa (2011), configura-se como uma experiência existencial relacionada aos sentidos, construindo uma identidade perceptiva

pessoal, assim, a imagem criada do ambiente decorre dos estímulos visuais e sensoriais presentes nesse local.

Dessa forma, é por meio da compreensão do espaço em que as pessoas vivem que se abre a possibilidade de transformação. Com o processo de percepção, fundamental para a interpretação e compreensão da sua realidade, o ambiente passa a adquirir um significado psicológico, que irá influenciar a forma como os indivíduos irão interagir -ou não- com o espaço que o cerca.

Percepção e vulnerabilidade ambiental

No campo da fenomenologia, a percepção se dá por meio do contato sensorial com o mundo físico, isto é, com aquilo que é percebido. “A percepção é uma porta, uma forma de ingresso, uma passagem para entrar no sujeito, ou seja, para compreender como é que o ser humano é feito” (Bello, 2006, p. 30).

A percepção é experiência, é a captação do sentido. No que se refere à percepção ambiental, trata-se de um campo de estudo voltado a compreensão das inter-relações entre o ser humano e o ambiente, suas expectativas, anseios, satisfações, contradições, julgamentos e condutas, como respostas as ações de vivências no ambiente. Percepção, segundo Tuan (2015), é tanto a resposta dos sentidos aos estímulos externos quanto atividade proposital, na qual certos fenômenos são claramente registrados.

O espaço construído pelo ser humano pode aperfeiçoar a sensação e a percepção humana. Para Lynch (1980), as percepções resultantes do processo cognitivo do ambiente são representações de categorias espaciais, sejam elas sociais, naturais e físico-culturais que refletem as dimensões do cotidiano e das geografias naturais e construídas.

A percepção ambiental é entendida como uma tomada de consciência do ambiente pelo ser humano, aprendendo a observá-lo, protegê-lo e cuidá-lo da melhor forma. Possui caráter multidisciplinar e recebe contribuições de diversas áreas do conhecimento, como a psicologia, a geografia, a sociologia e a arquitetura, entre outras, com o objetivo de compreender os fatores, os mecanismos e os processos que motivam o ser humano a apresentar percepções e comportamentos distintos em relação ao meio ambiente (Ferreira, 2005).

Os estudos relacionados ao contexto ambiental consideram a relação homem-ambiente, o ambiente físico (natural ou construído) e o comportamento humano, ou seja, o ambiente influencia o comportamento, o que, por sua vez, pode provocar mudanças no próprio ambiente (Melo, 1991). Até a década de 1960, os estudos sobre a relação entre o ser humano e a natureza apresentavam-

se de forma dispersa, por não se concentrarem em um campo específico. Com o desenvolvimento da psicologia, a compreensão da percepção passou a relacionar-se aos mecanismos físicos e biológicos que resultavam nos fenômenos perceptivos. Posteriormente, com o surgimento da psicologia ambiental e a contribuição de outras áreas do conhecimento, o enfoque das abordagens sobre a percepção foi enriquecido, a partir dos princípios da psicologia da Forma ou Gestalt, estreitando seu aprofundamento nos fundamentos da fenomenologia e do existencialismo (Zanini, *et al.*, 2021).

Para a compreensão das problemáticas ambientais e suas vulnerabilidades, faz-se necessário o exercício do entendimento particular de cada sujeito, pois cada indivíduo possui uma interpretação própria do espaço que o cerca, advinda de sua experiência no contexto histórico-cultural. Nesse sentido, a vulnerabilidade ambiental refere-se à fragilidade resultante de diversos problemas enfrentados pelas populações, diante das questões sociais e ocupações desordenadas, sobretudo no caso de grupos com baixo poder aquisitivo.

A vulnerabilidade é compreendida como uma estrutura que abrange diferentes situações de exposição, seja no âmbito social, seja no ambiental. Segundo Moser (1998), a noção de vulnerabilidade é, geralmente, definida como uma condição na qual estão presentes três elementos: a exposição ao risco, a incapacidade de reação e a dificuldade de adaptação diante da materialização do risco.

A vulnerabilidade ambiental depende de fatores sociais, econômicos, tecnológicos, culturais e ambientais, bem como da relação desses fatores com o ambiente físico-natural, envolvendo, portanto, tanto a dinâmica social quanto a dinâmica ambiental, esta última, inclusive, quando em estado de degradação. A falta de recursos econômicos acarreta fragilidade as populações, induz a ocupação de moradias em áreas impróprias e gera privações sociais, consequentemente, essas pessoas tornam-se mais suscetíveis à exposição a riscos, assumindo uma situação de perigo de ordem natural, como enchentes, desmoronamentos e deslizamentos de terras, além de estarem, muitas vezes, submetidas à precariedade de serviços públicos. Assim, a vulnerabilidade e as percepções de cada indivíduo são construídas a partir de reflexos do espaço (lugar) por ele vivenciado, isto é, de sua realidade captada pelos sentidos articulada à sua complexa cognição, componente das próprias estruturas da pessoa e do lugar (Marandola Jr; Hogan, 2006).

METODOLOGIA

A abordagem metodológica utilizada neste trabalho é a fenomenológica. Em sua etimologia, fenomenologia significa estudo dos fenômenos, daquilo que aparece à consciência, daquilo que é dado, buscando explorá-lo e esse pensamento influenciou toda uma corrente filosófica do século XX. A fenomenologia é o estudo das essências, da percepção e da consciência na compreensão do homem, do mundo e de seu devir (Ziles, 2007).

Nessa perspectiva, o grupo investigado neste trabalho foi composto por quinze (15) pessoas/sujeitos (nove (9) mulheres e seis (6) homens, escolhidos aleatoriamente na extensão espacial do residencial) que fizeram as descrições de maneira livre e espontânea referente à experiência vivida. O número de sujeitos abordados deu-se em função do caráter subjetivo e perceptivo da pesquisa. Durante o processo de entrevistas, verificou-se que as respostas alcançaram um estado de saturação e repetição, portanto, o número de entrevistados foi considerado satisfatório para o propósito do estudo. Considera-se que, em pesquisas de caráter fenomenológico, a amostra costuma ser reduzida, com poucos participantes, uma vez que o objetivo é realizar uma abordagem subjetiva de caráter detalhado, o que seria pouco viável com um número maior de sujeitos (Moreira, 2002). O trabalho consistiu em coletar descrições de moradores do Residencial Pedro Balzi por meio de dois enunciados: Como você descreve o ambiente do Residencial Pedro Balzi? Como você se sente em relação ao ambiente do Residencial Pedro Balzi?

Não se trata de uma pergunta detalhada, mas apenas da solicitação de uma livre descrição sobre um determinado fenômeno, procedimento típico da investigação fenomenológica, com o objetivo de verificar a percepção dos moradores sobre o residencial onde moram e sobre os aspectos da questão ambiental, buscando assim, compreender a percepção que os moradores tem acerca da vulnerabilidade e da qualidade ambiental do local. A abordagem com poucas questões é proposital, visando obter uma melhor qualidade de análise das respostas e, posteriormente, possibilitar seu aprofundamento, sem a interferência do pesquisador. Em seguida, realizou-se a redução fenomenológica de todas as descrições e identificação de essências, entendidas como unidades básicas de qualquer fenômeno (Moreira, 2002).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Descrições do residencial pedro balzi: Como você descreve o Residencial Pedro Balzi?

A descrição fenomenológica é fundamental, pois permite evidenciar e visualizar o fenômeno em si mesmo. Assim, durante a entrevista e a partir da primeira pergunta direcionada aos quinze (15) sujeitos participantes - Como você descreve o Residencial Pedro Balzi? - a compreensão do fenômeno ocorreu da seguinte forma: Descrição do Residencial Pedro Balzi: O residencial é considerado muito distante e apresenta diversas deficiências, como a ausência de posto de saúde e de escola, a existência de esgoto a céu aberto, dificuldade no acesso a serviços, falta limpeza e constantes oscilações no fornecimento de energia e água. Redução Fenomenológica: O residencial é avaliado negativamente, pois não dispõe de infraestrutura compatível com as demandas dos moradores. Essência identificada: residencial mal avaliado em função da falta de infraestrutura para atender às necessidades da população.

A essência que mais se destacou está relacionada ao conjunto de serviços, à infraestrutura e às instalações de abastecimento de água e de esgotamento sanitário totalizando onze (11) frequências. Como exemplo, destacam os seguintes relatos: *“Aqui é toda hora faltando água porque lá em cima tem um cano que estora”* (Sujeito A) e *“Essa rua é todo tempo assim, alagada aí no inverno e no verão”* (Sujeito B), conforme ilustrado nas figuras 1 e 2.

Outra essência mencionada pelos participantes está relacionada à falta de um posto de saúde e de uma escola, com nove (9) frequências. Em razão da localização do residencial, observa-se a dificuldade de deslocamento dos moradores para outros bairros em busca de atendimento nos serviços de saúde. Nesse sentido, destacam-se os seguintes relatos: *“Uma vez saí daqui caminhando para outro bairro com uma criança doente no colo porque aqui não tem posto”* (Sujeito C). *“Aqui só tem uma creche, mas tem as crianças maiores que estudam em outros bairros e dependem do ônibus, aí quando passa aqui já vem lotado, porque já vem de outros bairros e isso preocupa a gente em relação à segurança das crianças”* (Sujeito D).

Figuras 1 e 2 - Esgoto a céu aberto, ruas alagadas e sem calçamento no Residencial Pedro Balzi



(1)

(2)

Fonte: Pesquisa de campo (2025).

A essência subsequente citada pelos participantes, com sete (7) frequências, está relacionada à coleta de lixo. Segundo os moradores, o caminhão da coleta atende apenas algumas ruas, enquanto outras não são contempladas, levando à necessidade do uso de carroça. Em muitos casos, ocorre a disposição inadequada e desordenada de resíduos por parte dos próprios moradores, além da ausência de limpeza urbana e serviços de capina, conforme ilustrado na Figura 3.

Figura 3 - Resíduos expostos na rua do residencial Pedro Balzi



Fonte: Pesquisa de campo (2025).

Outra essência identificada pelos participantes, com seis (6) frequências, refere-se à ausência de problemas relacionados à violência e à segurança no residencial, conforme o relato: “*Aqui não tem assalto não, é tranquilo*” (Sujeito E). A localização do residencial constituiu outra essência descrita, identificada com cinco (5) frequências. Na medição realizada durante a pesquisa

de campo, o deslocamento do residencial até a via principal que interliga para outras regiões/bairros da cidade corresponde a aproximadamente 1.036,43m de extensão. Para os moradores, o local do residencial é muito distante, havendo, ainda, objeções quanto ao uso de transportes por aplicativo, conforme o relato: *“Quando sabem que é pra cá, não querem vim, aqui é bom para quem tem carro”* (Sujeito F).

Em relação ao barranco existente, os moradores não o consideram como fator de risco, apenas identificado em quatro (4) frequências, uma vez que já convivem com pequenos deslizamentos de material e, segundo sua percepção, não há gravidade associada à situação, conforme ilustrado na Figura 4.

Figura 4 - Barranco existente próximo as residências no residencial Pedro Balzi



Fonte: Pesquisa de campo (2025).

A ausência de área/espço em comum foi mencionada em três (3) frequências, destacando-se a falta de locais destinados ao lazer, como áreas recreativas ou quadras esportivas. Conforme relato: *“Aqui era bom ter uma área ou uma quadra pras crianças jogarem bola pra não ficarem sem ter o que fazer e irem pra outro caminho”* (Sujeito G).

Em duas (2) frequências os participantes não souberam ou não quiseram descrever o residencial onde moram. Um dos entrevistados destacou: *“Não tenho nada pra dizer não, senhora”* (Sujeito O). As essências identificadas e suas respectivas frequências encontram-se sistematizadas no Quadro 1.

Quadro 1- Frequências das essências: Como você descreve o Residencial Pedro Balzi?

ESSÊNCIAS IDENTIFICADAS	FREQÜÊNCIAS	SUJEITOS														
		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
Infraestrutura, instalações de abastecimento de água, esgotamento sanitário																
Ausência de um posto de saúde e de uma escola																
Coleta de lixo																
Não haver problemas com violência																
Localização																
Barranco																
Área verde/Lazer																
Não souberam/quiseram descrever o residencial																

Fonte: Pesquisa de campo (2025).

Como você se sente em relação ao ambiente do Residencial Pedro Balzi?

Em relação a segunda pergunta direcionada aos mesmos quinze (15) sujeitos participantes: Como você se sente em relação ao ambiente do Residencial Pedro Balzi? A essência relacionada ao sentimento dos moradores associou a questão do bem-estar à moradia e às necessidades de melhorias no local.

Descrição de como você se sente em relação ao Residencial Pedro Balzi: Os moradores não sentem um bem-estar pleno em razão das condições em que se encontra o residencial, entretanto, pelo fato de possuírem suas moradias, percebem que poderiam estar vivendo em um ambiente com maior qualidade e com uma infraestrutura que pudesse proporcionar uma melhor satisfação. Redução Fenomenológica: O ambiente não proporciona uma sensação plena de bem-estar e qualidade de vida, uma vez que o local onde as moradias estão situadas apresenta diversas deficiências. Essência identificada: Os entrevistados não se sentem plenamente satisfeitos ou contentes ao viverem em um local marcado por vulnerabilidades e carente de melhorias.

Os entrevistados demonstraram consciência dos problemas ambientais e da vulnerabilidade do ambiente em que vivem, no entanto, por se tratar do local onde estão situadas suas moradias, manifestaram o entendimento de que poderiam viver em um espaço mais adequado, uma vez que convivem cotidianamente com problemas tipicamente urbanos. A essência predominante,

identificada em oito (8) frequências, refere-se à conscientização de estarem em um ambiente problemático, ao comprometimento do bem-estar e ao desejo por melhorias locais. Contudo, o sentimento de posse de moradia, ou seja, o fato de serem proprietários de suas casas, faz com que a permanência no local se configure de forma paralela ao anseio por transformações. Conforme relatado: “A gente mora aqui né, então a gente tem que gostar, mas tem muita coisa pra melhorar aqui” (Sujeito A); “A gente tem nossa casinha aqui, é simples, é longe, mas a gente não quero sair daqui” (Sujeito B). “Não dá dizer que tá tudo bem, a gente espera que ajeite as coisas aqui e que fique melhor e mais limpo” (Sujeito C).

Por outro lado, além da conscientização dos problemas ambientais do local e da insatisfação manifestada por alguns entrevistados, outro ponto levantado foi a possibilidade de deslocamento para outro lugar, identificada em cinco (5) frequências. Alguns ressaltaram: “Não gosto daqui não, só estou aqui porque não tenho pra onde ir” (Sujeito I); “Se tivesse outro local mais perto das coisas, eu iria, aqui é muito longe” (Sujeito K); “Aqui tem muita coisa pra melhorar, se fosse ali mais perto da avenida era melhor” (Sujeito L). As essências identificadas e suas respectivas frequências estão apresentadas no Quadro 2.

Quadro 2 - Frequências das essências: Como você se sente em relação ao ambiente do Residencial Pedro Balzi?

ESSÊNCIAS IDENTIFICADAS	FREQÜÊNCIAS	SUJEITOS															
		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	
Reconhecem a vulnerabilidade e anseiam por melhorias locais.																	
Reconhecem a vulnerabilidade do ambiente e se pudessem iriam para outro local.																	
Não souberam/quiseram descrever o residencial .																	

Fonte: Pesquisa de campo (2025).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Percebe-se que há muito a ser investigado sobre o Residencial Pedro Balzi, sua realidade e as questões teóricas que entrelaçam o ambiente. O desenvolvimento da pesquisa proporcionou mais do que o atendimento ao objetivo inicialmente proposto, analisar a vulnerabilidade e a qualidade ambiental do residencial através da percepção dos moradores, abrindo caminho para novas

possibilidades de investigação, bem como para a compreensão de seu contexto e de suas particularidades.

Compreender e perceber um ambiente pressupõe, antes de tudo, a conscientização como elemento fundamental na relação do sujeito com espaço, tanto para a compreensão do meio em que vive quanto para o fortalecimento de sua capacidade de ação e proposição de melhorias. A psicologia ambiental oferece um importante aporte para a análise das questões ambientais, contribuindo para uma melhor compreensão do lugar, da realidade das pessoas e de sua interação com o meio e, conseqüentemente, para a construção de espaços mais adequados, como, por exemplo, as moradias.

O efeito do entorno na percepção e comportamento do indivíduo revela nuances e uma nova forma de pensar a natureza e o ambiente. Foi isso que a presente pesquisa evidenciou: os participantes percebem, de modo mais claro e recorrente, as singularidades do Residencial Pedro Balzi relacionadas à infraestrutura, como a presença de esgoto a céu aberto, a oscilação no fornecimento de água e de energia, a ausência de posto de saúde e de escola e a localização do residencial, que dificulta o acesso, a locomoção e o usufruto de serviços e atividades diversas. No entanto, outros tipos de poluição ambiental, como a poluição visual, não são percebidos pelos moradores, assim como algumas problemáticas menos mencionadas. Isso pode ser interpretado pelo fato de tais aspectos não serem considerados prioritários, uma vez que os moradores enfrentam necessidades mais urgentes e imediatas, relacionadas às essências mais frequentemente identificadas.

Essas descrições estão relacionadas a uma resolutividade de curto prazo, o que, contudo, não estão dissociadas da dimensão ambiental. Além disso, o residencial foi construído para abrigar famílias que já se encontravam em situação de vulnerabilidade e, por estar localizado em um bairro periférico, passou a atrair famílias que se instalaram de forma gradual, ocupando áreas adjacentes, construindo moradias e habitando o espaço de maneira improvisada. Tal processo contribui para explicar as percepções e descrições mais recorrentes apresentadas pelos participantes. O problema ambiental mais percebido pelos sujeitos refere-se ao esgoto a céu aberto, decorrente da ausência de sistema de esgotamento sanitário, seguido pelas deficiências na coleta de lixo, pela disposição inadequada dos resíduos e pela falta de limpeza urbana. Como evidenciado, cada indivíduo reage e/ou se comporta diferente diante das divergências do meio, essas manifestações são resultado das percepções e experiências de cada um.

No que se refere à forma como os moradores se sentem em relação ao ambiente do Residencial Pedro Balzi, destacou-se a moradia, associada ao ambiente, como fator essencial de satisfação. Serem donos das unidades habitacionais onde moram revela a importância de situar as residências a um local minimamente com condições necessárias a um bom convívio.

A percepção da vulnerabilidade e da qualidade do local onde residem influencia em um baixo nível de satisfação psicológica e emocional dos entrevistados, atribuindo significados específicos ao meio em que vivem. Ao mesmo tempo que se sentem expostos às más condições, a moradia representa um fator essencial para a permanência no local. Assim, a sensação de bem-estar, enquanto resultado da combinação de diversos fatores, vai além da simples localização em um espaço com boas condições físicas, envolvendo também o sentimento de pertencimento dos moradores e o impacto que o meio ambiente exerce sobre eles na compreensão do espaço vivido. Dessa forma, evidencia-se a importância de um olhar atento à percepção ambiental, capaz de identificar como os aspectos do ambiente podem influenciar positivamente as pessoas.

Assim, o meio ambiente do residencial, em primeiro plano, é percebido em face dos problemas ambientais que afetam diretamente no cotidiano, inter-relacionando-se com o bem-estar dos moradores. A essência “*estamos abandonados pela prefeitura*” também emergiu, decorrente da percepção de possível passividade do poder público na resolução dos problemas enfrentados pelo residencial. De modo geral, as essências mais recorrentes indicam as principais formas de percepção dos moradores, sem desconsiderar a relevância daquelas com menor frequência. Tais resultados revelam, portanto, importantes particularidades a serem observadas na relação pessoa–ambiente, em uma dimensão psicológica, perceptiva e transformadora, que contribuem para a formulação de ações e iniciativas voltadas ao meio ambiente e ao residencial, especialmente no que se refere aos aspectos de infraestrutura, aos processos de gestão, à problemática ambiental e ao planejamento orientado à melhoria da qualidade de vida da população.

REFERÊNCIAS

BELLO, A. A. **Introdução à Fenomenologia**. Bauru: EDUSC, 2006.

CAVALCANTE, S.; ELALI, G. A. **Temas básicos em psicologia ambiental**. Petrópolis, RJ: Vozes, 2011.

DEL RIO, V.; OLIVEIRA, L. (org.). **Percepção Ambiental: a experiência brasileira**. 2. ed. São Paulo: UFSCAR/Studio Nobel, 1999.

ELALI, G. Azambuja. Psicologia e Arquitetura: em busca do locus interdisciplinary. **Estud. Psicol.**, Natal, 1997.

FERREIRA, C. P. **Percepção ambiental na Estação Ecológica de Juréia-Itatins**, 2005. Dissertação (Mestrado em Ciência Ambiental) - Universidade de São Paulo, São Paulo, SP, 2005.

TUAN, Y. **Espaço e lugar**: a perspectiva da experiência. Londrina: Eduel, 2015.

GIORGI, A. Sobre o método fenomenológico utilizado como modo de pesquisa qualitativa nas ciências humanas: teoria, prática e avaliação. In: POUPART, D. *et al.* (org.). **A pesquisa qualitativa**: enfoques epistemológicos e metodológicos. Petrópolis: Vozes, 2008. p. 286-311.

GOMES, M. A. S.; SOARES, B. R. Reflexões sobre a qualidade ambiental urbana. **Estudos Geográficos**, Rio Claro, v. 2, n. 2, p. 21-30, 2004.

LYNCH, K. **A Imagem da Cidade**. São Paulo, Martins Fontes, 1980.

MARANDOLA JR., E.; HOGAN, J. D. As dimensões da vulnerabilidade. **São Paulo em Perspectiva**, São Paulo, v. 20, n. 1, p. 33-43, jan./mar. 2006.

MOREIRA, D. A. **O método fenomenológico na pesquisa**. São Paulo: Pioneira Thompson, 2002.

MELO, R. G. C. de. Psicologia ambiental: uma nova abordagem da psicologia. **Psicologia USP**, São Paulo, v. 2, n. 1/2, p. 93-104, 1991.

MOSER, G. Psicologia Ambiental. **Estudos de Psicologia**, Natal, v. 3, n. 1, p. 121-130, 1998. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1413-294X1998000100008>.

MOSER, Gabriel. A Psicologia Ambiental: competência e contornos de uma disciplina. Comentários a partir das contribuições. **Psicologia-USP**, São Paulo, v. 16, n. 1/2, p. 283-290, 2005. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0103-65642005000100030>.

PATO, C.; DELABRIDA, Z. N. C. Proposta transdisciplinar em contextos formativos: chave mestra para a sustentabilidade. In: HIGUCHI, M. I. G.; KUHNEN, A.; PATO, C. (org.). **Psicologia ambiental em contextos urbanos**. 1. ed. Florianópolis: [s.n.], 2019.

SOARES, A. **Famílias de áreas de risco em Teresina “vigiam” o tempo por medo de chuvas**. Meio Norte, 2023. Disponível em: <https://www.meionorte.com/noticias/familias-de-areas-de-risco-em-teresina-vigiam-o-tempo-por-medo-de-chuvas-466856>. Acesso em: 11 abr. 2025.

PALLASMAA, J. **Os olhos da pele**: a arquitetura e os sentidos. Tradução: Alexandre Salvaterra. Porto Alegre: Bookman, 2011.

WIESENFELD, E. A Psicologia Ambiental e as diversas realidade humanas. **Psicologia USP**, São Paulo, v. 16, n. 1/2, p. 53-69, 2005. Disponível em: <https://revistas.usp.br/psicousp/article/view/41837>. Acesso em: 11 abr. 2025.

ZANINI, A. M.; SANTOS, A. R. dos; MALICK, C. M.; OLIVEIRA, J. A. de; ROCHA; M. B. Estudos de percepção e educação ambiental: um enfoque fenomenológico. **Pesquisa em Educação e Ciências**. Belo Horizonte, 2021.

ZILES, U. Fenomenologia e teoria do conhecimento em Husserl. **Rev. Abordagem Gestalt**. 2007. Disponível em http://pepsic.bvsalud.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1809-68672007000200005&lng=pt&nrm=iso>. Acessos em 17 de abril de 2025.

DINÂMICA ESPAÇO-TEMPORAL DA COBERTURA DOS MANGUEZAIS CONSIDERANDO SEU POTENCIAL PARA O SEQUESTRO DE CO₂ NO LITORAL ORIENTAL AMAZÔNICO

Kely Silva dos SANTOS

Laboratório de Manguezais-LAMA

Programa de Pós Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente -PRODEMA

Universidade Federal do Maranhão, UFMA, Brasil

Laboratório de Manguezais e Centro de Recuperação de Manguezais (LAMA/CERMANGUE)

E-mail: ks.santos@discente.ufma.br

Orcid: <https://orcid.org/0009-0009-8956-1026>

Deuzanir da Conceição Amorim LIMA

Programa de Pós Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente- PRODEMA

Universidade Federal do Maranhão, UFMA, Brasil

Laboratório de Manguezais e Centro de Recuperação de Manguezais (LAMA/CERMANGUE)

E-mail: deuzamiroceano@gmail.com

Orcid: <https://orcid.org/0009-0009-8432-5016>

Denilson da Silva BEZERRA

Prof. Dr. Universidade Federal do Maranhão, UFMA, Brasil

Laboratório de Manguezais, LAMA

E-mail: denilson.bezerra@ufma.br

Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-9567-7828>

Prof. Dr. Bruno de Brito Gueiros SOUZA

Instituto Chico Mendes de Biodiversidade, ICMBio, Brasil

E-mail: bruno.gueiros@icmbio.gov.br

Orcid: <https://orcid.org/0009-0000-2776-8245>

Edson Vicente da SILVA,

Prof. Dr. Universidade Federal do Ceará, Brasil Pesquisador PQ - CNPq

Laboratório de Geoecologia da Paisagem e Planejamento, LAGEPLAN

E-mail: cacauceara@gmail.com

Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-5688-750X>

Flávia Rebelo MOCHEL

Profa. Dra. Universidade Federal do Maranhão, UFMA, Brasil

Laboratório de Manguezais e Centro de Recuperação de Manguezais, LAMA/CERMANGUE

E-mail: flavia.mochel@ufma.br

Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-5911-3171>

*Recebido
Maio de 2026*

*Aceito
Junho de 2026*

*Publicado
Junho de 2026*

Resumo: Os manguezais são um dos maiores sequestradores de carbono do planeta, sendo um importante elemento de mitigação dos impactos das mudanças climáticas globais. Neste trabalho buscou-se analisar a dinâmica espaço temporal da cobertura de mangue como subsídio para estudos sobre o potencial de sequestro de carbono no litoral oriental amazônico e quantificar as áreas perdidas do manguezal entre 1986 e 2020. Os dados, do projeto MAPBIOMAS, foram classificados segundo seu estágio de sucessão, com base na idade registrada para cada pixel. Os manguezais primários, em 2020, totalizaram uma área de 4.599,98 km², que representa um estoque expressivo de carbono, para essa região. Os manguezais secundários, apresentaram uma área de 828,94 km. A avaliação mais detalhada, ano a ano, permitiu compreender melhor a dinâmica de ganho de áreas, onde observou-se um padrão decrescente na capacidade de ganho efetivo em área, existindo ao longo do tempo uma clara tendência de queda em seus valores.

Palavras-chave: manguezal; mudança da paisagem; estoque de carbono; emissão de carbono

SPATIO-TEMPORAL DYNAMICS OF MANGROVE COVER CONSIDERING ITS POTENTIAL FOR CO₂ SEQUESTRATION ON THE EASTERN AMAZON COAST

Abstract: Mangroves are one of the largest carbon sinks on the planet and an important element in mitigating the effects of global climate change. This study sought to analyse the spatio-temporal dynamics of mangrove cover to support studies on the potential of carbon sequestration on the eastern Amazon coast and to quantify the mangrove areas lost between 1986 and 2020. Data from the MAPBIOMAS project were classified by succession stage based on the age recorded for each pixel. In 2020, primary mangroves covered an area of 4,599.98 km², representing a significant carbon stock for this region. Secondary mangroves totaled 828.94 km². A more detailed evaluation, year by year, made it possible to better understand the dynamics of area increase. A decreasing pattern in the effective capacity of area increase was observed, with a clear downward trend in values over time.

Keywords: mangrove; landscape change; carbon stock; carbon footprint,

DINÁMICA ESPACIO-TEMPORAL DE LA COBERTURA DE LOS MANGLARES CONSIDERANDO SU POTENCIAL PARA EL SECUESTRO DE CO₂ EN EL LITORAL ORIENTAL AMAZÓNICO

Resumen: Los manglares son uno de los mayores secuestradores de carbono del planeta, constituyendo un importante elemento de mitigación de los impactos del cambio climático global. En este trabajo se buscó analizar la dinámica espacio-temporal de la cobertura de manglar como subsidio para estudios sobre el potencial de secuestro de carbono en el litoral oriental amazónico y cuantificar las áreas perdidas de manglar entre 1986 y 2020. Los datos, provenientes del proyecto MAPBIOMAS, fueron clasificados según su estadio de sucesión, con base en la edad registrada para cada píxel. Los manglares primarios, en 2020, totalizaron un área de 4.599,98 km², lo que representa un stock expresivo de carbono para esta región. Los manglares secundarios presentaron un área de 828,94 km. La evaluación más detallada, año tras año, permitió comprender mejor la dinámica de ganancia de áreas, en la que se observó un patrón decreciente en la capacidad de ganancia efectiva de superficie, existiendo a lo largo del tiempo una clara tendencia de disminución en sus valores.

Palabras clave: manglares; cambio de paisaje; stock de carbono; Emisiones de carbono

INTRODUÇÃO

Os manguezais, ecossistemas indispensáveis para a minimização do efeito estufa, ocupam cerca de 152.361 km² do litoral em todo o mundo, sendo encontrados em 123 países. O Brasil, com 13.000 km² (8,5% do total mundial), é o segundo país em área total de manguezais. Destaca-se que, no litoral da Amazônia brasileira, entre os estados do Maranhão e Pará, está a maior área contínua de manguezais do mundo, com uma área estimada de 7.433 km² (Nascimento *et al.*, 2013).

Com base em extenso levantamento florístico, a vegetação arbórea dos manguezais amazônicos é composta principalmente por três espécies de mangue vermelho (*Rhizophora mangle*, *R. racemosa* e *R. harrisonii*), duas espécies de Siriba (*Avicennia germinans* e *A. schaueriana*), pela tinteira (*Laguncularia racemosa*) e pelo mangue-de-botão (*Conocarpus erectus*) (Bonifácio *et al.*, 2011).

Para a zona costeira, os manguezais, provêm bens e serviços ecológicos, além da relevância social, como observado pela interação de diversos segmentos sociais com estes ecossistemas. Pesquisas que indicam sua importância econômica, dentre os bens e serviços seus valores anuais estimados estão entre US\$ 200.000,00 a 900.000,00 por km² (Wells *et al.*, 2006).

Para além do valor monetário advindo do extrativismo vegetal e animal, bem como outras formas de comércio de produtos deste ecossistema e do valor agregado dos serviços ambientais prestados, as extensas áreas de manguezais, possuem características paisagísticas únicas que cada vez mais vem atraindo pessoas que procuram o turismo ecológico como lazer. Isso fortalece a necessidade de um ambiente inteiramente sustentável, visto a crescente demanda de recursos naturais e sua escassez, além da degradação ambiental em detrimento da economia mundial.

O uso da terra, além das outras fontes de emissão de Gases de Efeito Estufa (GEE), causam fluxos de gases pela exploração madeireira na floresta, pelo manejo das pastagens e pelas queimadas. Para além disso, a supressão vegetal reduz a evapotranspiração, diminuindo o suprimento de água para a atmosfera (Fearnside, 2020). Tais efeitos refletem diretamente nos índices de biodiversidade, alterando significativamente a riqueza e a uniformidade de determinado ecossistema.

A intensificação da interferência antrópica na natureza a partir do século XVIII com a revolução industrial resultou no aumento das concentrações dos gases causadores do efeito estufa, as crescentes concentrações de gases de efeito estufa, como H₂O, CH₄, N₂O e CO₂,

este último se destaca pela maior concentração na atmosfera, refletem diretamente nas alterações da temperatura global (Arruda; Reynaud; Schaefer, 2020).

Dentre as estratégias para controlar o aquecimento global, todas incluem a Remoção de Dióxido de Carbono (CDR), que, entre outras medidas, prevê o sequestro de carbono no solo, oferecendo benefícios como a melhoria da biodiversidade, qualidade do solo, e segurança alimentar local (IPCC, 2018).

Dentre os maiores sequestradores de carbono do planeta, com potencial de sequestro de carbono de 10 a 50 vezes maior que os ecossistemas terrestres (Copertino, 2011), os ecossistemas costeiros vegetados são essenciais na atenuação dos efeitos das mudanças climáticas. Estimativas indicam que no período de um ano, eles podem capturar e estocar mais carbono do que o total que é emitido pelos veículos automotores.

Além disso, após a estabilização da fotossíntese, suas taxas fotossintéticas não diminuem significativamente por quase um século (Alongi, 2009), análises comprovam que os manguezais alocam proporcionalmente mais carbono abaixo do solo do que as árvores terrestres (Lovelock, 2008). Isso evidencia o potencial do manguezal como verdadeiros sumidouros de carbono.

Walcker *et al* (2018) aponta que o tempo desde o último distúrbio é um parâmetro chave, que modula significativamente os estoques de carbono e determina a estrutura da floresta, tem sido negligenciado. Desta forma ele sugere que as projeções globais dos reservatórios acima e abaixo do solo do estoque de carbono precisam considerar as estruturas de idade dos manguezais, que resultam de mudanças históricas na morfologia costeira.

Apesar do destaque internacional que o Brasil apresenta em termos de área de manguezal, não existe nenhuma política pública brasileira de acompanhamento sistemático de perdas de áreas e de serviços/bens ambientais prestados pelos manguezais à zona costeira (Bezerra *et al.*, 2014). Desta forma, trabalhos, como este, que quantifiquem de forma segura tais taxas contribuirá nas discussões nacionais sobre o tema.

A legislação, que por vezes é um mecanismo eficaz para permitir a conservação ambiental, outras vezes Figura como vilã. Pesquisadores Brasileiros apontam para um regresso nas políticas ambientais de proteção de manguezais em detrimento ao benefício do desenvolvimento imobiliário. Felizmente, o judiciário considerou a polêmica política inconstitucional, permitindo a continuidade da proteção de seus manguezais (Bezerra *et al.*, 2022).

Cabe ressaltar, que apesar da grande área de ocorrência do manguezal no território brasileiro, não há compreensão consistente da dinâmica de alterações na área de manguezal no

Brasil, e nem como, eventuais cenários de perdas de sua área podem influenciar o fornecimento de bens e serviço do manguezal à zona costeira brasileira.

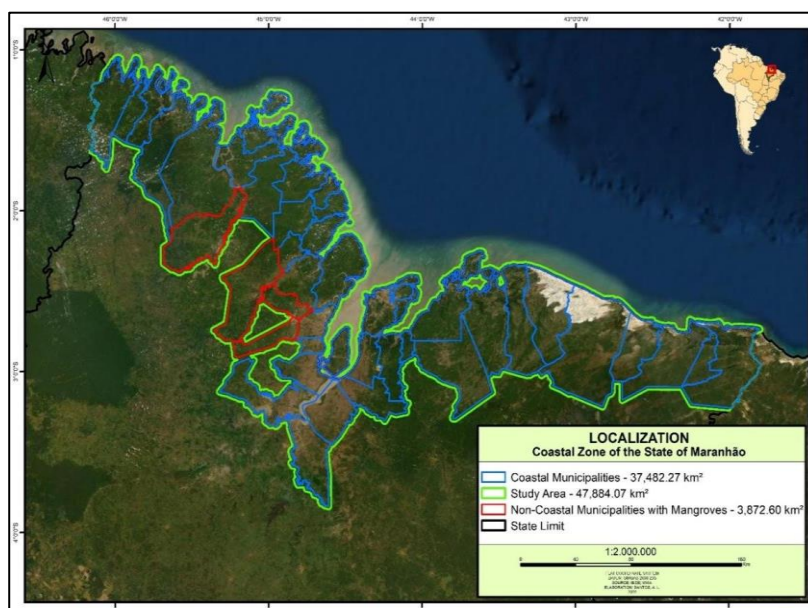
Com a temática do sequestro de carbono dos manguezais, a pesquisa propõe analisar a dinâmica espaço-temporal da cobertura de mangue como subsidio para, em trabalhos futuros, entender seu potencial de sequestro de carbono no litoral oriental amazônico. O objetivo do presente trabalho, busca quantificar as áreas perdidas do manguezal entre 1986 e 2020; quantificar os mangues de crescimento secundário, suas idades e perdas no período analisado; e validar a estimativa da idade dos bosques de mangue.

METODOLOGIA

Área de Estudo

A área em análise compõe toda a Zona Costeira do Maranhão (ZCEM), estando situada na região Norte do estado. Com uma extensão de 640km, entre a foz dos rios Gurupi e Parnaíba, o litoral do Maranhão é compartimentado em 5 setores com características fisiográficas bem diferenciadas, sendo o Golfão Maranhense, o Litoral Oriental, Litoral Ocidental, a Baixada Maranhense e o Parque Estadual Marinho do Parcel Manuel Luís (El-Robrini *et al.*, 2018) (Figura 1).

Figura 1 - Os polígonos com os limites de cor azul representam os municípios que estão legalmente inseridos na faixa terrestre da ZCEM; os polígonos com os limites de cor vermelha representam os municípios que não compõem a ZCEM, mas possuem alguma área com cobertura de manguezais; O polígono com os limites de cor verde representa a soma das duas áreas anteriores, acrescida de um raio de 2 km



Fonte: Autoria própria (2024).

Na pesquisa, a área calculada para a ZCEM, considerando apenas os limites administrativos (Portaria MMA n. 34, de 2 de fevereiro de 2021 – portaria MMA n. 34, de 2 de fevereiro de 2021 - DOU - Imprensa Nacional, 2021), foi de 37.482,27 km², entretanto alguns municípios não inseridos na faixa terrestre da zona costeira apresentam cobertura de manguezais, desta forma tais municípios foram considerados na delimitação da área de estudo. Devido a algumas áreas desse ecossistema extrapolarem determinados pontos ao longo da delimitação municipal, foi gerado um buffer de 2 km a partir de seus limites defrontantes ao mar, totalizando 47.884,07 km². A área identificada para esse ecossistema totalizou uma extensão de 5.428,92 km².

De acordo com (Bonifácio *et al.*, 2011), os principais fatores ambientais desta área caracterizam-se pelas amplas variações na altura das marés, mudanças na salinidade, elevados aportes de água doce por rios e chuvas intensas, temperaturas quentes, e altas taxas de sedimentação e erosão.

De acordo com dados georreferenciados do banco de dados do MMA (Brasil, 2022) e do INCRA (2022), foi verificado que a ZCEM abrange cerca de 17 unidades de conservação e 24 áreas de Quilombolas. A área do Golfão Maranhense abrange um total de sete unidades de conservação, sendo elas a Área de Proteção Ambiental das Reentrâncias Maranhenses, a Área de Proteção Ambiental da Baixada Maranhense, o Parque Estadual do Sítio do Rangedor, a Área de Proteção Ambiental do Itapiracó, o Parque Estadual do Bacanga, a Área de Proteção Ambiental da Região do Maracanã e a Reserva Extrativista da Baía do Tubarão; e duas comunidades Quilombolas, que são as de Alcântara e Jacaré dos Pretos.

Além da extensa área de manguezais, restingas e dunas, esta região dispõe de lagos e lagoas naturais, nascentes, veredas e uma grande densidade fluvial, sendo alguns rios com extensão que excede 600 metros de largura, atribuindo a este território extensa Área de Preservação Permanente.

Procedimentos Metodológicos

A pesquisa foi desenvolvida em três principais etapas, sendo elas: concepção, onde foram estabelecidos os principais objetivos, delimitada a área de estudo e variáveis ambientais intrínsecas ao objeto de estudo; posteriormente a de implementação, em que foram iniciados os trabalhos em ambiente computacional para a adaptação do script; por fim, após validação, na etapa de análise, foi executada modelagem para toda a área de estudo, com as análises estatísticas para embasar os resultados.

Idade, extensão, incremento, perda e saldo de incremento dos manguezais

Todos os dados matriciais e seus subprodutos são oriundos de séries anuais de uso e cobertura da terra produzidas pelo Projeto de Mapeamento Anual da Cobertura e Uso do Solo no Brasil (MAPBIOMAS, 2021), disponível através do link <http://mapbiomas.org>. O produto possui uma resolução espacial de 30 m cobrindo o intervalo temporal de 1985 a 2021.

Os dados de cobertura dos manguezais da ZCEM, foram classificados segundo seu estágio de sucessão, com base na idade registrada para cada pixel. Para isso, consideramos para a classe de manguezais em estágio primários de sucessão, toda a cobertura detectada para o início da série temporal (1985) e todas as novas áreas de manguezais registradas a partir do ano seguinte foram consideradas como em estágio secundário de sucessão.

Nesta etapa da pesquisa foram gerados 4 conjuntos distintos dados de cobertura de manguezais que se complementam, sendo eles de extensão, incremento, perda e idade. Considera-se por: extensão, toda a cobertura de manguezais para determinado ano; incremento, a área que houve rebrota ou colonização de novos manguezais em relação ao ano anterior; perda, os locais que no ano anterior havia manguezais e no ano de referência foi detectado sua ausência; e, por fim, idade, sendo os anos consecutivos que o manguezal permaneceu desde sua última perda.

A metodologia usada para identificar áreas de manguezais secundários e determinar suas idades, seguimos uma metodologia bastante difundida por outros (Heinrich *et al.*, 2021; Silva Junior *et al.*, 2020). Foi realizada a reclassificação das áreas de manguezais e todas as outras feições para os valores 1 e 0, respectivamente, transformando-os em mapas binários. Em que o valor 1 representa a existência de manguezais e o valor 0 a sua ausência.

Para o mapeamento do incremento anual dos manguezais secundários, foi utilizado os dados gerados na etapa anterior, onde a condição para sua detecção é de que em cada pixel classificado como manguezal (valor 1) no ano de referência, no ano anterior estivesse classificado como ausência de manguezal (valor 0). Dessa forma foi possível detectar as áreas de manguezais secundários, bem como seu ganho em área. Devido a inexistência de dados de cobertura anteriores a 1985, os mapas de incremento iniciaram em 1986, época da primeira transição (1985 a 1986).

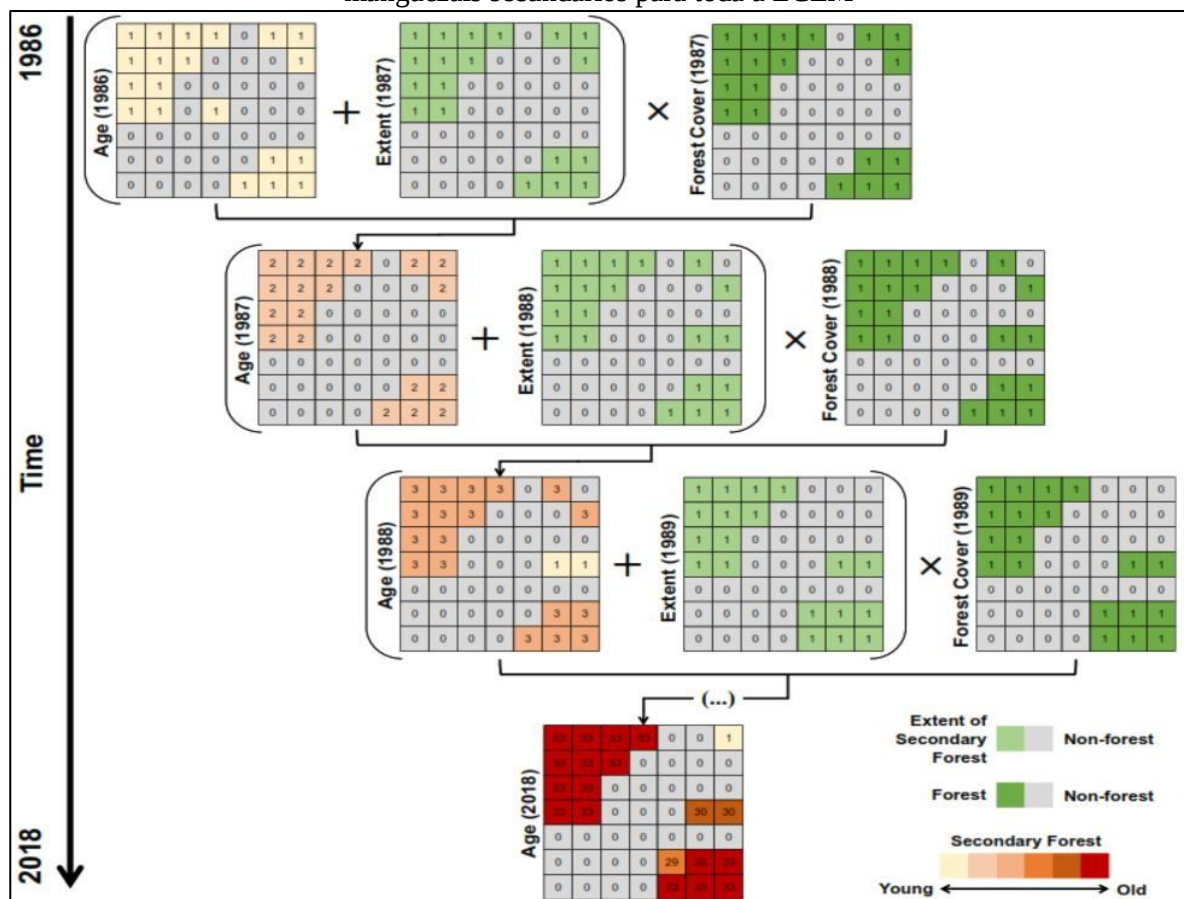
A extensão anual dos manguezais secundários foi resultado da soma do incremento do ano analisado com a extensão do ano anterior, exceto o de 1986, que equivale incremento e a idade para o mesmo período, para obter mapas binários, os pixels de valores maiores que 1

foram reclassificados para 1. O resultado desta soma não considera as áreas de manguezais secundários perdida no ano anterior ao analisado. Desta forma, para cada ano, o produto da soma foi multiplicado pelo mapa binário de cobertura total de manguezais do mesmo ano.

O dado de perda foi subproduto do cálculo da extensão, em que a remoção dos pixels que foram perdidos nos anos anteriores ao analisado é um produto da área anual perdida de manguezais secundários, compondo o conjunto de dados de perda.

O cálculo do conjunto de dados de idade foi semelhante ao de extensão, sendo produto da soma da idade do ano anterior com a extensão do ano analisado, e para remoção das áreas perdidas, foi feita a multiplicação pela extensão do ano corrente (Figura 2). O cálculo foi executado até o ano de 2020, sendo os valores dos pixels o resultado da idade daquela cobertura vegetal.

Figura 2 - Modelo conceitual utilizado para calcular a idade, extensão, incremento e perda dos manguezais secundários para toda a ZCEM



Fonte: Silva Junior (2024).

O saldo de incremento foi subproduto dos dados de incremento e de perda, a qual foi realizada a subtração da área das novas áreas de manguezais (incremento) pela área que havia sido detectado uma perda no mesmo ano, chegando ao valor efetivo de acreção de

manguezais.

Para avaliar as áreas de manguezais primários, utilizou-se uma abordagem semelhante a utilizada para manguezais secundários, no entanto considerou-se apenas a área classificada como manguezais para o ano de 1985, início da série temporal, como de sucessão primária e, nos anos posteriores, quantificou-se exclusivamente as perdas relativas a essa área em 1985. Mesmo que a série temporal seja considerada, relativamente, extensa, ela não é longa o suficiente para detectar novas áreas de manguezais primários, dessa forma não é possível chegar a dados de incremento para os manguezais secundários.

Para hierarquizar os estágios sucessionais da vegetação secundária mais recente, tomou-se por base a classificação utilizada por Walker (2018), com as devidas alterações. Dessa forma resultou nos estágios pioneiro (1 a 3 anos), secundário inicial (4 a 6 anos), secundário intermediário (7 a 20 anos), secundários tardios (21 a 35 anos) e de clímax (acima de 35 anos).

Idade, extensão, incremento, perda e saldo de incremento dos manguezais

A aplicação de equações alométricas, que utilizam o Diâmetro a Altura do Peito (DAP), altura, densidade da madeira e outras variáveis é a opção mais adequada para estimar biomassa florestal (VICTORIA HIGA *et al.*, 2014). Portanto, para a validação dos dados obtidos por sensoriamento remoto, utilizou-se informações de pesquisas na região, as quais derivam o volume da biomassa florestal para a densidade de carbono acima do solo utilizando equações alométrica para sistemas naturais, com fitofisionomia de mangue que usa as variáveis de DAP e densidade da madeira.

Para validar as estimativas obtidas a partir do modelo proposto, foram utilizados dados disponibilizados por pesquisadores do Instituto Federal do Maranhão, os quais avaliaram a AGB em parcelas instaladas nos municípios de Alcântara – MA e Raposa – MA (11 amostras em 9 locais). Observando as diferentes áreas amostradas, os valores foram extrapolados a unidade de um hectare.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Idade, incremento, extensão e perda de manguezais

Através do método proposto, adaptado e implementado na plataforma do Google Earth Engine para a feição de manguezais, foi possível obter as estimativas de idade e as áreas de incremento, extensão e de perda anual de toda a extensão de manguezais que cobrem a região

costeira do Maranhão.

Estimamos que a área de manguezal primário para o ano base (1985), bem como as áreas perdidas ano a ano de cobertura de mangue até o ano de 2020. Portanto, devido a série temporal dos manguezais secundários está limitada a idade de 35 anos, ainda não é possível contabilizar novas áreas de manguezais primários após sua sucessão, consideradas neste estudo coberturas vegetais com idade mínima de 100 anos, não sendo possível obter dados de idade e de incremento.

Vale ressaltar que, o método estima as áreas e idade com base nas informações existentes para os anos anteriores, devido a isso a série de dados de idade, extensão e incremento iniciam a partir do ano de 1986. Já as informações da área perdida de manguezal foram estabelecidas a partir de 1987, em razão do seu cálculo ponderar a extensão no ano anterior (1986) Tabela 1 e 2.

Tabela 1 - Extensão, incremento, incremento líquido e perda dos manguezais secundários 1986 - 2002

Ano	Incremento (km ²)	Perda (km ²)	Incremento - Perda (km ²)	Extensão Líquida (km ²)
1986	54,93	S/I	S/I	54,93
1987	4,00	2,63	1,37	56,40
1988	50,46	3,48	46,98	103,37
1989	139,05	8,51	130,54	233,94
1990	49,62	10,51	39,11	273,09
1991	70,12	22,62	47,50	320,63
1992	34,18	17,51	16,68	337,36
1993	91,85	27,51	64,34	401,72
1994	42,75	15,75	27,00	428,79
1995	57,33	22,88	34,44	463,29
1996	49,96	28,65	21,31	484,61
1997	32,25	28,56	3,69	488,30
1998	59,23	36,02	23,21	511,50
1999	83,95	42,51	41,44	552,90
2000	116,75	44,10	72,65	625,54
2001	68,68	40,68	28,00	653,52
2002	43,52	38,15	5,37	658,88
TOTAL	1 048,63	390,07	603,63	6 648,77

Fonte: Autoria própria.

Tabela 2 - Extensão, incremento, incremento líquido e perda dos manguezais secundários 2003 - 2020

<i>Ano</i>	Incremento (km²)	Perda (km²)	Incremento - Perda (km²)	Extensão Líquida (km²)
2003	46,37	36,60	9,77	668,68
2004	52,77	44,04	8,73	677,45
2005	51,05	40,54	10,51	688,00
2006	53,91	34,98	18,93	706,90
2007	47,69	37,51	10,18	717,12
2008	47,56	35,74	11,82	728,99
2009	56,20	35,41	20,79	749,82
2010	54,23	35,88	18,35	768,19
2011	51,79	38,65	13,14	781,37
2012	51,29	61,00	-9,72	771,68
2013	48,46	46,35	2,12	773,80
2014	72,92	38,33	34,59	808,41
2015	48,20	33,66	14,54	822,93
2016	42,73	46,19	-3,46	819,53
2017	47,85	47,67	0,18	819,72
2018	9,64	8,22	1,42	821,14
2019	16,36	9,70	6,66	827,81
2020	18,24	17,11	1,13	828,94
TOTAL	817,26	647,58	169,68	13 780,48

Fonte: Autoria própria.

Manguezais Primários

Os manguezais em estágio primário de sucessão apresentaram uma distribuição heterogênea nos setores da ZCEM, com uma grande concentração desse ecossistema ao longo do Litoral Ocidental (Reentrâncias Maranhenses) e Golfão Maranhense, com grande aporte de águas fluviais, em detrimento do Litoral Oriental, com predomínio de dunas e praias. Devido a limitada escala temporal nos dados, ainda não é possível obter dados de incremento, bem como o saldo de incremento.

Com uma perda total de 17 km² em área de manguezal maduro, ao longo de 35 anos houve uma perda média anual de 0,47 km². Chama a atenção a inexpressividade de tais valores,

visto que a área perdida em 35 anos chegou apenas a 0,37% da cobertura em 1985 (Tabela 3).

Tabela 3 - Extensão e perda dos manguezais primários 1985 - 2020

<i>Ano</i>	Extensão (km²)	Perda (km²)	Perda (%)
1985	4.616,98	S/I	S/I
1986	4.616,96	0,02	0,09
1987	4.616,96	0,01	0,04
1988	4.616,88	0,08	0,48
1989	4.615,97	0,90	5,31
1990	4.615,84	0,14	0,80
1991	4.613,86	1,97	11,62
1992	4.613,85	0,02	0,11
1993	4.613,29	0,56	3,29
1994	4.613,27	0,01	0,08
1995	4.613,26	0,01	0,06
1996	4.613,24	0,03	0,15
1997	4.613,22	0,02	0,11
1998	4.613,18	0,04	0,23
1999	4.613,14	0,04	0,23
2000	4.612,48	0,66	3,91
2001	4.611,83	0,64	3,78
2002	4.610,67	1,16	6,82
2003	4.610,11	0,57	3,33
2004	4.609,61	0,50	2,95
2005	4.608,84	0,77	4,52
2006	4.608,29	0,54	3,20
2007	4.607,40	0,89	5,23
2008	4.607,01	0,40	2,34
2009	4.606,52	0,49	2,88
2010	4.606,26	0,26	1,50
2011	4.605,70	0,56	3,30
2012	4.604,86	0,84	4,95
2013	4.603,67	1,18	6,96
2014	4.602,86	0,81	4,77
2015	4.602,08	0,78	4,61
2016	4.601,44	0,64	3,78
2017	4.600,85	0,58	3,42
2018	4.600,63	0,23	1,35
2019	4.600,40	0,23	1,36
2020	4.599,98	0,41	2,44
TOTAL		17,00	100,00

Fonte: Autoria própria.

O ano de 1991, com 11,62% da perda total, foi a época que apresentou o maior aumento nos valores de desmatamento, entretanto é estatisticamente considerado como um outliers ($>0,013 \text{ km}^2$), sendo um valor atípico que foge ao padrão observado. Apesar de apresentar o maior valor, em uma análise decadal, esse período foi o que totalizou a menor área desmatada ($\Sigma=2,83 \text{ km}^2$) e a menor média ($\bar{x}= 0,28 \text{ km}^2$). Esse valor inesperado pode ser explicado por

alguma atividade econômica ou fenômeno natural que acentuou excepcionalmente a supressão vegetal, mas foi uma perturbação pontual que se estabilizou no ano seguinte.

Já nas décadas seguintes, 2000 e 2010, totalizando 6,62 km² e 6,12 km², respectivamente, o desmatamento se intensificou, sendo a de 2000 a que mais se destacou, representando um aumento de 234%. Detectou-se um desmatamento médio anual de 0,66 km² e 0,61 km², respectivamente, para o período analisado.

Os dados apontam para uma consolidação das taxas de perda dos manguezais maduros, com uma tímida retração no desmatamento ao longo dos anos, mas ainda acentuado quando comparados aos dados do início da série temporal.

Manguezais Secundários

Os manguezais em estágio secundário de sucessão apresentaram um padrão similar aos de sucessão primária, com uma distribuição heterogênea ao longo dos setores da ZCEM, com maior concentração no Litoral Ocidental e no Golfão Maranhense em detrimento do Litoral Oriental. Entretanto, mais fragmentada por toda extensão da área de estudo, com regiões mais densas em áreas mais distantes da costa, próximas a corpos hídricos com alguma influência fluviomarinha.

Ao longo de todo o período observado, esse ecossistema demonstrou grande capacidade em ganho e perda de áreas, mas seus valores totais não representam a extensão de floresta naquele período. Devido a sua grande dinâmica, uma área possui vários ciclos de ascensão e desmatamento, podendo seu cálculo repetir-se mais de uma vez. Portanto, foi calculado o saldo de incremento, subtraindo o que foi perdido da área que houve incremento, obtendo seu aumento efetivo.

Foi observado um incremento de total de 1.982,12 km², chegando a um ganho anual médio de 56,63 km². Os aumentos mais expressivos se concentraram no período entre o final da década de 1980 e início da década de 2000, sendo o maior valor identificado para o ano de 1989, com 152,43 km², representando 7,69% de todo o incremento. Relativo ao mesmo período, a perda de manguezais foi desprezível, chegando a 8,57 km² (0,78%), refletindo no maior ganho líquido detectado para toda a série temporal, com 143,86 km² (17,31%).

Em contrapartida, coincidindo com o início da série dos dados de perda, o ano de 1987 foi o período que houve menor ganho em área de manguezais, com um aumento de apenas 4 km², retratando apenas 0,20% do total. Considerando o mesmo intervalo temporal, houve uma perda de 2,63 km² (0,24%), revelando um saldo de incremento de 1,37 km² (0,16%). Esse ano

se destaca pela menor perda do ecossistema.

Nesse estágio de sucessão os manguezais apresentaram uma perda de 1.095,61 km², com uma perda média de 32,22 km² ao ano. A maior perda detectada foi para o ano de 2012, totalizando 63,82 km², com 5,83% de toda área de perdida. Esse foi o ano mais alarmante quando se considera o ganho efetivo em áreas de manguezais, pois houve um incremento de apenas 55,02 km² (2,78%), refletindo em um déficit de ganho líquido de -8,80 km² (-1,06%).

Os manguezais secundários somaram as maiores perdas na década de 2000, seguido por 2010 e 1990, totalizando 413,81 km² (38,93%), 393,43 km² (37,02%) e 255,61 km² (24,05%), respectivamente. Seus valores médios anuais foram de 41,38 km², 39,34 km² e 25,56 km², na devida ordem.

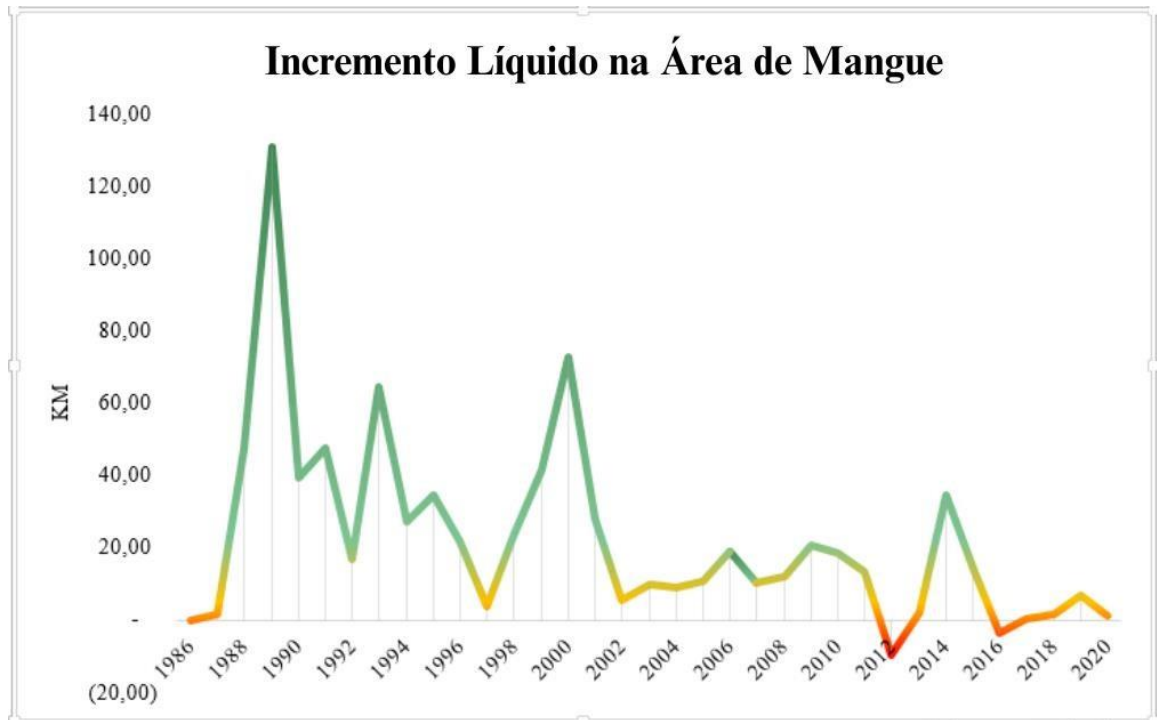
Os maiores ganhos de área foram detectados na década de 2000, seguido por 1990 e 2010, somando 625,35 km² (36,78%), 595,17 km² (35,00%) e 479,83 km² (28,22%) e com as médias anuais de 62,53 km², 59,52 km² e 47,98 km², ambos na mesma ordem.

Considerando o saldo de incremento, foi detectado um ganho efetivo total em área de manguezais de 831,29 km² ao longo de 34 anos (1987 a 2020), com um saldo de incremento anual médio de 24,45 km². Os aumentos mais substanciais se concentraram entre o final da década de 1980 e início da década de 2000, com a maior taxa para o ano de 1989, conforme citado anteriormente.

Durante 34 anos (1987 a 2020), os manguezais vêm demonstrando um padrão decrescente de ganho líquido (Figura 4). O maior ganho efetivo foi detectado para a década de 1990, seguido pelas décadas de 2000 e 2010, com seus valores totais chegando a 339,56 km², 211,53 km² e 86,40 km² e com suas médias anuais de 33,96 km², 21,15 km² e 8,64 km², ambos na mesma ordem.

Foram detectadas taxas negativas de saldo de incremento para os anos de 2012, 2017 e 2016, alcançando -8,80 km², -3,27 km² e -2,59 km². Nesses períodos, apesar de apresentarem um incremento total (55,02 km² para 2012, 50,27 km² para 2017 e 47,23 km² para 2016) próximo a média anual (56,63 km²), suas perdas (63,82 km² para 2012, 53,54 km² para 2017 e 49,81 km² para 2016) foram superiores à média de perda anual (32,22 km²).

Figura 3 - Modelo conceitual utilizado para calcular a idade, extensão, incremento e perda dos manguezais secundários para toda a ZCEM



Fonte: Autoria própria (2024).

Com base nas informações, os manguezais vêm perdendo a capacidade de incremento na sua extensão, existindo uma clara tendência de queda, com as médias anuais por décadas diminuindo ao longo do tempo.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A avaliação mais detalhado ano a ano dos manguezais em estágio de sucessão secundária permitiram compreender melhor a dinâmica efetiva das alterações em sua área. Em que, apesar de ter sido detectado um grande incremento e um bom ganho efetivo total em área de manguezais de 773,28 km² ao longo de 34 anos, observou-se um padrão decrescente na capacidade de ganho efetivo em área desse ecossistema. Com base nas informações, os manguezais vêm perdendo a capacidade de incremento na sua extensão, existindo uma clara tendência de queda, com as médias anuais por décadas diminuindo ao longo do tempo.

O manguezal, quando em equilíbrio, permite a ciclagem de nutrientes, a qual possibilita o estabelecimento e o desenvolvimento da fauna e flora específica deste ambiente. O ciclo do carbono neste ambiente é bem dinâmico e permeia todas as etapas de fluxo e energia, sendo uma parte redistribuída ao ambiente e outra fica armazenada em seu substrato lamoso e na biomassa da cobertura vegetal.

Conforme observado, a região que compreende a maior área contínua de manguezais do mundo e que estão inseridas, ou não, em alguma localidade protegida por algum nível governamental de proteção ambiental apresentam imenso potencial para exploração sustentável. Dessa forma, o fomento a pesquisas e a regulamentação do mercado de carbono no Brasil permitirá o desenvolvimento regional.

REFERÊNCIAS

- ALONGI, D. M. **The energetics of mangrove forests**. 1. ed. Amsterdam: Springer Netherlands, 2009.
- ARRUDA, D. M.; REYNAUD-SCHAEFER, C. E. G. Dinâmica climática e biogeográfica do Brasil no Último Máximo Glacial: o estado da arte. **Estudos Avançados**, v. 34, n. 98, p. 187-198, maio 2020.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Portaria MMA nº 34, de 2 de fevereiro de 2021. **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília, DF, ano 159, n. 23, p. 53, 4 fev. 2021.
- BEZERRA, D. *et al.* Simulating sea-level rise impacts on mangrove ecosystem adjacent to anthropic areas: The case of Maranhão Island, Brazilian Northeast. **Pan-American Journal of Aquatic Sciences**, v. 9, p. 188-198, 1 jan. 2014.
- BEZERRA, D. da S. *et al.* Brazil's mangroves: Natural carbon storage. **Science**, v. 375, n. 6586, p. 1239, 18 mar. 2022.
- BONIFÁCIO, M. *et al.* **Amazônia Maranhense**: diversidade e conservação. Belém: Editora do Museu Paraense Emílio Goeldi, 2011.
- COPERTINO, M. da S. Add coastal vegetation to the climate critical list. **Nature**, v. 473, n. 7347, p. 255, 18 maio 2011.
- L-ROBRINI, M. *et al.* Maranhão. In: MUEHE, Dieter (org.). **Panorama da Erosão Costeira no Brasil**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2018. cap. 3, p. 167-240.
- FEARNSIDE, P. M. **Uso da terra na Amazônia e as mudanças climáticas globais**. Manaus: Editora do INPA, 2020. v. 1, p. 21-38.
- HEINRICH, V. H. A. *et al.* Large carbon sink potential of secondary forests in the Brazilian Amazon to mitigate climate change. **Nature Communications**, v. 12, n. 1, p. 1785, 2021.
- INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE – IPCC. **Relatório especial do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC) sobre os impactos do aquecimento global de 1,5°C acima dos níveis pré-industriais**. Suíça: IPCC, 2018. Disponível em: <https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2019/07/SPM-Portuguese-version.pdf>. Acesso em: 14 jun. 2022.
- INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE – IPCC. Summary for

policymakers. In: **Climate change 2013: the physical science basis**. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge: Cambridge University Press, 2013. p. 1–27.

LOVELOCK, C. E. Soil respiration and belowground carbon allocation in mangrove forests. **Ecosystems**, p. 342–354, fev. 2008.

MAPBIOMAS. **Projeto MapBiomass**: Mapeamento anual de cobertura e uso da terra do Brasil - Coleção 6. São Paulo: MapBiomass, 2021. Disponível em: <https://mapbiomas.org/>. Acesso em: 14 jun. 2022.

SILVA JUNIOR, C. H. L. *et al.* Benchmark maps of 33 years of secondary forest age for Brazil. **Scientific Data**, v. 7, n. 1, p. 269, 2020.

VICTORIA HIGA, R. C. *et al.* Protocolo de medição e estimativa de biomassa e carbono florestal. Colombo: **Embrapa Florestas**, 2014. (Embrapa Florestas. Documentos, 266).

WALCKER, R. *et al.* Control of "blue carbon" storage by mangrove ageing: Evidence from a 66-year chronosequence in French Guiana. **Global Change Biology**, v. 24, n. 6, p. 2325–2338, 1 jun. 2018.

AGRADECIMENTOS

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) que financiou a esta pesquisa através da bolsa de demanda social. Esta pesquisa foi apoiada financeiramente pelo Fundo Nacional de Biodiversidade (FUNBIO) e pela Fundação de Amparo à Pesquisa e ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico do Maranhão (FAPEMA) através do projeto “Quantificação das Perdas de Estoques de Carbono Florestal Devido ao Desmatamento e Fragmentação Florestal para o Estado do Maranhão”, termo 000114/2021.

O PANTANAL E A PAISAGEM COMO SISTEMA EM TRANSIÇÃO POR MEIO DOS ESTUDOS DE EVAPOTRANSPIRAÇÃO USANDO O MODELO GLOBAL SSEBop

Abraão Levi dos Santos **MASCARENHAS**
Geógrafo, doutor em Geografia pela USP
PPGG-Unifesspa
E-mail: abraaolevi@unifesspa.edu.br
Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-0546-8836>

Maria Rita **VIDAL**
Geógrafa, doutora em Geografia pela UFC
PPGG-Unifesspa
E-mail: ritavidal@unifesspa.edu.br
Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-3392-3624>

Edson Vicente da **SILVA**
Geógrafo, doutor em Geografia pela Unesp, Rio Claro
PPG-UFC
E-mail: cacaueara@gmail.com
Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-5688-750X>

Vicentina Socorro da **ANUNCIACÃO**
Geógrafa, doutora em Geografia pela Unesp, Pres. Prudente
PPGG-UFPA
E-mail: vicentina.anunciacao@academico.ufpb.br
Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-8571-5109>

Maria Helena da Silva **ANDRADE**
Bióloga, doutora em Ecologia pela USP
PPGECI-UFMS
E-mail: helena.andrade@ufms.br
Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-7252-4020>

*Recebido
Maio de 2026*

*Aceito
Junho de 2026*

*Publicado
Junho de 2026*

Resumo: Os estudos climáticos na maior região úmida do Brasil são recorrentes desde a segunda metade dos anos 1980, os quais apresentam dados meteorológicos, climáticos e hidrológicos para compreender a dinâmica e regimes das águas no Pantanal. A presente pesquisa objetiva compreender a dinâmica temporal e espacial dos dados de Evapotranspiração, produzidos por Senay *et al.* (2013, 2020, 2023) usando operações simplificadas do balanço de energia de superfície, seu acrônimo em inglês (SSEBop) e, como esta influência no geossistemas em transição denotam a transitoriedade nos padrões úmidos e secos das paisagens Pantaneiras. Os ambientes de transição estão espacialmente distribuídos na direção norte/sul e de Sul/leste variando entre os padrões climatológicos verão/inverno do hemisfério sul, assim os meses de Dezembro-Janeiro-Fevereiro (DJF) associados ao verão e, de Junho-Julho-Agosto (JJA) associado ao inverno. Advoga que mudanças nos padrões de Evapotranspiração, causados por alterações no uso e cobertura do solo, interfere significativamente nas atividades agropecuárias, abastecimento público, turismo, navegabilidade e produção de energia sendo necessário a efetivação de políticas públicas que possam auxiliar na convivência com as crises climáticas.

Palavras-Chaves: paisagem; crise climática; áreas úmidas.

THE PANTANAL AND THE LANDSCAPE AS A SYSTEM IN TRANSITION THROUGH EVAPOTRANSPIRATION STUDIES USING THE SSEBop GLOBAL MODEL

Abstract: Since the second half of the 1980s, climate studies have been carried out in Brazil's largest wetland region, based on meteorological, climatic, and hydrological data to understand the dynamics and water regimes in the Pantanal. This research aims to investigate the temporal and spatial dynamics of evapotranspiration data using simplified operations of the surface energy balance (SSEBop), as well as to understand how this influences the geosystem in transition, highlighting the transience of wet and dry patterns in Pantanal landscapes. The transitional environments are spatially distributed in a North/South and South/East direction, varying between the summer/winter climate patterns of the Southern Hemisphere, with the months of December-January-February (DJF) associated with summer and June-July-August (JJA) associated with winter. The study suggests that changes in evapotranspiration patterns, caused by changes in land use and land cover, significantly interfere with agricultural activities, public supply, tourism, navigability, and energy production, thus requiring the implementation of public policies that can help to cope with climate crises.

Keywords: landscape; climate crisis; wetlands.

EL PANTANAL Y EL PAISAJE COMO UN SISTEMA EN TRANSICIÓN A TRAVÉS DE ESTUDIOS DE EVAPOTRANSPIRACIÓN UTILIZANDO EL MODELO GLOBAL SSEBOP

Resumen: Desde la segunda mitad de la década de 1980, se han realizado estudios climáticos en la mayor región de humedales de Brasil, basados en datos meteorológicos, climáticos e

hidrológicos para comprender la dinámica y los regímenes hídricos en el Pantanal. Esta investigación tiene como objetivo investigar la dinámica temporal y espacial de los datos de evapotranspiración utilizando operaciones simplificadas del balance energético superficial (SSEBop), así como comprender cómo esto influye en el geosistema en transición, resaltando la transitoriedad de los patrones húmedos y secos en los paisajes del Pantanal. Los ambientes de transición se distribuyen espacialmente en dirección Norte/Sur y Sur/Este, variando entre los patrones climáticos de verano/invierno del hemisferio sur, con los meses de diciembre-enero-febrero (DJF) asociados al verano y junio-julio-agosto (JJA) asociados al invierno. El estudio sugiere que los cambios en los patrones de evapotranspiración, causados por cambios en el uso y la cobertura del suelo, interfieren significativamente con las actividades agrícolas, el abastecimiento público, el turismo, la navegabilidad y la producción de energía, lo que requiere la implementación de políticas públicas que puedan ayudar a hacer frente a las crisis climáticas.

Palabras clave: paisaje; crisis climática; humedales.

INTRODUÇÃO

A pesquisa destaca que a caracterização da evapotranspiração real (ET_r) em território sul-mato-grossense revelou 234,78 mm ano⁻¹ de excesso de água, 80,8 mm ano⁻¹ de déficit hídrico, e 1.114,8 mm ano⁻¹ de evapotranspiração potencial. Os indicadores, o déficit de água e a evapotranspiração potencial diminuem à medida que a latitude aumenta. Já nos trópicos, a evapotranspiração potencial e a energia solar durante o ano são mais elevadas do que em clima temperado (Camargo; Camargo, 2000).

Autores como Lázaro *et al.* (2020) destacam que as microrregiões do Pantanal apresentaram diferentes padrões nos componentes do balanço hídrico e no índice de umidade. A evapotranspiração real anual (ET_r) de Mato Grosso do Sul foi de 1.116,52 mm (± 62,21 mm). As microrregiões do Baixo Pantanal, localizadas no oeste do estado, apresentaram os maiores valores anuais de ET_p, com o menor excedente hídrico, de 23,15 mm (± 23,61 mm), e o maior déficit hídrico e variação nos resultados, além menor índice hídrico (I_h), com um valor de -11,89 (± 8,43). Os achados mostram-se associados à dinâmica habitual de seca no Pantanal, onde a maior parte do ano registra índices de temperaturas elevadas e pluviometria reduzida, ocorrendo intermitência fluvial.

O estudo traz evidências também relacionadas ao excedente hídrico médio anual na microrregião do Baixo Pantanal, destacando o índice de 23,15 mm (± 23,6 mm), enquanto o déficit hídrico médio anual foi de 293,88 mm (± 144,2 mm), distribuído por toda a sazonalidade no período de fevereiro a dezembro, configurando um enfrentamento superior a nove meses de déficit hídrico.

Enfatiza-se que a microrregião de Porto Murtinho apresentou o maior excedente hídrico, ao passo que Corumbá e Ladário mantiveram igual variação no excedente e no déficit hídrico. Ao apresentar o maior valor de déficit hídrico, os autores a classificam, de acordo com a preconização de Thornthwaite, como subúmida.

A transitoriedade das paisagens pantaneiras está associada às dinâmicas climáticas e às respostas geomorfológicas dos sistemas fluviais às variações dos fluxos hídricos, sem desconsiderar as formas de uso e ocupação do solo. Aspectos de maior representatividade dessas interações estão relacionados ao ecótono entre o Chaco Central e o domínio da vegetação de Cerrado.

O geossistema pantaneiro em transição remete a aspectos frontogênicos ligados às zonas climáticas Equatorial e Tropical, que representam variações em seus sistemas atmosféricos, balanço de radiação solar e velocidades do vento (Tarifa, 1984). Essas trocas entre a superfície da terra e a troposfera funcionam como *input* nas inter-relações clima-geomorfologia-biogeografia do complexo territorial natural do Pantanal.

Em escala de bacias hidrográficas, os estudos de evapotranspiração permitem compreender a dinâmica hidrológica e sua correlação com a saúde da vegetação, auxiliando, consequentemente, no monitoramento das atividades agrícolas, que são altamente dependentes da água (Pompeu, 2025). Utilizando dados climáticos de séries históricas aplicados a um período de 30 anos (1987-2017), correspondente às 79 unidades municipais que compõem o Estado de Mato Grosso do Sul, setorizado em microrregiões, avaliaram-se as alterações climáticas empregando o índice de umidade e de aridez da classificação climática de Thornthwaite.

As paisagens, como geocomplexo integrado, são portadoras de fluxos de radiação, sedimentos e fluxos hídricos. Mesmo que os sistemas socioeconômicos sejam um geossistema antroponatural à parte, os sistemas interagem em um todo sistêmico (Vidal, 2024). As peculiaridades regionais do bioma Pantanal são objeto de mapeamento para fins de delimitação regional desde os primeiros trabalhos de Stefan (1964), seguindo pela proposta de Silva e Abdon (1998), que utilizam critérios de inundação, relevo, solo e vegetação, e pela proposta de classificar o Pantanal por meio de unidades de paisagens, conforme a metodologia desenvolvida por Pereira, Chaves e Silva (2012).

Em seus aspectos climáticos, o complexo Pantanal é influenciado pelos sistemas atmosféricos da América do Sul, contando com regimes pluviométricos do tipo Brasil Central e do

Brasil Meridional (Zavattini, 2009). Nos meses mais quentes (novembro a março), a atuação da Massa Equatorial continental é predominante, enquanto nos meses mais frios (maio a agosto), a Massa Polar Atlântica exerce maior influência (Sant'anna Neto, 1989).

Pulsos climáticos com grandes volumes de precipitações e/ou volumes de chuvas reduzidos, de acordo com Alho e Silva (2012) e Marengo, Oliveira e Alves (2016), tornam-se problemas para os assentamentos humanos e a vida silvestre do Pantanal (severidade e/ou drasticidade). A água é fator ecológico e vetor de transição das paisagens, intimamente relacionadas às teleconexões Atmosfera-Terra-Oceano (An, 2009). Em especial, anomalias detectadas nas temperaturas de superfícies do Oceano Pacífico Tropical em períodos interanuais (Saha *et al.*, 2022; Wang *et al.*, 2019) exercem forte influência na sazonalidade do Pantanal (Garcia; Pedraza, 2008; Novais; Farias, 2021; Silva; Carpenedo, 2021).

Mesmo que mudanças físicas estejam ocorrendo, o geossistema Pantanal em transição pode conservar um aspecto homeostático. Assim, os elementos de radiação e umidade, afetados por ações antropogênicas como o aumento das pastagens/agrossistemas, desflorestamento e expansão da malha urbana (Pompeu, 2025), por enquanto, ainda são capazes de se autorregular e preservar o funcionamento da paisagem – reforçando a ideia de uma tendência à transição. Tais elementos são reforçados atualmente pelas mudanças na circulação atmosférica no Pantanal (Hoffman *et al.*, 2023).

Para a presente seção, pontua-se que considerar o aspecto da transitoriedade de paisagem é, acima de tudo, pensar o geossistema em mutabilidade discreta e contínua (Frolov, 2024a; 2024b). De outro modo, refere-se às constantes variabilidades espacial e temporal sofridas pelo estado dinâmico do geossistema natural, que lhe confere transições em seus atributos geocológicos.

Essas questões não contradizem o que se tem demonstrado sobre a diminuição das precipitações em toda região do Pantanal, mas trazem elementos importantes do ponto de vista da emergência sistêmica. A complexidade ambiental derivada das perturbações humanas sobre os complexos territoriais naturais, sinergias e entropias que autorregulam as dinâmicas sistêmicas, cujas mudanças podem ser negativas ou positivas.

Pelo exposto, a pesquisa objetiva compreender a dinâmica temporal e espacial dos dados de Evapotranspiração, usando operações simplificadas do balanço de energia de superfície, cujo acrônimo em inglês é SSEBop. Entre os diversos modelos para estimar a evapotranspiração, o SSEBop destaca-se por seu balanço operacional simplificado de energia de superfície, mostrando-

se uma opção promissora na obtenção da evapotranspiração a partir do uso de imagens orbitais (Senay, 2020).

Analisar o comportamento dos índices de evapotranspiração no Pantanal na última década (2012-2024) torna-se necessário em vista das mudanças climáticas em curso e da necessidade de a sociedade promover políticas para conviver com as crises climáticas. Tais análises permitem a compreensão atual de como os fatores climáticos em escala regional vêm se comportando e modificando as paisagens no geossistema, tendendo a transições.

METODOLOGIA

A fim de caracterizar o clima dos pantanais, Corrêa Filho (1946) realizou uma descrição do clima por meio dos atributos de temperatura sensível e umidade relativa. Já nos primeiros esforços para compreender o clima da região, naqueles anos, mostrava-se preocupado com a devastação dos Pantanais e com a dificuldade da aquisição dos dados de estações meteorológicas. Em seguida, os estudos modernos de Garcia (1984), para os anos de 1977 a 1981, utilizando a metodologia de balanço hídrico com base no conceito de evapotranspiração, serviram para demonstrar aspectos agroclimáticos baseados em séries históricas na porção norte, central e sul da Bacia do Alto Paraguai.

Ao apontar para os aspectos climatológicos do Pantanal, Tarifa (1984) iniciou um dos estudos mais relevantes na direção de compreender o comportamento do clima por meio dos ritmos climáticos. Sua análise incluiu aspectos sinóticos e físicos dos sistemas de clima sobre o Pantanal. No final dos anos 2000, as contribuições de Zavattini (2009) sobre as massas de ar e a distribuição das precipitações seguiram os aportes da Teoria do clima, associando os tipos de tempo e as massas de ar, o que resultou em uma classificação de base genética do clima que incluiu a área do Pantanal.

A evapotranspiração é a transferência de umidade da superfície terrestre para a atmosfera, entre os principais processos associados a perda de água estão a transpiração das plantas, quantidade de água no solo, pressão de vapor etc. Assim, usando modelo meteorológico baseado em imagens de satélites, especialmente os derivados de sensores termais que são capazes de medir a temperatura do Ar, tais dados são calibrados usando a constante psicométrica dos termômetros de bulbo-seco e bulbo úmido para estimativa de evapotranspiração. Esses aspectos permitem estimativas de evapotranspiração de grandes áreas hidroclimáticas utilizando dados de temperatura máxima, as estimativas geradas em imagens de

sensores termais de superfície, por exemplo, imagens com resoluções de 100 metros podem armazenar até três milhões de medições pelo método SSEBop.

As imagens (raster) com arquivos SSEBop foram baixadas do site <https://earlywarning.usgs.gov/fews/product/460> por meio de arquivos raster, contendo dados de evapotranspiração real (ET_r) em milímetros (mm) mensais, com resolução de 1km (Senay *et al.*, 2023; 2020; 2022; 2008; 2013). Para cada conjunto de três imagens foi realizado uma média para representar as estações do verão, da mesma maneira foi realizada as médias para a estação de inverno. Foi utilizada a plataforma Qgis 3.34, ferramenta calculadora Raster, para obtenção das médias mensais de evapotranspiração para todo o bioma Pantanal, foram selecionadas as imagens contendo dados de evapotranspiração dos meses de dezembro, janeiro e fevereiro empregando um total de 79 arquivos rasters, assim foi possível gerar um conjunto de 24 mapas de Evapotranspiração conforme o quadro 1.

O critério de análise baseou-se nas estações do ano de Verão (700 – 1600 mm), com os meses selecionados sendo dezembro, janeiro e fevereiro (DJF), e nos meses de junho, julho e agosto (JJA), referentes à estação de inverno (0 – 100 mm). Essas seleções correspondem às análises climatológicas e meteorológicas realizadas por Marengo *et al.* (2021), Marengo, Oliveira e Alves (2016), Assine *et al.* (2016), Leivas *et al.* (2014), Zavattini (2009), Tarifa (1984) e Correa Filho (1946).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Devido aos seus atributos de zona de transição característicos ocorrem no Pantanal territorializações de diversas idiossincrasias. A atividade econômica tradicional da região, a pecuária, combina elementos tradicionais e contemporâneos como técnica de manejo extensivo do gado de corte. A incorporação do meio técnico, científico e informacional visa ao aumento da produtividade e renda, caracterizando a atuação da alta tecnologia e da fazenda-empresa. Somam-se a matriz econômica, a mineração, o turismo ecológico, o etnoturismo, a pesca, uma pequena produção familiar, o avanço desenfreado do cultivo de soja, milho, cana-de-açúcar e a silvicultura do eucalipto, além da presença da hidrovia e de empreendimentos hidrelétricos.

As características físicas e ambientais do bioma, inerentes à inserção na Bacia do Alto Paraguai (BAP), que o constitui como uma planície sedimentar composta por três compartimentos

integrados (Planaltos, Depressões e o Pantanal), configuram-no como um ambiente atravessado por dinâmicas intermitentes, solos arenosos, campos inundáveis, ambientes aquáticos.

Trata-se de um ecossistema vulnerável, associado a territorialização das forças produtivas socioespaciais e ambientais que promovem uma ruptura social com a dinâmica natural do domínio morfoclimático, desvelando fatores que contribuem para o desencadeamento e potencializam a emergência climática. A água, como fator ecológico, dinamiza aspectos florísticos e faunísticos, enquanto os aspectos climáticos exercem ampla influência na sazonalidade dos pantanais. Assim, a água, a vida e sociedade estão em constante transição e interações.

Aspectos fisiográficos do tipo área úmida, entremeados por rios – em especial, os rios Bento Gomes e Cuiabá ao norte, o rio Taquari na parte central e os rios Miranda, Aquidauana e Nabileque na parte sul – dinamizam o bioma pantaneiro. A formação de uma megaplanície fluvial é de responsabilidade do rio Paraguai. Esse sistema fluvial, de acordo com Assine (2015) e Boin *et al.* (2019), é responsável pela distribuição e deposição de sedimentos ao longo da bacia sedimentar do Pantanal.

Inconstâncias nos índices de umidade no bioma Pantanal têm sido registradas e observadas ao longo das décadas por vários pesquisadores. Os indicadores revelam que a sazonalidade típica da região, com chuvas concentradas entre outubro e março, ainda persiste, porém, já apresenta alterações importantes, como intercorrências no aumento ou redução dos volumes, nos índices de umidade e evapotranspiração. Sant'Anna Neto (2021) enfatiza que o clima, embora seja um fenômeno natural resultante de processos físicos e químicos, também é moldado por interações sociais, econômicas e políticas.

Nesse sentido, alvitra-se que transformações no uso e ocupação das terras em larga escala no bioma Pantanal têm convergido em emergência climática, com fortes repercussões nos índices de precipitação, umidade relativa, afetando a evapotranspiração e o balanço hídrico, potencializando as ameaças associadas (Pompeu, 2025).

A emergência climática tem apresentado repercussões significativas manifestadas nos componentes do balanço hídrico, em especial no déficit hídrico e na evapotranspiração no Pantanal, uma vez que são controlados pela disponibilidade de energia, pela demanda atmosférica e pelo suprimento de água do solo às plantas. Tomasella (2023) enfatiza o aumento significativo da demanda atmosférica por água, o que tem levado muitas áreas no país, incluindo o Pantanal, a uma condição de maior seca.

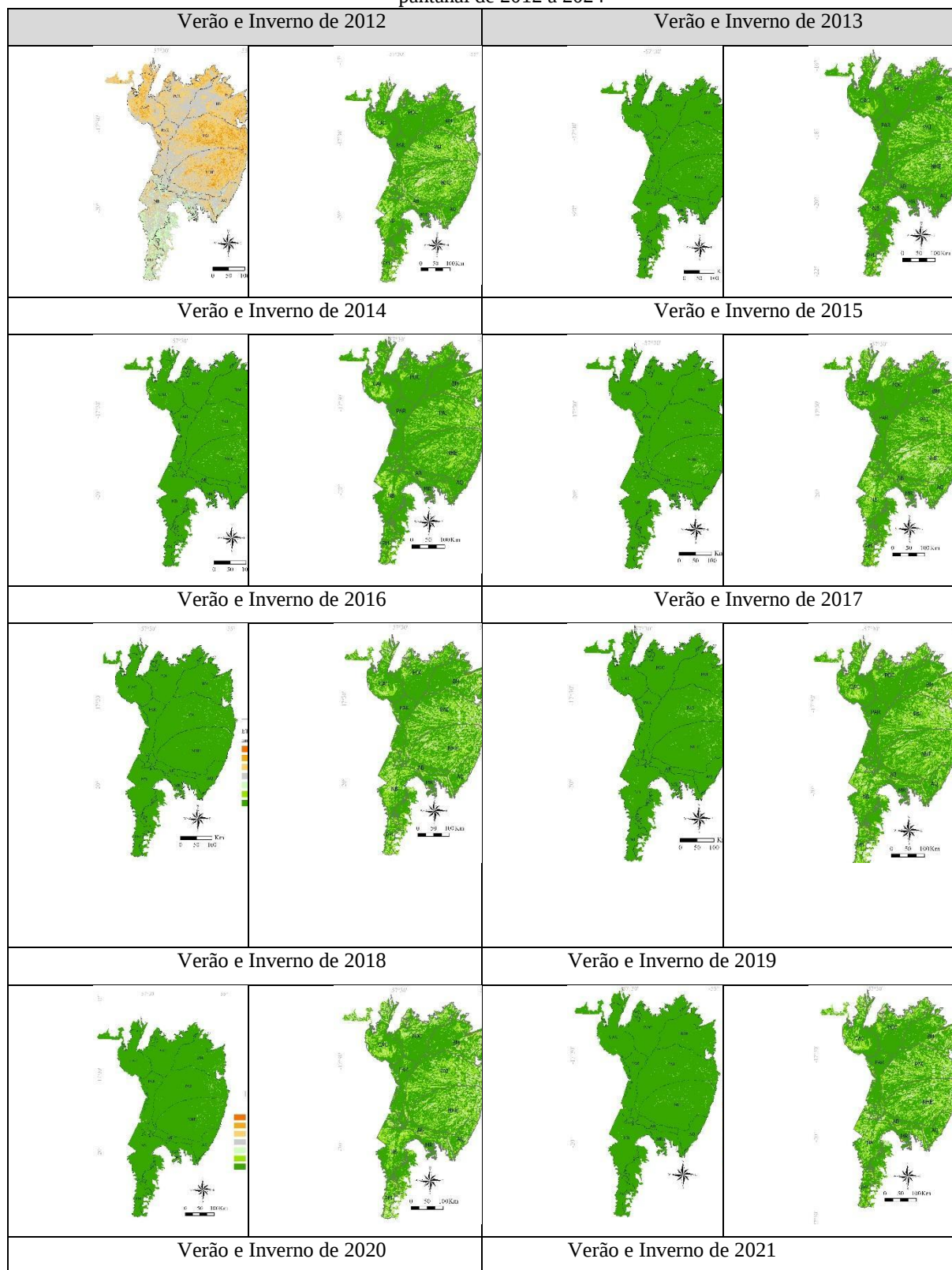
Os dados de ETr têm demonstrado que o escoamento superficial é altamente influenciado pelos efeitos geomórficos (Assine *et al.*, 2015), pedológicos (Couto *et al.*, 2023) e das massas de ar atuantes (Tarifa, 1984), conforme o Quadro 1. A distribuição da evapotranspiração para os últimos anos varia sazonalmente entre as estações de Verão (DJF), caracterizada como período úmido, e a estação de Inverno (JJA), que vem se caracterizando a cada ano como estação mais seca – aqui uma questão interessante para a bacia é que a dinâmica hidrodinâmica torna-se dependente dos fatores da evapotranspiração para a ciclagem dos recursos hídricos.

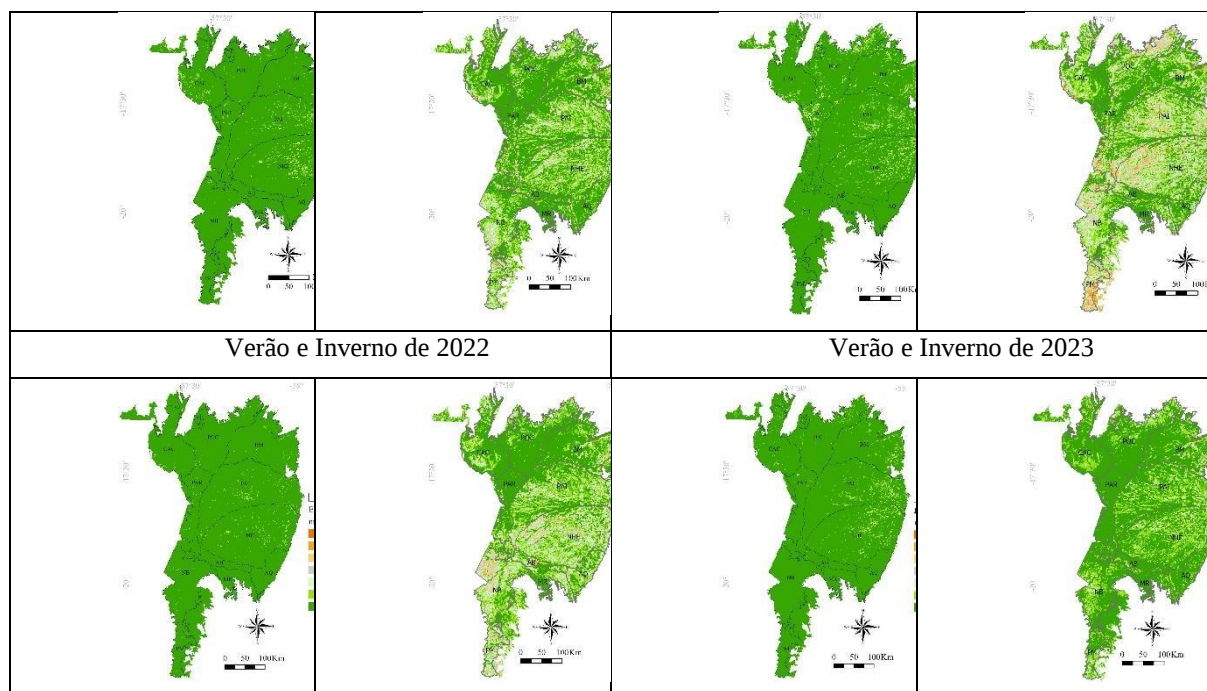
A falta de dados completos para o verão de 2012 não nos permite análises substanciais desse ano, já que nos bancos de dados não há dados anteriores. Talvez por isso as menores taxas de evapotranspiração sejam tão proeminentes. Apresentar tais dados, contudo, permite ter um ponto de partida para a região, embora uma descrição mais assertiva para o ano de 2012 não seja possível.

O ano de 2019 é caracterizado como um marco nas variabilidades climáticas por apresentar as mudanças mais significativas nos baixos valores de balanço de energia, ou seja, evapotranspiração abaixo de 50mm/mês, não ultrapassando valores de 90mm/mês. Assim, a dinâmica de evapotranspiração tem afetado a disponibilidade de água nos diversos pantanais, sendo as primeiras atividades afetadas a geração de energia e as atividades turísticas. Esse comportamento é repetido no ano de 2022, e esses dados corroboram os já observados por Cunha, Buermann e Marengo (2019) para longas séries temporais associadas a eventos climáticos, em especial para as ocorrências de secas e temperaturas extremas.

Os anos de 2019, 2021 e 2022 vêm revelando estações mais secas, com médias de ETr menores que 100 mm, em especial nos anos de 2021 e 2022, com médias menores que 50 mm/mês, o que denota a influência dos anos de El Niño. Os pantanais de Paiaguás, Porto Moutinho, Nhecolândia e Nabileque foram os que apresentaram menores taxas de evapotranspiração. Esse comportamento corrobora os estudos de Moreira *et al.* (2019) para as estações secas, os quais confirmam que na região norte dos pantanais as taxas de evapotranspiração apresentam maiores variações.

Quadro 1 – Mapas de distribuição espacial e temporal dos índices de evapotranspiração nas regiões do pantanal de 2012 a 2024





Fonte: SSEBOP 2012-2024. Org.: Autores (2025).

As estações de verões têm mantido evapotranspiração acima de 130 mm/mês, e mesmo em anos de El Niño, as taxas de umidades têm oferecido condições ecológicas aos geossistemas. A transição entre umidade e seca revela pulsos climáticos preocupantes, em especial as médias de temperaturas e precipitações, sobre as quais Leivas *et al.* (2014) já haviam alertado. Com exceção dos anos de 2020, 2021 e 2023, esses valores estavam abaixo dos 130mm/mês; os demais anos têm seguido os padrões climáticos regionais.

Os pulsos climáticos no verão de 2017 já apresentavam a tendência de um maior ressecamento na região de Piauí, o que se confirmou nos anos de 2020, 2021 e 2023. Estudos associados à conversão de áreas naturais para pastagens e/ou queimadas podem ajudar a explicar como a região, predominantemente de vegetação savânica, vem modificando os atributos do clima. Estudos de Ikeda-Castrillon (2022) demonstraram os índices de devastação ambientais para os pantanais.

Diante de tais problemáticas, pode-se pensar em aspectos que afetam diretamente os geossistemas pantaneiros: a) o microclima e a questão da hidrodinâmica, bem como seus atributos do clima, exercem influência significativa no aporte de águas nos aquíferos e, consequentemente, em toda a vida aquática; b) na gestão dos recursos hídricos e na segurança das águas para uma efetiva gestão ambiental, manejo e controle de hidrovias e geração de energia, bem como na

transparência nos processos de outorgas de água; c) outro problema relaciona-se à aquicultura e à pesca, já que o Pantanal é conhecido como uma região turística e produtora de pescado. Compreender que há um frágil equilíbrio na demanda de oferta de água, comandada pelo balanço de energia, é de fundamental importância geoecológica. Para além disso, o alto número de licenciamentos para instalação de pequenas centrais hidrelétricas (PCHs) nas áreas de cabeceira dos rios que formam o Pantanal, na região e MT e leste de MS, pode colocar em risco o volume de água que, naturalmente, garante o pulso de inundação (Wantzen *et al.*, 2024).

Com o advento da instalação da hidrovía Paraguai-Paraná no trecho médio do rio Paraguai (região de Corumbá a jusante desta cidade), corre-se o risco de que a dragagem em pontos que devem permitir navegabilidade o ano inteiro possa refletir, num futuro breve, alterações dessas imensas “sístoles e diástoles”, dinâmica de cheia e de seca que garante a existência do complexo Pantanal (Wantzen *et al.*, 2024). Soma-se a isso o aumento exponencial de licenciamentos de pequenas centrais hidrelétricas (Zanatta; Marciel, 2021).

Os dados globais de evapotranspiração têm demonstrado ser de grande proveito para a análise da dinâmica climática e sua estreita relação com fatores ecológicos e geográficos dos Pantanaís. O estudo revelou elementos do clima em conjunto com elementos meteorológicos mais gerais; a radiação e o balanço de energia e água são, sem dúvida, um vetor de agregação e diferenciação dos rios pantaneiros.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

As variabilidades climáticas na última década, apresentadas nesta seção, podem ser apreendidas pelas taxas de evapotranspiração encontradas nos dados do SSEBop. O ressecamento de grandes áreas do Pantanal tem sido uma constante preocupação; os baixos e/ou elevados valores de evapotranspiração são extremos que afetam as atividades humanas e a ecologia da região. Contudo, uma mudança na forma de governança ambiental é necessária para a proteção dessa importante área úmida.

O balanço de energia de superfície, disponibilizado pelos bancos de dados do SSEBop, apresenta grande potencial explicativo e demonstrou ser capaz de diminuir a escassez de dados observacionais para áreas como os Pantanaís de Abobral, Miranda e Porto Murtinho, na região sul do Pantanal. Os valores entre 0 e 100 mm a 700 – 1600 mm são limiares de uma grande depressão

úmida e alagada que sofrem influência diretas das teleconexões (El Niño e La Niña) e de massas de ar. Somado a isso, o conjunto de aspectos de uso e ocupação do solo e dinâmicas geográficas vêm sendo fortemente alterados. A hidrodinâmica dos Pantanaís reveste-se de uma transitoriedade intrarregional. Os dados apresentados no Quadro 1 revelam que, na porção norte pantaneira, há boa oferta de recursos hídricos, enquanto no sul há uma inversão do quantitativo hídrico; mesmo os complexos ambientes fluviais sofrem com os extremos climáticos (valões de evapotranspiração abaixo de 50mm/mês). Os dados apontam uma tendência dos pantanaís a se comportarem com estações secas por mais anos, enquanto as estações úmidas terão menos ocorrências.

Os próximos passos da pesquisa serão a análise das estações de primavera e outono, uma vez que elas podem revelar novas transitoriedades intrarregionais. A utilização de dados de estações secas e úmidas auxilia na definição de que, mesmo a espacialização temporal dos dados de evapotranspiração, pôde revelar pulsos climáticos influenciados pelos fatores de teleconexões (El Niño/La Niña), sem que haja um padrão interanual, onde o aporte de águas e os valores de precipitação estão sendo afetados tanto em quantidade quanto em qualidade.

REFERÊNCIAS

- ALHO, C. J. R.; SILVA, J. S. V. Effects of Severe Floods and Droughts on Wildlife of the Pantanal Wetland (Brazil): a review. **Journal Animals**, n.2, 2012. DOI: <https://doi.org/10.3390/ani2040591>
- AN, S. A review of interdecadal changes in the nonlinearity of the El Niño-Southern Oscillation. **Journal Theoretical and Applied Climatology**. Springer. v. 97, p. 29-40, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00704-008-0071-z>
- ASSINE, M. L. Brazilian Pantanal: A Large Pristine Tropical Wetland. In: VIERA, B. C.; SALGADO, A. A. R.; SANTOS, L. J. C. **Landscapes and Landforms of Brazil**. Springer. 2015. DOI: http://dx.doi.org/10.1007/978-94-017-8023-0_12
- ASSINE, M. L. et al. Geology and Geomorphology of the Pantanal Basin. In: I. Bergier and M.L. Assine (eds.). **Dynamics of the Pantanal Wetland in South America**, Hdb Env Chem, DOI: 10.1007/698_2015_349, Springer International Publishing Switzerland 2015.
- ASSINE, M. L. et al. Avulsive Rivers in the Hydrology of the Pantanal Wetland. In: Ivan Bergier e Mario Luis Assine (edts). **Dynamics of the Pantanal Wetland in South America**. The Handbook of Environmental Chemistry, Series Editors: Damià Barceló · Andrey G. Kostianoy, v. 37, 2016.

BOIN, M. N.; et al. Pantanal: The Brazilian Wetlands.. *In*: SALGADO, André A. R.; SANTOS, Leonardo J. C.; PAISANI, Julio C (ed.). **The Physical Geography of Brazil: environment, vegetation and Landscape**. springer, 2019.

CAMARGO, A. P.; CAMARGO, M.B.P. An analytic revision of the potential evapotranspiration. **Bragantia** n. 59, v. 2, 2000. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0006-87052000000200002>

CORRÊA FILHO, V. **Pantanais Matogrossenses**: devassamento e ocupação. Série A, n.3, IBGE, Rio de Janeiro, 1946.

COUTO, E. G. et al. Soils of Pantanal: The Largest Continental Wetland. *In* Schaefer, C.E.G.R. (eds) **The Soils of Brazil, World Soils, Book Series**. Springer, 2023. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-031-19949-3_9

CUNHA, A. P. M. A; BUERMANN, W.; MARENGO, J. A. Changes in compound drought-heat events over Brazil's Pantanal wetland: an assessment using remote sensing data and multiple drought indicators. **Journal Climate Dynamics**, n.62, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00382-023-06937-x>

FROLOV, A. A. Landscape Changeability in Light of the Theory of Geosystems. **Geogr. Nat. Resource**, n.45, 2024a. DOI: <https://doi.org/10.1134/S1875372824700239>

FROLOV, A. A. Modeling the Spatiotemporal Variability of Geosystems. **Geogr. Nat. Resource**, n.45, 2024b. DOI: <https://doi.org/10.1134/S1875372824700689>

GARCIA, E.A. C. **O clima no Pantanal mato-grossense**. Circular Técnica, n.14, EMBRAPA/UEPAE de Corumbá-MS, 1984.

GARCÍA, N. O.; PEDRAZA, R. A. Daily Rainfall Variability over Northeastern Argentina in the La Plata River Basin. **Trends and Directions in Climate Research**: Ann. N.Y. Acad. Sci. 1146, New York, 2008. DOI: <https://doi.org/10.1196/annals.1446.011>

HOFMANN, G.S. et al. Changes in atmospheric circulation and evapotranspiration are reducing rainfall in the Brazilian Cerrado. **Sci Rep**. n.13, 11236, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-023-38174-x>

IKEDA-CASTRILLON, S. K. et al. The Pantanal: **A Seasonal Neotropical Wetland Under Threat**. The Palgrave Handbook of Global Sustainability, Springer International Publishing, 2022. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-030-38948-2_36-1

LÁZARO, W. L.; et al. Climate change reflected in one of the largest wetlands in the world: an overview of the northern Pantanal water regime. **Rev. Acta Limnologia Brasiliensia**, v. 32, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1590/S2179-975X7619>

LEIVAS, J.F. et al. Evapotranspiração no Pantanal utilizando modelo agrometeorológico-espectral SAFER, *In*: SIMPÓSIO DE GEOTECNOLOGIAS NO PANTANAL, 5., 2014. Campo Grande, **Anais [...]**. Campo Grande: Embrapa Informática Agropecuária/INPE, 2014, p. 92-99.

MARENGO, Jose A.; OLIVEIRA, Gilvan S.; ALVES, Lincoln M. Climate Change Scenarios in the Pantanal. In BERGIER, Ivan; ASSINE, Mario Luis (ed.). **Dynamics of the Pantanal Wetland in South America**. Springer, 2016. DOI: http://dx.doi.org/10.1007/698_2015_357

MARENGO, Jose A. et al. Extreme Drought in the Brazilian Pantanal in 2019–2020: Characterization, Causes, and Impacts, **Journal Frontiers in Water**, 2021. DOI: <https://doi.org/10.3389/frwa.2021.639204>

MOREIRA, A.A. et al. Water balance based on remote sensing data in pantanal. **Rev. Ra'eGa**, Curitiba, v. 46, n.3, p. 20 - 32, 2019. <http://dx.doi.org/10.5380/raega.v46i3.67096>

NOVAES, G. T.; FARIAS, S.E. M. Caracterização climática do cerrado. In Diego Tarley Ferreira Nascimento *et al.* (org.). **Climatologia do Cerrado**: variabilidades, suscetibilidades e mudanças climáticas no contexto do Cerrado brasileiro, Goiânia: C&A Alfa Comunicação, 2021.

PEREIRA, G.; CHÁVEZ, E.S.; SILVA, M. E. S. O estudo das unidades de paisagem do bioma Pantanal. **Revista Ambiente & Água - An Interdisciplinary Journal of Applied Science**, v. 7, n.1, 2012. DOI: <https://doi.org/10.4136/ambi-agua.826>

POMPEU, J. Cross-Boundary Drivers of Water Cover Reduction in the Pantanal Wetland and Implications for its Conservation. **Journal Wetlands**, n. 45, 2025. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13157-025-01916-w>

SAHA, J.; PRICE, C. G.; PLOTNIK, T.; GUHA, A. Impact of the El Niño–Southern Oscillation on upper-tropospheric water vapor. **Atmospheric Research**, v.280, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.atmosres.2022.106422>

SANT'ANNA NETO, J. L. Algumas considerações sobre a dinâmica climática da porção sudeste do Pantanal mato-grossense. **Boletim Paulista De Geografia**, n.67, 1989. Recuperado de Disponível em: <https://publicacoes.agb.org.br/boletim-paulista/article/view/949>

SANT'ANNA NETO, J. L. **Clima, Sociedade e Território**. São Paulo: Paco Editorial, 2021. v.88.

SENAY, G. B, et al. Improving the Operational Simplified Surface Energy Balance Evapotranspiration Model Using the Forcing and Normalizing Operation. **Remote Sensing**, n.15, v.1, 2023. DOI: <https://doi.org/10.3390/rs15010260>

SENAY, G. B. et al. Mapping actual evapotranspiration using Landsat for the conterminous United States: Google Earth Engine implementation and assessment of the SSEBop model. **Remote Sensing of Environment**, n.275, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rse.2022.113011>

SENAY, G. B.; KAGONE, S.; VELPURI, N. M. Operational Global Actual Evapotranspiration using the SSEBop model, Data Release, **Earth Resources Observation and Science (EROS) Center**, 2020. DOI: <https://doi.org/10.5066/P9OUVUUI>

SENAY, G. B. Modeling landscape evapotranspiration by integrating land surface phenology 979 and a water balance algorithm. **Algorithms**, v.1, n.2 2008. DOI: <https://doi.org/10.3390/a1020052>

SENAY, G. B.; et al. Operational evapotranspiration mapping using remote sensing and weather datasets: a new parameterization for the SSEB approach. **Journal of the American Water Resources Association**, American Water Resources Association, v. 49, n.3, 2013. <http://dx.doi.org/10.1111/jawr.12057>

SILVA, C. B.; CARPENEDO, C.B. Teleconexões no Cerrado brasileiro. In: Diego Tarley Ferreira Nascimento *et al.* (org.). **Climatologia do Cerrado**: variabilidades, suscetibilidades e mudanças climáticas no contexto do Cerrado brasileiro, [recurso eletrônico], Goiânia, C&A Alfa Comunicação, 2021.

STEFAN, É. R. O Pantanal mato-grossense. **Rev. Bras. de Geografia**, IBGE, 1964.

TARIFA, J. R. O sistema climático do Pantanal: da compreensão do sistema à definição de prioridades de pesquisa climatológica. In: SIMPÓSIO SOBRE RECURSOS NATURAIS E SOCIOECONÔMICOS DO PANTANAL, 1., 1984, Corumbá. **Anais** [...]. Brasília, DF: EMBRAPA-DDT, 1986. p. 65-72.

TOMASELLA, J. *et al.* Elaboração dos mapas de índice de aridez e precipitação total acumulada para o Brasil. **Nota técnica do Cemaden e INPE**. 2023

ZANATTA, S. C. S.; MARCIEL. J.C. Pantanal ameaçado: a construção de represas e a insignificância da energia hídrica produzida. **INTERAÇÕES**, Campo Grande, MS, v. 22, n.2, 2021. DOI: <http://dx.doi.org/10.20435/inter.v22i2.2811>

ZAVATTINI, J.A. **As chuvas e as massas de ar no estado de Mato Grosso do Sul**: estudo geográfico com vista à regionalização climática. São Paulo: Editora UNESP; São Paulo: Cultura Acadêmica, 2009. ISBN: 978-85-7983-002-0

WANG, B. et al. Historical change of El Niño properties sheds light on future changes of extreme El Niño. **PNAS**, v. 116, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1073/pnas.191113011>

WANTZEN, K. M. et al. The end of an entire biome? World's largest wetland, the Pantanal, is menaced by the Hidrovia project which is uncertain to sustainably support large-scale navigation. **Journal Science of The Total Environment**, v. 908, 2024, DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.167751>.

VIDAL, M. R. O que é geoecologia das paisagens? **Revista Equador**, UFPI, Teresina, v. 13, n. 2, Edição Especial, p. 26-45 2024, DOI: <https://doi.org/10.26694/equador.v13i2.14683>

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Fundação Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), que financia o desenvolvimento do Projeto de Pesquisa “Riscos Hídricos e os Cenários Materializados Face as Mudanças Globais no Espaço Geográfico do Pantanal de Mato Grosso do Sul, Brasil”.

AGENDA 2030 E OS DESAFIOS PARA O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL NO ESTADO DO CEARÁ

Moisés Dias Gomes de **ASEVEDO**

Professor Substituto do Departamento de Contabilidade da Universidade Federal do Ceará (UFC)

Doutorando e Mestre em Economia Rural pela Universidade Federal do Ceará (UFC)

E-mail: moisesdga@gmail.com

Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-3515-8639>

Wesley Leitão de **SOUSA**

Professor Adjunto do Departamento de Teoria Econômica da Universidade Federal do Ceará (UFC)

Doutor em Economia pela Universidade Federal do Ceará (UFC) e Mestre em Economia Rural pela

Universidade Federal do Ceará (UFC)

E-mail: wesleyleitao@gmail.com

Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-9796-1531>

Ana Karine Justino da **COSTA**

Doutora e Mestre em Economia pela Universidade Federal do Ceará (UFC)

E-mail: anakarinejc@gmail.com

Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-1677-9114>

Filipe Augusto Xavier **LIMA**

Professor do Programa de Pós-Graduação em Economia Rural (PPGER) da Universidade Federal do

Ceará (UFC). Doutor em Extensão Rural pela Universidade Federal de Santa Maria (UFSM)

E-mail: filipeaxlima@ufc.br

Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-4235-1311>

*Recebido
Janeiro de 2026*

*Aceito
Junho de 2026*

*Publicado
Junho de 2026*

Resumo: Os crescentes desequilíbrios ambientais, atrelados à possibilidade de esgotamento dos recursos naturais, fazem surgir a necessidade de criar metas para mitigar os impactos no meio ambiente. Nesse contexto, foi criada a Agenda 2030, e o estado do Ceará, como oitava maior população brasileira e terceiro maior Produto Interno Bruto (PIB) da região Nordeste, configura-

se como importante corresponsável pelo cumprimento das metas propostas pela Agenda 2030. O presente trabalho tem como objetivo identificar as tendências socioeconômicas e sobre o sistema terrestre no século XXI para o estado do Ceará e suas regiões geográficas intermediárias no contexto da Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável. Para isso, foi realizada uma pesquisa qualitativa e quantitativa a partir de variáveis específicas, por meio da análise de indicadores socioeconômicos e do sistema terrestre, observando suas respectivas tendências. Como resultados, na dimensão socioeconômica, foram evidenciados sinais de crescimento para população, PIB, energia, indústrias e frota veicular, porém revelaram-se dados preocupantes em relação ao capital humano, haja vista a redução da taxa de matrículas no sistema educacional. No sistema terrestre, por sua vez, foi percebida aceleração das Unidades de Conservação (UCs), aumento da pegada hídrica e do volume de esgoto, enquanto os demais indicadores apresentaram redução ou estabilização.

Palavras-chave: sustentabilidade; indicadores socioeconômicos; sistema terrestre.

2030 AGENDA AND THE CHALLENGES FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT IN THE STATE OF CEARÁ

Abstract: Growing environmental imbalances, linked to the possibility of depletion of natural resources, give rise to the need to create goals to mitigate impacts on the environment. In this context, the 2030 Agenda was created, in the state of Ceará, as the eighth largest Brazilian population and third largest Gross Domestic Product (GDP) of the Northeast region, is an important co-responsible for meeting the goals proposed by the 2030 Agenda. The present study aims to identify socioeconomic and earth system trends in the 21st century for the state of Ceará and its intermediate geographic regions in the context of the 2030 Agenda for Sustainable Development. For this, a qualitative and quantitative research was carried out based on specific variables, through the analysis of socioeconomic indicators and the Earth system, observing their trends. As a result, in the socioeconomic dimension, signs of growing were evidenced for population, GDP, energy, industries and vehicle fleet, but worrying data were revealed in relation to human capital, given the reduction in the enrollment rate in educational system. In the terrestrial system, in turn, an acceleration of the Conservation Units, an increase in the water footprint and in the volume of sewage was perceived, while the other indicators showed a reduction or stabilization.

Keywords: sustainability; socioeconomic indicators; terrestrial system.

LA AGENDA 2030 Y LOS DESAFÍOS PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE EN EL ESTADO DE CEARÁ

Resumen: Los crecientes desequilibrios ambientales, vinculados a la posibilidad de agotamiento de los recursos naturales, dan lugar a la necesidad de crear metas para mitigar los impactos sobre el medio ambiente. En este contexto, se creó la Agenda 2030, en el estado de Ceará, como la octava mayor población brasileña y el tercer mayor Producto Interno Bruto (PIB) de la región Nordeste, es un importante corresponsable para el cumplimiento de las metas propuestas por la Agenda 2030. El presente estudio tiene como objetivo identificar las tendencias socioeconómicas y del sistema terrestre en el siglo XXI para el estado de Ceará y sus regiones geográficas intermedias en el

contexto de la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible. Para ello, se realizó una investigación cualitativa y cuantitativa basada en variables específicas, a través del análisis de indicadores socioeconómicos y del sistema terrestre, observando sus tendencias. Como resultado, en la dimensión socioeconómica, se evidenciaron signos de crecimiento para la población, el PIB, la energía, las industrias y el parque vehicular, pero se revelaron datos preocupantes en relación con el capital humano, dada la reducción en la tasa de matriculación en el sistema educativo. En el sistema terrestre, a su vez, se observó una aceleración de las Unidades de Conservación, un aumento de la huella hídrica y del volumen de aguas residuales, mientras que los demás indicadores mostraron una reducción o estabilización.

Palabras clave: sostenibilidad; indicadores socioeconómicos; sistema terrestre.

INTRODUÇÃO

Em face aos crescentes desequilíbrios ambientais e à possibilidade de esgotamento dos recursos naturais provindos de uma noção de crescimento atrelada ao progresso, surge, a partir dos anos 1960, uma intensa preocupação na sociedade moderna, no que diz respeito ao cuidado com o que será herdado pelas gerações futuras. Nessa seara, o meio ambiente é o cerne das preocupações e as instituições governamentais devem ditar padrões de desenvolvimento que se consolidem de maneira sustentável.

Desde então, diversas conferências e protocolos foram estabelecidos entre os países com vistas a mitigar os impactos ambientais oriundos das atividades humanas, sendo o mais recente organizado em 2015, pela Organização das Nações Unidas (ONU), a Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável. O projeto propõe uma lista com 17 metas ou Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) a serem alcançados até o ano de 2030.

A Agenda 2030 surge por meio de demandas dos governos e cidadãos de todo o mundo para criar um novo modelo global, com o objetivo de acabar com a pobreza, promover a prosperidade e o bem-estar de todos, proteger o ambiente e combater as alterações climáticas (Castro Filho, 2018).

Nesse sentido, Zeifert, Cenci e Manchini (2020) asseveram que a Agenda 2030 refere-se a uma proposta para pensar alternativas ao modelo excludente em vigor, promovendo justiça social, convergindo objetivos, interesses e afinidades políticas, bem como alinhando as faces indissociáveis do desenvolvimento sustentável no aspecto econômico, social e ambiental.

O Brasil se insere nesse contexto e, como membro da ONU, configura-se como um dos corresponsáveis por cumprir essa agenda. O país repassa essa responsabilidade para os estados,

entre eles, o Ceará, que é a Unidade Federativa (UF) com a oitava maior população brasileira e possui o terceiro maior Produto Interno Bruto (PIB) do Nordeste. O estado se apresenta como um importante polo exportador agrícola e industrial, configurando-se como interessante objeto de estudo em vias de verificar o cumprimento das recomendações dos ODS.

Diante do exposto, o objetivo do presente trabalho consiste em identificar as tendências socioeconômicas e sobre o sistema terrestre no século XXI para o estado do Ceará e suas regiões geográficas intermediárias no contexto da Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável. A análise por regiões auxilia no entendimento de quais delas contribuem para o indicador em questão, com vistas à adequação à proposta da Agenda 2030. Ademais, o documento compila os esforços globais e locais rumo a uma agenda sustentável.

O trabalho encontra justificativa diante do prazo para o cumprimento dos ODS no estado do Ceará, pois resta menos de uma década para sua execução. Além disso, a avaliação do estado nos indicadores socioeconômicos e no sistema terrestre pode indicar a tendência (aceleração, desaceleração ou estagnação) desses indicadores após a implementação da Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável no ano de 2015.

O artigo está dividido em mais quatro seções, além desta introdução. A segunda seção aborda o desenvolvimento sustentável no contexto das conferências ambientais e a contextualização da Agenda 2030 no estado do Ceará. A metodologia, na terceira seção, apresenta a área de estudo e a caracterização da base de dados. Na sequência, na quarta seção, estão os resultados gerais e por regiões geográficas intermediárias. Por fim, apresentam-se as considerações finais da pesquisa.

REFERENCIAL TEÓRICO

Na Conferência de Estocolmo, os países reconheceram a importância de ações para a redução dos problemas ambientais, representando o marco fundamental para a ascensão de um novo pensamento mundial sobre a preservação ambiental, o desenvolvimento sustentável e o desenvolvimento econômico (Machado, 2005). Dos resultados, destaca-se a criação do Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA), em 1972 (Dias, 2018), e a proposição da Declaração de Estocolmo, que descreveu as responsabilidades e nortear políticas relacionadas ao meio ambiente, com apoio do Plano de Ação para o Meio Ambiente, considerado um marco jurídico mundial (Gurski; Gonzaga; Tendolini, 2012).

Do PNUMA, criou-se a Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento (CMMAD), com o intuito de promover o diálogo sobre questões ambientais e desenvolvimento entre países ricos e pobres, apontando formas de cooperação entre eles (Ganem, 2012). A CMMAD publicou, em 1987, o relatório *Nosso Futuro Comum* (Our Common Future) ou relatório Brundtland, que apresentou o conceito de desenvolvimento sustentável no âmbito internacional (GANEM, 2012). Dessa forma, o desenvolvimento sustentável é aquele que atende às necessidades do presente sem comprometer a possibilidade de as gerações futuras terem suas necessidades atendidas (Brundtland, 1987).

A segunda grande conferência realizada pelas Nações Unidas para tratar de questões ambientais foi a Conferência das Nações Unidas para o Meio Ambiente e Desenvolvimento (CNUCED), conhecida como Cúpula da Terra ou Rio 92, que ocorreu na cidade do Rio de Janeiro, no ano de 1992, com a participação de 178 países (Dias, 2018; Ganem, 2012).

A Rio 92 sintetizou as discussões relacionadas ao meio ambiente e ao desenvolvimento com forte influência do relatório Brundtland e de eventos e tratados que a antecederam (Dias, 2018). Nessa conferência, o ser humano foi colocado no centro das preocupações relacionadas ao desenvolvimento sustentável e impulsionou a luta por uma nova ordem sustentável, de equilíbrio com a natureza, através da Declaração do Rio e da Agenda 21 (Cunha *et al.*, 2013).

Em 2002, as Nações Unidas realizaram a Cúpula Mundial sobre o Desenvolvimento Sustentável [CMADS], conhecida como Rio+10, essa conferência teve como principais resultados a Declaração Política e o Plano de Implementação do Desenvolvimento Sustentável, que incluía metas como a redução da perda da biodiversidade até o ano de 2010, a diminuição da fome e das pessoas que vivem abaixo da linha de pobreza até 2015, a recuperação e manutenção de estoques pesqueiros até 2015, a redução das pessoas sem acesso a saneamento básico e água doce pela metade até 2015, e a redução das pessoas que vivem em habitações precárias até 2020 (CMADS, 2013).

Vinte anos após a Rio 92, as Nações Unidas realizaram a United Nations Conference on Sustainable Development (UNCSD) com os principais objetivos de renovar o compromisso político dos governos com o desenvolvimento sustentável, avaliar a evolução das nações e identificar lacunas na implementação das metas que foram adotadas em conferências anteriores, além de abordar novos desafios emergentes (UNCSD, 2012).

Nesse sentido, realizou-se a Assembleia Geral das Nações Unidas em Nova York, com a participação de 193 Estados membros da ONU, e adotou-se o documento “Transformando Nosso Mundo: A Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável” (ONU, 2024a), um plano global para alcance de um futuro melhor, indicando 17 ODS e 169 metas universais. Os ODS são integrados e indivisíveis e mesclam, de forma equilibrada, as dimensões econômica, social e ambiental, fazendo um apelo global para que os países executem ações de erradicação da pobreza, proteção do meio ambiente e do clima e garantia de que a população mundial desfrute de paz e prosperidade (ONU, 2024b).

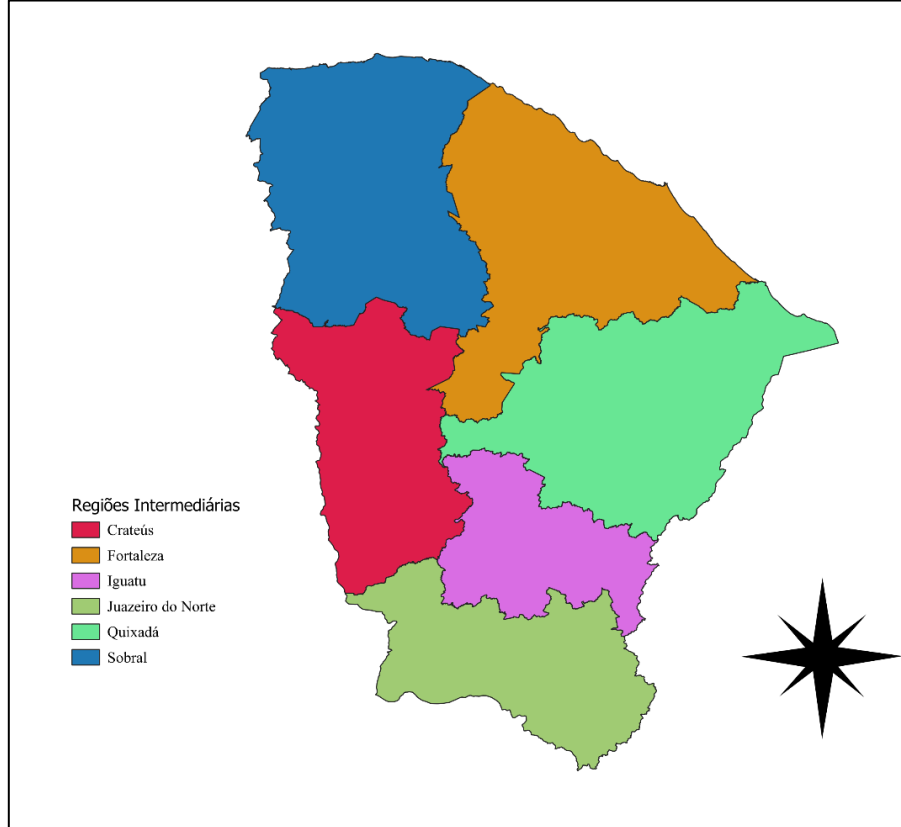
METODOLOGIA

Segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística [IBGE] para o ano de 2019, o estado do Ceará é o terceiro mais rico da região Nordeste (IBGE, 2024a), com população estimada em 9,2 milhões de habitantes (IBGE, 2024b) e com área aproximada de 149 mil km².

Em termos territoriais, o Ceará é formado por 184 municípios, distribuídos em seis regiões intermediárias (Crateús, Fortaleza, Iguatu, Juazeiro do Norte, Quixadá e Sobral), conforme mostra o Figura 1. Ao trabalhar com essa classificação, é possível investigar as tendências socioeconômicas e do sistema terrestre das regiões rumo à Agenda 2030.

A pesquisa adotou uma abordagem quali-quantitativa, envolvendo a coleta e análise de indicadores socioeconômicos e do sistema terrestre no estado do Ceará. Para tal, foram implementados gráficos de séries temporais para visualizar e compreender as tendências ao longo do tempo e sempre que possível, os dados foram desagregados por regiões intermediárias, permitindo uma análise mais detalhada e precisa das características investigadas em diferentes áreas do estado do Ceará.

Figura 1 – Mapa das regiões geográficas intermediárias do estado do Ceará.



Fonte: Autoria própria.

Na seleção dos aspectos socioeconômicos, foram consideradas medidas que captassem as principais características da sociedade, com ênfase no período e disponibilidade dos dados. Dessa forma, foram selecionados aspectos da população, que é fundamental para entender a dinâmica demográfica e a estrutura social; educação, que avalia o nível de desenvolvimento humano; atividade econômica, aspecto-chave para analisar a produção e geração de riqueza; exportações, que ressaltam a inserção do estado na economia global; trabalho, fundamental para avaliar o mercado de trabalho; energia, que é crucial para entender o uso e sustentabilidade dos recursos energéticos; e indústria e transporte, que são importantes para avaliar o desenvolvimento industrial e a infraestrutura de mobilidade. Para um maior detalhamento dessas variáveis, elaborou-se o Quadro 1.

Quadro 1 - Medidas socioeconômicas no estado do Ceará

Variável	Definição	Fonte
População	Estimativa da população residente.	IBGE (2024b)
Educação	Matrícula inicial dos estabelecimentos de ensino público e particular.	INEP (2024)
Atividade Econômica	Produto Interno Bruto	IBGE (2024a)
Exportações	Valor das Exportações	ME (2024)
Trabalho	Quantidade de empregos formais	MTE (2024)
Energia	Consumo de energia elétrica	ENEL (2024)
Indústria	Total de empresas industriais	SEFAZ (2024)
Transporte	Frota veicular.	Detran (2024)

Fonte: Autoria própria.

Nos indicadores do sistema terrestre, as variáveis contemplam a pressão exercida sobre os sistemas ambientais. Dessa maneira, citam-se a agricultura e pecuária, que têm impacto significativo na terra e nos recursos naturais; Gases de Efeito Estufa (GEE), fundamental para a dinâmica das mudanças climáticas; focos de calor, indicador de incêndios florestais e desmatamento; Unidades de Conservação (UCs), áreas que têm papel na preservação da biodiversidade e conservação dos recursos naturais; barragens, pois influencia na disponibilidade de água, alterando ecossistemas aquáticos e terrestres; pegada hídrica, aspecto que avalia o consumo de água e o esgotamento sanitário, visto que afeta a qualidade dos recursos hídricos e a saúde humana, conforme mostra o Quadro 2.

Quadro 2 - Medidas do sistema terrestre no estado do Ceará

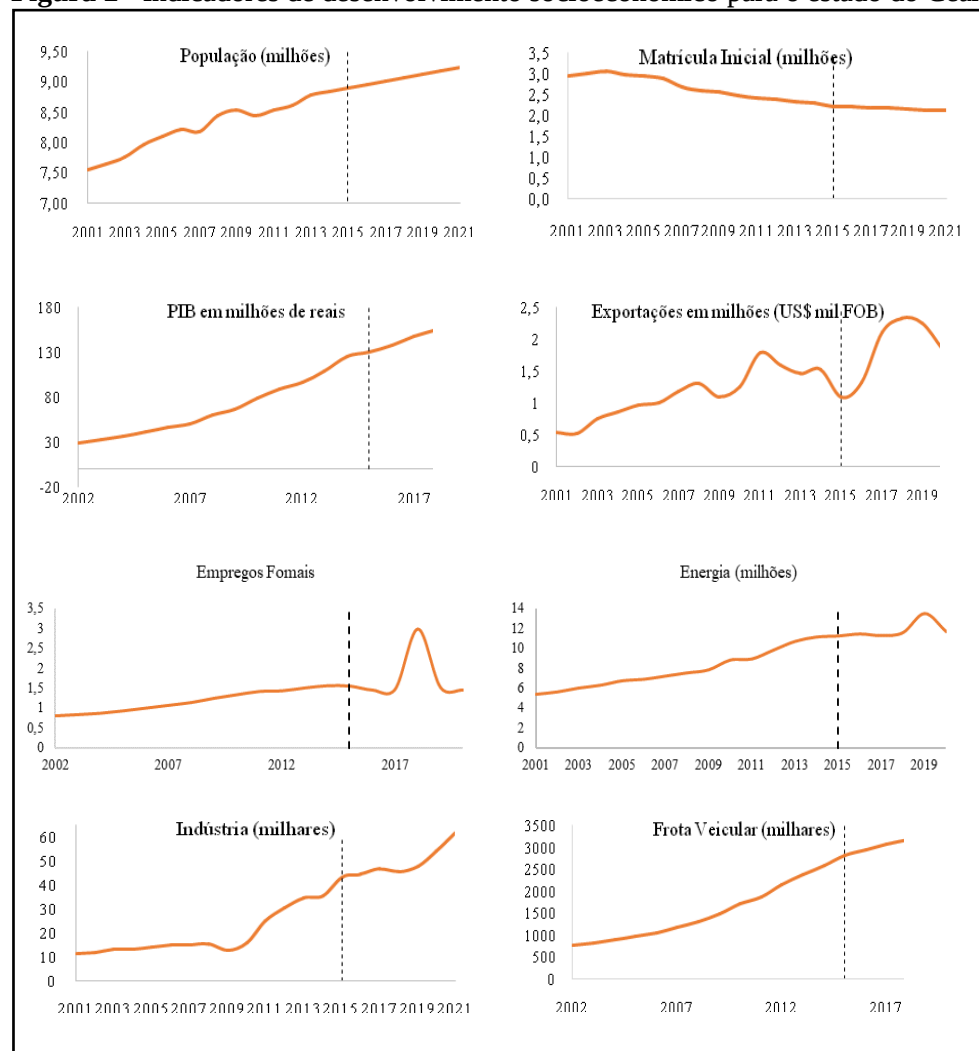
Variável	Definição	Fonte
Agricultura	Área plantada destinada ao cultivo de lavouras.	IBGE (2024c)
Pecuária	Efetivo do rebanho bovino.	IBGE (2024d)
Gases de Efeito Estufa	Estimativa das emissões de gás carbônico (CO ₂)	SEEG (2024)
Focos de calor	Focos ativos de calor detectados via satélite	INPE (2024)
Unidades de Conservação	Áreas destinadas à preservação dos ecossistemas.	MMA (2024)
Barragens	Número de açudes construídos	COGERH (2024)
Pegada Hídrica	Volume produzido de água.	SNIS (2024)
Esgotamento Sanitário	Volume de esgoto faturado.	

Fonte: Autoria própria.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nas medidas de desenvolvimento socioeconômico (Figura 2), a estimativa da população residente segue tendência crescente no período de 2001 a 2021, com um leve declínio em 2010, quando foi realizado o censo demográfico (IBGE, 2024b). Levando em consideração as fases da transição demográfica e considerando o estado como uma região em desenvolvimento, é possível que o Ceará se caracterize pela elevada taxa de natalidade, enquanto a taxa de mortalidade apresenta uma queda (2ª fase da transição demográfica). Sob a ótica da demanda por produtos e serviços, o incremento populacional é preocupante, pois quão maior o índice demográfico, maior a geração de efluentes e resíduos sólidos.

Figura 2 - Indicadores de desenvolvimento socioeconômico para o estado do Ceará



Fonte: Autoria própria.

Os dados educacionais, na forma de número de matrículas iniciais, revelam que a série de matrículas efetuadas se reduz gradualmente e, embora apresente aparente estabilização, para os anos de 2020 e 2021, a evasão escolar é contínua e deve-se, em parte, à pandemia da covid-19, seguida da perda de poder aquisitivo por parte das famílias. Dessa forma, o problema da formação de capital humano no estado do Ceará até 2030 se agrava, com rápida deterioração do capital que ainda estava em formação.

No Ceará, a redução nas matrículas é acentuada na educação básica (infantil, fundamental e médio) e, sobretudo, nas escolas particulares, com queda de 18% na matrícula da rede privada e acréscimo de 2,2% na rede pública, no período de 2019 a 2020 (INEP, 2024).

O PIB nominal do Ceará apresenta tendência de crescimento no período de 2001 a 2019. Entretanto, a variável é suscetível às crises econômico-financeiras, como no caso da pandemia da covid-19, em que, segundo dados da apresentação do PIB (IPECE, 2024b), os setores da indústria e serviços apresentaram variação negativa, na comparação de 2019-2020.

O valor das exportações dá uma noção do grau de globalização do estado do Ceará, nota-se que as mesmas são voláteis ao longo das duas décadas. Em virtude das medidas sanitárias para controlar a pandemia da covid-19, a balança comercial sofreu efeitos econômicos severos, com saldo negativo em 2020 e 2021.

Em relação ao trabalho, o ODS 8 tem por objetivo promover o crescimento econômico sustentado, inclusivo e sustentável, emprego pleno e produtivo, e trabalho decente para todos. Para tanto, foi utilizado como indicador o número de empregos formais, uma vez que a carteira assinada pressupõe, em tese, que parte dos direitos trabalhistas estão sendo respeitados. Os dados mostram crescimento gradual no número de empregos, com subida abrupta em 2018, que pode ser resultado da Reforma Trabalhista de 2017, instrumentalizada pela Lei no 13.467/2017. Em 2019, nota-se uma queda nos empregos formais, que pode ser um efeito de curtíssimo prazo da referida lei.

O consumo de energia elétrica segue de perto o aumento da população, bem como a atividade econômica, porém, em 2020, puderam ser sentidos os efeitos restritivos das medidas sanitárias no Ceará. Nesse sentido, o índice apresenta incrementos anuais, o que é preocupante devido ao cenário de escassez hídrica que o Brasil vem enfrentando nos últimos anos. O ponto de virada para a geração de energia limpa e acessível é o fortalecimento das fontes de energia renovável, como a eólica, que, segundo a Agência Nacional de Energia Elétrica [ANEEL] (2024), contempla 128 empreendimentos no estado do Ceará.

No tocante ao setor industrial cearense, a quantidade de indústrias ativas segue em ascensão desde 2010. Todavia, crises econômico-financeiras, como as desencadeadas em 2007-2008, e a crise de 2014 afetaram o total de indústrias ativas no estado. Em relação às medidas sanitárias para combater a pandemia da covid-19, o efeito foi inesperado, pois o total de indústrias aumentou cerca de 12,80% no biênio 2019/2020 (SEFAZ, 2024).

Por fim, o crescimento da frota veicular foi semelhante ao da população e da atividade econômica, podendo estar atrelado ao acesso ao crédito por parte da população e à possibilidade de parcelamento na compra de veículos automotores. A associação, no contexto da Agenda 2030, revela que a frota veicular continua a aumentar, o que é preocupante do ponto de vista da sustentabilidade das cidades, uma vez que torná-las mais sustentáveis implicaria menos veículos nas ruas, maior rede de transporte público e melhorias na conexão entre bairros e municípios.

Os dados desagregados estão organizados em ordem crescente de contribuição da região geográfica intermediária para o indicador em questão, conforme mostra a Figura 3. Em termos de população, por ser o centro econômico do estado, a região de Fortaleza apresenta o maior aporte populacional, com crescimento de 28% entre 2001 e 2021 (IBGE, 2024b). Ademais, por ser a região mais populosa, é natural que seja destaque nas medidas de desenvolvimento socioeconômico e nos indicadores do sistema terrestre.

A análise das matrículas iniciais por região acompanha os dados gerais mostrados na Figura 1, contudo, no período de 2020 a 2021, ao contrário do esperado, o número de matrículas para as regiões de Crateús, Iguatu, Sobral e Quixadá aumentou, enquanto em Fortaleza e Juazeiro do Norte houve um movimento contrário (INEP, 2024). Vale destacar que essa variável é das poucas medidas socioeconômicas que não acompanham o crescimento populacional.

Na análise da atividade econômica por regiões intermediárias, destaque para Fortaleza, com PIB nominal aproximado de R\$ 113 milhões para o ano de 2019 e crescimento de 457,5% entre 2002 e 2019 (IBGE, 2024a). Em termos quantitativos, a região de Crateús tem PIB nominal 33 vezes inferior ao de Fortaleza, considerando o ano de 2019 (IBGE, 2024a), o que reforça as disparidades dos indicadores sociais e do sistema terrestre apresentados nesta pesquisa. A elevada atividade econômica na região é oriunda da presença dos terminais portuários (Porto do Mucuripe e Porto do Pecém), proximidade da capital do estado e oferta de infraestrutura para a instalação de empresas e atratividade de investimentos na região.

Desagregando as exportações por regiões, observa-se que a região de Fortaleza, centro econômico do estado, se beneficiou com a operação do Porto do Pecém e a instalação da Companhia Siderúrgica do Pecém (CSP). Além disso, um ponto importante a destacar é que Fortaleza, Sobral e Quixadá são as principais regiões que respondem, respectivamente, aos três principais produtos exportados no estado, a saber, ferro, calçado e frutas (em especial, melão) (IPECE, 2024c).

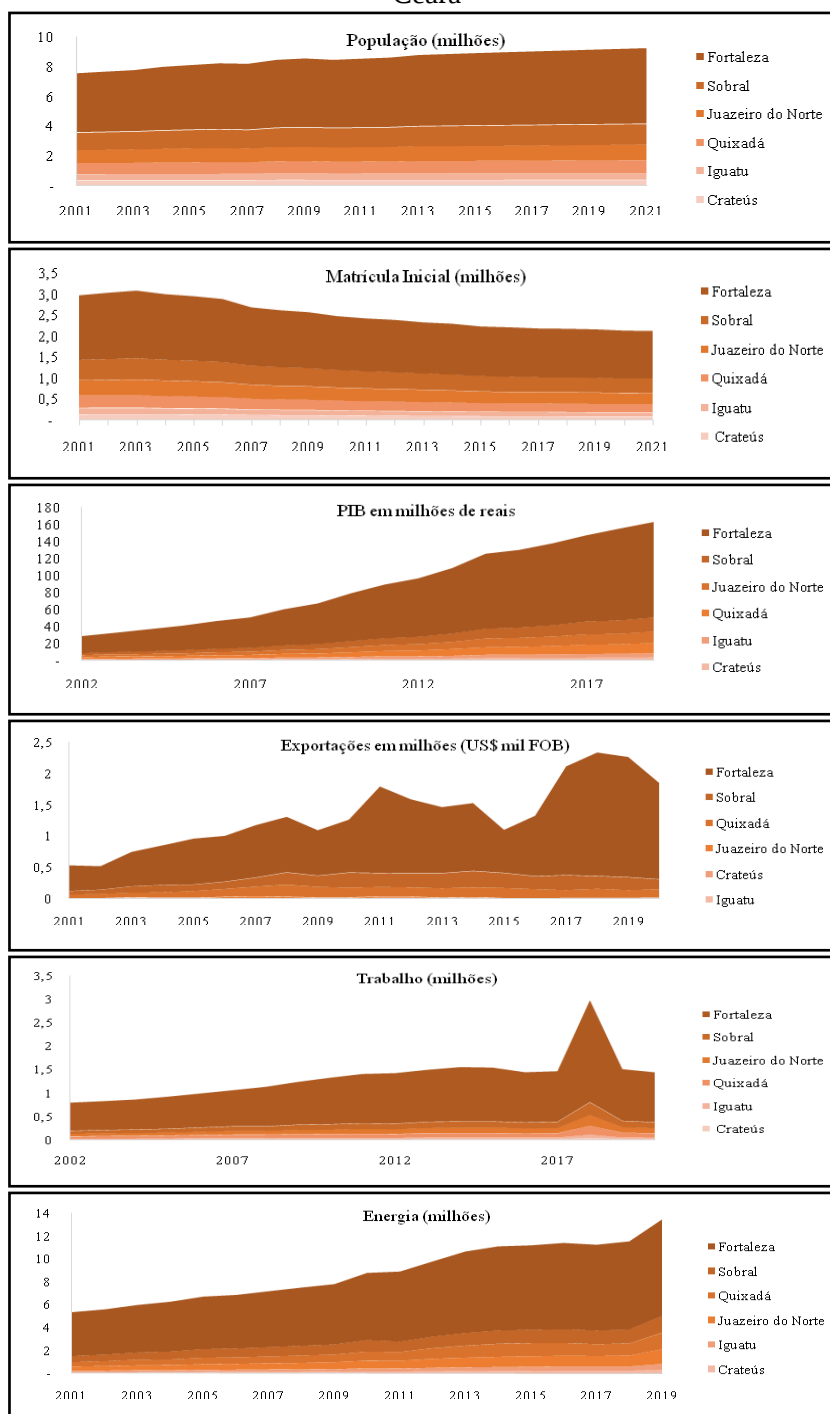
Avaliando os empregos formais por regiões intermediárias, as estatísticas mostram que a subida abrupta acompanha todas as regiões, contudo a redução nos postos de trabalho é mais acentuada na região de Fortaleza, com diminuição aproximada de 40.000 empregos formais, ao passo que Crateús encerrou o primeiro ano da pandemia da covid-19 com redução de 35 vagas de trabalho (Ministério do Trabalho e Previdência, 2024).

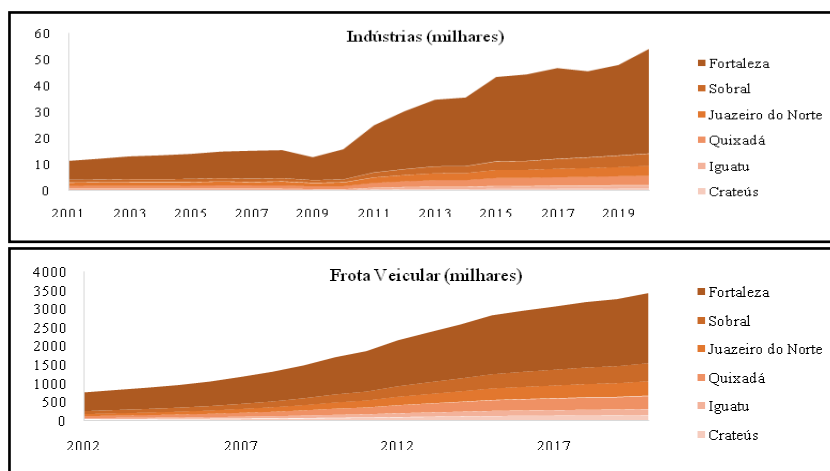
Ao desacoplar os dados para o consumo de energia, percebe-se que a região de Fortaleza tem a maior pegada do consumo de energia elétrica no estado, seguida da região de Sobral. De certa forma, o aumento no consumo de energia segue o incremento da população por regiões, bem como o processo de industrialização.

Em relação à indústria, destaque novamente para a região de Fortaleza, que possui o Distrito Industrial de Maracanaú (Federação das Indústrias do Estado do Ceará [FIEC], 2021), no município de Maracanaú, além de mini distritos industriais nos municípios do interior do estado, como os presentes na região de Sobral e Juazeiro do Norte. Segundo Santos e Britto (2021), políticas de incentivo à industrialização são um importante canal para o fomento das plantas industriais em parques mais distantes, entretanto estas não devem estar desvinculadas de um arcabouço institucional forte, que seja capaz de sustentar as transformações provenientes da força produtiva, como geração de emprego, dinamismo local e atração de atividades econômicas satélites.

Por fim, a análise da frota veicular revela que a maior concentração de veículos ocorre na região de Fortaleza, com 55% do total para o ano de 2020; já a menor participação é verificada em Crateús, com 4,2% do total no mesmo ano. Por outro lado, em termos de crescimento da frota veicular, a região de Fortaleza apresentou o menor crescimento no período de 2001 a 2020, com 273%, contra 542% de Juazeiro do Norte. Portanto, espera-se que, no contexto da Agenda 2030, a frota de veículos movidos a combustão aumente com solidez para as demais regiões do estado do Ceará.

Figura 3 - Indicadores de desenvolvimento socioeconômico por regiões intermediárias para o estado do Ceará





Fonte: Autoria própria.

Os indicadores do sistema terrestre (Figura 4) apresentam importantes alterações na biosfera, refletindo ou não a pegada das atividades humanas em âmbito estadual. A primeira dessas medidas condiz com as mudanças do uso e cobertura da terra, abrangendo as atividades agrícolas. Nesta pesquisa, a agricultura corresponde à soma das áreas destinadas ao cultivo das lavouras permanentes e temporárias, com seus primeiros registros oficiais no ano de 1988.

Por seu respectivo gráfico, nota-se que a área plantada por essas culturas vem reduzindo-se ao longo dos anos, porém, desde a década de 2010, tais regiões vêm se estabilizando em termos de território (IBGE, 2024c). Apesar da redução gradual, a agricultura trabalha na relação rendimento da terra, ou seja, a área plantada encolheu, mas a quantidade de produtos agrícolas colhidos pode ter aumentado. Portanto, espera-se que a demanda por novas terras agrícolas não se eleve no pós-2015, pois incrementos na produtividade da terra e do capital auxiliam na produção de gêneros agrícolas no estado.

A dimensão pecuária, que também acarreta mudanças do uso e cobertura da terra, é representada pelo rebanho bovino e teve suas primeiras estatísticas apresentadas no estado do Ceará no ano de 1974, quando ocorreu o Censo Agropecuário (IBGE, 2024d) de 1975. Em relação ao gráfico, um dos únicos pontos em que a série cresce regularmente vai do início da década de 2000 até meados de 2012. No geral, os dados são voláteis, e isso se deve, em parte, à discrepância entre as estimativas anuais e os dados censitários.

A título de exemplo, no Censo Agropecuário de 2017, observa-se uma queda vertiginosa nos dados agropecuários, seguida de uma abrupta ascensão, vide 2018. Esse descompasso torna as estimativas enviesadas, levando a crer que o real número de cabeças de gado seja inferior ao

apresentado nos dados estatísticos em anos não censitários. Mesmo com esses detalhes, evidencia-se que a atividade pecuária pode ser um problema quando manejada de forma não adequada. Embora o rebanho bovino cearense seja menor quando comparado ao de outras regiões brasileiras, a emissão de GEE e a compactação do solo podem acelerar o processo de degradação das áreas rurais, em especial da caatinga.

Nas emissões de GEE, os primeiros registros no estado remontam ao início da década de 1990, quando as emissões de CO₂ para o ano de 1991 eram duas vezes maiores que em 2020 (SEEG, 2024). No tocante à Agenda 2030, as emissões pós-2015 aparentam uma redução gradual, atingindo um dos menores níveis em 2020, com cerca de 23Mt de CO₂ emitidas na atmosfera. Apesar da redução nos últimos anos, em 2020, a diminuição foi impulsionada pela paralisação das atividades produtivas face à pandemia da covid-19, e acredita-se que, com a recuperação econômica, as emissões de GEE possam subir nos anos subsequentes.

No estado do Ceará, percebe-se que os focos de calor tiveram grande atividade na primeira década dos anos 2000, com 2003 notificando a maior contagem desses focos (INPE, 2024). É interessante notar que os pontos de calor se reduziram com o passar dos anos e que, no pós-2015, esse quantitativo oscilou, ou seja, não há uma tendência clara definida. Apesar de o estado não ser uma das UFs que mais contabilizam focos de calor, é válido ressaltar que o problema das mudanças climáticas pode agravar os episódios dos focos de calor, secas, enchentes e ondas de calor, fenômenos naturais que são amplificados pelo acúmulo de GEE. Considerando que o estado possui três núcleos de desertificação (regiões dos Inhamuns, Irauçuba e Médio Jaguaribe) (Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos [FUNCEME], 2018), é importante monitorar a atividade do fogo, pois esta pode elevar a supressão da vegetação e acelerar o processo de desertificação no estado do Ceará.

No tocante às UCs, considerou-se o período de 1946 a 2021, sendo que 1946 se refere ao ano de criação da primeira UC e 2021 denota o levantamento atualizado na elaboração deste trabalho (Brasil, MMA, 2024). Dado que as UCs são instrumentos criados pelo poder executivo, optou-se por representá-las de forma acumulada, pois são áreas consolidadas ao longo dos anos. Dessa forma, a criação das UCs segue em ritmo desacelerado na década de 1940 até meados dos anos 1980. A partir de 1990, a proposição das UCs segue vertiginosamente até o ano de 2021, com 92 UCs criadas. Após o ano de 2015, a tendência é de crescimento dessas unidades, o que é

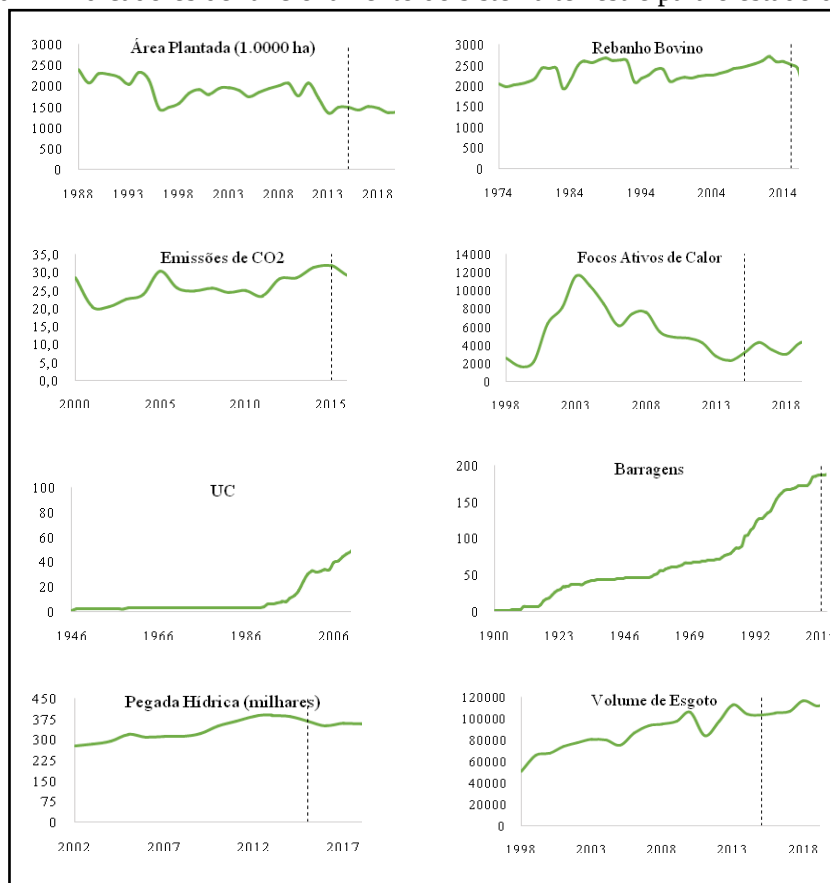
importante, dado que estas têm por finalidade proteger os ecossistemas e amenizar as externalidades negativas das atividades antrópicas.

Em relação às barragens, estas são importantes para o armazenamento de água durante períodos de chuva, permitindo-lhes múltiplos usos (consumo humano, dessedentação de animais, geração de energia, irrigação e navegação). No estado do Ceará, estão presentes desde o início do século XX, com sua construção tendo sido intensificada a partir da década de 1990. Levando em consideração que os rios cearenses são intermitentes e que são recursos finitos, é natural que a quantidade de barragens construídas se estabilize após 2015, pois podem ter atingido número suficiente. Em meio ao represamento da água, muito se discute acerca dos seus benefícios e prejuízos, mas é certo que a construção de barragens deixa uma marca clara do crescimento da atividade humana cearense em meio ao clima semiárido.

O volume produzido de água é uma medida da pegada hídrica cearense que reflete a demanda por águas subterrâneas ou oriunda do tratamento das águas de reuso para fins não potáveis. Apesar de a produção ser flexível, o volume produzido de água segue um padrão crescente desde 2015, e nem mesmo o primeiro ano da pandemia da covid-19 desestabilizou a captação. Para o cenário pós-2015, acredita-se que a demanda por água acompanhará o crescimento populacional e da atividade econômica, o que pressiona o sistema terrestre a represar mais água. Ademais, a crise hídrica nacional agrava a situação dos reservatórios e, portanto, para os próximos anos, o volume de água produzida deve se alterar.

O volume de esgoto faturado pelos municípios denota a pressão humana sobre os ecossistemas aquáticos e terrestres, pois nem todo o esgoto gerado é captado e devidamente tratado nas unidades de tratamento. Um dos problemas na escolha desta variável é que grande parte dos municípios não possui um sistema adequado de coleta de esgoto e/ou tratamento, o que torna os resultados subestimados, impossibilitando determinar a real dimensão do problema. Ainda assim, pelo observado no Figura 4, o volume faturado de esgoto vem aumentando ao longo dos anos e isso se deve ao aumento na cobertura de saneamento dos municípios que devem captar e tratar os efluentes das atividades humanas, pois a disposição inadequada desses efluentes pode acelerar a transmissão de doenças de veiculação hídrica.

Figura 4 - Indicadores de funcionamento do sistema terrestre para o estado do Ceará



Fonte: Autoria própria.

Os indicadores de pressão sobre o sistema terrestre foram desagregados, quando possível, em regiões geográficas intermediárias (Figura 5) e, quando não, analisados por outras categorias. Por exemplo, como as UCs não respeitam limites geográficos (podem percorrer dois ou mais municípios), analisou-se a evolução por categorias de UCs.

Para a dimensão da área plantada, as regiões de Fortaleza e Sobral incorporaram mais terras para a produção agrícola do estado, em parte por conterem grande proporção dos municípios desta UF. Na última posição, figura a região de Iguatu, com apenas 15 municípios em sua divisão territorial. No tocante à produção bovina, percebe-se uma inversão de posições quando comparada à área plantada. Dessa forma, as regiões de Juazeiro do Norte e Quixadá se destacam na bovinocultura estadual, enquanto Crateús e Sobral figuram nas últimas posições. Ênfase para a região de Fortaleza, pois é o único indicador em que a região não é destaque, o que pode denotar um desligamento com o setor agropecuário e um fortalecimento da região com o setor industrial e de serviços.

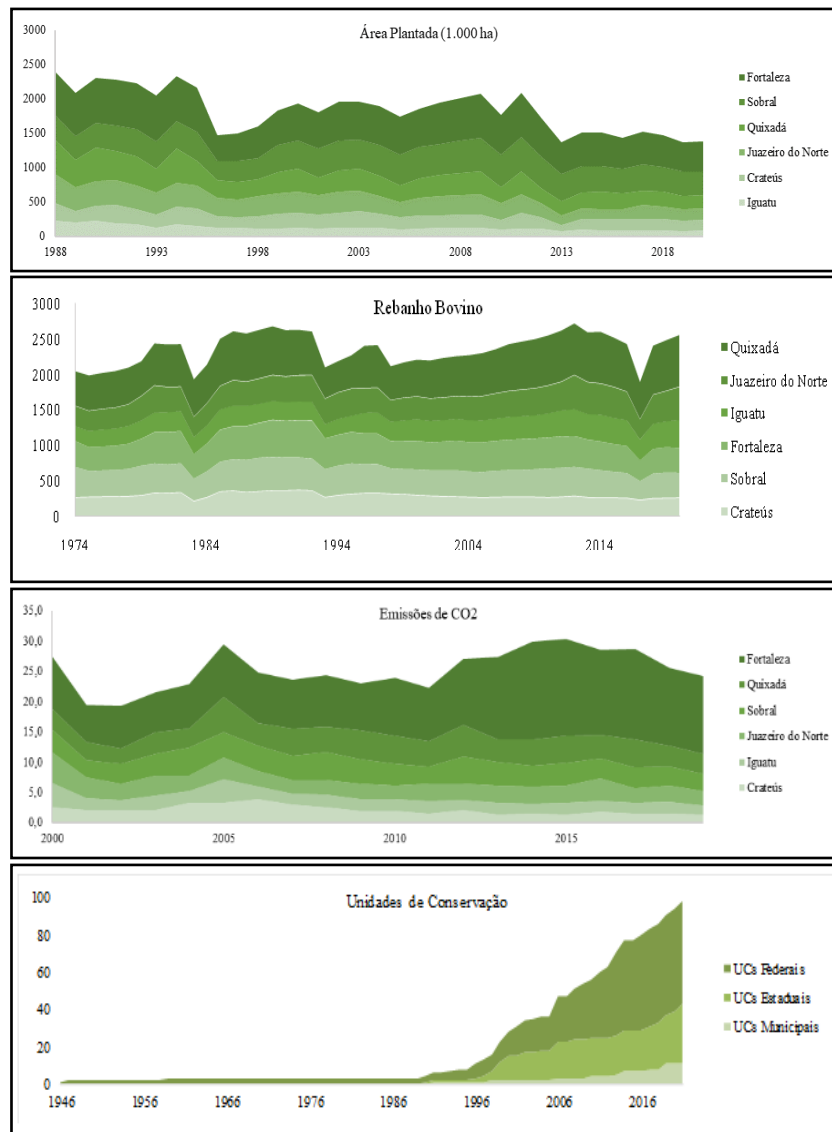
Em termos de emissões de GEE por regiões, os dados se estendem até o ano de 2019, e novamente Fortaleza é a região que mais contribui na pegada carbônica do estado, influenciada pela presença das atividades industriais e portuárias, seguida de Quixadá. Por fim, encontram-se nas últimas posições as regiões de Iguatu e Crateús.

Em relação à criação das UCs, nota-se o fortalecimento das áreas de proteção federais, seguidas das estaduais e das municipais. Estas somam apenas 11, revelando que os gestores municipais devem ser protagonistas na proposição de Áreas de Proteção Ambiental (APAs). Ademais, o relatório anual do desmatamento no Brasil revela que duas APAs do Ceará (Chapada do Araripe e Serra da Ibiapaba) estão entre as 15 APAs mais desmatadas do Brasil em 2021 (Mapbiomas, 2021).

No represamento das águas doces, a região de Fortaleza é a que comporta o maior número de barragens, muito em função do aporte populacional da região e da demanda hídrica nas atividades produtivas. Na sequência, aparecem Quixadá e Sobral, regiões que contemplam boa parte dos municípios do estado do Ceará, e, por fim, Iguatu, região que comporta a menor quantidade de barragens. Na pegada hídrica por regiões, Fortaleza demandou mais água no período de 2002 a 2020, novamente em função do adensamento populacional e das atividades econômicas, com crescimento aproximado de 8% no primeiro ano da pandemia da covid-19 (2019-2020). Na sequência, aparecem Sobral e Juazeiro do Norte, também com grande parte dos municípios do estado, e, por fim, a região de Iguatu, com a menor pegada hídrica do Ceará.

As estatísticas desagregadas para o volume de esgoto faturado são preocupantes, pois os municípios não possuem dados apresentados ou não possuem um sistema de coleta e tratamento de esgoto adequado. Dessa forma, a maioria das informações refere-se novamente às cidades de maior aporte populacional, como Camocim, Crato, Fortaleza, Limoeiro e Sobral, o que é crítico devido ao destino que é dado a todos os efluentes produzidos. A região de Fortaleza apresenta apenas três cidades com sistema de coleta de efluentes e tem o maior quantitativo de esgoto gerado, enquanto a região de Sobral, que conta com três cidades, apresentou 15 vezes menos faturamento de efluentes. Dessa forma, espera-se que a Lei no. 14.026, de 14 de julho de 2020 que atualiza o marco legal do saneamento básico, possa fomentar instrumentos para que mais cidades apresentem Planos Municipais de Saneamento Básico (PMSBs).

Figura 5 - Indicadores de funcionamento do sistema terrestre por regiões intermediárias para o estado do Ceará.





Fonte: Autoria própria.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho identificou as tendências socioeconômicas e sobre o sistema terrestre no século XXI para o estado do Ceará e suas regiões geográficas intermediárias no contexto da Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável. Da mesma forma, sintetizou os esforços globais e locais rumo a uma agenda sustentável.

Na década de 1960, inicia-se a cooperação entre os países, buscando alinhar o crescimento econômico ao uso sustentável dos recursos naturais, com a Conferência de Estocolmo de 1972, a Rio 92, Rio+5, Rio+10, Rio+20 e Agenda 2030, que consolidou os 17 ODS. No estado do Ceará, os esforços para a Agenda 2030 resultam da atuação dos poderes executivo, legislativo e judiciário, que produzem relatórios, modelos de gestão, o Observatório de Fortaleza e os programas Alece 2030 e Ceará 2050.

Na dimensão socioeconômica, constam sinais de aceleração para população, PIB, energia, indústrias e frota veicular. A atividade econômica e a industrial são pilares dos ODS 8 (Trabalho Decente e Crescimento Econômico) e 9 (Indústria, Inovação e Infraestrutura), dessa forma o crescimento do PIB até 2030 pode atrair e fomentar a modernização tecnológica e a inovação, beneficiando outros ODS. Para reduzir o consumo de energia oriundo de fontes fósseis, o ODS 7 (Energia Limpa e Acessível) incentiva as fontes renováveis, com ampliação das matrizes eólica e solar. Nas Cidades e Comunidades Sustentáveis (ODS 11), o aumento dos veículos prejudica a mobilidade urbana e agrava a poluição atmosférica. Portanto, até 2030, devem-se viabilizar transportes seguros, acessíveis e sustentáveis, que melhorem a conexão intra e intermunicípios.

Por outro lado, é preocupante a formação de capital humano no estado do Ceará, pois, além das baixas nas matrículas, não se garante que os estudantes completem de fato o ensino primário e secundário, reduzindo as habilidades relevantes adquiridas e interrompendo a obtenção de conhecimento e competências necessárias na promoção do desenvolvimento sustentável.

Nos indicadores do sistema terrestre, nota-se que o desenvolvimento humano proporcionou a aceleração das UCs e o aumento da pegada hídrica e do volume de esgoto faturado; já os demais indicadores aparentam redução ou estabilização. Em relação a Água Potável e Saneamento, que representam o ODS 6, o Ceará está inserido em região semiárida, portanto se faz necessário o uso eficiente do recurso em todos os setores, bem como a ampliação dos programas de saneamento, prevenindo as doenças de veiculação hídrica. No desacoplamento por regiões intermediárias, a de Fortaleza é a que mais se destaca quanto ao desenvolvimento socioeconômico e pressão no sistema terrestre. A única exceção vista é no rebanho bovino, em que a região de Quixadá é destaque. Em contrapartida, as regiões de Crateús e Iguatu apresentam menor desenvolvimento socioeconômico e, por consequência, menor pressão antrópica sobre o ambiente.

Ademais, é preciso rever as políticas educacionais para permanência nas escolas e atratividade dos jovens, além de ampliar o incentivo às energias renováveis. Por fim, identifica-se que a iniciativa das mudanças rumo a 2030 deve se iniciar pela região de Fortaleza, pois é a maior em termos de municípios e destaca-se nos indicadores socioeconômicos e terrestres.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (ANEEL). **Sistema de Informações de Geração da ANEEL**, 2024. Acesso em: <https://dadosabertos.aneel.gov.br/dataset/siga-sistema-de-informacoes-de-geracao-da-aneel>. Acesso em: 11 maio 2025.

BRASIL. **Lei nº 13.467, de 13 de julho de 2017**. Altera a Consolidação das Leis do Trabalho (CLT) [...]. Diário Oficial da União, Brasília, DF: Presidência da República, 2017. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2017/lei/l13467.htm. Acesso em: 11 maio 2025.

BRASIL. **Lei nº 14.026, de 15 de julho de 2020**. Atualiza o marco legal do saneamento básico [...]. Diário Oficial da União, Brasília, DF: Presidência da República, 2020. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2020/lei/l14026.htm. Acesso em: 11 maio 2025.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Cadastro Nacional de Unidades de Conservação**, 2024a. Disponível em: <https://app.powerbi.com/view?r=eyJrIjoiMDNmZTA5Y2ItNmFkMy00Njk2LWI4YjYtZDJIInZFkOGM5NWQ4IiwidCI6IjJmY2ZmE5LTNmOTMtNGJiMS05ODMwLTZmYzNDY3NTJmMDNlNCIsImMiOiJF9>. Acesso em: 11 maio 2025.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. **Base de Dados**, 2024b. Disponível em: <https://bi.mte.gov.br/bgcaged/>. Acesso em: 11 maio 2025.

BRASIL. Ministério da Economia. **Balança Comercial e Estatísticas de Comércio Exterior**, 2024c. Disponível em: <https://www.gov.br/produtividade-e-comercio-exterior/pt-br/assuntos/comercio-exterior/estatisticas/>. Acesso em: 11 maio 2025.

BRUNDTLAND, G. H. Our Common Future - Call for Action. **Environmental Conservation**, v. 14, n. 4, p. 291-294, 1987. Disponível em: <https://www.cambridge.org/core/journals/environmental-conservation/article/abs/our-common-futurecall-for-action/65808D6676E07552EF891DF31C3DF7A1>. Acesso em: 11 maio 2025.

CASTRO FILHO, C. M. de. Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável: Uma leitura de Política Pública na Clave da Biblioteca Escolar. **Revista Digital Biblioteconomia e Ciência da Informação**, v. 16, n. 3, p. 355-372, 2018. DOI: <https://doi.org/10.20396/rdbci.v16i3.8650931>

CEARÁ. Secretaria da Fazenda. **Acesso à Informação**. 2024a. Disponível em: <https://www.sefaz.ce.gov.br/>. Acesso em: 11 maio 2025.

CEARÁ. Departamento Estadual de Trânsito. **Acesso à Informação**. 2024b. Disponível em: <https://www.detran.ce.gov.br/>. Acesso em: 11 maio 2025.

COMPANHIA DE GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS - COGERH. **Atlas dos Recursos Hídricos do Ceará**. 2024. Disponível em: <http://atlas.cogerh.com.br/>. Acesso em: 11 maio 2025.

CUNHA, G. F.; PINTO, C. R. C.; MARTINS, S. R.; CASTILHO JÚNIOR, A. B. de. Princípio da Precaução no Brasil após a Rio-92: Impacto Ambiental e Saúde Humana. **Ambiente & Sociedade**, v. 16, n. 3, p. 65-82, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1414-753X2013000300005>

DIAS, E. dos S. Os (Des) Encontros Internacionais Sobre Meio Ambiente: Da Conferência de Estocolmo à Rio+20 - Expectativas e Contradições. **Caderno Prudentino de Geografia**, v. 1, n. 39, p. 06–33, 2018. Disponível em: <https://revista.fct.unesp.br/index.php/cpg/article/view/3538/4453>. Acesso em: 11 maio 2025.

ENTE NAZIONALE PER L'ENERGIA ELETTRICA. **Companhia Energética do Estado do Ceará**, 2024. Disponível em: <https://www.enel.com.br/pt-ceara.html#>. Acesso em: 11 maio 2025.

FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DO CEARÁ. **Distrito Industrial de Maracanaú: Estratégias para o Desenvolvimento dos Clusters do Ceará**, 2012. Disponível em: <https://arquivos.sfiec.org.br>. Acesso em: 11 maio 2025.

FUNDAÇÃO CEARENSE DE METEOROLOGIA E RECURSOS HÍDRICOS – FUNCEME. **Mapeamento das Áreas Fortemente Degradadas em Processo de Desertificação no Ceará**, 2018. Disponível em: http://www.funceme.br/wp-content/uploads/2019/02/7-%20Mapa_CE_Desertifica%C3%A7%C3%A3o_2016_A2.pdf/. Acesso em: 11 maio 2025.

GANEM, R. S. De Estocolmo à Rio+20: avanço ou retrocesso? **Cadernos ASLEGIS**, v. 45, p. 31-62, 2012. Disponível em: <https://bd.camara.leg.br/bd/items/35d398f4-14fa-41ce-8ef7-983e776f60a0>. Acesso em: 11 maio 2025.

GURSKI, B.; GONZAGA, R.; TENDOLINI, P. Conferência de Estocolmo: um Marco na Questão Ambiental. **Administração de Empresas em Revista**, v. 1, n. 7, p. 65-79, 2012. Disponível em: <https://portaldeperiodicos.animaeducacao.com.br/index.php/admrevista/article/view/21494/1478>. Acesso em: 11 maio 2025.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Produto Interno Bruto dos Municípios**, 2024a. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/contas-nacionais/9088-produto-interno-bruto-dos-municipios.html>. Acesso em: 11 maio 2025.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Estimativas da População**, 2024b. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/populacao/9103-estimativas-de-populacao.html>. Acesso em: 11 maio 2025.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Produção Agrícola Municipal**, 2024c. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/Tabela/5457>. Acesso em: 11 maio 2025.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Pesquisa Pecuária Municipal**, 2024d. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/agricultura-e-pecuaria/9107-producao-da-pecuaria-municipal.html>. Acesso em: 11 maio 2025.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Censo Agropecuário**, 2024e. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/agricultura-e-pecuaria/21814-2017-censo-agropecuario.html>. Acesso em: 11 maio 2025.

INSTITUTO DE PESQUISA E ESTRATÉGIA ECONÔMICA DO ESTADO DO CEARÁ. **Radar da Indústria**, 2024a. Disponível em: <https://www.ipece.ce.gov.br/radar-da-industria/>. Acesso em: 11 maio 2025.

INSTITUTO DE PESQUISA E ESTRATÉGIA ECONÔMICA DO ESTADO DO CEARÁ. **PIB Trimestral**, 2024b. Disponível em: <https://www.ipece.ce.gov.br/pib-trimestral/>. Acesso em: 11 maio 2025.

INSTITUTO DE PESQUISA E ESTRATÉGIA ECONÔMICA DO ESTADO DO CEARÁ. **Comércio Exterior do Ceará em 2021 – Segundo ano da pandemia da Covid-19**, 2024c. Disponível em: <https://www.ipece.ce.gov.br/>. Acesso em: 11 maio 2025.

INSTITUTO NACIONAL DE ESTUDOS E PESQUISAS EDUCACIONAIS ANÍSIO TEIXEIRA. **Dados Abertos**, 2024a. Disponível em: <https://www.gov.br/inep/pt-br/aceso-a-informacao/dados-abertos>. Acesso em: 11 maio 2025.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. **Programa Queimadas**, 2024b. Disponível em: <https://terrabrasilis.dpi.inpe.br/>. Acesso em: 11 maio 2025.

MACHADO, V. de F. **A Produção do Discurso do Desenvolvimento Sustentável**: de Estocolmo à Rio 92. 2005. Tese. Universidade de Brasília, Brasília, DF. Disponível em: <http://www.realp.unb.br/jspui/handle/10482/41415>. Acesso em: 11 maio 2025.

MAPBIOMAS. **Relatório Anual de Desmatamento**, 2021. Disponível em: https://s3.amazonaws.com/alerta.mapbiomas.org/rad2021/RAD2021_Completo_FINAL_Rev1.pdf. Acesso em: 11 maio 2025.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS (ONU). **Transformando Nosso Mundo: a Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável**. 2024a. Disponível em: <https://nacoesunidas.org/pos2015/agenda2030/>. Acesso em: 11 maio 2025.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS (ONU). **Sobre o nosso Trabalho para Alcançar os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável no Brasil**. 2024b. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/sdgs>. Acesso em: 11 maio 2025.

SANTOS, M. D. C. dos; BRITTO, J. N. de P. Instituições e a Política Industrial do Ceará: interiorizando o setor. In: ECONOMIA DO CEARÁ EM DEBATE, 17., 2021, Fortaleza. **Anais eletrônicos [...]**. Fortaleza: IPECE, 2021. Disponível em: https://www.ipece.ce.gov.br/wp-content/uploads/sites/45/2021/11/instituicoes-e-a-politica-industrial-do-ceara_interiorizando-o-setor.pdf. Acesso em: 11 maio 2025.

SISTEMA DE EMISSÕES E REMOÇÕES DE GASES DE EFEITO ESTUFA. **Emissões**, 2024. Disponível em: <https://plataforma.seeg.eco.br/map?cities=true>. Acesso em: 11 maio 2025.

SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO (SNIS). **Série Histórica**, 2024. Disponível em: <http://app4.mdr.gov.br/serieHistorica/>. Acesso em: 11 maio 2025.

UNITED NATIONS CONFERENCE ON SUSTAINABLE DEVELOPMENT. **Sobre a Rio+20**, 2025. Disponível em: http://www.rio20.gov.br/sobre_a_rio_mais_20. Acesso em: 11 maio 2025.

ZEIFERT, A. P. B.; CENCI, D. R.; MANCHINI, A. A Justiça Social e a Agenda 2030: Políticas de Desenvolvimento para a Construção de Sociedades Justas e Inclusivas. **Revista Direitos Sociais e Políticas Públicas**, v. 8, n. 2, p. 30-52, 2020. Disponível em: <https://www.academia.edu/download/70467356/pdf.pdf>. Acesso em: 11 maio 2025.

DESAFIOS SOCIOAMBIENTAIS DO HIDROGÊNIO VERDE NO CEARÁ: UMA ANÁLISE CRÍTICA DOS ESTUDOS DE IMPACTO AMBIENTAL

Giovanna de Castro **SILVA**

Doutoranda pela Universidade Federal do Ceará (UFC)

E-mail: giovannac.silva@gmail.com

Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-0224-1732>

Adryane **GORAYEB**

Professora do Departamento de Geografia, Universidade Federal do Ceará (UFC)

E-mail: gorayeb@ufc.br

Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-7304-8836>

*Recebido
Janeiro de 2026*

*Aceito
Junho de 2026*

*Publicado
Junho de 2026*

Resumo: O hidrogênio verde (H2V), produzido a partir de fontes renováveis, apresenta-se como alternativa estratégica para a descarbonização industrial. Contudo, sua implantação tem suscitado críticas quanto aos possíveis novos processos de colonialismo energético e questionamentos sobre os impactos político-econômicos e socioambientais. No Ceará, cinco projetos de H2V encontram-se em fase de licenciamento ambiental na área do Hub do Hidrogênio Verde, situada no Complexo Industrial e Portuário do Pecém (CIPP), nos municípios de Caucaia e São Gonçalo do Amarante. Este artigo analisa os possíveis impactos socioambientais e as reconfigurações territoriais associadas a esses empreendimentos, por meio da revisão bibliográfica de estudos secundários e análise qualitativa exploratória de três Estudos De Impacto Ambiental (EIA) relacionados aos

empreendimentos de hidrogênio verde. A pesquisa adotou uma abordagem qualitativa exploratória, combinando revisão bibliográfica e análise documental. O foco principal foi a análise qualitativa de três estudos de impacto ambiental de empreendimentos de hidrogênio verde no Ceará, considerando seus aspectos bióticos, socioeconômicos e ambientais. A investigação identificou implicações e impactos positivos e negativos nas fases de implantação e operação, observando questões relacionadas a uma ampla demanda de uso de água, alterações no meio físicos, socioeconômico, biótico e uma escassa consideração sobre a aceitação social por parte das comunidades tradicionais afetadas. Diante disso, se faz necessária a incorporação de pesquisas e métodos voltados a uma agenda de pesquisa emergente para o desenvolvimento justo das energias renováveis no âmbito do Sul Global, no reconhecimento de todas as partes interessadas, em seus processos de governança e no uso dos recursos naturais.

Palavras-chave: hidrogênio verde; impactos socioambientais; Ceará.

SOCIO-ENVIRONMENTAL CHALLENGES OF GREEN HYDROGEN IN CEARÁ: A CRITICAL ANALYSIS OF ENVIRONMENTAL IMPACT STUDIES

Abstract: Green hydrogen (H₂V), produced from renewable sources, emerges as a strategic alternative for industrial decarbonization. However, its implementation has raised concerns regarding potential new forms of energy colonialism and questions about political-economic and socio-environmental impacts. In Ceará, five H₂V projects are undergoing environmental licensing within the Green Hydrogen Hub, located in the Pecém Industrial and Port Complex (CIPP), in the municipalities of Caucaia and São Gonçalo do Amarante. This article examines the potential socio-environmental impacts and territorial reconfigurations associated with these projects through a literature review of secondary studies and an exploratory qualitative analysis of three Environmental Impact Studies (EIS) related to green hydrogen ventures. The research adopted an exploratory qualitative approach, combining bibliographic review and document analysis. The main focus was the qualitative assessment of three environmental impact studies of H₂V projects in Ceará, considering biotic, socioeconomic, and environmental dimensions. The investigation identified both positive and negative implications during the implementation and operational phases, highlighting issues related to high water demand, alterations in physical, socioeconomic, and biotic environments, and limited consideration of social acceptance among affected traditional communities. Therefore, the incorporation of research and methods aimed at an emergent research agenda is necessary to ensure the equitable development of renewable energies in the Global South, recognizing all stakeholders in governance processes and the management of natural resources.

Keywords: green hydrogen; environmental impact; Ceará.

DESAFÍOS SOCIOAMBIENTALES DEL HIDRÓGENO VERDE EN CEARÁ: UNA ANÁLISIS CRÍTICA DE LOS ESTUDIOS DE IMPACTO AMBIENTAL

Resumen: El hidrógeno verde (H₂V), producido a partir de fuentes renovables, se presenta como una alternativa estratégica para la descarbonización industrial. No obstante, su implementación ha suscitado críticas respecto a posibles nuevos procesos de colonialismo energético, así como cuestionamientos sobre los impactos político-económicos y socioambientales. En Ceará, cinco proyectos de H₂V se encuentran en fase de licenciamiento ambiental en el área del Hub de

Hidrógeno Verde, situada en el Complejo Industrial y Portuario del Pecém (CIPP), en los municipios de Caucaia y São Gonçalo do Amarante. Este artículo analiza los posibles impactos socioambientales y las reconfiguraciones territoriales asociadas a estos emprendimientos, mediante una revisión bibliográfica de estudios secundarios y un análisis cualitativo exploratorio de tres Estudios de Impacto Ambiental (EIA) relacionados con los proyectos de hidrógeno verde. La investigación adoptó un enfoque cualitativo exploratorio, combinando la revisión bibliográfica y el análisis documental. El foco principal fue el análisis cualitativo de tres estudios de impacto ambiental de emprendimientos de hidrógeno verde en Ceará, considerando sus aspectos bióticos, socioeconómicos y ambientales. La investigación identificó implicaciones e impactos positivos y negativos en las fases de implantación y operación, observando cuestiones relacionadas con la alta demanda de uso de agua, alteraciones en los medios físico, socioeconómico y biótico, y una escasa consideración sobre la aceptación social por parte de las comunidades tradicionales afectadas. Ante esto, se hace necesaria la incorporación de investigaciones y métodos orientados a una agenda de investigación emergente para el desarrollo justo de las energías renovables en el ámbito del Sur Global, el reconocimiento de todas las partes interesadas, sus procesos de gobernanza y el uso de los recursos naturales.

Palabras clave: hidrógeno verde; impactos socioambientales; Ceará.

INTRODUÇÃO

O hidrogênio verde (H2V), produzido a partir de fontes renováveis, desponta como alternativa estratégica para a descarbonização que, por um lado, pode representar fonte energética para a descarbonização industrial (Griffiths *et al.*, 2021), com vários desafios econômicos (Odenweller; Ueckerdt 2025) e por outro autores apontam como uma nova forma de colonialismo (McNelly; Franz 2024; Bringel; Svampa 2024; Tunn *et al.*, 2024) que implicam novas formas de territorialização, transformam espaços terrestres e marítimos e levantam questionamentos sobre impactos político-econômicos e socioambientais, especialmente para as comunidades locais (Tunn *et al.*, 2024; Brannstrom; Gorayeb, 2022).

Brannstrom e Gorayeb (2022) descreveram algumas implicações geográficas possíveis da produção de H2V no Sul Global, em especial o litoral do Ceará, em se tornar apenas uma base de exportação de energia verde para países do Norte Global, a partir da invisibilização de comunidades tradicionais locais impactadas pelos empreendimentos renováveis, como as eólicas onshore e offshore que fornecerão suporte energético à cadeia produtiva do H2V.

O apelo à produção dessa fonte é cada vez mais intensificado no Sul Global, onde a maior parte dos países possui vantagens estratégicas e geográficas que incluem a produção de energias renováveis mais baratas, abundantes e inexploradas (Cezne; Otsuki, 2025). No contexto brasileiro, as dimensões sociais associadas ao hidrogênio verde ainda são pouco exploradas na literatura acadêmica, embora alguns estudos recentes de Caiafa *et al.* (2024) e Brannstrom e Gorayeb (2022),

apontem implicações associadas às dimensões sociais relacionadas ao hidrogênio verde (H2V) no âmbito brasileiro. Isso se deve, em parte, ao fato de que o hidrogênio verde é uma tecnologia em desenvolvimento, o que dificulta a análise das dinâmicas sociais envolvidas. As investigações realizadas até o momento têm enfatizado os desafios técnicos, financeiros e de aceitação relacionados à implementação das economias do hidrogênio, com foco recorrente nas experiências e nos interesses do Norte Global (Hanusch; Schad, 2021).

O Ceará vem sendo destacado como polo estratégico para a produção e exportação de hidrogênio verde, impulsionado por fatores como sua localização geográfica voltada aos mercados internacionais, a conexão logística do CIPP com o Porto de Roterdã, incentivos fiscais e infraestrutura favorável, além da proximidade com a ZPE e parcerias para qualificação profissional e fomento à pesquisa (Freitas, 2024).

O estado do Ceará apresenta, atualmente, cinco projetos em fase de licenciamento ambiental localizados na área destinada ao Hub do hidrogênio verde, junto à Superintendência Estadual do Meio Ambiente – SEMACE (Ceará, 2025). Os projetos se concentram nas áreas do Complexo Industrial e Portuário do Pecém - CIPP, abrangendo os municípios de Caucaia e São Gonçalo do Amarante, no estado do Ceará. Estes preveem a construção de infraestruturas de plantas de produção de hidrogênio verde e amônia, bem como unidades de dessalinização e linhas de transmissão acopladas aos sistemas provenientes de fontes renováveis (Ceará, 2025).

Este artigo tem como objetivo analisar os possíveis impactos socioambientais e as reconfigurações territoriais associadas à implantação de projetos de hidrogênio verde no Ceará, considerando o papel estratégico do Hub do Hidrogênio Verde na transição energética e os riscos socioecológicos decorrentes dessa dinâmica. Para tanto, a pesquisa se fundamenta em revisão bibliográfica e em uma análise documental, com destaque para a leitura crítica de três Estudos de Impacto Ambiental (EIA) relacionados ao setor de produção do hidrogênio verde.

A análise dos documentos técnicos foi orientada por referenciais que discutem os impactos socioambientais e socioecológicos da economia emergente do hidrogênio verde, apoiando-se nos estudos de Tunn *et al.* (2024), bem como nas abordagens sobre injustiças associadas a essa transição energética, destacadas por Fladvad (2023) e por Müller, Tunn e Kalt (2022).

REFERENCIAL TEÓRICO

Na última década, os estudos sobre energia avançaram significativamente ao reconhecer e incorporar a dimensão política nas análises da transição energética (Bridge e Gailing, 2020). Segundo Cezne e Otsuki (2025) o campo da geografia política tem sido uma das mais importantes fontes de pesquisa em ciências sociais sobre o hidrogênio, especialmente no Sul Global.

O Sul Global tem sido retratado como “farol de esperança” para a estratégia europeia de hidrogênio. Contudo, há o risco de que as políticas e os projetos associados acabem reproduzindo lógicas coloniais, racistas e desenvolvimentistas (Kalt; Tunn, 2022). Os estudos têm apontado que as dimensões sociais do hidrogênio verde ainda recebem pouca atenção acadêmica. Uma das razões é o fato de que essa tecnologia permanece em estágio de consolidação, o que pode dificultar a observação de suas dinâmicas sociais. Parte dos estudos tem se concentrado na análise de aceitabilidade de usos específicos voltados para a demanda (Virens, 2024).

De acordo com Vallejos-Romero (2022), a pesquisa sobre hidrogênio verde ainda carece de dados sobre os riscos e impactos sociais e ambientais, o que afeta a sua percepção pública. O autor destaca a ausência de estudos que avaliem como a produção de hidrogênio verde impacta comunidades locais e indígenas, além da falta de participação das autoridades em regiões rurais. Embora os impactos ambientais sejam discutidos, a análise social desses projetos é completamente negligenciada, evidenciando a necessidade de incluir fatores econômicos e políticos na avaliação.

Embora o hidrogênio verde seja frequentemente promovido sob a narrativa do desenvolvimento sustentável, diversos estudos têm apontado que sua produção no Sul Global se aproxima mais de uma lógica de extrativismo verde (Dunlap; Verweijen; Tornel, 2024; Kalt *et al.*, 2023). Esse extrativismo acompanha a expansão da fronteira de *commodities* do hidrogênio, caracterizada pela apropriação crescente de energia renovável, terra e recursos hídricos para viabilizar a produção (Kalt; Tunn, 2022). As amplas demandas por terra, água e energia, em uma economia do hidrogênio verde estruturada em megaprojetos e orientada pelo capital, tendem a reproduzir padrões históricos de exploração e extração (Tunn *et al.*, 2024).

O tema do hidrogênio verde, embora promissor, não está isento de desafios socioambientais e éticos. Conforme Müller, Tunn e Kalt (2022), as injustiças não são meramente acidentais, mas sim o produto de uma interação complexa entre as dinâmicas da economia global do hidrogênio e as particularidades políticas e sociais de cada nação produtora. Nessa perspectiva, o modelo de negócio que prioriza a exportação para nações desenvolvidas, por exemplo, eleva o risco de injustiças ao não considerar a fundo as condições locais.

Tunn *et al.* (2024) realizaram um estudo que utiliza uma análise de risco socioecológico para avaliar os impactos da produção de hidrogênio verde no Sul Global, considerando aspectos relacionados à energia, à água, ao meio ambiente e às injustiças socioambientais. Nesse contexto, os autores definem riscos socioecológicos como a probabilidade e a severidade de efeitos adversos resultantes da interação entre processos sociais, ecológicos e político-econômicos, com atenção especial às dimensões energética, hídrica e de injustiça ambiental.

Müller, Tunn e Kalt (2022) examinaram as parcerias de hidrogênio da Alemanha com países africanos, como Marrocos e Namíbia, alertando que esses acordos podem criar injustiças em vez de promover uma transição energética justa. Segundo os autores, a falta de uma abordagem sistemática da justiça energética pode gerar injustiças interdependentes nos países produtores. Os autores identificaram riscos significativos, incluindo a piora da pobreza energética, a escassez de água em regiões já secas, o deslocamento de comunidades, a ameaça aos meios de subsistência de povos indígenas e o reforço de regimes autoritários (Müller; Tunn; Kalt, 2022).

Os autores também reforçam que o planejamento da produção de hidrogênio pode impactar a vida e a subsistência das pessoas. Eles afirmam que as injustiças relacionadas a esse processo estão ligadas a desigualdades estruturais já existentes, como a economia global desigual, violações de direitos trabalhistas e a desigualdade de gênero (Müller; Tunn; Kalt, 2022).

Caiafa *et al.* (2024) identificaram vários riscos geopolíticos no desenvolvimento do hidrogênio verde no Brasil. Eles alertam que a produção para exportação pode levar ao atraso na transição energética local e ao aumento da dependência externa. Essa situação também pode gerar uma estrutura competitiva entre os países produtores e exportadores de hidrogênio.

A perspectiva de outros países sul-americanos é igualmente relevante. Por exemplo, na Colômbia, Dietz, Dorn e Schneider (2025) têm analisado as dinâmicas, estratégias e os possíveis conflitos associados à transição energética baseada no hidrogênio verde. Os autores destacam como essa transição pode representar tanto uma oportunidade de desenvolvimento sustentável quanto um potencial mecanismo de colonialismo ecológico, evidenciando as dinâmicas de poder e as tensões socioambientais que se desenrolam nesse contexto.

Conforme o artigo de Vallejos-Romero *et al.* (2022), o hidrogênio verde tem levantado preocupações ecológicas e sociais. Os autores citam Emodi *et al.* (2021) para afirmar que a aceitação dessas tecnologias é influenciada por uma série de fatores, como o conhecimento inicial do público, aspectos demográficos, a segurança energética, as regulamentações, a análise de custos

e benefícios, políticas, a consciência ambiental, os métodos de produção, armazenamento e aplicação, a proximidade das instalações, além da confiança e da comunicação.

METODOLOGIA

A metodologia deste artigo fundamenta-se em uma abordagem qualitativa de caráter exploratório, fundamentada em revisão bibliográfica e análise documental. Inicialmente, realizou-se uma revisão de literatura em bases como *Science Direct*, com foco em estudos críticos no campo da ecologia política, especialmente aqueles relacionados ao extrativismo verde, colonialismo energético e aos riscos socioecológicos associados à transição do hidrogênio verde no Sul Global. Foram consultados artigos acadêmicos, teses, dissertações e documentos institucionais, além de atos normativos nacionais e estaduais pertinentes às recentes iniciativas de hidrogênio verde no Brasil e, em particular, no Ceará.

O eixo principal da investigação consistiu na análise qualitativa de três Estudos de Impacto Ambiental (EIA) relacionados a empreendimentos de hidrogênio verde no estado do Ceará: EIA I – Hub de Hidrogênio Verde (Processo nº 03169162/2022); EIA II - Planta de produção de Hidrogênio Verde - (Processo nº 06638651/2022); EIA III: Planta de produção de Hidrogênio Verde (Processo nº 06011030/2023). Esses documentos foram obtidos por meio de consultas ao site da Superintendência Estadual do Meio Ambiente (SEMACE), utilizando códigos de atividades e processos registrados entre 2022 e 2024 (Ceará, 2025).

A análise concentrou-se nos diagnósticos contidos nos estudos, especialmente nos aspectos bióticos, socioeconômicos e ambientais, com o objetivo de identificar possíveis implicações dos empreendimentos em curso e relacioná-las às reflexões presentes na literatura acadêmica sobre o hidrogênio verde.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O hidrogênio verde no cenário energético contemporâneo

Conforme as últimas atualizações do Projeto de Decisões, resultado do primeiro balanço global, apresentado na Conferência das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas (COP28), realizada em Dubai, nos Emirados Árabes Unidos em novembro/dezembro de 2023, a produção de hidrogênio de baixo carbono está entre as principais iniciativas para acelerar a implantação de tecnologias com zero ou baixo teor de carbono. Essas tecnologias incluem, mas não se limitam a

fontes de energia renováveis, energia nuclear e soluções de redução e eliminação de carbono, como a captura, uso e armazenamento de carbono, com foco especial em setores de difícil descarbonização (UNFCCC, 2023).

Segundo Cezne e Otsuki (2025), o número de projetos de produção de hidrogênio limpo cresceu de forma acentuada nos últimos anos. Em outubro de 2024, havia cerca de 2.400 projetos em andamento no mundo, dos quais aproximadamente 650 estavam planejados para o Sul Global. Os autores notam que países como Brasil, Chile e Namíbia já desenvolveram planos e estratégias ambiciosas para o setor, o que demonstra o impulso sem precedentes que a área tem recebido.

O crescente interesse pelo hidrogênio verde está diretamente ligado à recuperação econômica pós-pandemia de 2020. Fatores como a criação de novas políticas energéticas e industriais focadas na descarbonização, e a recente crise energética europeia causada pela guerra entre Ucrânia e Rússia, também impulsionaram o setor (Chantre *et al.*, 2022; Wiertz; Kuhn; Mattisek, 2023). Além disso, o compromisso de diversos países e de grandes players dos setores financeiro e de energia em alinhar a recuperação econômica à meta de emissões líquidas zero até 2050 tem fortalecido ainda mais esses esforços (McNelly; Franz, 2024).

O hidrogênio verde tem recebido investimentos expressivos e vem passando por um processo acelerado de desenvolvimento em escala global. No continente europeu, a União Europeia assume posição de destaque ao estabelecer a meta de instalar 40 GW de capacidade em eletrolisadores até 2030, considerados essenciais para a produção de hidrogênio. A Estratégia de Hidrogênio da Comissão Europeia projeta, ainda, a consolidação de uma economia baseada nesse energético até 2050, com ênfase no hidrogênio verde. Entre os países que lideram essas ações destacam-se Alemanha, França e Países Baixos. Paralelamente, o continente asiático também ganha protagonismo no setor, impulsionado por investimentos significativos realizados por Japão, Coreia do Sul e China (Algburi *et al.*, 2025).

No caso do Brasil, os investimentos seguem a tendência de crescimento observada em escala internacional, e o país tem sido apontado como um dos potenciais líderes mundiais na produção de hidrogênio verde (Gurlit, *et al.*, 2021), sobretudo pela ênfase em iniciativas voltadas à exportação. Entretanto, a maior parte do hidrogênio atualmente produzido no território nacional ainda provém da reforma do gás natural, caracterizando-se como hidrogênio cinza (Chantre *et al.*, 2022). Essa rota produtiva encontra-se consolidada no país devido à ampla disponibilidade de gás natural e ao domínio tecnológico já existente nesse processo (Collaço *et al.*, 2024).

O país ainda dispõe de uma matriz energética de origem predominantemente renovável, com destaque para a fonte hídrica. As fontes renováveis representam 89% da oferta interna de eletricidade no Brasil, que é a resultante da soma dos montantes referentes à produção nacional mais as importações, que são essencialmente de origem renovável. De acordo com os dados do Balanço Energético Nacional de 2024, em relação ao ano de 2023, a geração de energia eólica teve um aumento de 14 TWh, seguindo do crescimento da geração solar fotovoltaica, que apresentou um crescimento de mais de 20 TWh (EPE, 2023; 2024; ANEEL/ABSOLAR, 2024).

Os investimentos em hidrogênio verde (H2V) no Brasil estão concentrados em portos estratégicos que oferecem a infraestrutura logística necessária para a exportação e a proximidade de centros industriais. O Porto de Pecém (CE), o Porto de Suape (PE) e o Porto de Açu (RJ) são os principais exemplos. Dentre eles, o Porto de Pecém se destaca, atraindo o maior volume de recursos até o momento, com cerca de US\$ 21,4 bilhões (CNI, 2024). Recentemente, o Piauí também se consolidou como um protagonista na economia verde ao iniciar a construção de uma das maiores usinas de H2V do mundo em sua Zona de Processamento de Exportação (ZPE) em Parnaíba (Piauí, 2025).

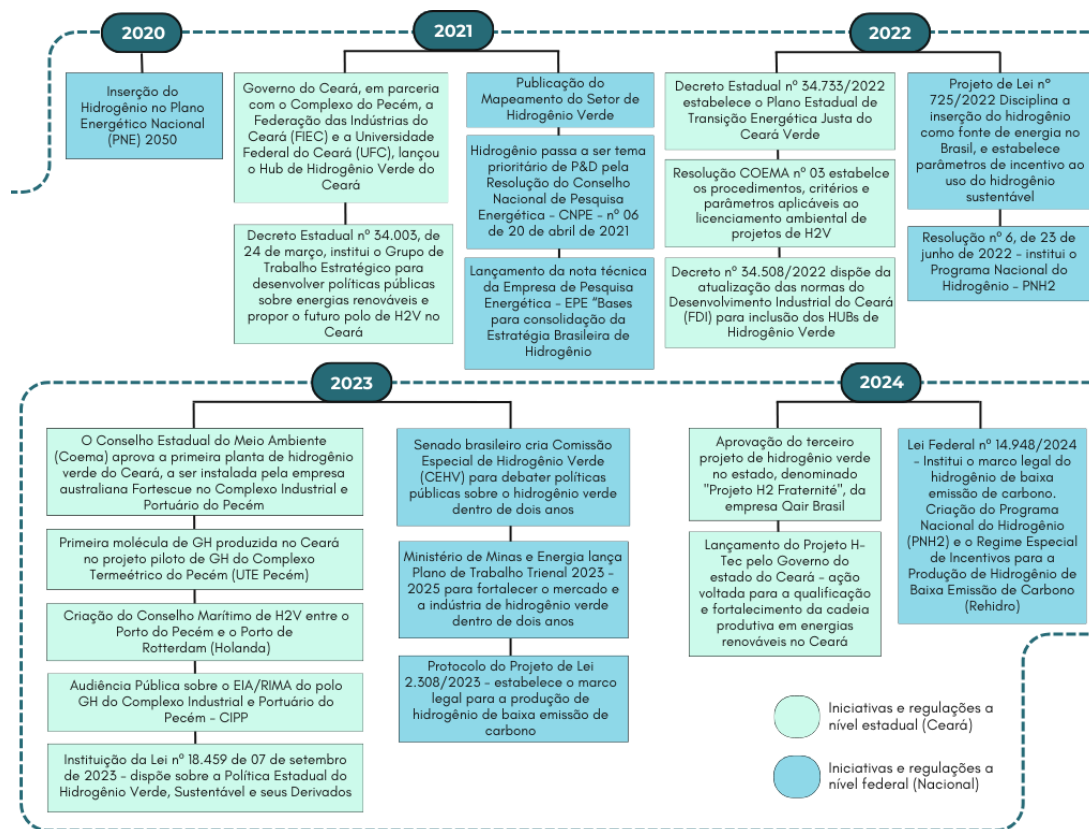
Collaço *et al.* (2024) ressaltam que a infraestrutura energética já estabelecida no Brasil, aliada à logística de transporte e à presença de portos, constitui um diferencial competitivo importante. Esse contexto, somado a uma matriz elétrica mais descarbonizada em comparação a outras economias, cria condições favoráveis para o uso interno do hidrogênio verde, especialmente no setor industrial. Contudo, os resultados apontam que os investimentos privados e estrangeiros continuam direcionados prioritariamente para a exportação, revelando uma assimetria entre o potencial de transição energética nacional e a orientação atual do mercado.

Os caminhos de desenvolvimento do H2V no estado do Ceará e suas articulações no cenário nacional

O ano de 2020 é considerado um marco, devido ao lançamento do Plano Energético Nacional (Brasil, 2020), pelo Ministério de Minas e Energia (MME), que foi responsável por inserir pela primeira vez, o hidrogênio na estratégia energética brasileira. O plano destacou a necessidade de desenvolver políticas e marcos regulatórios que incentivem a adoção de tecnologias associadas ao hidrogênio em toda a sua cadeia de valor, abrangendo produção, transporte, armazenamento e uso final (EPE, 2020). A linha do tempo abaixo apresenta as principais iniciativas e

regulamentações relacionadas ao hidrogênio verde no Brasil e no Ceará, desde 2020 até o período mais recente, em 2024 (Figura 1).

Figura 1 - Linha do tempo de iniciativas recentes relacionadas ao hidrogênio verde no Brasil e no Ceará.



Elaboração: Autora (2025). Adaptado de Freitas (2024).

No ano 2021, foi aprovado o Decreto Estadual nº 34.003, que instituiu o Grupo de Trabalho Estratégico com o objetivo de promover políticas públicas voltadas para as energias renováveis, incentivando o desenvolvimento sustentável e a configuração do primeiro *hub* nacional de hidrogênio verde (H2V) no Ceará. O *hub* está sendo implantado no Complexo Industrial e Portuário do Pecém (CIPP), localizado nos municípios de São Gonçalo do Amarante e Caucaia, a aproximadamente 60 km de Fortaleza. Com uma área de 19 mil hectares, o CIPP é atualmente administrado por meio de uma parceria entre o Governo do Ceará e o Porto de Roterdã, da Holanda, que, desde 2018, detém 30% de participação nas ações do complexo (Ceará, 2018).

O *hub* configura-se como uma parceria de Memorando de Entendimento (MoU) entre o Governo do Ceará e a Associação de Indústrias do Estado do Ceará (FIEC), o Complexo do Pecém (CIPP) e a Universidade Federal do Ceará, com dois objetivos principais: (1) posicionar o estado

como um ator global na produção, distribuição e exportação de hidrogênio verde e simultaneamente, (2) contribuir para a redução das emissões globais de CO₂ e, promover o desenvolvimento socioeconômico, tecnológico e ambiental do Ceará (Caiafa *et al.*, 2024).

Segundo Garlet *et al.* (2023), a criação do *hub* de hidrogênio verde projeta o Brasil no cenário internacional, ao mesmo tempo em que busca consolidar o Ceará como um futuro fornecedor global dessa fonte energética. De acordo com informações da atual gestão estadual, já foram assinados 41 memorandos de entendimento (*Memorandum of Understanding* – MoU) com empresas nacionais e internacionais interessadas na instalação de plantas de produção do combustível. Desses, seis avançaram para pré-contratos firmados diretamente com o Complexo do Pecém (Ceará, 2024).

Em 2022, as iniciativas estaduais se intensificaram com novos investimentos e incentivos financeiros. Foi criada a primeira resolução de licenciamento ambiental para o Hidrogênio Verde no Brasil, a resolução nº 03/2022, aprovada pelo Conselho Estadual do Ceará (COEMA), estabelecendo os procedimentos para o licenciamento ambiental, junto à Superintendência Estadual do Meio Ambiente - SEMACE. Simultaneamente, foi publicado o Decreto Estadual nº 34.733 que criou o Plano Estadual de Transição Energética Justa – Ceará Verde, visando fortalecer a matriz energética de baixo carbono, promover a descarbonização da economia cearense e mitigar os efeitos das mudanças climáticas (COEMA, 2022; Ceará, 2022).

No âmbito estadual, observa-se que o Ceará tem se consolidado como um polo de atração de investimentos, impulsionado por adaptações legislativas que buscam viabilizar e regulamentar as sucessivas investidas dos principais *stakeholders*. Esse movimento se materializa por meio de um conjunto articulado de parcerias institucionais, pesquisas acadêmicas e técnicas, publicações de documentos oficiais, além de discursos e padrões de desenvolvimento que não apenas legitimam, mas também impulsionam as estratégias do estado para fortalecer sua posição no cenário energético e industrial.

Recentemente, em agosto de 2024, após um longo período de discussões, foi sancionada a Lei nº 14.948/2024, que institui o marco legal do Hidrogênio Verde e que dispõe sobre a Política Nacional do Hidrogênio de Baixa Emissão de Carbono (Brasil, 2024). Segundo a Confederação Nacional da Indústria - CNI, até agosto de 2024, já existem mais de 60 projetos de hidrogênio a partir de fontes renováveis em avaliação no Brasil, já se somam cerca de US\$ 30 bilhões em potenciais investimentos. Com foco nas exportações de produtos produzidos a partir do hidrogênio,

em especial a amônia. A região Nordeste (com 44 projetos em 6 estados), destaca-se com cerca de 2/3 dos projetos brasileiros, seguido a região Sudeste (com 5 projetos em 2 estados) e a Região Sul (com 5 projetos em 2 estados) (CNI, 2024).

O estado Ceará desponta-se pelas diversas iniciativas legais em torno do desenvolvimento e da promoção do uso do hidrogênio verde como fonte energética, motivado pelos potenciais de localização favorável, bem como diversos incentivos tributários e o potencial de geração de energia renovável (CNI, 2024; Caiafa *et al.*, 2024).

Entretanto, o avanço desse setor exige cautela diante de seus potenciais desdobramentos socioambientais. Collaço *et al.* (2024) ressaltam que, embora a produção de H2V seja favorecida pelos abundantes recursos solares e eólicos da região, ela depende de forma significativa da disponibilidade de recursos naturais, em especial da água, um recurso já pressionado nas áreas áridas do Nordeste. Nesse cenário, emergem desafios relacionados à competição com usos essenciais, como por exemplo, o abastecimento humano e a agricultura, conforme apontam os autores.

Análise dos Estudos de Impactos Ambientais – EIA dos projetos de H2V no Ceará

A cadeia produtiva do hidrogênio verde fundamenta-se no consumo elevado de eletricidade oriunda de matrizes renováveis, predominantemente eólica e solar. Contudo, mesmo sustentada no discurso da sustentabilidade, essa dinâmica envolve etapas de geração, armazenamento e transporte que podem produzir impactos ambientais e socioeconômicos expressivos, manifestando-se de forma direta e indireta (IAIA, 2024).

A resolução nº 03/2022, aprovada pelo Conselho Estadual do Ceará (COEMA), que dispõe sobre os procedimentos, critérios e parâmetros aplicáveis ao licenciamento ambiental para empreendimentos de produção de hidrogênio verde no estado do Ceará, enquadra a atividade de produção de hidrogênio verde com um alto potencial poluidor degradador, sendo enquadrados conforme a potência dos eletrolisadores e a capacidade anual de produção. Os portes variam entre micro (até 0,5 MW e menos de 64 t/ano), pequeno (0,5 a 5 MW e 64 a 640 t/ano), médio (5 a 50 MW e 640 a 6.400 t/ano), grande (50 a 500 MW e 6.400 a 64.000 t/ano) e excepcional (acima de 500 MW e mais de 64.000 t/ano) (Ceará, 2022).

No que se refere à exigência de estudos ambientais para os empreendimentos de hidrogênio verde, a resolução determina dois instrumentos principais: o Relatório Ambiental

Simplificado (RAS), aplicável aos projetos de micro e pequeno porte, e o Estudo de Impacto Ambiental acompanhado do Relatório de Impacto Ambiental (EIA/RIMA), obrigatório para empreendimentos de porte médio, grande e excepcional. Além disso, independentemente da categoria de porte, todos os projetos deverão apresentar o Estudo de Análise de Risco, a ser submetido e aprovado pela autoridade competente como parte integrante do processo de licenciamento (Ceará, 2022).

O Ceará possui atualmente cinco projetos em fase de licenciamento ambiental voltados a produção de Hidrogênio Verde, todos concentrados no Complexo Industrial e Portuário do Pecém (CIPP), entre os municípios de Caucaia e São Gonçalo do Amarante. Entre eles, destaca-se a primeira Licença Prévia concedida pela Superintendência Estadual do Meio Ambiente -SEMACE, referente ao *hub*, autorizando a instalação de empreendimentos e infraestruturas associadas ao hidrogênio verde no CIPP (Ceará, 2025).

Os Estudos de Impacto Ambiental (EIA) analisados no presente artigo, destacam-se os três projetos de hidrogênio verde: EIA I – Hub de Hidrogênio Verde (Processo nº 03169162/2022); EIA II - Planta de produção de Hidrogênio Verde - (Processo nº 06638651/2022); EIA III: Planta de produção de Hidrogênio Verde (Processo nº 06011030/2023). Esses empreendimentos ocupam áreas de 1.331,22 hectares, 135 hectares e 47,72 hectares, respectivamente.

Foram identificados impactos negativos e positivos, tanto nos diagnósticos dos aspectos ambientais quanto nos socioeconômicos, abrangendo as fases de planejamento, implantação e operação dos empreendimentos. De modo geral, o número de impactos negativos presumidos e identificados é superior ao de impactos positivos (Quadro 1). Destacam-se, segundo as análises técnicas realizadas: no EIA I, foram previstos 80 impactos, sendo 29 positivos e 69 negativos (cap. 13, p. 96-109); no EIA II, 293 impactos, dos quais 114 são positivos e 179 negativos (cap. 9, p. 812-828); e no EIA III, 244 impactos, com 100 de natureza positiva e 144 negativa (cap. 12, p. 752-764).

Quadro 1 - Síntese comparativa dos impactos ambientais identificados em três EIA de projetos de hidrogênio verde no Ceará

Ocorrência dos impactos (gerados ou previsíveis)			
EIA I: 80 impactos		EIA II: 293 impactos	
29 positivos (36,3%)		114 positivos (38,9%)	
51 negativos (63,7%)		179 negativos (61,1%)	
Natureza do impacto			Descrição
Negativos (Fases: Planejament o, Instalação e Operação)	Meio socioeconômico	● Pressão sobre infraestrutura e serviços públicos (saúde, transporte, educação); ● Mercado de trabalho instável: desemprego, informalidade, retração econômica; ● Problemas de saúde pública: aumento de ISTs, ansiedade, conflitos sociais; ● Riscos de perda de patrimônio cultural e arqueológico; ● Saturação de serviços básicos e aumento de acidentes de trabalho; ● Impactos sobre atividades tradicionais, como pesca e comércio local.	Os estudos apontam a possibilidade de pressões significativas sobre as infraestruturas de saúde, transporte, educação e sobre o mercado de trabalho, podendo resultar em desemprego e aumento da informalidade. Além dos riscos associados a problemas de saúde pública, à ocorrência de conflitos sociais e à perda de patrimônio cultural e arqueológico.

	Meio físico e biótico	• Alteração da qualidade do ar, água, solo e aumento de ruídos/vibrações; • Perda e fragmentação de habitats, redução da biodiversidade e aumento da fauna sinantrópica; • Processos erosivos, alterações hidrológicas, costeiras e geomorfológicas; • Risco de contaminação e derramamentos acidentais. • Intervenções em áreas de preservação e desequilíbrios ecológicos; • Aumento da demanda por recursos naturais (água e energia).	Os estudos apontam potenciais impactos negativos relacionados à alteração da qualidade do ar, da água e do solo, bem como à fragmentação e perda de habitats naturais, com possíveis consequências para a redução da biodiversidade. Indicando riscos associados ao aumento da pressão sobre os recursos naturais, à intensificação de processos erosivos e à ocorrência de acidentes ou derramamentos, que podem representar ameaças significativas ao meio ambiente.
Positivos (Fases: Planejamento, Instalação e Operação)	Meio socioeconômico	• Expansão da oferta energética nacional e estímulo ao uso de energia limpa (redução de CO₂); • Geração de empregos diretos e indiretos, ocupação e renda; • Incremento da arrecadação de impostos e dinamização da economia regional; • Desenvolvimento técnico-científico e qualificação profissional; • Novas oportunidades de negócios e melhoria da qualidade de vida.	Os estudos de impacto apontam potenciais benefícios associados à expansão da oferta energética nacional a partir de uma fonte considerada limpa, com destaque para a redução das emissões de CO ₂ . No âmbito socioeconômico, os estudos indicam a possibilidade de geração de empregos diretos e indiretos, incremento da arrecadação tributária e estímulo ao desenvolvimento técnico-científico, bem como à qualificação profissional. Ressalta-se ainda a perspectiva de criação de um ambiente favorável à atração de novos investimentos e à ampliação de oportunidades de negócios.

Fonte: Organizado pelas autoras (2025).

Entre as implicações analisadas nos estudos, destacam-se, no meio físico, as questões relacionadas ao uso e à captação de água, bem como os impactos sobre as áreas naturais de uso e

ocupação do solo (EIA I, cap. 11, p. 709). Esses aspectos merecem atenção nas análises de riscos gerais, especialmente considerando que todos os EIA apontam para uma elevada demanda hídrica, predominantemente suprida por meio da dessalinização da água do mar (EIA I, cap. 5, p. 36; EIA II, cap. 4, p. 136; EIA III, cap. 4, p. 101).

O EIA I, menciona que a água utilizada no processo de eletrólise, poderá prover a água de três formas: água de reuso, dessalinização de água salgada da região do Pecém e outras formas de captação. Segundo os estudos, a água de reuso provavelmente será proveniente do esgoto da cidade de Fortaleza, que chegará na área de ZPE, por meio dos trechos do projeto de integração da transposição do rio São Francisco. Estima-se que serão consumidos cerca de 6,5 milhões de m³/ano de água do mar e 650 mil m³/ano de água de reuso, além de um fornecimento de 2,3 GW (20.148 GWh/ano) (EIA I, cap. 5, p. 36).

Já os EIA II e III também mencionam o aumento da demanda da água como um impacto, principalmente na fase de implantação. O projeto referente ao EIA II, menciona que a água que será captada do mar, a partir de uma planta de dessalinização, terá uma capacidade de captação de cerca de 4.400 m³/h. Já o abastecimento de água na fase de operação do empreendimento, segundo estudo, será suprido pela captação do mar, correspondendo a uma vazão de 106.174 t/d (EIA II, cap. 13, p. 1014).

O EIA III, também menciona sobre captação da água, caso o estudo hidrogeológico aponte baixo potencial hidráulico na região, impossibilitando o atendimento da vazão de água bruta demandada pela planta, o abastecimento poderá ser suprido de forma complementar com água de reuso disponibilizada por empresa fornecedora no CIPP (EIA III, cap. 13, p. 822). O estudo aponta ainda que, durante a fase de operação, a captação de água bruta deverá ocorrer por meio de poços, com a finalidade de produzir água desmineralizada. Para suprir as necessidades do processo produtivo, estima-se um consumo anual de 780.532 m³/ano. (EIA III, cap. 6, p. 137).

Outro ponto a destacar que pode gerar impactos nos ecossistemas marinhos e na pesca, diz respeito ao processo dessalinização, o projeto referente ao EIA II, indica que o principal efluente da planta de hidrogênio será oriundo do processo de dessalinização da água do mar, caracterizado como salmoura concentrada. Estima-se que a geração desse resíduo em aproximadamente 55.318 toneladas por dia, decorrentes do sistema de osmose reversa, cujo funcionamento será contínuo durante a operação da unidade industrial (EIA II, cap. 13, p. 1014).

Segundo Tunn *et al.* (2024) a necessidade de água doce para a produção de hidrogênio verde, especialmente no processo de eletrólise, pode apresentar vários riscos em termos de governança, acessibilidade e disponibilidade e qualidade da água, bem como poluição ambiental que afetam os diversos níveis justiça energética. Já Mendes, Sampaio e Colaço (2024) apontam que dependendo da fonte de água escolhida, a produção de hidrogênio verde no Ceará, pode prejudicar as condições semiáridas da região ou prejudicar a vida marinha, no processo de descarte de água salgada de dessalinização de água do mar.

A produção de hidrogênio verde demanda elevada quantidade de água doce, o que pode agravar problemas de escassez hídrica em regiões áridas e semiáridas (Müller; Tunn; Kalt, 2022; Fladvad, 2023). Conforme destacam Tunn *et al.* (2024), esse processo envolve a extração de água subterrânea, trazendo sérios riscos de esgotamento dos aquíferos e impactos negativos tanto sobre os ecossistemas locais quanto sobre os meios de vida das comunidades. Os autores estimam que, para a produção de 1 kg de hidrogênio verde, são necessários aproximadamente 9 litros de água doce.

Ainda segundo Tunn *et al.* (2024), embora a escassez de água e os conflitos fundiários também estejam presentes no Norte Global, a dependência das importações de H₂V provenientes do Sul Global pelos países industrializados tende a afetar de forma mais severa populações já vulnerabilizadas. Essa dinâmica pode, assim, reforçar um ciclo histórico de injustiças e de exploração ambiental.

Quanto aos aspectos sociais analisados, observa-se de forma crítica uma especialização dessas comunidades, mas poucas relações com as comunidades indígenas, pesqueiras e quilombolas presentes nas áreas de influência dos empreendimentos. Todos os estudos apresentaram as comunidades que poderão ser impactadas de forma direta e indireta, nos entornos dos empreendimentos, com aplicações de questionários e coleta de dados socioeconômicos mais específicos. Entretanto, as relações construídas com essas comunidades mostram-se superficiais, sem aprofundar suas dinâmicas socioterritoriais. Algumas comunidades nos estudos (EIA I e II) se mostraram preocupadas aos impactos cumulativos já presentes no entorno do CIPP, mencionaram sobre as mudanças negativas de gerar mais poluições, doenças alérgicas e desapropriações de alguns espaços comuns.

Importante mencionar, embora os impactos pontuais descritos nos estudos de impacto ambiental variem em magnitude e temporalidade, manifestando-se em fases específicas dos

projetos, sua análise não deve se limitar à ocorrência desses efeitos. Como destacam Müller, Tunn e Kalt (2022), o verdadeiro potencial do hidrogênio verde de mitigar impactos e beneficiar comunidades depende da incorporação de princípios de justiça em todas as escalas. Assim, a avaliação crítica dos EIA exige considerar não apenas quando e onde os impactos ocorrem, mas também como políticas, governança e participação local podem influenciar a equidade e a efetividade das medidas de mitigação.

Os desafios socioambientais para a produção do Hidrogênio Verde no estado do Ceará

Conforme os dados do Diagnóstico Participativo da zona costeira do Ceará, o estado apresenta cerca de 324 comunidades tradicionais autodeclaradas que habitam as áreas do litoral, são caracterizadas como indígenas, quilombolas ou tradicionais pesqueiras. E que suas atividades econômicas são associadas ao extrativismo, a pesca artesanal e as práticas da agricultura familiar (SEMA, 2024). O Complexo Industrial e Portuário do Pecém (CIPP) está situado nos municípios litorâneos de São Gonçalo do Amarante e Caucaia, regiões marcadas por territorialidades tradicionais e elevada complexidade socioambiental. Esses territórios vêm enfrentando conflitos e ameaças recorrentes, como a privatização de áreas públicas, cercamentos em praias e lagoas, e a expansão desordenada de empreendimentos e loteamentos turísticos (SEMA, 2024).

Nas áreas previstas para a instalação dos empreendimentos de hidrogênio verde, encontram-se diversos territórios tradicionais, com destaque para os povos indígenas da etnia Anacé. Essas comunidades têm historicamente enfrentado impactos e processos de resistência diante de sucessivos projetos de desenvolvimento implementados na região, incluindo aqueles vinculados ao próprio Complexo Industrial e Portuário do Pecém (CIPP), como a implantação de usinas termelétricas. Tais empreendimentos resultaram, ao longo dos anos, em restrições de acesso às terras, exploração intensiva de recursos naturais, especialmente da água e agravamento da poluição ambiental (Teles, 2021).

Nos estudos de impacto ambiental analisados, observa-se a delimitação de novos territórios destinados à infraestrutura necessária para H2V, ao mesmo tempo em que há poucas considerações e avaliações sobre a aceitação social por parte dos povos tradicionais afetados pelo desenvolvimento da produção de H2V no Ceará. Segundo Araújo e Meireles (2019) os atores de energia renovável constroem narrativas de um território considerado “ideal”, sem conflitos sociais ou impactos ambientais durante a implantação desses empreendimentos, o que contribui para

legitimar os empreendimentos sem incorporar de fato as vozes e as decisões das comunidades diretamente impactadas.

A incorporação da exigência de consulta prévia, livre e informada, prevista na Convenção nº 169 da Organização Internacional do Trabalho (OIT) sobre povos indígenas e tribais, representa um avanço normativo significativo. No Brasil, esse direito foi internalizado pelo Decreto nº 5.051, de 19 de abril de 2004, revogado posteriormente pelo Decreto nº 10.088, de 05 de novembro de 2019, que estabelece a obrigatoriedade da consulta e do consentimento livre, prévio e informado a povos indígenas, comunidades quilombolas e demais povos e comunidades tradicionais (OIT, 2011; Brasil, 2019).

Contudo, observa-se que, no contexto brasileiro, a efetividade desse direito encontra limitações, uma vez que sua aplicação é frequentemente negligenciada em processos de licenciamento ambiental, bem como em projetos de natureza desenvolvimentista ou extrativista. Soma-se a isso a ocorrência de alterações legislativas e a formulação de normas e políticas públicas que podem implicar restrições ou riscos aos direitos de povos e comunidades tradicionais (Lima e Araújo, 2023).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os Estudos de Impacto Ambiental analisados descrevem de forma detalhada os impactos positivos e negativos em cada fase dos projetos. Todos destacam a alta demanda por recursos naturais, como água e energia, e indicam possíveis pressões sobre serviços e infraestruturas de saúde, transporte, educação e mercado de trabalho, o que pode gerar desemprego e aumento da informalidade. Entre os benefícios socioeconômicos, os estudos mencionam a expansão da oferta de energia limpa, a redução das emissões de CO₂ e a possibilidade de atrair novos investimentos e ampliar oportunidades de negócios e empregos.

É essencial adotar uma análise crítica sobre a produção de hidrogênio verde, questionando a distribuição dos benefícios gerados pela transformação de possíveis parques eólicos e solares em fontes de energia para fábricas voltadas à exportação. Isso implica desafiar as narrativas dominantes e apresentar dados alternativos que reflitam as experiências e os conhecimentos locais. Este trabalho busca avançar nas discussões ainda incipientes sobre os impactos territoriais da produção de hidrogênio verde no Ceará, considerando análises que se concentram nos aspectos ambientais e sociais.

Os impactos territoriais do hidrogênio verde também se estendem, de forma indireta, às infraestruturas que o alimentam, como os futuros parques eólicos *offshore*, cujos efeitos sobre os territórios costeiros demandam uma atenção crítica. Dessa forma, para que o hidrogênio verde se torne uma fonte energética amplamente justa, legítima e sustentável, se faz necessária a incorporação de pesquisas e métodos voltados a uma agenda de pesquisa emergente para o desenvolvimento justo das energias renováveis no âmbito do Sul Global, que possa incorporar *insights* de estudos sobre conflitos e fragilidades locais, no reconhecimento de todas as partes interessadas, em seus processos de governanças e no uso de seus recursos.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA – ANEEL. **Sistema de Informações de Geração, SIGA – ANEEL.** 2025. Disponível em: <https://app.powerbi.com/view?r=eyJrIjoibNjc4OGYyYjQtYWWM2ZC00YjllLWJlYmEtYzdkNTQ1MTc1NjM2IiwidCI6IjQwZDZmOWI4LWVjYTctNDZhMi05MmQ0LWVhNGU5YzAxNzBlMSIsImMiOiR9>. Acesso em: 14 fev. 2025.

ALGBURI, Sameer *et al.* Green Hydrogen Role in Sustainable Energy Transformations: a review. **Results In Engineering**, Elsevier BV, v. 26, p. 105109, jun. 2025.. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.rineng.2025.105109>.

ARAÚJO, J. C. H.; MEIRELES, A. J. de A. Entre Expropriações e Resistências: Mapas das desigualdades ambientais na zona costeira do Ceará, Brasil. In: GORAYEB, A.; BRANNSTROM, C.; MEIRELES, A. J. de A. (org.). **Impactos socioambientais da implantação dos parques de energia eólica no Brasil**. Fortaleza: Edições UFC, 2019. p. 61-81.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA - ABSOLAR. **Energia Solar Fotovoltaica no Brasil**: Infográfico ABSOLAR. Set. 2024. Disponível em: https://www.absolar.org.br/wp-content/uploads/2024/09/Infografico_setembro-724x1024.jpg

BRANNSTROM, C. *et al.* Is Brazilian wind power development sustainable? Insights from a review of conflicts in Ceará state. **Renewable And Sustainable Energy Reviews**, Elsevier BV, v. 67, p. 62-71, jan. 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2016.08.047>.

BRANNSTROM, C.; GORAYEB, A. Geographical Implications of Brazil's Emerging Green Hydrogen Sector. **Journal of Latin American Geography**, v. 21, n. 1, p. 185-194, 2022, Disponível em: <https://muse.jhu.edu/article/855961>. Acesso em: 14 abr. 2025.

BRASIL. **Lei nº 14.948, de 2 de agosto de 2024**. Dispõe sobre a Política Nacional do Hidrogênio de Baixa Emissão de Carbono; institui incentivos para a indústria do hidrogênio de baixa emissão de carbono. Diário Oficial da União, Brasília, DF. 2024. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2023-2026/2024/Lei/L14948.htm. Acesso em: 14 abr. 2025.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. Empresa de Pesquisa Energética. **Plano Nacional de Energia**. Brasília: MME/EPE, 2020.

BRASIL. **Decreto nº 10.088, de 5 de novembro de 2019**. Consolida atos normativos editados pelo Poder Executivo Federal que dispõem sobre a promulgação de convenções e recomendações da Organização Internacional do Trabalho – OIT ratificadas pela República Federativa do Brasil. Diário Oficial da União, Seção 1, Brasília, 6 nov. 2019. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2019/decreto/d10088.htm. Acesso em: 14 abr. 2025.

BRIDGE, G.; GAILING, L. New energy spaces: Towards a geographical political economy of energy transition. **Economy and Space A**, v. 52, n. 6, p. 037-1050, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1177/0308518X20939570>

BRINGEL, B., & SVAMPA, M. Energy transition and the new shape of green colonialism: The emergence of the decarbonisation consensus. In: MAGNELLI, A.; MAIA, F.; MARTINS, P. H. (org.) **Dependency Theories in Latin America**. London: Routledge, 2024, p. 242-258. DOI: <https://doi.org/10.4324/9781003424291>

CAIAFA, C. *et al.* Identifying opportunities and risks from green hydrogen: a framework and insights from a developing region in Brazil. **Climate Policy**, Informa UK Limited, p. 1-19, 26 set. 2024. DOI: <http://dx.doi.org/10.1080/14693062.2024.2407848>.

CEARÁ. **Decreto nº 34.733, de 12 de maio de 2022**. Institui o Plano Estadual de Transição Energética Justa do Ceará – Ceará Verde, e dá outras providências. Diário Oficial do Estado do Ceará, Fortaleza, 12 maio 2022. Disponível em: <https://leisestaduais.com.br/ce/decreto-n-34733-2022-ceara-institui-o-plano-estadual-de-transicao-energetica-justa-do-ceara-ceara-verde-e-da-outras-providencias>. Acesso em: 29 jan. 2025.

CEARÁ. Governo do Ceará e empresa chinesa assinam memorando de entendimento para desenvolvimento de energia renovável. **Casa Civil**, 22 nov. 2024, Isabella Campos – texto, e Carlos Gibaja – fotos. Disponível em: <https://www.ceara.gov.br/2024/11/22/governo-do-ceara-e-empresa-chinesa-assinam-memorando-de-entendimento-para-desenvolvimento-de-energia-renovavel/>.

CEARÁ. Portal do Governo. **Hub portuário**: Governo do Ceará celebra parceria da CIPP S.A. com o Porto de Roterdã, 2018. Disponível em: <https://www.ceara.gov.br/2018/10/19/hub-portuario-governo-do-ceara-celebra-parceria-da-cipp-s-a-com-o-porto-de-roterda/>. Acesso em: 02 fev. 2025.

CEARÁ. Superintendência Estadual do Meio Ambiente. **Estudo de Impacto Ambiental e Relatório de Impacto Ambiental (EIA/RIMA)**. 2025. Disponível em: <https://lookerstudio.google.com/u/0/reporting/3a51ce6e-927c-457a-8183-2b083fc4115d>. Acesso em: 26 abr. 2025.

CEZNE, Eric; OTSUKI, Kei. The making of H2-scapes in the Global South: political geography perspectives on an emergent field of research. **Political Geography**, Elsevier BV, v. 118, p. 103294, abr. 2025.. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.polgeo.2025.103294>.

CHANTRE, C. *et al.* Hydrogen economy development in Brazil: an analysis of stakeholders' perception. **Sustainable Production And Consumption**, Elsevier BV, v. 34, p. 26-41, nov. 2022. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.spc.2022.08.028>.

COEMA. **Resolução nº 03 de 10/02/2022**. Dispõe sobre os procedimentos, critérios e parâmetros aplicáveis ao licenciamento ambiental no âmbito da Semace para empreendimentos de produção de hidrogênio verde no Estado do Ceará. 2022. Disponível em: <https://www.semace.ce.gov.br/resolucoes-estaduais-2022/>. Acesso em: 03 set. 2024.

COLLAÇO, Flávia Mendes de Almeida *et al.* **Atlas do hidrogênio verde no Brasil**. Fortaleza: Editora UFC, 2024.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA - CNI. **Hidrogênio sustentável**: perspectivas para o desenvolvimento e potencial para a indústria brasileira: versão 2024, 2. ed. Brasília: CNI, 2024.

DIETZ, Kristina; DORN, Felix Malte; SCHNEIDER, Etienne. Towards a global perspective on interrelated green hydrogen transitions: the case of colombia. **Political Geography**, Elsevier BV, v. 122, p. 103395, set. 2025.. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.polgeo.2025.103395>.

DUNLAP, Alexander; VERWEIJEN, Judith; TORNEL, Carlos. The political ecologies of "green" extractivism(s): an introduction . **Journal Of Political Ecology**, University of Arizona, v. 31, n. 1, p. 436-463, 23 jul. 2024. DOI: <http://dx.doi.org/10.2458/jpe.6131>.

EMODI, N. V.; LOVELL, H.; LEVITT, C.; FRANKLIN, E. A systematic literature review of societal acceptance and stakeholders' perception of hydrogen technologies. **International Journal of Hydrogen Energy**, v. 46, p. 30669-30697, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2021.06.212>

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA – EPE. **BEN – Relatório Síntese – 2023 / Ano base**, 2024. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/balanco-energetico-nacional-2024>. Acesso em: set. 2024.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA – EPE. **Plano Nacional de Energia 2050 - EPE**, 2020. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-227/topico-563/Relatorio%20Final%20do%20PNE%202050.pdf> Acesso em: 29 jan. 2025.

FLADVAD, Benno. Infrastructuring environmental (in)justice: green hydrogen, indigenous sovereignty and the political geographies of energy technologies. **Geographica Helvetica**, Copernicus GmbH, v. 78, n. 4, p. 493-505, 4 out. 2023. DOI: <http://dx.doi.org/10.5194/gh-78-493-2023>.

FREITAS, F. da S. **Construção do discurso e produção da legitimidade**: O caso do hidrogênio verde no estado do Ceará, Brasil. 2024. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Centro de Ciências, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2024. Disponível em: <https://repositorio.ufc.br/handle/riufc/77891>. Acesso em: 03 jan. 2025.

GARLET, Taís Bisognin *et al.* Unlocking Brazil's green hydrogen potential: overcoming barriers and formulating strategies to this promising sector. **International Journal Of Hydrogen Energy**, Elsevier BV, v. 49, p. 553-570, jan. 2024.. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijhydene.2023.09.227>.

GRIFFITHS, S. *et al.* Industrial decarbonization via hydrogen: a critical and systematic review of developments, socio-technical systems and policy options. **Energy Research & Social Science**, Elsevier BV, v. 80, p. 102208, out. 2021. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.erss.2021.102208>.

GURLIT, *et al.*, Hidrogênio verde: uma oportunidade de geração de riqueza com sustentabilidade, para o Brasil e o mundo. **McKinsey & Company**. 25 nov. 2021. Disponível em: <https://www.mckinsey.com/br/our-insights/hidrogenio-verde-uma-oportunidade-de-geracao-de-riqueza-com-sustentabilidade-para-o-brasil-e-o-mundo>. Acesso em: 05 abr. 2025.

HANUSCH, Frederic; SCHAD, Miriam. Hydrogen research: technology first, society second?. **Gaia - Ecological Perspectives For Science And Society**, Oekom Publishers GmbH, v. 30, n. 2, p. 82-86, 15 jul. 2021. DOI: <http://dx.doi.org/10.14512/gaia.30.2.5>.

IAIA – INTERNATIONAL ASSOCIATION FOR IMPACT ASSESSMENT. Improving Decision-Making for the Energy Transition: Guidance for Using Strategic Environmental Assessment. Version 1. [S.l.]: IAIA, 2024. Disponível em: <https://training.iaia.org/guidance-for-using-strategic-environmental-assessment-sea/#Guidance>. Acesso em: 03 jan. 2025.

KALT, Tobias *et al.* Between green extractivism and energy justice: competing strategies in south africa's hydrogen transition in the context of climate crisis. **Review Of African Political Economy**, v. 50, n. 177-178, p. 302-321, 2023. Review of African Political Economy. DOI: <http://dx.doi.org/10.1080/03056244.2023.2260206>.

KALT, Tobias; TUNN, Johanna. Shipping the sunshine? A critical research agenda on the global hydrogen transition. **Gaia - Ecological Perspectives For Science And Society**, v. 31, n. 2, p. 72-76, 15 jul. 2022. Oekom Publishers GmbH. DOI: <http://dx.doi.org/10.14512/gaia.31.2.2>.

LIMA, Sarah; ARAUJO, Fernanda C. B. (org.). **Entrando em clima de urgência no Ceará sem tempo para termelétrica**. Fortaleza: Verdeluz, 2023.

MCNELLY, A.; FRANZ, T. Making and unmaking the actually existing hegemonic green transition. **The Extractive Industries And Society**, Elsevier BV, v. 20, p. 1-11, dez. 2024. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.exis.2024.101525>.

MENDES, E. D.; SAMPAIO, R. J. S.; COLLAÇO, F. M. de A.. Justice or just plans? Reviewing the energy transition strategy of Brazil's Ceará state. **Energy Research & Social Science**, Elsevier BV, v. 119, p. 103865, jan. 2025. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.erss.2024.103865>.

MÜLLER, Franziska; TUNN, Johanna; KALT, Tobias. Hydrogen justice. **Environmental Research Letters**, IOP Publishing, v. 17, n. 11, p. 115006, 1 nov. 2022. DOI: <http://dx.doi.org/10.1088/1748-9326/ac991a>.

ODENWELLER, Adrian; UECKERDT, Falko. The green hydrogen ambition and implementation gap. **Nature Energy**, v. 10, n. 1, p. 110-123, 14 jan. 2025. Springer Science and Business Media LLC. DOI: <http://dx.doi.org/10.1038/s41560-024-01684-7>. Acesso em: 29 jan. 2025.

ORGANIZAÇÃO INTERNACIONAL DO TRABALHO – OIT. **Convenção nº 169 sobre povos indígenas e tribais e Resolução referente à ação da OIT**. Brasília: OIT, 2011.

PIAUÍ. Governo do Piauí. **Com obras iniciadas, maior usina de hidrogênio verde do mundo coloca Piauí como líder da transição energética**. 09 jun. 2025, Robert Pedrosa. Disponível em: <https://www.pi.gov.br/com-obras-iniciadas-maior-usina-de-hidrogenio-verde-do-mundo-coloca-piaui-como-lider-da-transicao-energetica/>. Acesso em: 29 jun. 2025.

SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE E MUDANÇA DO CLIMA - SEMA. **Cartografia Social: perspectivas e práticas no Ceará**. Fortaleza: SEMA, 2024. Disponível em: https://www.sema.ce.gov.br/wp-content/uploads/sites/36/2024/07/Cartografia-Social-FINAL-2024_compressed.pdf. Acesso em: 17 out. 2024.

TELES, G. A. **Mobilidade, Trabalho e Interações Socioespaciais: O Complexo Industrial e Portuário do Pecém no contexto da Região Metropolitana de Fortaleza**. Fortaleza. 2015. 404 f. Tese (Doutorado em 2015) - Universidade Estadual do Ceará, 2015. Disponível em: https://bdtd.ibict.br/vufind/Record/UECE-0_08b05193da50d8edf086fed76354195b. Acesso em: 29 jan. 2025.

TUNN, J. *et al.* Green hydrogen transitions deepen socioecological risks and extractivist patterns: evidence from 28 prospective exporting countries in the Global South. **Energy Research & Social Science**, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.erss.2024.103731>.

TUNN, J. *et al.* The German scramble for green hydrogen in Namibia: colonial legacies revisited?. **Political Geography**, Elsevier BV, v. 118, p. 103293, abr. 2025. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.polgeo.2025.103293>.

UNITED NATIONS FRAMEWORK CONVENTION ON CLIMATE CHANGE – UNFCCC. **Conferencia de las Partes en calidad de reunión de las Partes en el Acuerdo de París - FCCC/PA/CMA/2023/L.17**. United Arab Emirates, nov. 30 - Dec. 12, 2023. Disponível em: <https://unfccc.int/documents/636608>. Acesso em: 03 set. 2023.

VALLEJOS-ROMERO, Arturo; CORDOVES-SÁNCHEZ, Minerva; CISTERNAS, César; SÁEZ-ARDURA, Felipe; RODRÍGUEZ, Ignacio; ALEDO, Antonio; BOSÓ, Álex; PRADES, Jordi; ÁLVAREZ, Boris. Green Hydrogen and Social Sciences: issues, problems, and future challenges. **Sustainability**, v. 15, n. 1, p. 303, 24 dez. 2022. MDPI AG. DOI: <http://dx.doi.org/10.3390/su15010303>.

VIRENS, Abbi. Green hydrogen futures: tensions of energy and justice within sociotechnical imaginaries. **Energy Research & Social Science**, Elsevier BV, v. 114, p. 1-9, ago. 2024. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.erss.2024.103587>.

WIERTZ, Thilo; KUHN, Lilith; MATTISSEK, Annika. A turn to geopolitics: shifts in the german energy transition discourse in light of russia's war against ukraine. **Energy Research & Social Science**, Elsevier BV, v. 98, p. 1-9, abr. 2023. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.erss.2023.103036>.

AGRADECIMENTOS

As autoras agradecem à Universidade Federal do Ceará (UFC) – Departamento de Geografia, na atuação do Laboratório de Geoprocessamento e Cartografia Social (LABOCART), por todo o apoio e colaboração. Agradecemos também à FUNCAP/Edital n. 7 de 2021, PS1-0186-00295.01.00/21 “Desafios Sociais e Ambientais da Transição Energética no Ceará: implicações na produção do Hidrogênio Verde”; a “Bolsa CNPq de Produtividade” Proc. 308830/2021-0 da segunda autora e ao PROEX/CAPES, processo n. 0348/2021/23038.008387/2021-53: Programa de Excelência Acadêmica."

GEOENVIRONMENTAL CHARACTERIZATION OF THE NEGRO RIVER WATERSHED (MA) UNDER THE PERSPECTIVE OF GEOSYSTEMS

Nicollas Silva **MENDES**

Master's student in the Graduate Program in Development and Environment – PRODEMA at the
Federal University of Maranhão – UFMA
São Luís, Maranhão, Brazil
Nicollas60@gmail.com
Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-0909-992X>

Arkley Marques **BANDEIRA**

Professor at Department of Oceanography and Limnology (DEOLI), Federal University of Maranhão -
UFMA
São Luís, Maranhão, Brazil
arkley.bandeira@ufma.br
Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-7646-7526>

Luiz Jorge Bezerra da Silva **DIAS**

Professor at Department of Geography (DEGEO) at the State University of Maranhão - UEMA
São Luís, Maranhão, Brazil
luizjorgedias@hotmail.com
Orcid: <https://orcid.org/0009-0003-1448-5467>

Leonardo Silva **SOARES**

Professor at Department of Oceanography and Limnology (DEOLI), Federal University of Maranhão -
UFMA
São Luís, Maranhão, Brazil
leonardo.soares@ufma.br
Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-0373-2971>

*Recebido
Fevereiro de 2026*

*Aceito
Junho de 2026*

*Publicado
Junho de 2026*

Abstract: Watersheds are fundamental units for territorial planning and environmental management, as they integrate physical, biotic, and anthropogenic components that shape environmental dynamics. In this context, this study aims to conduct a geoenvironmental characterization of the Rio Negro Watershed, located in the state of Maranhão, Brazil, within the surroundings of the Lençóis Maranhenses National Park, an area known for its high

environmental fragility. The research is grounded in the geosystem approach and landscape geoecology, integrating official cartographic data, spatial analysis in a Geographic Information System (GIS) environment, and field validation conducted during different hydrological periods. The analysis focused on relief, slope, soils, vegetation cover, and hydrological dynamics, with special emphasis on water connectivity in an intermittent river system. The results reveal the predominance of dune environments, sandy soils with high permeability, and vegetation adapted to extreme climatic and edaphic conditions, which together contribute to the area's high natural fragility. Mapping the seasonal course of the Rio Negro River highlights its essential role in maintaining connectivity between interdune lagoons and groundwater systems, even under a non-perennial flow regime. The study concludes that integrating geoenvironmental analysis with field observations provides valuable technical support for territorial planning, environmental conservation, and management strategies in fragile coastal landscapes.

Keywords: Environmental fragility; Geosystems; Watershed.

CARACTERIZAÇÃO GEOAMBIENTAL DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO NEGRO (MA) SOB A PERSPECTIVA DOS GEOSISTEMAS

Resumo: As bacias hidrográficas constituem unidades fundamentais para o planejamento e a gestão territorial, por integrarem componentes físicos, biológicos e antrópicos que condicionam a dinâmica ambiental. Nesse contexto, este estudo tem como objetivo realizar a caracterização geoambiental da Bacia Hidrográfica do Rio Negro, localizada no estado do Maranhão, inserida no entorno do Parque Nacional dos Lençóis Maranhenses, área reconhecida por sua elevada fragilidade ambiental. A pesquisa fundamenta-se na abordagem dos geossistemas e na geoecologia da paisagem, integrando dados cartográficos oficiais, análise espacial em ambiente de Sistema de Informações Geográficas (SIG) e validação por meio de trabalhos de campo realizados em diferentes períodos hidrológicos. Foram analisados aspectos relacionados ao relevo, declividade, solos, cobertura vegetal e dinâmica hidrológica, com ênfase na conectividade hídrica do rio, caracterizado por regime intermitente. Os resultados evidenciam a predominância de ambientes dunares, solos arenosos de alta permeabilidade e vegetação adaptada a condições extremas, fatores que contribuem para a elevada fragilidade natural da área. A análise do curso sazonal do Rio Negro confirma seu papel essencial na conexão entre lagoas interdunares e aquíferos, mesmo sob regime não perene. Conclui-se que a integração entre análise geoambiental e validação em campo fornece subsídios técnicos relevantes para o ordenamento territorial, conservação ambiental e gestão de áreas sensíveis no litoral maranhense.

Palavras-chave: Fragilidade ambiental; Geossistemas; Bacia hidrográfica.

CARACTERIZACIÓN GEOAMBIENTAL DE LA CUENCA HIDROGRÁFICA DEL RÍO NEGRO (MA) DESDE LA PERSPECTIVA DE LOS GEOSISTEMAS

Resumen: Las cuencas hidrográficas constituyen unidades esenciales para la planificación territorial y la gestión ambiental, ya que integran componentes físicos, biológicos y antrópicos que determinan la dinámica del paisaje. En este contexto, el presente estudio tiene como objetivo realizar la caracterización geoambiental de la Cuenca del Río Negro, ubicada en el estado de Maranhão, Brasil, en el entorno del Parque Nacional de los Lençóis Maranhenses, una región reconocida por su elevada fragilidad ambiental. La investigación se fundamenta en

el enfoque de los geosistemas y la geoecología del paisaje, integrando datos cartográficos oficiales, análisis espacial en un entorno de Sistemas de Información Geográfica (SIG) y validación mediante trabajo de campo en distintos períodos hidrológicos. Se analizaron variables relacionadas con el relieve, la pendiente, los suelos, la cobertura vegetal y la dinámica hidrológica, con especial énfasis en la conectividad hídrica de un río de régimen intermitente. Los resultados muestran el predominio de ambientes dunares, suelos arenosos de alta permeabilidad y vegetación adaptada a condiciones extremas, factores que contribuyen a la elevada fragilidad natural del área. La delimitación del curso estacional del Río Negro confirma su papel fundamental en la conexión entre lagunas interdunares y acuíferos. Se concluye que la integración entre análisis geoambiental y validación de campo es esencial para apoyar la gestión ambiental y el ordenamiento territorial en paisajes costeros frágiles.

Palabras clave: Fragilidad ambiental; Geosistemas; Cuenca hidrográfica.

INTRODUCTION

In the context of territorial planning and management, watersheds play a central role in assessing potential vulnerabilities, as they encompass physical, biotic, and socioeconomic components that imply unique dynamics for the relationships that exist there. Therefore, understanding the territory from this scale of analysis brings to light the integration of processes ranging from physical components such as relief, soils, and vegetation to processes of use and occupation and their evolution over time. This approach provides important insights to decision-makers to guide conservation or impact mitigation measures.

In this sense, it is worth noting that the Northeast region faces several challenges in relation to the conservation and management of water resources, as well as the preservation of coastal ecosystems, a location that is home to the largest population concentration according to data from the 2022 Demographic Census, with approximately 54.8% of the Brazilian population residing in the country's coastal regions (IBGE, 2024) and consequently aggravating the situation of environmental sensitivity. This fact alone implies attention to the pressures generated by population density in sensitive ecosystems such as mangroves, dunes, and fluvial-marine plains.

Thus, with the current occupation scenario, measures to mitigate the damage that occurs because of this occupation process must be observed, since the impacts extend from the irregular occupation of dune areas, removal and contamination of mangrove areas, as well as activities related to agriculture and tourism. Hass *et al.* (2021) highlight the importance of strengthening governance processes for the coastal region as a major challenge given the emergence of the observed impacts, thus seeking participatory strategies that involve the conservation and development of an area that is so rich and at the same time so sensitive.

It is in this scenario that the Lençóis Maranhenses National Park is located, a conservation unit that covers the municipalities of Barreirinhas, Santo Amaro do Maranhão, and Primeira Cruz in the state of Maranhão, a region that was recently awarded the title of Natural Heritage of Humanity by UNESCO and has a total area of 155,000 hectares of intermittent lagoons, as well as river systems with unique hydrodynamics compared to other systems on the Brazilian coast. The dynamics of the site are entirely conditioned by the rainfall regime, as well as by the action of the winds that shape the positioning of the dunes throughout the park. This fact reveals the inherent fragility that is mainly associated with the instability of this system, given its characteristics.

This scenario is even more evident when analyzing the Rio Negro Watershed, the subject of this research, since the region is highly vulnerable due to its characteristics. It is located within the Lençóis Maranhenses National Park and has specific hydrogeomorphological characteristics, such as the intermittent drainage pattern of its hydrography, the sandy nature of the soils with the presence of dunes, and dependence on the climate regime given the low retention capacity of the region's soils. Although it is an intermittent watercourse, the Rio Negro plays a fundamental role in the dynamics and maintenance of the balance of the PNLM, since its course connects the lagoons between the dunes, keeping the region in balance, even though it is extremely fragile.

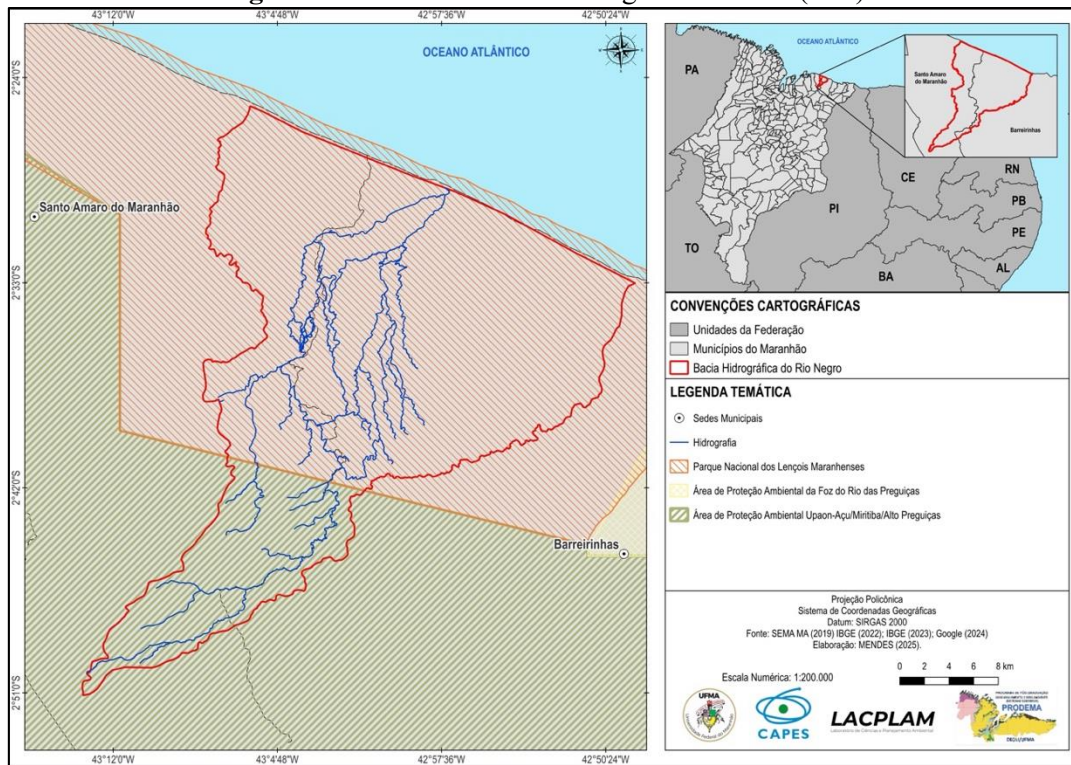
Therefore, this article seeks to perform a geo-environmental characterization of the Rio Negro Basin by applying concepts based on the theory of geosystems and the approach of landscape geocology, integrating the analysis of spatial data with field observations. In this sense, cartographic products made available in official databases such as IBGE and independent projects such as Mapbiomas will be used to ultimately understand the geocological dynamics of this important unit to support territorial management in an area of high fragility.

MATERIALS AND METHODS

Study Area

The Rio Negro River Basin is located between the municipalities of Barreirinhas and Santo Amaro do Maranhão, bordering the Lençóis Maranhenses National Park in the state of Maranhão. The drainage area is marked by intermittent watercourses and water connectivity, especially during the rainy season, when its main course is more clearly defined. The boundaries of the basin region are highlighted in Figure 1.

Figure 1 - Location of the Rio Negro Watershed (MA)



Source: Own work.

Methodological Procedures

The methodology adopted is based on an integrated approach to geo-environmental parameters and was structured in three stages:

Collection of cartographic data for the preparation of thematic maps

In this stage, cartographic bases were obtained from official agency platforms, with emphasis on environmental data produced by the Brazilian Institute of Geography and Statistics (IBGE), where data on relief, soils, vegetation, and territorial boundaries were collected. The entire cartographic base was processed in a GIS environment using the open-source software QGIS 3.34.

Analysis of the cartographic data produced

Based on the organization of the database, the data was cross-referenced and classified to generate thematic maps for the environmental diagnosis of the region, so that integrated analysis was indeed possible. Finally, the objective of this stage was to integrate the

cartographic products to understand the dynamics of the landscape elements and verify associations between the physical characteristics and the dynamics of the hydrographic basin.

Fieldwork for validation

Finally, fieldwork was carried out in March and November 2025 to validate the course of the Rio Negro during its flood season in the rainy period (March) and during the dry season (November). Thus, trails were made with local guides authorized by the Chico Mendes Institute for Biodiversity Conservation (ICMBIO), in addition to monitoring with residents of the communities surrounding the PNLM in order to identify the mouth of the river during the rainy season, since it undergoes changes over the years and constantly changes location, as well as to validate the location of the mouth during the dry season, which, according to locals, is in the Esperança lagoon. This identification was necessary for the mapping of the Rio Negro hydrography to be validated. Through partnerships, the activity obtained logistical support from the Santo Amaro do Maranhão City Hall, reinforcing an important partnership for the completion of future stages of the research.

THEORETICAL FRAMEWORK

Geosystems and Geoecological Analysis of the Landscape

The geoecological analysis of the landscape is based on the concept of geosystem developed by Georges Bertrand (1971), which proposes an integrative approach between natural elements (relief, soil, vegetation, climate, and hydrology) and anthropic dynamics. From this perspective, the landscape is understood as a set of interrelationships organized at different levels of integration, where energy and matter flows condition the spatial structuring of environments.

Bertrand (1971) establishes the geosystem as a unit of analysis capable of grasping the complex relationships between nature and society. For Tricart (1977), geosystems are “higher-order systems” in which natural forces interact with land use, defining relatively homogeneous compartments that are susceptible to transformation. This dynamic conception allows for the integration of biophysical and anthropic aspects under a functional logic, favoring a systemic understanding of landscapes such as coastal dunes.

Monteiro (2001) expands on this proposal by proposing the concept of the environmental system as a concrete territorial unit, resulting from the interrelationships

between physical substrate, vegetation cover, and human use. From this perspective, landscape analysis requires consideration of the spatial and temporal relationships that modulate the stability or instability of systems. Landscape geoecology, as conceptualized by Bertrand and updated by Rodrigues *et al.* (2021), allows for the integrated analysis of spatial dynamics based on functional divisions of the territory. This approach has been widely used in the analysis of river basins and coastal zones, as it considers the interactions between geo-environmental units, natural vulnerabilities, and anthropogenic pressures (SILVA *et al.*, 2024).

In the context of the Rio Negro Basin, the geosystem model allows for the interpretation of environmental processes on a local scale, without losing sight of the ecological structure of the Lençóis Maranhenses as a whole. The use of this approach is strategic for delimiting homogeneous areas of fragility and guiding environmental planning.

Environmental Fragility in Coastal and Interdune Environments

The discussion on environmental fragility gains prominence in coastal landscapes and dunes, characterized by geomorphological instability, friable soils, and discontinuous vegetation. According to Ross (1994), environmental fragility can be classified as natural, potential, or emerging, according to the interaction between physical factors and anthropic use. This conceptual approach has been used to delimit risk areas and assess environmental impacts in different Brazilian biomes.

Crepani *et al.* (2001) propose an integrated analysis methodology based on variables such as slope, soils, vegetation, and land use, applied to the delimitation of priority areas for conservation. In interdune environments, these factors overlap with seasonal dynamics that accentuate vulnerability to erosion, compaction, and loss of ecosystem functions (Gonçalves *et al.*, 2011).

Recent research, such as Oliveira *et al.* (2023), points out that fragility analysis should incorporate indicators of tourist pressure and landscape fragmentation, especially in protected areas with intense seasonal water availability. Studies such as Silva and Rocha (2024) reinforce that coastal landscape management requires coordination between natural fragility and social vulnerability, highlighting the risks arising from the lack of land use planning.

In the case of Lençóis Maranhenses, the absence of dense vegetation cover and the high mobility of the dunes make the landscape particularly sensitive. The application of the concept of fragility is fundamental to delimit critical transition zones and guide the guidelines of the management plan.

Water Connectivity and the Function of Intermittent Rivers

Water connectivity is a key concept for understanding the flows of water, energy, sediments, and organisms in river systems. Ward (1989) defines three dimensions of connectivity: longitudinal (downstream), lateral (between the river and plains or lagoons), and vertical (river and aquifer). In coastal systems, such as the Lençóis Maranhenses, the presence of intermittent rivers is crucial for maintaining temporary aquatic ecosystems and interdune lagoons.

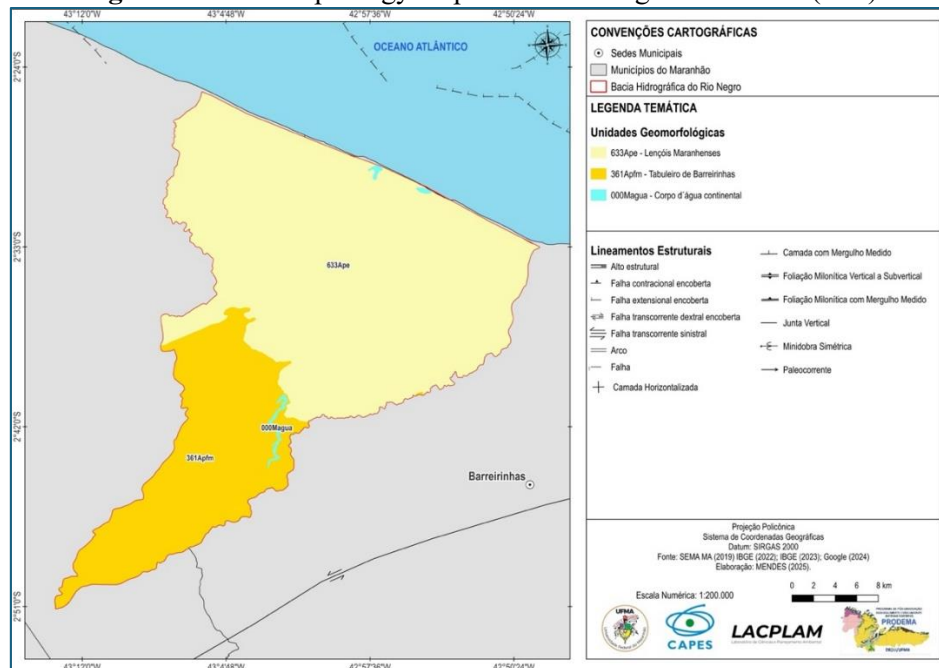
Haas *et al.* (2021) highlight that, even though they are not perennial, intermittent watercourses play a fundamental ecological role as connectors between water compartments. Studies such as those by BOULTON *et al.* (2022) and REES *et al.* (2023) reinforce that these rivers act as critical ecological corridors in vulnerable landscapes, with regulatory and biodiversity support functions. Silva *et al.* (2024) also recognize the function of vertical connectivity in hygrophilous interdune environments. In the case of the Rio Negro, the seasonality of the flow does not compromise its functional relevance, as its role as a connector between lagoons and underground aquifers makes it a structuring element of the geoecological system.

RESULTS AND DISCUSSION

Characterization of Relief and Slope

From a geomorphological perspective, the Rio Negro River Basin is in a region dominated by fixed and mobile dunes, with a predominantly undulating relief. These landforms date back to the Holocene period and are marked by wind and water balance processes that shape and make the local dynamics unique and, at the same time, create a landscape of high environmental fragility, as highlighted by CPRM (2011). Figure 2 shows the geomorphological compartmentalization of the watershed, with its main units.

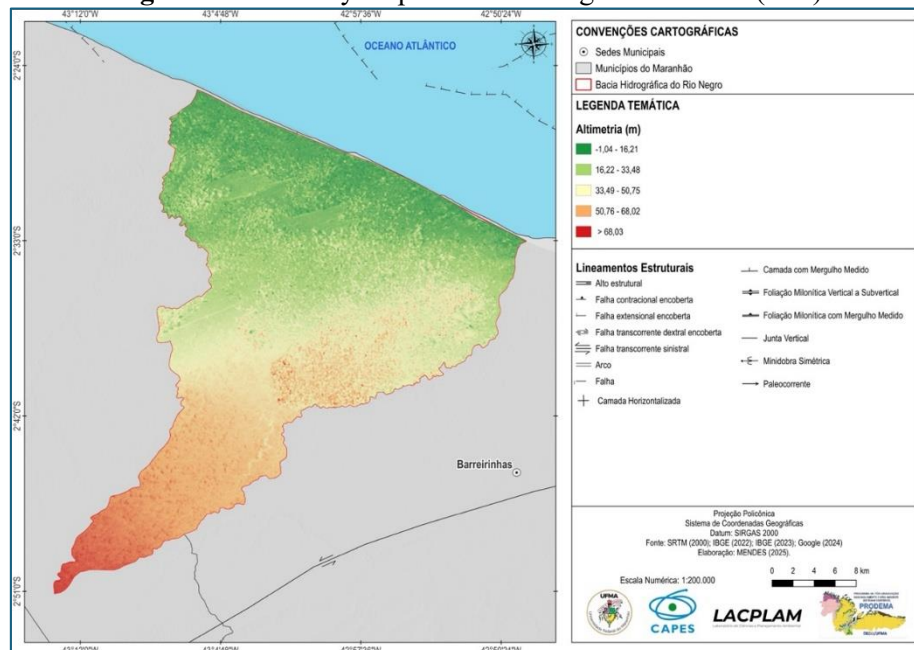
Figure 2 - Geomorphology map of the Rio Negro Watershed (MA)



Source: Own work.

As for the dynamics of the dune field, it is worth noting that its formation is linked to the action of trade winds, in addition to the water balance of the water table, which is linked to the rainy season that maintains the supply of lagoons in the PNLM region. However, this supply is significantly contributed to by regions with higher altitudes, which, through Digital Elevation Model diagnostics, were identified as 68 meters, as shown in Figure 3. This value is in the region outside the park, near the river's source.

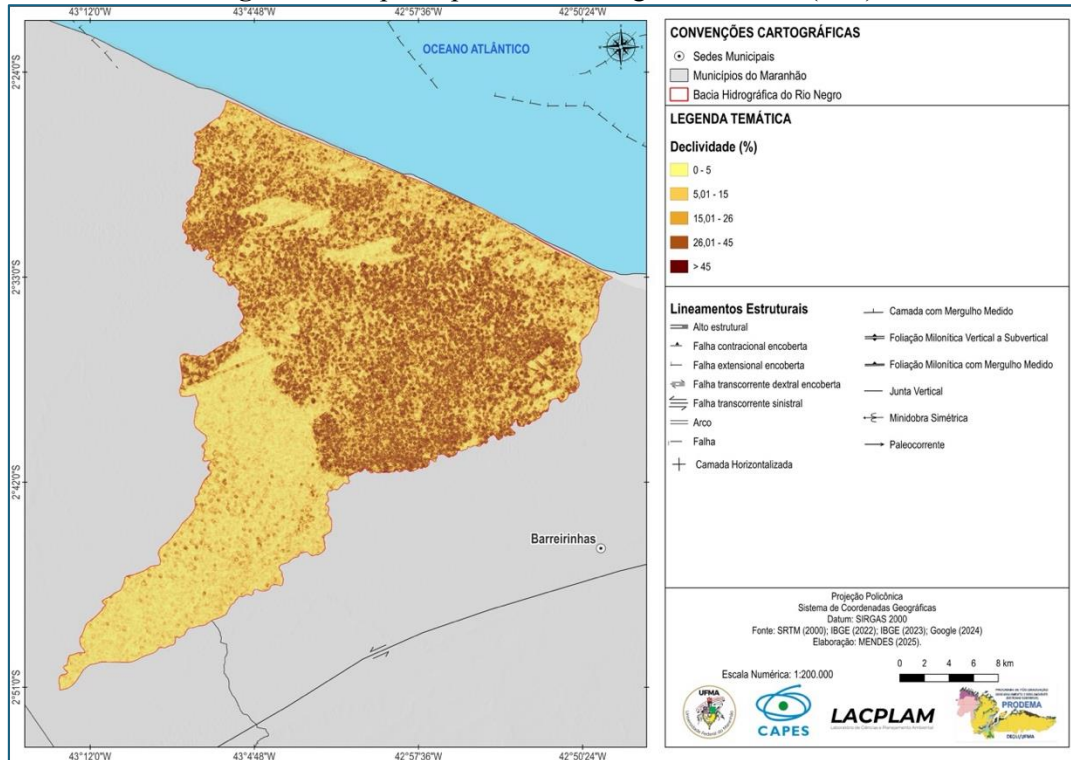
Figure 3 - Altimetry map of the Rio Negro Watershed (MA)



Source: Own work.

Furthermore, the slope of the region can be defined as one of the factors to be considered when quantifying the fragility of the river basin region. In this sense, Figure 4 shows the slope classification of the study area, highlighting the steepest slopes found in the dune field region inside the park.

Figure 4 - Slope map of the Rio Negro Watershed (MA)

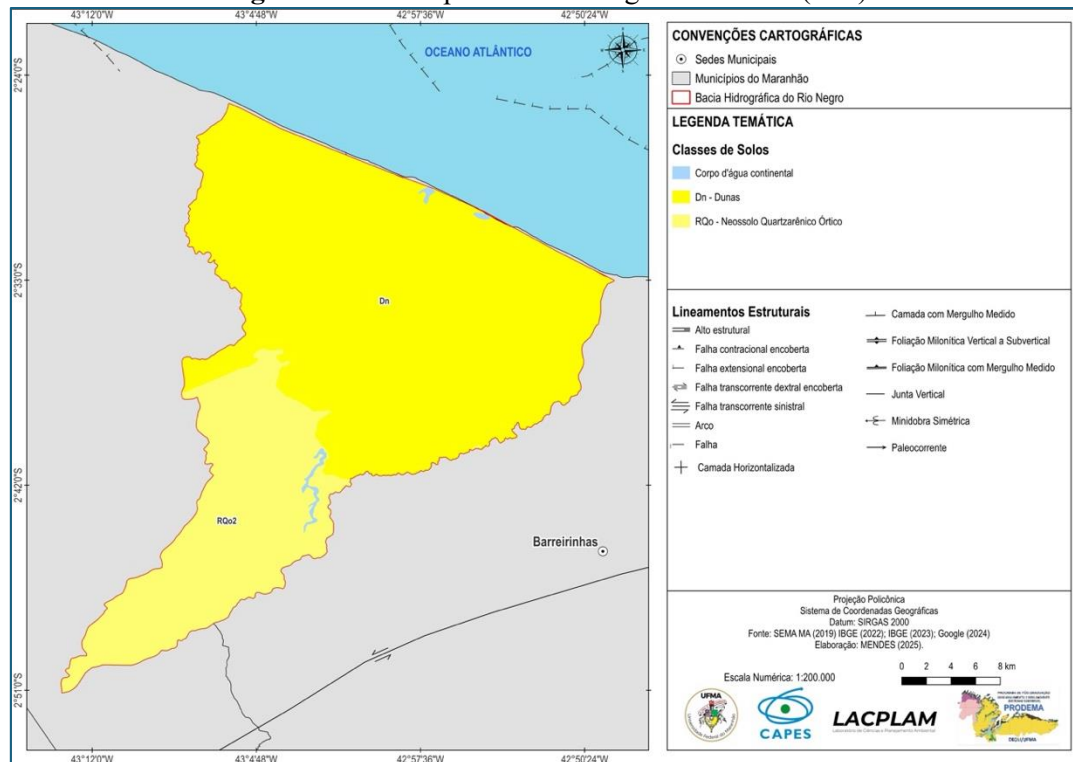


Source: Own work.

Soils and Fragility Potential

The Rio Negro watershed is dominated by sandy soils without a well-defined structure, reflecting their Holocene formation. The predominant soils in the region are Quartzarenic Neosols, found in areas outside the park and near the river's source. This type of soil has high permeability, low water retention, and low natural fertility indices, factors that contribute to its fragility and limited use (IBGE, 2023). Figure 5 shows the spatial distribution of soil classes in the watershed, illustrating their direct relationship with geomorphological compartments.

Figure 5 - Soil map of the Rio Negro Watershed (MA)



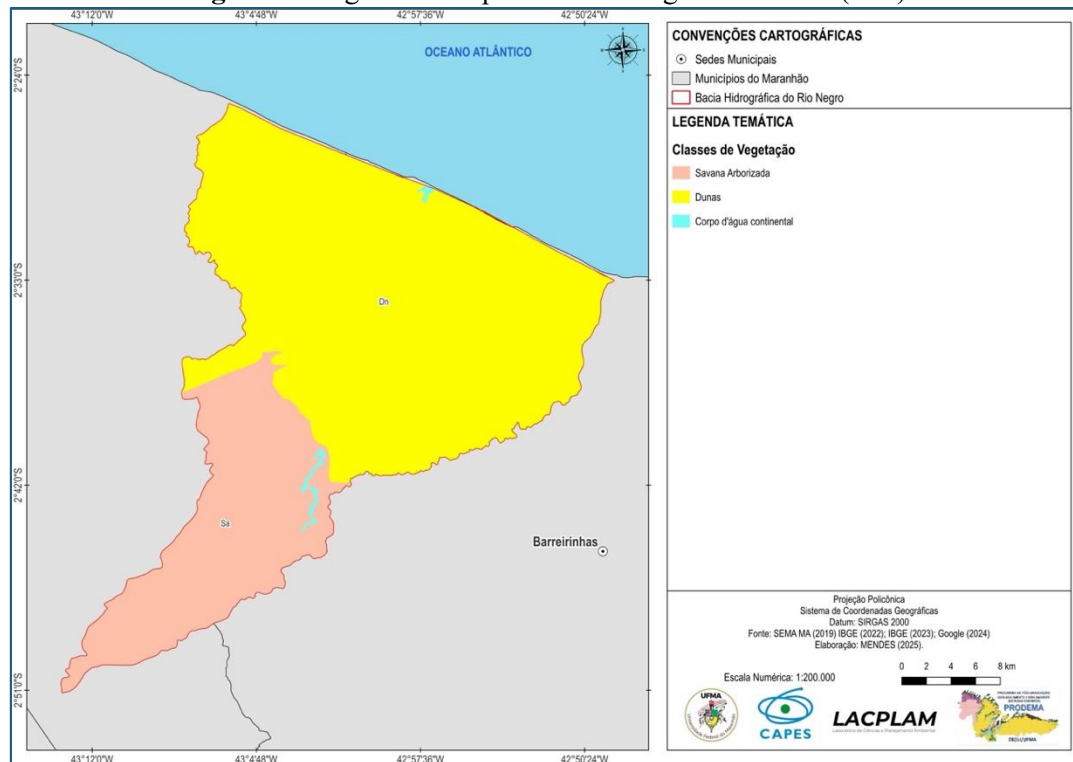
Source: Own work

Vegetation Cover and Landscape Interactions

In terms of vegetation, the Rio Negro watershed reflects the pedological and geomorphological conditions. The region's natural vegetation is dominated by species that have adapted to extreme temperatures, sandy soils, and varying water availability. In the park's humid regions, however, there is herbaceous vegetation that has adapted to areas with soils saturated by intermittent river flows.

However, there is a lack of connectivity due to wind conditions and dune movement, which prevents the dunes from becoming completely fixed, resulting in the characteristic landscape change that is common in the PNLM region. Figure 6 illustrates the current distribution of vegetation in the basin.

Figure 6 - Vegetation map of the Rio Negro Watershed (MA)



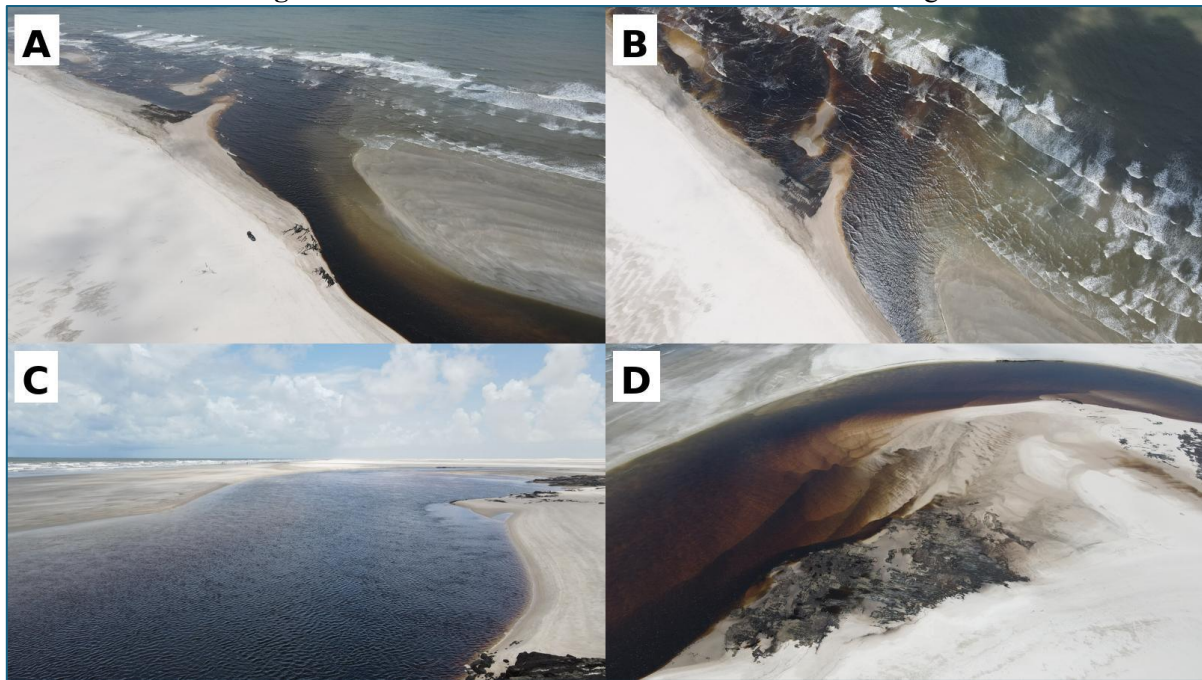
Source: Own work.

Mapping the Course of the Rio Negro and Water Connectivity

The course of the Rio Negro is seasonal and intermittent, being activated mainly during the rainy season, when rainfall and the rise in the water table make continuous surface runoff possible. Part of the interdune system of the Lençóis Maranhenses National Park, the river plays an essential role in water connectivity between seasonal lagoons, acting as a functional link between different compartments of the dune geosystem.

The delimitation of the Rio Negro's course was carried out based on the analysis of satellite images, digital elevation models (DEM/SRTM), and field validation in March 2025, with the support of local guides experienced in navigating between lagoons and trails. During this stage, it was possible to identify active drainage sections, intermittent channels, and the main mouth of the watercourse highlighted in Figure 7.

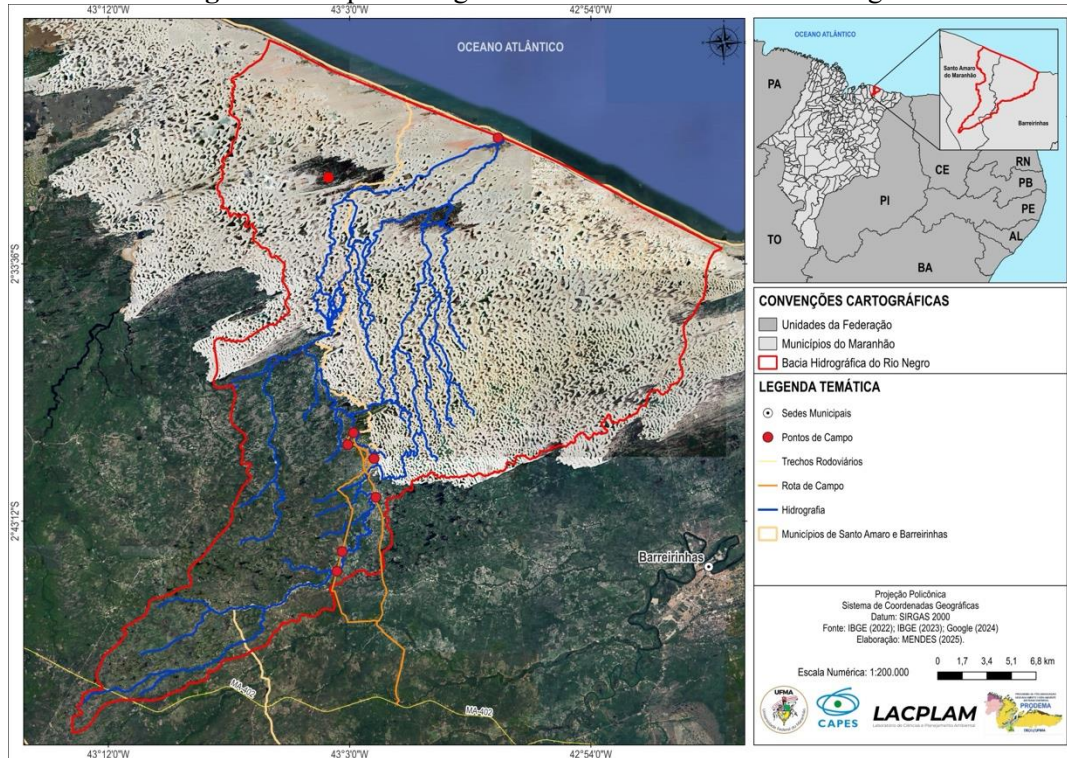
Figure 7 - Identification of the main mouth of the Rio Negro



Source: Own work.

Figure 8 shows the results of combining the physical aspect diagnoses with the field survey, with detailed mapping of the seasonal course superimposed on the 2025 satellite image and the boundaries of the BHRN.

Figure 8 - Map showing the seasonal course of the Rio Negro



Source: Own work.

During mapping, it was found that the course of the river establishes lateral and longitudinal connectivity with interdune lagoons, wetlands with vegetation, and infiltration zones. This arrangement confirms the hypothesis that, even though it is intermittent, the Rio Negro maintains a seasonal course and lateral and vertical hydrological connectivity with interdune lagoons and aquifers, reinforcing its importance as a functional unit within the geoecological system (Haas *et al.*, 2021).

The river's role as a dynamic geosystem, albeit seasonal, reinforces the importance of understanding it as a critical functional unit in the ecological structure of the Lençóis Maranhenses. Its water connectivity is essential for maintaining aquatic biodiversity, balancing the interdune water regime, and supporting ecotourism activities that depend on the presence of surface water.

CONCLUSIONS

The geo-environmental analysis of the Rio Negro River Basin highlighted the main natural and anthropogenic elements that contribute to its high environmental fragility. Based on a geosystemic approach and the integration of cartographic data and field observations, it was possible to delimit the main landscape units and recognize patterns that directly interfere with the ecological stability of the region.

The mapping of the seasonal course of the Rio Negro confirmed its relevance as a water connector between the interdune lagoons, reaffirming its functional importance even in an intermittent regime. Thus, the diagnosis contributes to the understanding of the environmental dynamics of the basin, offering technical and spatial support for land use planning, conservation, and management actions, especially in areas where natural fragility is aggravated by anthropogenic pressures.

REFERENCES

- ANDRADE, L. A.; SANTOS, M. R.; SOUSA, F. S. S. **Fragilidade ambiental e vulnerabilidade social na suscetibilidade aos riscos em áreas costeiras.** Revista Geografia em Atos (Online), v. 15, n. 1, p. 1–22, 2024.
- BERTRAND, G. **Paysages et géographie physique globale: esquisser l'épistémologie du géosystème.** Revue Géographique des Pyrénées et du Sud-Ouest, Toulouse, v. 42, n. 3, p. 167–182, 1971.

BOULTON, A. J.; DATRY, T.; KIEL, B.; LEIGH, C. **Intermittent rivers and ephemeral streams: Ecology and conservation.** *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, v. 32, p. 1435–1447, 2022.

CREPANI, E. *et al.* **Sensoriamento remoto e geoprocessamento aplicados ao zoneamento ecológico-econômico e à gestão ambiental.** Campinas: INPE, 2001.

DIAS, L. F.; FERREIRA, L. R. **Dinâmica do uso do solo em zonas de amortecimento de unidades de conservação no Maranhão.** *Revista Brasileira de Geografia Física*, v. 17, n. 3, p. 1009–1028, 2024.

GONÇALVES, J. A. B.; BATISTA, G. T.; CUNHA, F. R. **Vulnerabilidade natural à erosão hídrica em áreas dunares costeiras do nordeste brasileiro.** *Revista Brasileira de Geomorfologia*, v. 12, n. 2, p. 143–155, 2011.

HAAS, B.; DUNN, R. J. K.; DOBBS, K. *et al.* **Coastal ecosystem connectivity: A framework to support the protection and restoration of ecological corridors in dynamic landscapes.** Future Seas Project, University of Tasmania, 2021. Disponível em: <https://futureseas2030.org/wp-content/uploads/2021/04/Challenge10.pdf>. Acesso em: 10 abr. 2025.

MONTEIRO, C. A. F. **Geossistemas: a história de uma procura.** *Revista do Departamento de Geografia, USP, São Paulo*, n. 15, p. 9–19, 2001.

OLIVEIRA, M. G.; SILVA, A. C.; MOURA, J. B. **Fragilidade ambiental de sistemas litorâneos no nordeste do Brasil.** *Cadernos de Geografia*, v. 33, n. 1, p. 75–92, 2023.

REES, G. N.; LAURIE, B.; PHILLIPS, R. *et al.* **Groundwater connectivity and ecosystem function in arid zone wetlands.** *Ecohydrology*, v. 16, n. 1, e2463, 2023.

RODRIGUES, C. J.; MARTINS, F. S.; BRAGA, T. M. **Zoneamento geoecológico como suporte à gestão de bacias hidrográficas: fundamentos e aplicações.** *Revista Terr@ Plural*, v. 15, n. 1, p. 86–107, 2021.

ROSS, J. L. S. **Análise empírica da fragilidade dos ambientes naturais.** *Revista do Departamento de Geografia, USP, São Paulo*, n. 8, p. 63–74, 1994.

SILVA, L. M.; OLIVEIRA, M. F.; SANTOS, C. A. **Zoneamento ambiental em bacia hidrográfica costeira a partir da abordagem geoecológica.** *Revista Geografia em Atos (Online)*, v. 15, n. 1, p. 1–19, 2024.

SILVA, R. A.; ROCHA, T. F. **Riscos e vulnerabilidades socioambientais em áreas de transição entre manguezais e dunas.** *Revista Brasileira de Geografia Física*, v. 17, n. 2, p. 940–958, 2024.

TRICART, J. **Ecodinâmica.** Rio de Janeiro IBGE/SUPREN, 1977

WARD, J. V. **The four-dimensional nature of lotic ecosystems.** *Journal of the North American Benthological Society*, v. 8, p. 2–8, 1989.

CPRM – Serviço Geológico do Brasil. **Geodiversidade do Estado do Maranhão**. Brasília: CPRM, 2011.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Base Cartográfica Contínua do Brasil ao Milionésimo – BCIM**. Rio de Janeiro: IBGE, 2023.

SANTOS, R. D.; ROSS, J. L. S. **A fragilidade dos ambientes naturais frente à ocupação urbana**. Revista do Departamento de Geografia – USP, v. 24, p. 25–36, 2012.

ACKNOWLEDGMENTS

The authors extend they're thanks to the Chico Mendes Institute for Biodiversity Conservation (ICMBIO) for its openness to dialogue and, above all, for the necessary authorizations to conduct research in the PNLM, and to the municipality of Santo Amaro do Maranhão for its logistical support in carrying out the fieldwork.

MAPEAMENTO E ANÁLISE DE MUDANÇAS NA PAISAGEM COSTEIRA DA RESERVA EXTRATIVISTA DA BAÍA DO TUBARÃO- (RESEX, MA, BRASIL) UTILIZANDO ÍNDICES ESPECTRAIS NDVI E NDWI EM IMAGENS LANDSAT 1984-2024

Kely Silva dos **SANTOS**

Mestranda em Desenvolvimento e Meio Ambiente

Programa de Pós Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente - PRODEMA

Universidade Federal do Maranhão (UFMA), Brasil

Laboratório de Manguezais e Centro de Recuperação de Manguezais, (LAMA/CERMANGUE)

E-mail: kelyss001@gmail.com

Orcid: <https://orcid.org/0009-0009-8956-1026>

Deuzanir da Conceição Amorim **LIMA**

Doutoranda em Desenvolvimento e Meio Ambiente

Programa de Pós Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente - PRODEMA

Universidade Federal do Maranhão (UFMA), Brasil

Laboratório de Manguezais e Centro de Recuperação de Manguezais (LAMA/CERMANGUE)

E-mail: deuzamiroceano@gmail.com

Orcid: <https://orcid.org/0009-0009-8432-5016>

Denilson da Silva **BEZERRA**

Doutor em Ciência do Sistema Terrestre

Prof. Dr. Universidade Federal do Maranhão (UFMA), Brasil

Laboratório de Manguezais, LAMA

E-mail: denilson.bezerra@ufma.br

Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-9567-7828>

Prof. Dr. Bruno de Brito Gueiros **SOUZA**

Doutor em Geociências (Geoquímica)

Instituto Chico Mendes de Biodiversidade (ICMBio), Brasil

E-mail: bruno.gueiros@icmbio.gov.br Orcid: <https://orcid.org/0009-0000-2776-8245>

Edson Vicente da **SILVA**

Pós Doutor em Planejamento e Geoecologia da Paisagem

Prof. Dr. Universidade Federal do Ceará, Brasil Pesquisador PQ - CNPq

Laboratório de Geoecologia da Paisagem e Planejamento (LAGEPLAN)

E-mail: cacauceara@gmail.com

Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-5688-750X>

Flávia Rebelo **MOCHEL**

Pós Doutora em Geoecologia das paisagens, Saberes Tradicionais e Planejamento Ambiental

Profª. Dra. Universidade Federal do Maranhão (UFMA), Brasil

Laboratório de Manguezais e Centro de Recuperação de Manguezais (LAMA/CERMANGUE)

E-mail: flavia.mochel@ufma.br

Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-5911-3171>

Recebido
Fevereiro de 2026

Aceito
Junho de 2026

Publicado
Junho de 2026

Resumo: A Reserva Extrativista (RESEX) Marinha da Baía do Tubarão, a maior do Brasil, é uma área-chave para a conservação costeira na Amazônia. Este estudo realizou uma análise multitemporal (1984-2024) da dinâmica da paisagem, visando mapear e quantificar mudanças nos ecossistemas costeiros. Foram utilizadas imagens dos satélites Landsat 5 TM (1984) e Landsat 8 OLI (2024), submetidas a fusão pansharpening e processadas no software QGIS. Aplicaram-se os índices espectrais NDVI (Vegetação) e NDWI (Água), com classificação supervisionada (Random Forest) para identificar manguezais, apicuns, cordões arenosos, vegetação e corpos hídricos. Os resultados revelaram uma expressiva expansão e adensamento da cobertura de manguezal, com a classe de maior vigor fotossintético (NDVI Classe 5) aumentando 104% (de 167,15 km² para 341,73 km²). Simultaneamente, a análise do NDWI indicou uma reconfiguração da hidrodinâmica superficial, com expansão da área de influência marinha/estuarina (Classe 5) de 13,62 km² para 176,06 km² e redução de canais e áreas alagadas. A integração dos índices sugere um cenário de melhoria das condições da vegetação associado a intensas mudanças nos padrões de inundação, possivelmente vinculadas a fatores climáticos, morfodinâmicos e ao regime de proteção da unidade. Conclui-se que a RESEX tem sido eficaz na conservação da biomassa manguezal, mas é altamente sensível a forças hidrológicas. Os resultados subsidiam a gestão adaptativa da unidade, recomendando monitoramento contínuo da hidrodinâmica e o fortalecimento da governança participativa.

Palavras-chave: sensoriamento remoto; geoecologia; ambientes costeiros.

MAPPING COASTAL LANDSCAPE CHANGES IN THE BAÍA DO TUBARÃO EXTRACTIVE RESERVE, (RESEX , MA, BRAZIL, USING LANDSAT-BASED NDVI AND NDWI INDICES 1984-2024

Abstract: The Baía do Tubarão Extractive Reserve (RESEX), the largest marine reserve of its kind in Brazil, is a key area for coastal conservation in the Amazon. This study conducted a multitemporal analysis (1984-2024) of landscape dynamics to map and quantify changes in coastal ecosystems. Landsat 5 TM (1984) and Landsat 8 OLI (2024) satellite imagery were used, undergoing pansharpening fusion and processed in QGIS software. Spectral indices NDVI (Vegetation) and NDWI (Water) were applied, with supervised classification (Random Forest) to identify mangroves, salt flats, sandbars, vegetation, and water bodies. Results revealed a significant expansion and densification of mangrove cover, with the highest photosynthetic vigor class (NDVI Class 5) increasing by 104% (from 167.15 km² to 341.73 km²). Concurrently, NDWI analysis indicated a reconfiguration of surface hydrodynamics, with an expansion of marine/estuarine influence area (Class 5) from 13.62 km² to 176.06 km² and a reduction in channels and flooded areas. The integrated index analysis suggests a scenario of improved vegetation conditions coupled with intense changes in flooding patterns, potentially linked to climatic and morphodynamic factors and the reserve's protection status. It is concluded that the RESEX has been effective in conserving mangrove biomass but remains highly sensitive to hydrological drivers. The results support the adaptive management of the reserve, recommending continuous monitoring of hydrodynamics and strengthening

participatory governance.

Keywords: remote sensing; protected area; coastal environments.

ANÁLISIS MULTITEMPORAL DEL PAISAJE COSTERO EN LA RESERVA EXTRACTIVISTA BAÍA DO TUBARÃO (RESEX,MA, BRASIL), A PARTIR DE ÍNDICES ESPECTRALES NDVI/NDWI CON IMÁGENES LANDSAT 1984-2024

Resumen: La Reserva Extractivista (RESEX) Marina de la Baía do Tubarão, la más grande de Brasil, es un área clave para la conservación costera en la Amazonía. Este estudio realizó un análisis multitemporal (1984-2024) de la dinámica del paisaje, con el objetivo de mapear y cuantificar cambios en los ecosistemas costeros. Se utilizaron imágenes de los satélites Landsat 5 TM (1984) y Landsat 8 OLI (2024), sometidas a fusión *pansharpening* y procesadas en el software QGIS. Se aplicaron los índices espectrales NDVI (Vegetación) y NDWI (Agua), con clasificación supervisada (*Random Forest*) para identificar manglares, apicuns, cordones arenosos, vegetación y cuerpos de agua. Los resultados revelaron una expansión y densificación significativa de la cobertura de manglar, con la clase de mayor vigor fotosintético (NDVI Clase 5) aumentando un 104% (de 167,15 km² a 341,73 km²). Simultáneamente, el análisis del NDWI indicó una reconfiguración de la hidrodinámica superficial, con expansión del área de influencia marina/estuarina (Clase 5) de 13,62 km² a 176,06 km² y reducción de canales y áreas inundables. La integración de los índices sugiere un escenario de mejora de las condiciones de la vegetación asociada a cambios intensos en los patrones de inundación, posiblemente vinculados a factores climáticos, morfodinámicos y al régimen de protección de la unidad. Se concluye que la RESEX ha sido eficaz en la conservación de la biomasa del manglar, pero es altamente sensible a los forzantes hidrológicos. Los resultados subsidian la gestión adaptativa de la unidad, recomendando el monitoreo continuo de la hidrodinámica y el fortalecimiento de la gobernanza participativa.

Palabras clave: teledetección; área protegida; ambientes costeros.

INTRODUÇÃO

As zonas costeiras tropicais estão entre os sistemas ambientais mais dinâmicos e produtivos do planeta, fornecendo serviços ecossistêmicos essenciais, como proteção contra eventos climáticos extremos, berçário para a vida marinha e sequestro de carbono (Barbier, 2017). No Brasil, os ecossistemas de manguezais, que se intercalam com apicuns, cordões arenosos e vegetação de restinga, são componentes essenciais dessa paisagem, sustentando tanto a biodiversidade quanto as economias tradicionais de comunidades extrativistas (Ribeiro *et al*, 2024). A Reserva Extrativista (RESEX) da Baía do Tubarão, localizada no Complexo Estuarino do Golfão Maranhense, representa um destes territórios de uso sustentável, onde a conservação da biodiversidade está intrinsecamente ligada ao modo de vida de populações humanas (Brasil, 2018).

No entanto, essas paisagens costeiras estão sujeitas a intensas pressões de origem

antrópica e climática. A expansão urbana e portuária, a carcinicultura, a exploração de recursos e as alterações nos regimes hidrológicos e sedimentares ameaçam a integridade e a resiliência destes ecossistemas (Marengo *et al*, 2025). Diante deste cenário, o monitoramento sistemático e preciso da cobertura e uso da terra torna-se uma ferramenta indispensável para o planejamento territorial, a gestão adaptativa de unidades de conservação e a avaliação da efetividade de políticas públicas de conservação (Cavali, 2024; Tiengo *et al*, 2023)

O sensoriamento remoto orbital emerge como a ferramenta mais eficaz para analisar mudanças em larga escala e em períodos multidecenais. A série histórica de satélites Landsat, com mais de 50 anos de aquisições contínuas e gratuitas, fornece uma base de dados única para estudos de séries temporais. A utilização de índices espectrais derivados dessas imagens, como o Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) e o Normalized Difference Water Index (NDWI), tem se mostrado robusta para discriminar e monitorar a fitomassa e a presença de água, permitindo a identificação de classes como manguezais, corpos d'água, solos expostos e vegetação secundária (Santos *et al*, 2020). A fusão de bandas multiespectrais com a pancromática, por sua vez, otimiza a resolução espacial, aprimorando o detalhamento das feições da paisagem (Mishra *et al*, 2024).

Apesar do crescente número de estudos aplicando geotecnologias aos manguezais brasileiros, ainda há uma lacuna no entendimento da dinâmica espaço-temporal de longo prazo em Unidades de Conservação de Uso Sustentável do Litoral Setentrional do Brasil, onde as pressões socioambientais e mudanças do clima são intensas (Marengo *et al*, 2025) . Investigações que integram a análise de múltiplas classes da paisagem costeira (manguezais, apicum, cordão arenoso, vegetação e solo exposto) em uma série temporal de quatro décadas são ainda mais escassas.

Este artigo tem como objetivo mapear e analisar as mudanças na paisagem costeira da RESEX da Baía do Tubarão, no estado do Maranhão, entre os anos de 1984 e 2024. Para tal, serão empregadas imagens dos sensores Landsat TM5 e OLI 8, submetidas a fusão espectro-espacial, e aplicados os índices NDVI e NDWI. Busca-se, com isso: i) quantificar as taxas de transformação e a trajetória das principais classes de cobertura; ii) identificar os vetores de pressão mais prováveis associados a essas mudanças; e iii) fornecer subsídios técnicos atualizados para a gestão da RESEX, contribuindo para a discussão sobre a conservação de ecossistemas costeiros sob uso tradicional.

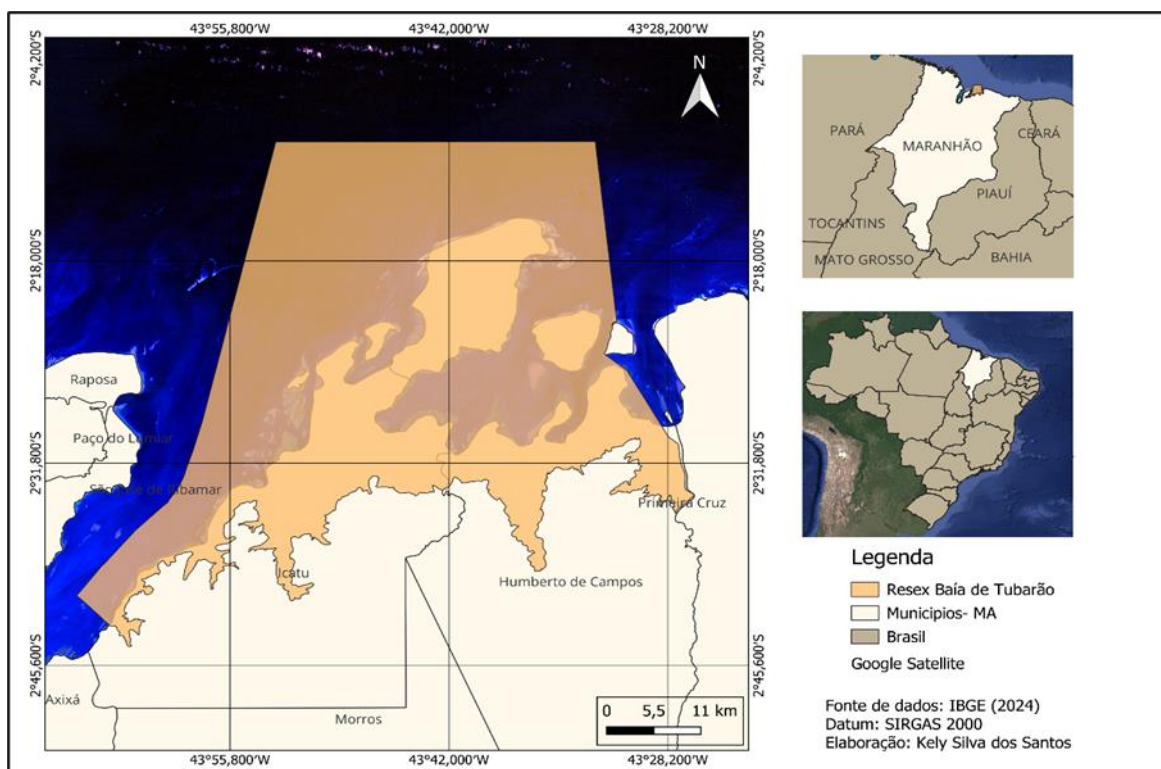
MATERIAIS E MÉTODOS

RESEX Marinha da Baía do Tubarão

O presente estudo foi conduzido na Reserva Extrativista (RESEX) Marinha da Baía do Tubarão, a maior unidade de conservação desta categoria no Brasil (BRASIL, 2018). Trata-se de uma Unidade de Conservação (UC) federal de uso sustentável, com natureza marinha-costeira, sob gestão do Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio), abrangendo uma área total de 223.922 hectares (BRASIL, 2018).

Localizada na região do Litoral Oriental Amazônico, no estado do Maranhão, a RESEX está inserida em parte dos municípios de Icatu e Humberto de Campos, delimitada pelas coordenadas geográficas 02°29'31" S e 43°39'54" W (Figura 1).

Figura 1 - Mapa de localização geográfica da Reserva Extrativista (RESEX) da Baía do Tubarão no litoral maranhense



Fonte: IBGE (2024). Elaboração: Kely Silva dos Santos. Organização: Os autores (2026).

Segundo o Censo Demográfico de 2022, os municípios de Icatu e Humberto de Campos em conjunto apresentavam uma população de 50.463 habitantes (IBGE, 2022), com sua economia local baseada na pesca artesanal (IBGE, 2021). A RESEX da Baía do Tubarão foi criada por meio do Decreto Federal nº 9.340, de 5 de abril de 2018, com o propósito fundamental de assegurar a conservação dos recursos naturais essenciais à subsistência das

comunidades tradicionais extrativistas locais. O decreto visa, concomitantemente, valorizar a cultura e os saberes associados, fortalecer práticas tradicionais para promoção social e econômica, e garantir a conservação ambiental e os serviços ecossistêmicos costeiros providos por manguezais e ambientes aquáticos (BRASIL, 2018). Adicionalmente, o instrumento legal busca fomentar a recuperação de recursos biológicos, assegurar a sustentabilidade do extrativismo pesqueiro de subsistência e promover o ecoturismo de base comunitária como alternativa socioeconômica viável para a população residente (BRASIL, 2018). Em 2020 foi criado o Núcleo de Gestão Integrada (NGI) da Baía do Tubarão (Brasil, 2020)

A RESEX, bem como toda a Baía do Tubarão, situa-se no interior da Área de Proteção Ambiental (APA) Estadual Upaon-Açu – Miritiba - Alto Preguiças, configurando um mosaico de conservação. Segundo a classificação climática de Köppen, a região apresenta clima tropical chuvoso (tipo Aw), caracterizado por temperaturas elevadas e umidade, com estação chuvosa bem definida de janeiro a junho e estação seca de julho a dezembro (Marengo *et al*, 2025). O ambiente costeiro-terrestre é condicionado por um regime de macromarés, alto aporte sedimentar e intensa dinâmica hidrossedimentar, fatores determinantes para a evolução espacial dos ecossistemas costeiros ao longo do tempo (Kjerfve *et al*, 2002). Tais características geomorfológicas e hidrodinâmicas tornam a paisagem local particularmente sensível a processos naturais de erosão e deposição, bem como potencialmente mais vulnerável a mudanças ambientais aceleradas.

A Baía do Tubarão abriga uma notável biodiversidade associada a um complexo mosaico de ambientes, incluindo baías, rios, estuários, extensas florestas de manguezais, praias, restingas e apicuns. A região dispõe de uma das maiores e mais contínuas faixas de manguezais do Brasil, ecossistema que sustenta uma diversificada ictiofauna, base dos recursos pesqueiros explorados por comunidades tradicionais por meio de diversas artes de pesca (Instituto Socioambiental – ISA, 2024). Este ambiente complexo também funciona como área de desova e alimentação para espécies de tartarugas marinhas e constitui região de ocorrência do peixe-boi-marinho (*Trichechus manatus manatus*), mamífero aquático classificado como ameaçado de extinção pela Lista Vermelha da União Internacional para a Conservação da Natureza (IUCN, 2024). Além disso, a área integra sítios de invernada e nidificação para aves migratórias neárticas (Brasil, MMA, 2018).

A RESEX é habitada por populações tradicionais, incluindo comunidades quilombolas, ribeirinhas e pescadores artesanais, cuja economia de subsistência está ancorada principalmente na pesca artesanal, complementada por atividades agrícolas de pequena escala

e criação de animais de pequeno porte, sendo a pesca artesanal amplamente praticada nos municípios da RESEX e de seu entorno (Monteles *et al*, 2014). A unidade de conservação é utilizada por 75 comunidades tradicionais, das quais 20 estão situadas no interior de seus limites e 55 comunidades no entorno imediato (BRASIL, 2020), totalizando aproximadamente 7.000 famílias cuja subsistência depende diretamente dos recursos naturais dos ambientes costeiros e estuarinos, especialmente da pesca artesanal e do extrativismo vegetal (Quadro 1).

Quadro 1 – Lista das Comunidades abrangidas pela RESEX da Baía do Tubarão

Município	Comunidades no interior da RESEX	Comunidades no entorno da RESEX
Icatu	Caratatiua, Mamuna, Olho d'Água, Palmeiras, Papagaio, Prainha, Santa Maria de Guaxenduba, Santo Antônio dos Caboclos, Serraria e Sumaúma.	Ananás, Armazém, Arraial, Axixá, Boa Vista dos Monroe, Boca da Mata, Boi Cavalo, Cabral, Camboa, Estirão, Fazenda, Itapera, Itatuaba, Jacaraí dos Vilelas, Jurupari, Jussatuba, Lagoa, Maparucaia, Mata, Monte Alegre, Pedro Gonçalo, Peral, Portinho, Retiro, Ribeira, Rio do Meio, Rio Manajui, Rio Novo, Salgado, Santa Isabel, São Miguel, São Paulo, Sertãozinho, Tapera de João Marcolino, Timbotiua e Vista Alegre.
Humberto de Campos	Cedro, Celeiro de Deus, Ilha de Carrapatal, Jurucutuoca, Ilha de Pedras, Ilha de Santana, Ilha do Gato, Ilha Grande, Porto da Roça e Santa Clara.	(i) Zona urbana (sede), os bairros: Areal, Bacabeira, Base, Centro, Lagoinha e Santo Antônio; (ii) Zona rural, as comunidades: Achuí, Apicum Grande, Areal, Assentamento, Bacabeira, Base, Cabaceiras, Centro, Chibate, Conceição, Curralinho, Flexeiras, Lagoinha, Manga, Monte Sombrio, Peba, Peria, Rampa, Santo Antônio, São Lucas, São Lucas Dois, Trizidela e Vagem de Vassoura.

Fonte: Adaptado de Brasil (2020).

A implantação das Reservas Extrativistas formaliza os direitos territoriais de comunidades tradicionais que utilizam esses recursos para sua sobrevivência e as consubstancia na gestão participativa dos recursos naturais (Pires *et al*, 2025). Nesse contexto, a RESEX da Baía do Tubarão abriga e assegura a manutenção de serviços ecossistêmicos essenciais desde a proteção costeira com manguezais até o sequestro de carbono além de fortalecer os saberes ancestrais na busca por justiça socioambiental diante dos desafios impostos pelas mudanças climáticas projetadas pelo Relatório do Painel Intergovernamental sobre Mudanças do Clima - IPCC (2022)

A efetivação da RESEX da Baía do Tubarão resultou de um processo social articulado originado a partir de consultas públicas promovidas pelo Sindicato de Pescadores de Icatu e pela Colônia de Pesca de Humberto de Campos. A iniciativa visou conter ações antrópicas intensas na região, como a sobre-exploração e escassez de recursos, processos de devastação ambiental, conflitos fundiários, e os impactos associados à mudança do nível do mar,

buscando simultaneamente a diversificação da economia local. Este processo contou com o apoio de prefeituras municipais e outras organizações sociais para a mediação dos conflitos socioambientais existentes (MMA, 2018).

Aquisição e processamento de Dados

Para avaliar a distribuição espacial e a dinâmica da vegetação e da água superficial na Baía do Tubarão foram aplicados os índices de vegetação por diferença normalizada (NDVI) e de água por diferença normalizada (NDWI) utilizando, para o processamento digital de imagens e a análise espacial, o programa de Sistema de Informação Geográfica (SIG) QGIS versão 3.40.5.

Foram utilizadas imagens orbitais provenientes de sensores TM e OLI8, adquiridas a partir de plataformas de U.S. Geological Survey- USGS e do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais- INPE, complementadas bases de dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística- IBGE. Entre os critérios de seleção das imagens foram priorizadas as cenas com baixa cobertura de nuvens, boa qualidade radiométrica, datas compatíveis com períodos de maior estabilidade atmosférica e nos anos delimitados (1984 e 2024). A definição desses critérios foi importante para reduzir interferências atmosféricas e garantir maior confiabilidade na resposta espectral dos alvos analisados

Foram adquiridas imagens dos satélites LANDSAT 5 TM (cena/path-row: 219/062) do ano de 1984 e LANDSAT 8 OLI (cena/path-row: 219/062) do ano de 2024. Para o sensor Landsat 5 TM, optou-se pela Coleção 2 devido às suas melhorias nas correções radiométrica e geométrica, o que garante maior consistência e confiabilidade para análises temporais (USGS, 2026). Para o sensor Landsat 8 OLI, utilizou-se a Coleção 1, que disponibiliza a banda pancromática (Band 8 – PAN), essencial para a etapa de fusão de imagens. Visando aprimorar a resolução espacial para a classificação detalhada, realizou-se o processo de pansharpening nas imagens Landsat 8 OLI. Esta técnica funde a imagem pancromática, com resolução espacial de 15 metros, com a imagem multiespectral, de resolução espacial de 30 metros, gerando uma composição multiespectral de alta resolução (15m), (Quadro 2).

Quadro 2 - Características das imagens LANDSAT utilizadas na pesquisa na RESEX do Tubarão, MA

ÓRBITA	PONTO	SENSOR	RESOLUÇÃO ESPECTRAL	RESOLUÇÃO ESPACIAL	BANDAS	DATA
220	62	5/TM	Multiespectral	30 m	3,4, 5	20/06/1984
220	62	8/OLI	Multiespectral	30 m	4,5,6	12/07/2024
			Pancromática (PAN)	15 m	8	

Fonte: Autores (2026).

A aplicação dos índices baseou-se em bandas espectrais específicas, sensíveis às propriedades biofísicas da vegetação e da água. Foram calculados para ambas as datas: Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI – Normalized Difference Vegetation Index) e o Índice de Água por Diferença Normalizada (NDWI – Normalized Difference Water Index). o NDVI é um indicador da biomassa e saúde da vegetação) e o NDWI é sensível ao conteúdo de umidade na vegetação e é eficaz na detecção de corpos d'água e áreas alagadas.

Para cálculo do NDVI aplicou-se a Equação 1:

Equação 1: $NDVI = (NIR - Red) / (NIR + Red)$

Onde:

NIR banda do Infravermelho Próximo

Red banda do Vermelho (Red), (Equação 1).

Para o cálculo do NDWI aplicou-se a Equação 2:

Equação 2: $NDWI = (Green - NIR) / (Green + NIR)$ (Equação 2)

Onde:

Green banda do Verde

NIR banda do Infravermelho Próximo

As imagens foram recortadas de acordo com os limites oficiais da Unidade de Conservação da Baía do Tubarão, para reduzir o volume de dados e evitar interferência de áreas externas na análise. Esses limites foram obtidos a partir de bases cartográficas institucionais disponibilizadas por órgãos ambientais oficiais responsáveis pela gestão de unidades de conservação.

Após o recorte das imagens foi feita a aplicação das equações matemáticas dos índices NDVI e NDWI no ambiente QGIS, aplicados para os anos de 1984 e 2024. O resultado

consistiu em dois arquivos em formato raster com a extensão .tiff, contendo valores contínuos variando de -1 a +1, onde são representados a intensidade e vigor da vegetação para o NDVI e a presença e distribuição de corpos hídricos para o NDWI. Os arquivos resultantes foram reprojatados, utilizando a ferramenta de raster “Reprojetar coordenada” para um sistema de coordenadas projetadas em unidades métricas, permitindo a análise da variação do índice por km² de área dentro dos limites da RESEX.

Os valores contínuos de cada índice foram classificados e posteriormente reclassificados em cinco intervalos temáticos para que fossem representados por classes com valores únicos (1 a 5), definidos dentro do intervalo total de -1 a +1. Foi utilizada a ferramenta de raster “Reclassificar por tabela” para definir estes intervalos temáticos com o intuito de viabilizar a extração dos dados de área na sequência. Ajustadas as classes, se seguiu o fluxo de processamento executando a ferramenta de raster “Reporta camada raster de valor único” que reporta a área em m² por contagem de pixels na extensão ODS. Os dados foram transportados para planilha Excel, onde as áreas foram calculadas em km². Desta forma, foi obtida a área ocupada por cada classe temática, possibilitando a quantificação espacial dos padrões identificados pelos índices entre diferentes níveis de vegetação e presença de água na Baía do Tubarão.

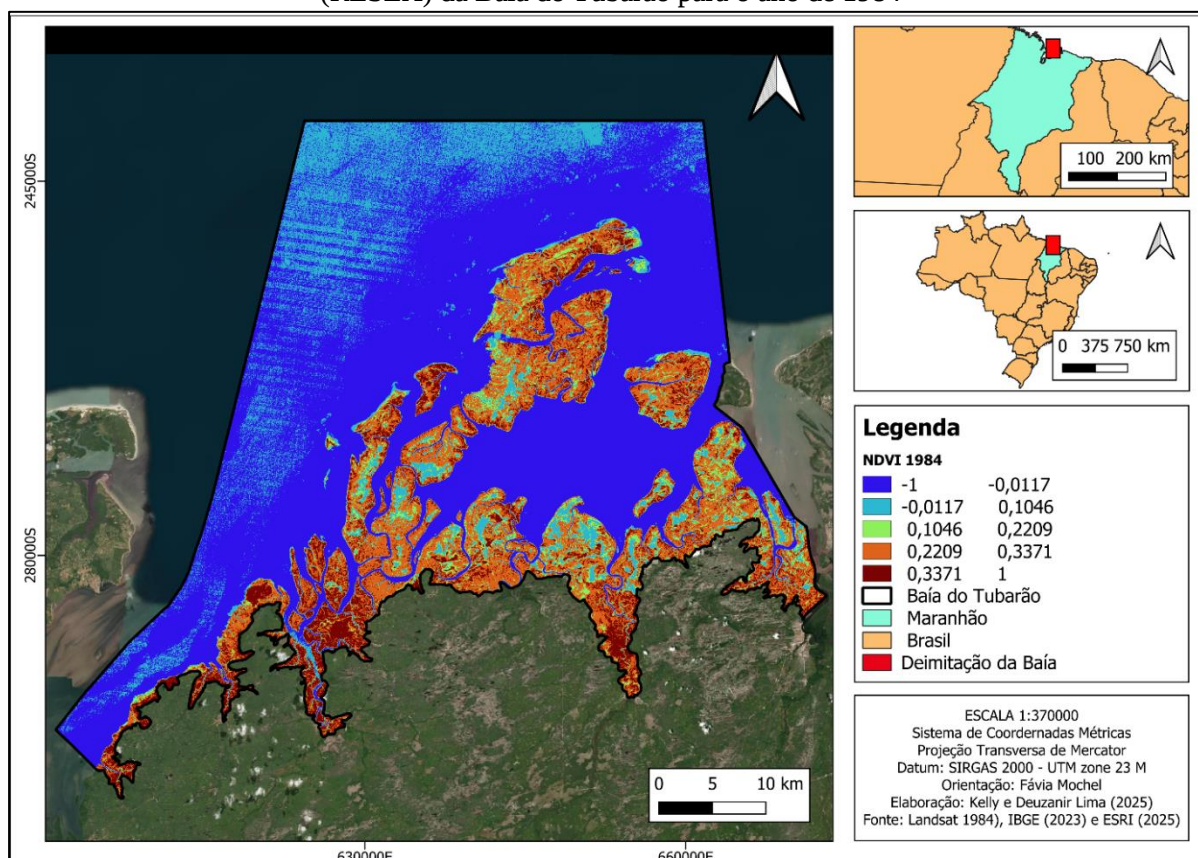
Atividades de Campo e Validação

Campanhas de campo foram realizadas com o objetivo principal de subsidiar a interpretação dos dados de sensoriamento remoto e validar as análises multitemporais. As visitas ocorreram nos anos de 2025 e 2026, sempre com acompanhamento de comunitários locais, nas localidades: povoado Santa Maria de Guaxenduba; Ilha do Gato e povoado Porto da Roça; povoados de Apicum Grande, Curralinho, Chibate e Santa Clara. Durante as atividades de campo, foram realizados registros fotográficos georreferenciados para documentar o estado atual dos ecossistemas e da linha de costa, servindo como referência visual para as análises. Adicionalmente, para auxiliar na identificação de ambientes de erosão e deposição, foram coletadas amostras de sedimentos nos portos das localidades para serem analisadas no Laboratório de Geologia e Sedimentologia da UFMA, utilizando um granulômetro a laser HORIBA - modelo LA-350.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

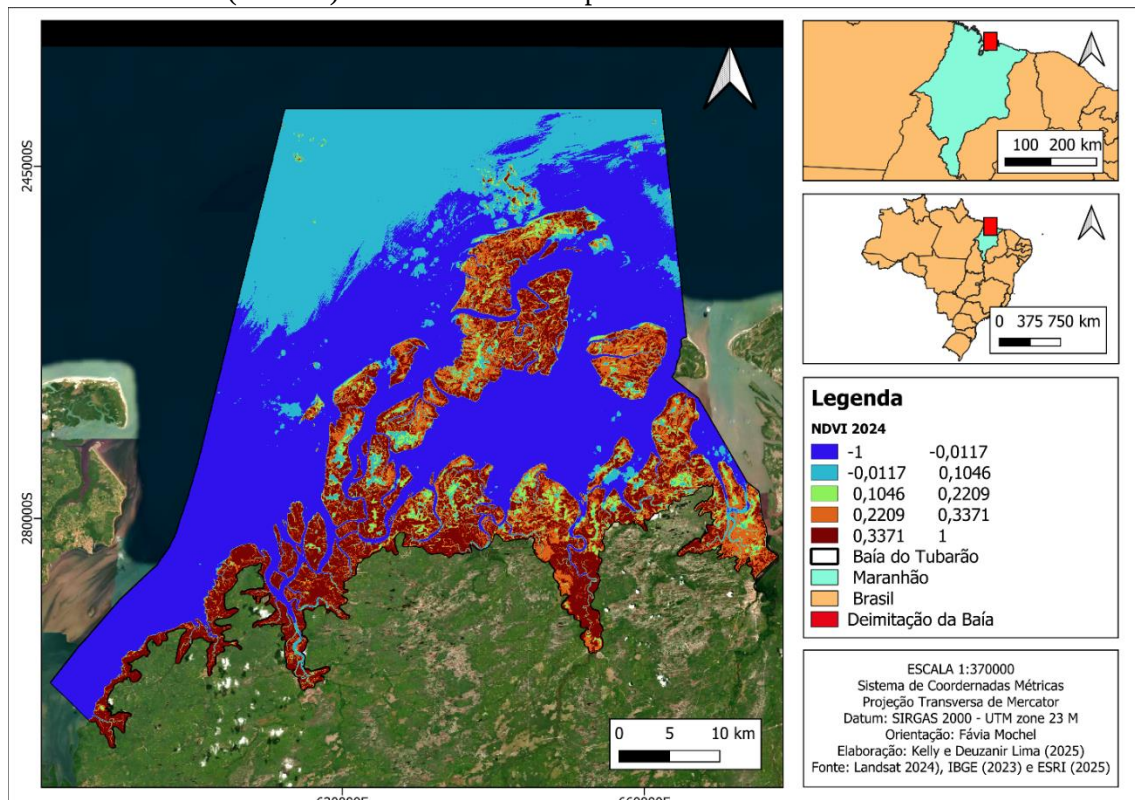
Os padrões do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI). Valores próximos de -1 estão relacionados a corpos d'água e superfícies não vegetadas, enquanto valores próximos de $+1$ indicam densidade da vegetação, biomassa e vigor fotossintético geralmente associados a dossel mais denso e saudável (Santos & Oliveira, 2015). Estudos regionais têm aplicado esse índice para caracterizar a evolução temporal da vegetação em áreas costeiras do Maranhão, reforçando a pertinência de análises multitemporais neste contexto (Santos *et al*, 2020). Os resultados da aplicação do Índice de Vegetação NDVI para a Reserva Extrativista da Baía do Tubarão encontram-se nas Figuras 2 e 3.

Figura 2 - Resultado da aplicação do Índice de Vegetação NDVI na área Reserva Extrativista (RESEX) da Baía do Tubarão para o ano de 1984



Fonte: Landsat (1984); IBGE (2023). ESRI (2025). Elaboração: Kely Silva dos Santos e Deuzenir Lima (2025). Organização: Os autores(2026).

Figura 3 - Resultado da aplicação do Índice de Vegetação NDVI na área Reserva Extrativista (RESEX) da Baía do Tubarão para o ano de 2024



Fonte: Landsat (2024); IBGE (2023). ESRI (2025). Elabrtação: Kely Silva dos Santos e Deuzenir Lima (2025). Organização: Os autores(2026).

Na Tabela 1 observa-se que as classes 1 (área de marés/oceano) e 2 (canais), revelaram valores negativos de NDVI, representando, predominantemente, áreas sob influência direta das águas das marés, canais estuarinos e superfícies de entremarés expostas, enquanto as classes 4 (vegetação esparsa) e 5 (vegetação densa) revelaram, principalmente, manguezais com maior biomassa e dossel mais denso (Tabela 1). Esse comportamento pode indicar expansão ou adensamento da cobertura de manguezal, compatível com processos de regeneração natural em unidades de conservação de uso sustentável (Xu *et al*, 2026; Medeiros *et al*, 2023; Gaw & Richards, 2021). O aumento dos valores de NDVI entre 1984 e 2024 revelaram mudanças expressivas na distribuição e condição da cobertura vegetal. Em termos de cobertura do solo destaca-se o aumento de 325,44 km² para 511,12 km² na classe 2 (canais), com índice NDVI mudando de negativo em 1984 para positivo em 2024, e o incremento de 167,15 km² para 341,73 km² na classe 5 (vegetação densa) com índice NDVI aumentando de 0,3371 em 1984 para 1,0 em 2024 (Tabela 1). Este incremento de aproximadamente 104% na área de alta reflectância no infravermelho próximo indica uma expansão espacial e/ou um adensamento da vegetação com maior vigor fotossintético ao longo das quatro décadas. Esse

fato pode estar associado tanto à proteção legal da área quanto a condições climáticas, caracterizados por maior disponibilidade hídrica na região Norte e Nordeste do Brasil.

Tabela 1 - Resultado do Índice de Vegetação NDVI para as unidades de paisagem costeira nos anos de 1984 e 2024

Categorias	Classes	Intervalo de NDVI		Área em km ²	
				1984	2024
Maré/oceano	1	-1	-0,0117	1.283,92	1.067,48
Canais	2	-0,0117	0,1046	325,44	511,12
Áreas alagadas/apicuns	3	0,1046	0,2209	100,41	89,58
Vegetação esparsa	4	0,2209	0,3371	360,94	227,94
Vegetação densa	5	0,3371	1	167,15	341,73
Total				2.237,88	2.237,88

Fonte: Os autores (2026).

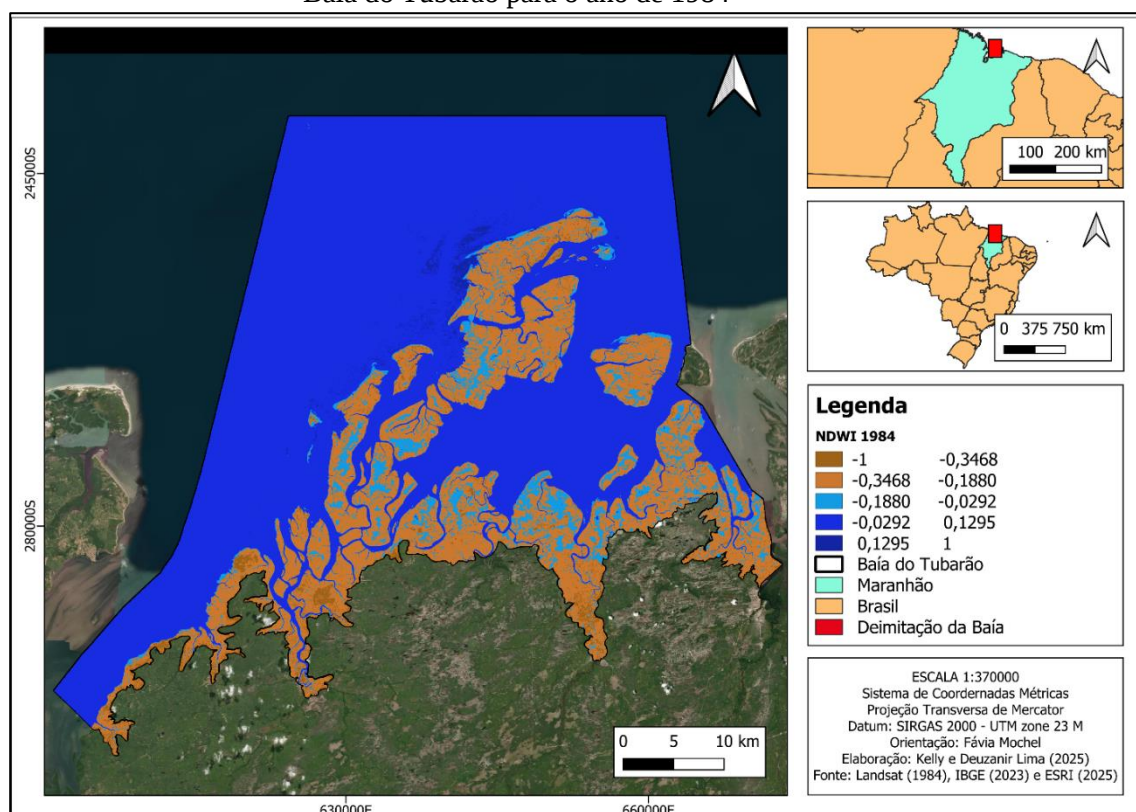
Os resultados corroboram estudos anteriores que identificaram deslocamentos do NDVI para classes superiores em áreas com processos de regeneração ou maturação da cobertura vegetal (Kreri *et al.*, 2026; Huete *et al.*, 2002; Zhu *et al.*, 2016). No contexto específico da RESEX, dominada por manguezais, apicuns e salinas, o incremento nos valores de NDVI pode estar associado a um processo de maturação estrutural do manguezal e adensamento do dossel. Tal tendência pode ser um reflexo indireto do regime de proteção ambiental instituído pela criação da unidade de conservação, que limita atividades de desmatamento e promove a recuperação natural, conforme observado em outras áreas costeiras sob proteção (Campos Peixoto; El Robrini, 2025; Ribeiro *et al.*, 2024).

O Índice de Diferença Normalizada da Água (NDWI) utilizado para realce de corpos d'água superficiais foi proposto originalmente por McFeeters (1996) onde valores positivos tendem a indicar presença de água livre, enquanto valores negativos estão associados a superfícies não aquáticas, como solo exposto, vegetação e áreas urbanizadas. O índice NDWI complementa a análise ao ser sensível ao conteúdo de água na vegetação e em corpos d'água superficiais (Gao, 1996). Uma relação inversa foi observada espacialmente: as áreas com os mais altos valores de NDVI (vegetação densa) frequentemente apresentaram valores negativos ou baixos de NDWI. Esta assinatura espectral não indica necessariamente estresse hídrico fisiológico, mas reflete a redução da contribuição espectral da água livre no dossel do manguezal, um ambiente onde a água está mais associada ao solo saturado e à vegetação halófito do que a corpos d'água abertos. Valores negativos de NDWI em manguezais são

comuns e estão ligados à interação complexa entre a salinidade, o regime de marés e as propriedades fisiológicas das espécies (Xu, 2006; Murray *et al.*, 2019).

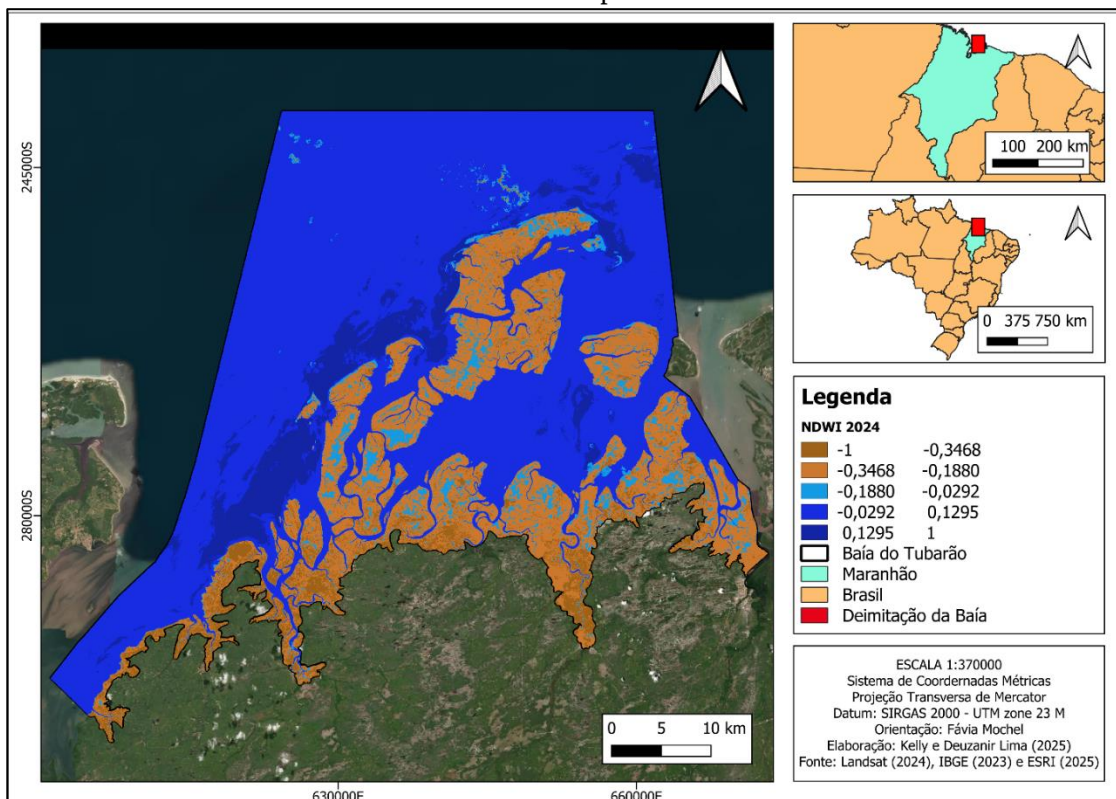
Os resultados da aplicação do Índice de Água NDWI para a Reserva Extrativista da Baía do Tubarão encontram-se nas Figuras 4 e 5. Na RESEX, enquanto ambiente costeiro e estuarino, valores mais elevados de NDWI refletem lâmina d'água ativa, maré alta e canais estuarinos, enquanto valores próximos de zero ou negativos correspondem a superfícies intertidais expostas, apicuns, salinas e áreas vegetadas, que apresentam maior refletância no NIR.

Figura 4 - Resultado da aplicação do Índice de Água NDWI na área Reserva Extrativista (RESEX) da Baía do Tubarão para o ano de 1984



Fonte: Landsat (1984); IBGE (2023). ESRI (2025). Elabrtação: Kely Silva dos Santos e Deuzenir Lima (2025). Organização: Os autores(2026).

Figura 5 - Resultado da aplicação do Índice de Água NDWI na área Reserva Extrativista (RESEX) da Baía do Tubarão para o ano de 2024



Fonte: Landsat (2024); IBGE (2023). ESRI (2025). Elabrtação: Kely Silva dos Santos e Deuzenir Lima (2025). Organização: Os autores(2026).

Onde a dinâmica é fortemente controlada pelo regime de marés, observa-se, na Tabela 2, que as classes 4 (canais) e 5 de NDWI (marés e oceano) são as que representam predominantemente a maré/oceano e canais inundados, enquanto a classe 3 (áreas alagadas e apicuns) indica zonas de transição entre água e substrato, altamente sensíveis à oscilação da maré e à variabilidade climática na região. A diminuição da área da classe 3 (áreas alagadas e apicuns) de 139,44 km² para 105,86 km² e de 1.525,88 km² para 1.366,43 km² na classe 4 (canais) entre 1984 e 2024 pode indicar uma alteração na dinâmica de inundação ou no conteúdo de umidade superficial desses ambientes, normalmente saturados de sal e com vegetação esparsa, possivelmente associada a mudanças nos padrões de drenagem, sedimentação ou até à conversão para salinas artesanais. O aumento expressivo da classe 5 (áreas de marés/ oceano) de 13,62 km² para 176,06 km², entre 1984 e 2024 sugerem mudanças na hidrodinâmica local, fortemente condicionadas pelo regime de marés, pela influência de anos mais úmidos associados à Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), que favorecem maior distribuição de água livre em sistemas estuarinos tropicais, bem como à alterações

climáticas recentes.

Tabela 2 - Resultado do Índice de Água NDWI para as unidades de paisagem costeira nos anos de 1984 e 2024.

Categorias	Classes	Intervalo de NDWI		Área em km ²	
				1984	2024
Vegetação densa	1	-1	-0,3468	38,82	107,60
Vegetação esparsa	2	-0,3468	-0,1880	520,11	481,90
Áreas alagadas/apicuns	3	-0,1880	-0,0292	139,44	105,86
Canais	4	-0,0292	0,1295	1.525,88	1.366,43
Maré/oceano	5	0,1295	1	13,62	176,06
	Total			2.237,88	2.237,87

Fonte: Os autores (2026).

A análise integrada dos índices NDVI e NDWI para o período de 1984 a 2024 revela mudanças espaço-temporais consistentes na eco-hidrologia da Baía do Tubarão. Em 2024, observou-se um aumento nos valores de NDWI nas áreas costeiras e próximo a corpos hídricos internos. Este fato também foi observado em manguezais do Pará, onde índices NDVI mostraram um aumento dessa vegetação indicando estabilidade dessas zonas úmidas, (Silva *et al.*, 2025), pode estar associado a múltiplos fatores como um incremento na umidade do solo e da vegetação relacionado à maior biomassa detectada pelo NDVI, alterações no regime de marés ou um possível aumento relativo do nível do mar que amplia a frequência e a extensão das inundações e mudanças no uso da terra que alteram o escoamento superficial e a retenção de água (Gxokwe *et al.*, 2020). O classificador Random Forest com índices NDVI e NDWI por Ashok *et al.* (2021) demonstrou elevada precisão para analisar a redução de zonas úmidas em análises multitemporais.

Tendências positivas de longo prazo no NDWI podem estar ligadas a mudanças nos padrões de precipitação, gestão de recursos hídricos ou processos de recuperação ecológica (Ashok *et al.*, 2021; Iacobucci *et al.*, 2025; Fagherazzi *et al.*, 2019; Song *et al.*, 2018). Na Baía do Tubarão, a sinergia entre o aumento do NDVI (mais vegetação) e do NDWI (mais umidade) sugere um cenário de melhoria geral nas condições ecohidrológicas da cobertura vegetal costeira entre 1984 e 2024, corroborado pelos aumentos de precipitação pluviométrica nos últimos anos (Back *et al.*, 2025)

Esta interpretação é apoiada por estudos de longo prazo que utilizam séries temporais desses índices para detectar tendências de recuperação ecológica, as quais são frequentemente

mediadas por mudanças no balanço hídrico e na gestão do território (Murray *et al.*, 2019; Zhu *et al.*, 2016). A trajetória positiva observada na RESEX está provavelmente ligada, a variabilidade climática natural (pluviometria e marés), às medidas de conservação implementadas localmente, que restringiram usos mais impactantes e permitiram uma relativa resiliência e recuperação dos ecossistemas manguezais.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise do NDVI demonstrou uma tendência expressiva de aumento na densidade e vigor da cobertura vegetal ao longo das quatro décadas. O incremento de aproximadamente 104% na área de NDVI Classe 5 (vegetação densa), passando de 167,15 km² para 341,73 km², aliado ao crescimento da Classe 2 (canais), evidencia um claro processo de expansão espacial e/ou adensamento do dossel de manguezal. Este padrão está em consonância com estudos que associam tendências positivas de NDVI a processos de regeneração e desenvolvimento florestal em áreas protegidas. No contexto da RESEX, os resultados sugerem que o regime de proteção ambiental aliado ao aumento do aporte hídrico tem sido um fator catalisador para a resiliência e possível recuperação do ecossistema manguezal, limitando pressões antrópicas de grande escala e permitindo a sucessão natural.

A análise do NDWI desvendou mudanças complexas na hidrodinâmica superficial. A drástica expansão da Classe 5 (áreas de marés/oceano) de 13,62 km² para 176,06 km² e a redução simultânea das classes de canais (4) e áreas alagadas/apicuns (3) apontam para uma reconfiguração dos padrões de inundação e drenagem na baía. Estas alterações podem estar associadas a uma combinação de fatores, incluindo mudanças morfodinâmicas naturais em um sistema estuarino dominado por macromarés, alto aporte sedimentar, possíveis efeitos das mudanças climáticas e modificações antrópicas locais. A relação inversa espacialmente verificada entre NDVI alto e NDWI baixo/negativo corrobora a assinatura espectral típica de manguezais maduros, onde a água está predominantemente no solo saturado, e não como lâmina livre sobre o dossel.

A interpretação integrada dos dois índices sugere uma paisagem costeira que apresenta simultaneamente maior vigor vegetal (aumento do NDVI) e uma redistribuição da água superficial com aumento da influência marinha/estuarina (mudanças no NDWI). Isto indica que a trajetória ambiental da RESEX entre 1984 e 2024 foi positiva em termos de conservação da biomassa vegetal, mas também revela uma sensibilidade marcante às forças

hidrodinâmicas e climáticas, que reconfiguram continuamente a interface terra-água.

Este estudo se limitou ao uso de sensores orbitais de resolução espacial moderada (Landsat), o que é ideal para análises em larga escala, mas pode não capturar mudanças muito localizadas. Além disso, a análise atribuiu tendências a fatores combinados (proteção, clima, hidrodinâmica), cuja separação e quantificação exata demandariam modelagens específicas e séries temporais mais longas de dados *in situ*. Recomenda-se, para pesquisas futuras, que sejam utilizadas séries temporais mais densas (análise de *landtrendr*), a integração com dados LiDAR ou SAR, além de estudos socioecológicos detalhados para entender como as comunidades locais percebem e se adaptam às mudanças na hidrodinâmica costeira identificadas.

Os resultados reforçam a importância da RESEX como instrumento de conservação dos ecossistemas costeiros, os quais garantem os meios de vida das comunidades tradicionais. A tendência de adensamento do manguezal é um ativo ecológico e um indicador de efetividade da proteção. No entanto, as rápidas mudanças na hidrodinâmica superficial destacam a necessidade de um monitoramento contínuo e adaptativo. Recomenda-se que o Plano de Manejo da Unidade de Conservação incorpore esses achados para o fortalecimento da gestão participativa, para monitorar impactos locais das mudanças hidrodinâmicas e para implementar programas de monitoramento hidro-sedimentológico e do nível relativo do mar para melhor compreender os drivers das mudanças observadas.

Conclui-se que a RESEX da Baía do Tubarão, durante as quatro décadas de dinâmica analisada, apresenta um cenário de relativa saúde ecossistêmica do manguezal convivendo com uma notável dinâmica hidromorfológica. Este trabalho evidencia o valor das geotecnologias e das análises multitemporais de longo prazo para a governança adaptativa de unidades de conservação costeiras na Amazônia, fornecendo uma linha de base científica robusta para decisões de manejo que conciliem a conservação da biodiversidade com a sustentabilidade dos modos de vida tradicionais.

AGRADECIMENTOS

À Coordenação de Oceanografia e Limnologia da Universidade Federal do Maranhão, ao Laboratório de Manguezais- LAMA, Ao Centro de Recuperação de Manguezais- CERMANGUE, ao ICMBio- MA, aos comunitários da RESEX da Baía do Tubarão, pelo apoio recebido em campo e em laboratório.

REFERÊNCIAS

ASHOK, Amgoth; RANI, Hari Ponnammam; JAYAKUMAR, K. V. Monitoring of dynamic wetland changes using NDVI and NDWI based landsat imagery. **Remote Sensing Applications: Society and Environment**, v. 23, p. 100547, 2021.

BACK, Álvaro José; SOUZA, Gabriel da Silva; GALATTO, Sérgio Luciano. Comportamento sazonal das precipitações pluviométricas máximas anuais no Brasil. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 36, n. 21, p. 291–312, 2025. DOI: 10.55761/abclima.v36i21.17857.

BARBIER, E. B. Marine ecosystem services. **Current Biology**, v. 27, n. 11, p. R507-R510, 2017. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0960982217303086>. Acesso em: 2 jan. 2026.

BRASIL. **Decreto nº 9.340, de 5 de abril de 2018**. Cria a Reserva Extrativista Marinha Baía do Tubarão, nos Municípios de Humberto de Campos e Icatu, Estado do Maranhão. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 6 abr. 2018. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2018/decreto/d9340.htm. Acesso em: 19 dez. 2025.

BRASIL. **Portaria nº 121, de 13 de fevereiro de 2020**. Diário Oficial da União, Seção 1, n. 32, Brasília, DF, 14 fev. 2020. Disponível em: https://documentacao.socioambiental.org/ato_normativo/UC/4282_20200228_160937.pdf. Acesso em: 5 dez. 2025.

CAVALLI, Rosa Maria. Remote data for mapping and monitoring coastal phenomena and parameters: A systematic review. **Remote Sensing**, v. 16, n. 3, p. 446, 2024.

CAMPOS PEIXOTO, Herbert Junior; MAAMAR, El Robrini. Dinâmica espaço-temporal (1986-2020) de manguezais de Rsexs na costa atlântica paraense (Amazônia Oriental, Brasil). **Caderno de Geografia**, Belo Horizonte, v. 35, n. 83, p. 1412, 2026. DOI: 10.5752/P.2318-2962.2025v35n83p1412. Disponível em: <https://periodicos.pucminas.br/geografia/article/view/36575>. Acesso em: 6 jan. 2026.

FAGHERAZZI, Sergio *et al.* Variations in persistence and regenerative zones in coastal forests triggered by sea level rise and storms. **Remote Sensing**, v. 11, n. 17, p. 2019, 2019

GAO, B. C. NDWI—A normalized difference water index for remote sensing of vegetation liquid water from space. **Remote Sensing of Environment**, v. 58, n. 3, p. 257–266, 1996.

GAW, Leon Yan-Feng; RICHARDS, Daniel Rex. Development of spontaneous vegetation on reclaimed land in Singapore measured by NDVI. **Plos one**, v. 16, n. 1, p. e0245220, 2021.

GXOKWE, Siyamthanda; DUBE, Timothy; MAZVIMAVI, Dominic. Multispectral remote sensing of wetlands in semi-arid and arid areas: A review on applications, challenges and

possible future research directions. **Remote Sensing**, v. 12, n. 24, p. 4190, 2020.

HUETE, Alfredo Ramon. *et al.* Overview of the radiometric and biophysical performance of the MODIS vegetation indices. **Remote Sensing of Environment**, v. 83, n. 1-2, p. 195–213, 2002.

IACOBUCCI, Gaia; PIACENTINI, Daniela; TROIANI, Francesco. Tracking coastal changes in the central-eastern margin of Tyrrhenian Sea through integrated NDWI-derived shorelines from multi-sensor satellite time series. **Remote Sensing Applications: Society and Environment**, Amsterdam, v. 37, p. 101636, jan. 2025.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. Sistema IBGE/SIDRA. **Panorama da população de Icatu e Humberto de Campos**, 2021. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/ma/humberto-de-campos/panorama>. Acesso em: 05 dez.. 2025.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA -IBGE. Sistema IBGE/SIDRA. **Censo demográfico 2022 – população de Icatu e Humberto de Campos**, 2022. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/ma/icatu/panorama>. Acesso em: 5 dez. 2025.

INSTITUTO SOCIOAMBIENTAL - ISA. **Reserva Extrativista da Baía do Tubarão**, 2023. Disponível em: <https://uc.socioambiental.org/pt-br/arp/5455>. Acesso em 05 dez. 2025.

INTERNATIONAL UNION FOR CONSERVATION OF NATURE - IUCN. **The IUCN Red List of Threatened Species** 2024 (1). Disponível em: <https://www.iucnredlist.org>. Acesso em: 06 dez. 2025.

KJERFVE, Björn *et al.* Morphodynamics of muddy environments along the Atlantic coasts of North and South America *In*: HEALY, T.; WANG, Y.; HEALY, J. A. (ed.). **Muddy coasts of the world: Processes, deposits and functions**. Elsevier Science, 2002, p. 479-532.

KRERI, Sarah *et al.* Remote sensing assessment of vegetation and moisture dynamics in semi-arid regions. **Sci Rep**, 2026. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-026-37781-8>.

MARENGO, José Antonio; ALVES, Lincoln Muniz; CHOU, Sin Chan. Estado da arte do conhecimento da variabilidade e mudanças climáticas no Brasil. *In*: MORAES, Osvaldo Luiz Leal de; LATGÉ, Andrea; VIEIRA, Ima Célia Guimarães; ELIAS, Luiz Antonio (org.). **Mudanças climáticas no Brasil: estado da arte e fronteiras do conhecimento**. Brasília, DF: Editora Ibict, 2025. p. 23-58. DOI: <https://doi.org/10.22477/9788570132468.cap1>.

MEDEIROS, Ivanize da Silva . *et al.* Effectiveness of Federal Protected Areas in the Preservation of Mangrove Forests on the Coast of the State of Paraíba, Brazil. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, Rio de Janeiro, v. 95, n. 1, e20211079, p. 1-14, jan. 2023. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/aabc/a/Z6KknGPV4y9rxgBjftTTvdrp/?lang=en>. Acesso em: 7 fev. 2026.

MCFEETERS, Stuart K. The use of the Normalized Difference Water Index (NDWI) in the delineation of open water features. **International Journal of Remote Sensing**, London, v.

17, n. 7, p. 1425–1432, maio 1996. DOI: <https://doi.org/10.1080/01431169608948714>.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE - MMA. **Atlas dos Manguezais do Brasil**. Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade. Brasília: Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade, 2018. Disponível em: <https://www.gov.br/icmbio/pt-br/centrais-de-conteudo/atlas-dos-manguezais-do-brasil-pdf/view>. Acesso em: 4 dez. 2025.

MISHRA, Deepak R. *et al.* Wetland mapping methods and techniques using multi-sensor, multi-resolution remote sensing: Successes and challenges. In: **Remote Sensing Handbook**, CRC Press, 2024. p. 214-266. v. 5. Disponível em: <https://www.taylorfrancis.com/chapters/edit/10.1201/9781003541400-12/wetland-mapping-methods-techniques-using-multi-sensor-multi-resolution-remote-sensing-deepak-mishra-yan-shuvan-ghosh-christine-hladik-jessica-connell-hyun-jung-cho>. Acesso em: 4 dez. 2025.

MONTELES, Josinete Sampaio; FUNO, Izabel Cristina de Almeida; CASTRO, Antonio Carlos Leal de. Caracterização da pesca artesanal nos municípios de Humberto de Campos e Primeira Cruz - Maranhão. **Boletim do Laboratório de Hidrobiologia**, v. 23, n. 1, 10 Jan 2014. Disponível em: <https://periodicoseletronicos.ufma.br/index.php/blabohidro/article/view/1879>. Acesso em: 4 dez. 2025.

MURRAY, Nicholas J. *et al.* The global distribution and trajectory of tidal flats. **Nature**, Londres, v. 565, p. 222-225, 2019. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/s41586-018-0805-8>. Acesso em: 5 fev. 2026.

PIRES, Tania MARA Souza, SANTOS, Mariana Ferreira, PIREZ, Paulo Gualberto Sousa, NEVES, Frederico, RONEZ, Marcia In: SILVA, M. M. N. Da ; BRITO, H. C. (org.). **Ambiente, sociedade e recursos naturais: desafios e soluções para o desenvolvimento sustentável**. Campina Grande/PB: Amplla, 2025.

RIBEIRO, Suellen Pinheiro *et al.* Geodiversidad y servicios ecosistémicos de los manglares en el complejo portuario de São Luís, Maranhão, Brasil/Geodiversidade e serviços ecossistêmicos de manguezais no complexo portuário de São Luís, Maranhão, Brasil. **William Morris Davis-Revista de Geomorfologia**, v. 5, n. 3, p. 1-14, 2024.

SANTOS, Heitor Albuquerque dos; SILVA, Jadson Freire da; GOMES, Viviane Pedroso; CANDEIAS, Ana Lúcia Bezerra. Análise espaço-temporal (2000–2014) da vegetação na microrregião Baixada Maranhense (Maranhão). **Revista Brasileira de Sensoriamento Remoto**, v. 1, n. 1, p. 02–10, 2020. Disponível em: <https://www.rbsr.com.br/index.php/RBSR/article/view/1>. Acesso em: 5 fev. 2026.

SANTOS, Jorlânio da Silva; OLIVEIRA, Ivanilza Pontes de. Aplicação do índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI) para avaliação da cobertura vegetal do entorno do açude Caldeirão, em Piripiri (PI), Brasil. **Revista Equador**, UFPI, Teresina, v. 4, n. 2, p. 87-101, 2015.

SANTOS, Heitor Albuquerque dos *et al.* Análise espaço temporal (2000–2014) da vegetação na microrregião Baixada Maranhense (Maranhão). **Revista Brasileira de Sensoriamento Remoto**, v. 1, n. 1, 2020. Disponível em: <https://rbsr.com.br/index.php/RBSR/article/view/1>.

Acesso em: 6 jan.. 2026

SILVA, Kayo Diuary Rodrigues *et al.* Monitoramento da integridade ecológica de manguezais amazônicos: estudo de caso no município de Maracanã. **Revista Foco**, v. 18, n. 12, p. e11162-e11162, 2025.

SONG, Xiao-Peng *et al.* Global land change from 1982 to 2016. **Nature Climate Change**, Londres, v. 8, p. 817–822, 2018. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/s41558-018-0231-9>. Acesso em: 5 fev. 2026.

TIENGO, Rafaela *et al.* Remote sensing approaches for land use/land cover change in coastal areas and oceanic islands: an open science-based systematic review. **Journal of Integrated Coastal Zone Management**, v. 23, n. 2, p. 153-175, 2023.

XU, Hanqiu. Modification of normalised difference water index (NDWI) to enhance open water features in remotely sensed imagery. **International Journal of Remote Sensing**, v. 27, n. 14, p. 3025–3033, 2006. DOI: <https://doi.org/10.1080/01431160600589179>.

XU, Wenyang *et al.* Long-term mangrove dynamics and safety in coastal areas: An emergency Remote Sensing-based analysis using Landsat and Sentinel-2 Data. **Marine Pollution Bulletin**, v. 222, p. 118789, 2026. Disponível em: Science Direct. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0025326X25012652>. Acesso em: 03 fev. 2026.

ZHU, Zaichun *et al.* Greening of the Earth and its drivers. **Nature Climate Change**, v. 6, p. 791–795, 2016. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/nclimate3004>. Acesso em: 08 dez. 2025.

FUNÇÃO SOCIOAMBIENTAL DA VÁRZEA EM PARINTINS, AMAZONAS

Maria Neide Sousa de **ALMEIDA**
Universidade Federal do Oeste do Pará
E-mail: mnsda.mgr18@uea.edu.br
Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-4340-0891>

Jurandir Rodrigues de Mendonça **JÚNIOR**
Universidade Federal do Ceará
E-mail: jurandir.rodriguesmjr@gmail.com
Orcid: <https://orcid.org/0009-0001-2319-3752>

José Camilo Ramos de **SOUZA**
Universidade do Estado do Amazonas
E-mail: jcamilodesouza@gmail.com
Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-0578-8533>

Thiago Almeida **VIEIRA**
Universidade Federal do Oeste do Pará
E-mail: Thiago.vieira@ufopa.edu.br
Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-9926-2606>

*Recebido
Abril de 2026*

*Aceito
Junho de 2026*

*Publicado
Junho de 2026*

Resumo: Este artigo analisa a função socioambiental das áreas de várzea no município de Parintins (AM), com foco na relação entre os direitos territoriais de comunidades ribeirinhas e as políticas públicas de regularização fundiária em terras da União. Parte-se de um contexto de vulnerabilidade socioambiental e insegurança fundiária, intensificado por eventos hidrológicos extremos recorrentes na região amazônica desde 2009. O objetivo consiste em avaliar a efetividade de

instrumentos jurídicos voltados à garantia do uso e permanência dessas populações em seus territórios, com destaque para o Termo de Autorização de Uso Sustentável (TAUS). A pesquisa possui abordagem qualitativa, de caráter exploratório, fundamentada em revisão bibliográfica, análise documental e levantamento de dados institucionais. Os resultados evidenciam avanços pontuais no processo de regularização fundiária, sobretudo com a concessão de TAUS, porém indicam entraves relacionados à burocracia estatal, exigências documentais incompatíveis com a realidade local e morosidade administrativa. Conclui-se que persistem desafios estruturais que limitam a efetivação da função socioambiental das várzeas, demandando maior articulação entre políticas públicas e reconhecimento dos modos de vida tradicionais.

Palavras-chave: várzea 1; comunidades ribeirinhas 2; regularização fundiária 3.

SOCIO-ENVIRONMENTAL FUNCTION OF FLOODPLAINS IN PARINTINS, AMAZON

Abstract: This article analyzes the socio-environmental function of floodplain areas in the municipality of Parintins (AM), focusing on the relationship between the territorial rights of riverine communities and public land regularization policies on federal lands. The study is based on a context of socio-environmental vulnerability and land tenure insecurity, intensified by recurring extreme hydrological events in the Amazon region since 2009. The objective is to assess the effectiveness of legal instruments aimed at ensuring land use and the permanence of these populations in their territories, with emphasis on the Term of Authorization for Sustainable Use (TAUS). The research adopts a qualitative and exploratory approach, based on literature review, document analysis, and institutional data collection. The results indicate specific advances in land regularization, especially through TAUS concessions, but also reveal obstacles related to state bureaucracy, documentary requirements incompatible with local realities, and administrative delays. It is concluded that structural challenges persist, limiting the full realization of the socio-environmental function of floodplains, thus requiring greater articulation of public policies and recognition of traditional ways of life.

Keywords: floodplains 1; riverine communities 2; land regularization 3.

FUNCIÓN SOCIOAMBIENTAL DE LAS LLANURAS DE INUNDACIÓN EN PARINTINS, AMAZONAS

Resumen: Este artículo analiza la función socioambiental de las áreas de llanura de inundación en el municipio de Parintins (AM), con enfoque en la relación entre los derechos territoriales de las comunidades ribereñas y las políticas públicas de regularización fundiaria en tierras de la Unión. Se parte de un contexto de vulnerabilidad socioambiental e inseguridad en la tenencia de la tierra, intensificado por eventos hidrológicos extremos recurrentes en la región amazónica desde 2009. El objetivo consiste en evaluar la efectividad de instrumentos jurídicos orientados a garantizar el uso y la permanencia de estas poblaciones en sus territorios, con énfasis en el Término de Autorización de Uso Sostenible (TAUS). La investigación adopta un enfoque cualitativo y exploratorio, basado en revisión bibliográfica, análisis documental y levantamiento de datos institucionales. Los resultados evidencian avances puntuales en el proceso de regularización fundiaria, especialmente con la concesión de TAUS, pero también revelan obstáculos relacionados

con la burocracia estatal, exigencias documentales incompatibles con la realidad local y la morosidad administrativa. Se concluye que persisten desafíos estructurales que limitan la efectividad de la función socioambiental de estas áreas, requiriendo mayor articulación de políticas públicas y reconocimiento de los modos de vida tradicionales.

Palabras clave: llanuras de inundación 1; comunidades ribereñas 2; regularización fundiaria 3.

INTRODUÇÃO

A região amazônica é formada por um território de grande importância socioambiental, caracterizada pela dinâmica sazonal dos rios, vazante e enchente, por sua rica biodiversidade e pela presença de sistemas socioculturais em áreas de terra firme e áreas alagadas. Nas concepções de Sioli (1951, p. 11), as áreas alagadas são “aluviões fluviais recentes formam extensa planície baixa, de solo fértil, a chamada várzea”.

As várzeas organizam-se a partir da dinâmica sazonal dos rios, sendo moldadas pelos ciclos anuais de enchente e vazante. Durante o período de inundação, o aumento do volume de água exerce importantes funções físicas sobre a paisagem, enquanto o transporte e a deposição de sedimentos promovem alterações contínuas na configuração desses ambientes (Tundisi; Tundisi, 2008). Essa dinâmica hidrológica constitui a base dos processos ecológicos que caracterizam as várzeas, conferindo-lhes elevada produtividade e diversidade biológica. Em razão dessas características, esses ambientes desempenham múltiplos serviços ecossistêmicos, incluindo a manutenção da biodiversidade, a regulação do ciclo hidrológico, o controle da erosão e o suporte a atividades socioculturais, como a pesca e práticas religiosas tradicionais (Petsch *et al.*, 2023).

Os povos ribeirinhos que vivem nas áreas de várzea fazem uso dos recursos naturais desses ambientes como fonte de subsistência. Durante o período de estiagem, as áreas alagáveis passam a ser utilizadas nas atividades da agricultura familiar e como campo de pastagem para animais domésticos (Junk *et al.*, 2020). Esses ambientes, portanto, não são apenas espaços físicos; são territórios carregados de significados culturais, identitários e econômicos para as populações que neles habitam.

A dinâmica de enchente e vazante dos rios impõe desafios e possibilidades às populações ribeirinhas, levando-as a desenvolver práticas adaptativas e estratégias de convivência com o ambiente de várzea. O modo de vida dessas populações organiza-se em função do regime das águas, que orienta o tempo de trabalho nas atividades produtivas e o uso do território (Fraxe *et al.*, 2007; Schaefer; Lima, 2025). Zumak *et al.* (2025) apontam que processos sedimentares como a

erosão (regionalmente conhecida como “terras caídas”) e a sedimentação representam riscos concretos para comunidades ribeirinhas, comprometendo moradias, infraestrutura e o acesso ao rio, que são as principais vias de transporte e subsistência dessas populações.

No município de Parintins, no estado do Amazonas, as várzeas são fundamentais na manutenção socioambiental, econômica e cultural das comunidades ribeirinhas, estando diretamente relacionadas aos seus modos de vida e às suas práticas produtivas. A vivência nesses territórios integra sociedade e natureza ao cotidiano local, constituindo uma forma singular de relação entre as populações tradicionais e os ecossistemas fluviais (Albuquerque *et al.*, 2024).

A fim de proteger e regular o uso dessas áreas, a legislação brasileira reconhece esses ecossistemas como bens de interesse público. Sob o ponto de vista jurídico, as várzeas amazônicas inserem-se em um contexto de domínio público, conforme o artigo 20, inciso III, da Constituição Federal, que as reconhece como bens da União. O artigo define como bens federais “os lagos, rios e quaisquer correntes de água em terrenos de seu domínio, ou que banhem mais de um Estado” (Brasil, 1988). É importante observar, ademais, que o Código Florestal (Lei nº 12.651/2012) também estabelece faixas de proteção permanente ao longo dos cursos d’água, reconhecendo a relevância ambiental das margens fluviais e das áreas úmidas para a manutenção dos ecossistemas.

Mesmo com esta previsão constitucional, as populações ribeirinhas ainda enfrentam a ausência de regularização documental, o que gera incertezas quanto à posse e ao uso da terra. Essa instabilidade jurídica favorece processos de exclusão social, amplia a vulnerabilidade socioeconômica dessas populações e coloca em risco a continuidade de seus modos de vida e a conservação desses ecossistemas, dos quais dependem diretamente para sua subsistência (Alves, 2016).

Outro fator é a ausência de regularização fundiária nas terras de várzea que compromete a efetivação de políticas públicas nos territórios ribeirinhos. A regularização fundiária deve ser interpretada como um processo abrangente, voltado à articulação de soluções para problemas sociais e ambientais, ultrapassando a simples emissão de títulos formais de propriedade (Santos; Neves, 2022), devendo constituir um processo de reais garantias às pessoas e povos que tradicionalmente utilizam a várzea para a manutenção de suas vidas.

A partir do panorama fundiário identificado no território de várzea, surge o seguinte questionamento: o ordenamento jurídico das áreas de várzea, enquanto patrimônio da União,

contribui com a função socioambiental exercida pelas comunidades tradicionais no município de Parintins, Amazonas?

Diante disso, o objetivo deste estudo é compreender as áreas de várzea do município de Parintins como manifestação da função socioambiental do patrimônio da União, identificando os instrumentos jurídicos de gestão fundiária e avaliando em que medida tais mecanismos têm sido capazes de reconhecer, proteger e fortalecer os modos de vida tradicionais, bem como promover a justiça socioambiental em territórios de várzea marcados por dinâmicas naturais e por históricas desigualdades no acesso à terra e aos recursos naturais.

METODOLOGIA

Esta pesquisa possui abordagem qualitativa e caráter exploratório, desenvolvida em duas etapas complementares. A primeira etapa consistiu na construção do referencial teórico e jurídico da pesquisa, por meio de revisão bibliográfica e documental. Foram consultados livros, artigos científicos, teses, dissertações e documentos oficiais relacionados às várzeas amazônicas, à função socioambiental do patrimônio da União, à regularização fundiária e ao Termo de Autorização de Uso Sustentável (TAUS). Para tanto, utilizaram-se bases de dados e plataformas de publicações científicas, como SciELO, Portal de Periódicos CAPES e Google Scholar. Paralelamente, realizou-se a análise de normas jurídicas, legislações e documentos institucionais relacionados à gestão das terras da União em áreas de várzea, incluindo materiais disponibilizados pela Secretaria do Patrimônio da União (SPU).

A segunda etapa correspondeu à análise empírica do caso das áreas de várzea do município de Parintins, Amazonas. Nessa fase, foram coletados dados primários junto à Secretaria Municipal de Pecuária, Agricultura e Abastecimento (SEMPA) e dados secundários disponibilizados pela Secretaria do Patrimônio da União (SPU), especialmente aqueles relacionados aos processos de regularização fundiária e à implementação do TAUS. Os dados foram organizados, sistematizados e submetidos à análise descritiva e interpretativa, buscando compreender a efetividade dos instrumentos jurídicos de regularização fundiária na promoção da função socioambiental do patrimônio da União e na garantia dos direitos das populações tradicionais de várzea.

A partir dessa análise, foram identificadas potencialidades, limitações e desafios dos instrumentos de gestão fundiária atualmente empregados, permitindo a proposição de diretrizes

voltadas ao fortalecimento da justiça socioambiental e da governança territorial nas áreas de várzea de Parintins.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Amazônia, a deposição recente de sedimentos trazidos pelos rios de águas brancas forma as planícies aluviais, as várzeas, caracterizadas por relevo baixo e solos férteis. Durante a vazante, essas áreas ficam expostas poucos metros acima do nível dos rios, enquanto, na cheia, são inundadas em diferentes profundidades, em um ciclo anual (Sioli, 1950).

Ainda que a várzea apresente duas fases distintas, tais períodos se complementam: a vazante, caracterizada pela diminuição do nível dos rios, e a enchente, quando as águas avançam, chegando a transbordar as margens. Esse fenômeno configura as várzeas como áreas úmidas que alternam entre condições aquáticas e terrestres, conforme a dinâmica do pulso de inundação que regula seus ciclos sazonais (Benatti, 2005; Junk *et al.*, 1989). Essa alternância cria condições ecológicas únicas que sustentam a alta produtividade biológica dos ecossistemas de várzea, favorecendo a manutenção de serviços ecossistêmicos essenciais, como regulação hídrica, ciclagem de nutrientes e provisão de alimentos (Petsch *et al.*, 2023).

Durante o período de cheias dos rios de várzea, o comportamento hidrológico das águas brancas apresenta padrões específicos associados à deposição de sedimentos. Como descrito por Sioli (1951, p. 12):

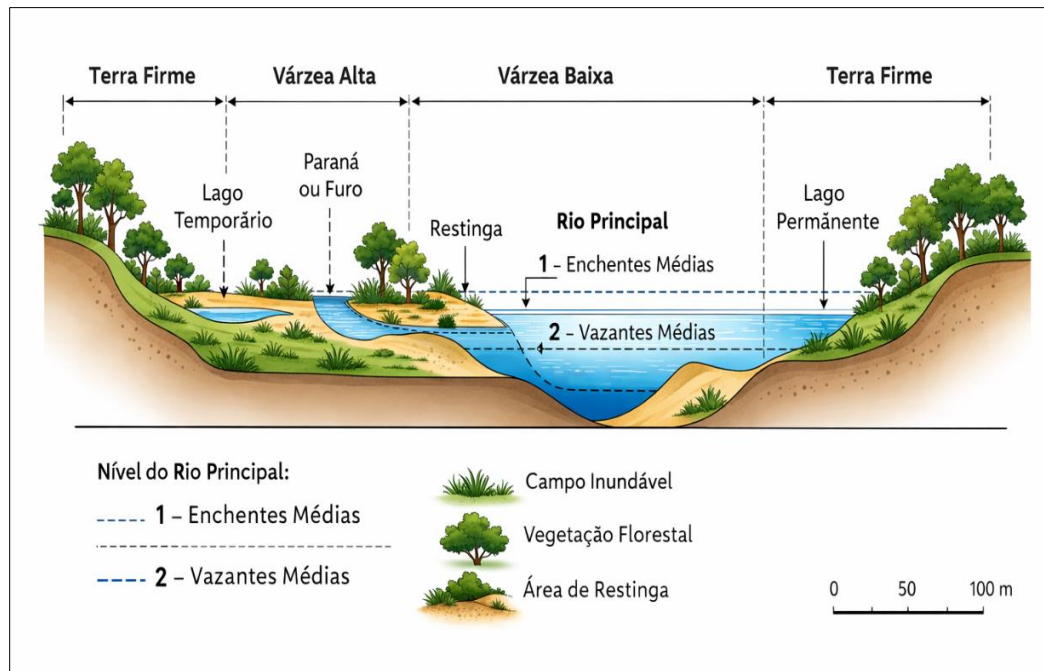
A deposição mais forte do material suspenso na água branca ocorre, via de regra, perto da margem do rio. Explica-se: a água "branca", isto é, a água rica em partículas em suspensão, sai do leito do rio e entra na várzea. A vegetação que cobre a terra logo freia a correnteza e provoca, desta forma, a sedimentação, de maneira que a água que se espalha vagarosamente para dentro da várzea se torna cada vez mais pobre em material sedimentável. Como a floresta da várzea impõe exigências específicas quanto ao tempo e à altura da inundação, encontramos-na como mato ciliar (floresta de galeria) nas margens fluviais, onde ocorre uma deposição do material em suspensão trazido pelo rio.

A composição e a quantidade de material depositado às margens dos rios de várzea influenciam diretamente a fertilidade da água e do solo, bem como a produtividade natural das áreas alagadas. Os rios de águas brancas/barrentas, por possuírem alta concentração de nutrientes dissolvidos e sedimentos férteis, formam várzeas com elevada produtividade e grande potencial para atividades produtivas humanas (Sioli, 1950; Furch, 1997).

Entretanto, os solos de várzea costumam apresentar uma diversidade biológica inferior à das áreas de terra firme, abrigando espécies de fauna e flora adaptadas às variações sazonais do regime hidrológico (Kalliola *et al.*, 1993).

A Figura 1 ilustra a formação das áreas de várzea, evidenciando principais características naturais como o sistema de drenagem, o relevo, a vegetação e a distribuição da diversidade no processo de transporte sedimentar (Benatti, 2005).

Figura 1 - Elementos que compõem a drenagem, relevo e a vegetação da várzea



Fonte: Harald Sioli (1951), organizado pela autora por meio de IA (2025).

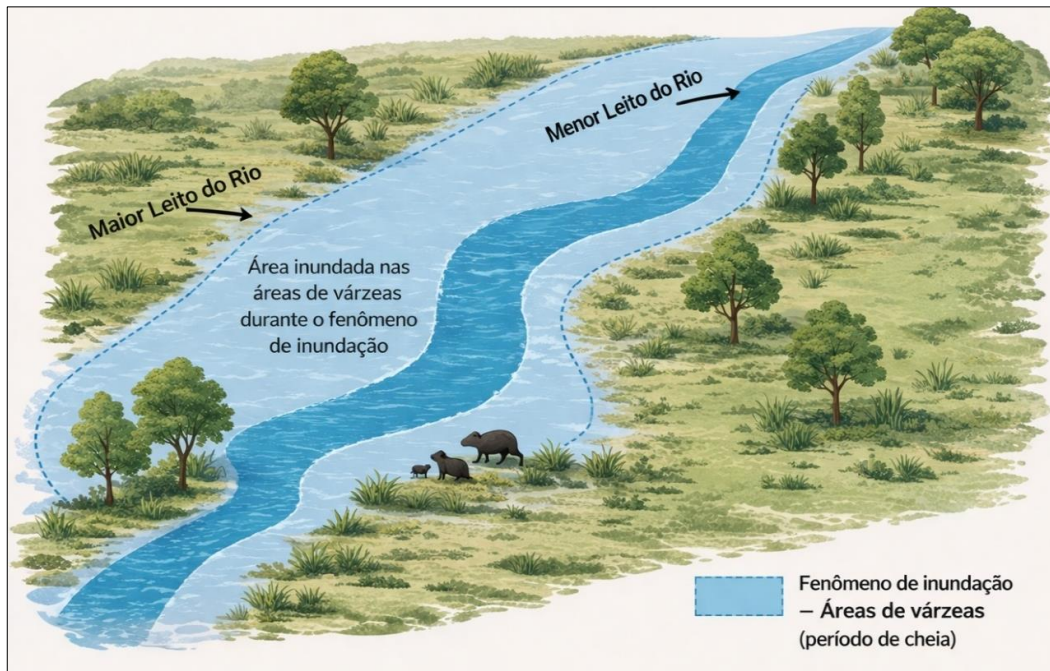
As áreas inundadas pelo transbordamento lateral dos rios de várzea formam extensas planícies alagáveis que podem alcançar cerca de 3.500 km de extensão, com largura variável, de poucas centenas de metros no Alto Solimões a aproximadamente 50 km no curso principal do rio Amazonas (Vieira, 2000).

Essa dinâmica fluvial exerce forte influência sobre a estabilidade dos habitats nas várzeas. Processos como a erosão e a deposição de sedimentos moldam constantemente o relevo e a configuração dos ambientes. Zumak *et al.* (2025), ao mapearem o risco de erosão e sedimentação para comunidades ribeirinhas da Amazônia Central, constataram que metade da população residente nessas áreas vive em paisagens fluviais instáveis, sob ameaça constante de perda de território, infraestrutura e meios de vida. As características como o hidromorfismo dos solos e a

baixa disponibilidade de oxigênio impõem restrições ao desenvolvimento de determinadas espécies vegetais, afetando diretamente a composição e a distribuição da cobertura vegetal (Pereira, 2007).

A paisagem da floresta de várzea expressa essas condições ecológicas, sendo formada principalmente por amplas áreas abertas, intercaladas por agrupamentos de árvores e arbustos. Essa característica torna-se mais evidente em áreas mais altas da planície (várzea alta), que ficam menos tempo alagadas pelas águas da enchente dos rios (Sioli, 1950), conforme ilustrado na Figura 2.

Figura 2 - Fenômeno de inundação das várzeas, caracterizando a vegetação e o leito maior e menor do rio



Fonte: Surgik (2005), organizado pela autora por meio de IA (2025).

No que se refere à composição florística das florestas de várzea, em Mamirauá na Amazônia Central, destacaram-se, na várzea baixa, as espécies: *Pseudobombax munguba*, *Laetia corymbulosa* (Jauari) e *Crataeva benthamii* (catauarí). Na várzea alta, prevalecem as espécies: *Brosimum lactescens* (mururé), *Theobroma cacao* (cacau) e *Hura crepitans* (açacu/catauá). Algumas espécies, como *Pseudobombax munguba*, *Euterpe oleraceae* (açaí) e *Astrocaryum chonta*, ocorrem de forma recorrente tanto na várzea baixa quanto na várzea alta, indicando adaptação às condições do ecossistema de várzea (Marinho, 2008).

Dinâmica socioambiental da várzea

A fertilidade dos solos e a produtividade biológica nas áreas de várzea estão associadas à interação entre espécies e habitats nos distintos períodos dos rios. Os povos ribeirinhos mantêm em seu cotidiano uma estreita relação com a dinâmica das águas. Durante as cheias, as atividades produtivas se concentram na pesca e no cultivo da agricultura familiar em balcões suspensos (Fraxe, 2004; Mcgrath; Gama, 2005).

A compreensão das dimensões física, ecológica e social das várzeas é indispensável para a formulação de políticas públicas articuladas à conservação ambiental e à garantia dos direitos territoriais e culturais das populações tradicionais que dependem do uso desses recursos para sobreviver. Nesse sentido, a terra somente atende à sua função legal e constitucional quando diretamente integrada aos aspectos sociais, econômicos, culturais, fundiários e ambientais (Gonçalves *et al.*, 2016).

O Decreto nº 6.040, de 7 de fevereiro de 2007, que instituiu a Política Nacional de Desenvolvimento Sustentável dos Povos e Comunidades Tradicionais, reforça a função socioambiental das áreas de várzea, reconhecendo que esses grupos possuem identidades sociais e culturais próprias e mantêm sua reprodução social dependente dos territórios e recursos naturais para sua sobrevivência e identidade coletiva (Brasil, 2007).

Essa perspectiva é corroborada por Diegues (2002) e Fraxe *et al.* (2007), ao afirmarem que as populações tradicionais estabelecem relações históricas e simbólicas com seus territórios, sendo povos que mantêm relações diretas com os recursos naturais para a manutenção de seus modos de vida.

Nas várzeas amazônicas, tais relações se expressam também na forma como essas populações se organizam e ocupam o território. No município de Parintins, ao levantarmos dados junto à SEMPA, sobre o número de comunidades na área de várzea no ano de 2025, identificamos a existência de 30 comunidades rurais distribuídas ao longo de áreas de várzea do município, conforme o Quadro 1.

Quadro 1 - Comunidades de Várzea do Município de Parintins (AM)

Nº	COMUNIDADE	SUB-REGIÕES/LOCALIDADE
1	Nossa Sra. de Nazaré/Nova Olinda	Borrvalho
2	Nossa Senhora de Fátima	Araçatuba
3	São Lázaro	Vila Nova
4	Sagrada Família	Ilha das Guaribas
5	São José	Ilha das Onças
6	São Sebastião	Saracura
7	Sagrado Coração de Jesus	Costa da Águia
8	Nossa Senhora da Saúde	Núcleo Paraná do Arco
9	São José	Costa do Arco
10	Nossa Sra. de Nazaré (Pajé)	Paraná do Arquinho
11	São José	Vila Bentes
12	São Sebastião	Costa do Boto
13	Santa Rita	Igarapé do Boto
14	Nossa Senhora das Graças	Paraná do Limão de Cima
15	São José Operário	Paraná do Limão do Meio
16	Nossa Senhora de Nazaré	Paraná do limão de Baixo
17	São José	Paraná do Espírito Santo de Cima
18	Divino Espírito Santo	Paraná do Espírito Santo do Meio
19	São Francisco das Chagas	Paraná do Espírito Santo de Baixo
20	Santo Antônio	Catispera
21	São Sebastião	Brasília
22	Boa Vista – Cristo Rei	Costa do Itaboraí Baixo
23	Imaculada Conceição	Costa do Itaboraí de Cima
24	Menino Deus	Itaboraí do Meio
25	São José	Itaboraí de Baixo
26	São Vicente	Itaboraí de Baixo
27	São Raimundo	Itaboraí de Cima
28	Menino Deus	Paraná de Parintins do Meio
29	Nossa Sra. do Perpétuo Socorro	Paraná de Parintins de Baixo
30	N.S. da Conceição/Vila Manaus	Paraná do Ramos

Fonte: Sempa (2025).

As comunidades situadas em localidades tradicionais no município de Parintins, como Paraná do Ramos, Itaboraí, Costa do Arco e Paraná do Espírito Santo, constituem-se historicamente como territórios de uso coletivo, baseados em práticas sustentáveis de manejo da várzea.

Na literatura especializada, os ribeirinhos que vivem em várzeas são denominados varzeiros ou varzeiros. Para essas populações, a várzea constitui um espaço mais favorável para a moradia e o trabalho, pois o retorno produtivo da agricultura familiar e da pesca supera, em sua percepção, os resultados obtidos nas áreas de terra firme (Diegues, 2002; Albuquerque *et al.*, 2024).

As recorrentes transformações dos solos nas comunidades ribeirinhas de várzea, decorrentes do fenômeno das terras caídas, representam um fator adicional de vulnerabilidade socioambiental. Essa condição se intensifica diante da ocorrência de eventos hidrológicos extremos, como grandes cheias e estiagens severas, que têm se tornado mais frequentes na região amazônica desde 2009. O mapeamento regional desenvolvido por Zumak *et al.* (2025) para a Reserva Mamirauá evidencia que comunidades com maior vulnerabilidade socioeconômica são também as mais expostas a esses processos sedimentares, reforçando a necessidade de políticas públicas que combinem gestão ambiental e proteção social.

Esses fenômenos têm provocado, nos últimos anos, êxodo rural, perda de capacidade produtiva e aumento da pressão por políticas públicas específicas voltadas à segurança territorial, regularização fundiária, proteção ambiental e valorização dos modos de vida tradicionais.

Em Parintins, quatro comunidades ribeirinhas de várzea foram extintas nos últimos anos, em decorrência da perda de território e de deslocamentos populacionais, conforme informações internas da SEMPA (2025), apresentadas no Quadro 2.

Quadro 2 – Comunidades de várzea extintas do município de Parintins

Nº	COMUNIDADE	SUB-REGIÕES/LOCALIDADE
1	Peniel (núcleo)	Boto
2	São Raimundo	Matipucu
3	Sagrado Coração de Jesus	Paraná do Macaco
4	Nossa Senhora do Perpétuo Socorro	Paraná do Xibuí

Fonte: Sempa (2025), dados de campo.

O que antes era a comunidade Peniel atualmente é composta por apenas uma família residente, enquanto as demais comunidades listadas não possuem mais habitantes. Esse processo de esvaziamento populacional reflete uma dinâmica cada vez mais recorrente nas áreas de várzea, onde os desafios impostos levam inúmeras famílias a migrar para a cidade de Parintins ou para áreas de terra firme, em busca de melhores condições, onde, contudo, acabam enfrentando novas formas de vulnerabilidade social, econômica e cultural na área urbana.

No ambiente de várzea, os ribeirinhos não estabelecem uma separação entre o espaço de moradia e o de trabalho, uma vez que ambos se configuram como ambientes integrados, nos quais se desenvolvem múltiplas atividades interdependentes. O espaço doméstico é também espaço produtivo. Para Castro *et al.* (2007, p. 60):

[...] a área ao redor da casa do produtor, onde são cultivadas árvores frutíferas, grãos, hortaliças, plantas medicinais e ornamentais e criação de animais, tem como finalidade principal a complementação da produção obtida em outras áreas de produção da propriedade, como a roça, a criação de animais, a floresta e as capoeiras melhoradas.

O conjunto dessas práticas, que articula pesca, agricultura de ciclos curtos, extrativismo vegetal e manejo dos recursos naturais, garante a sustentabilidade econômica e social das comunidades e contribui de forma direta para a conservação dos ecossistemas de várzea.

Embora existam muitas vantagens, também há desvantagens de morar na várzea, principalmente no período das cheias, que gera grandes inundações, perda de materiais e destruição da produção agrícola, obrigando famílias a migrarem temporariamente para a terra firme (Albuquerque *et al.*, 2024). Nos períodos de grandes secas, muitas famílias têm buscado temporariamente outras regiões, incluindo áreas urbanas.

A cada cheia ou vazante dos rios, os varjeiros ajustam suas práticas produtivas, ressignificam suas estratégias, atualizam seus saberes e buscam manter o equilíbrio entre a utilização dos recursos naturais, seu modo de vida e a conservação do ecossistema de várzea que garante sua sobrevivência.

Marco legal da proteção da várzea (patrimônio da União)

A Constituição Federal de 1988, em seu artigo 5º, inciso XXIII, estabelece que “a propriedade atenderá a sua função social” (Brasil, 1988). Complementarmente, o artigo 186 define que a função social da propriedade rural se realiza quando ela atende, de forma simultânea, a quatro requisitos:

- a) aproveitamento racional e adequado;
- b) utilização adequada dos recursos naturais disponíveis e preservação do meio ambiente;
- c) observância das disposições que regulam as relações de trabalho; e
- d) exploração que favoreça o bem-estar dos proprietários e dos trabalhadores.

O Estatuto da Terra, Lei nº 4.504, de 30 de novembro de 1964, em seu artigo 2º, estabelece que “é assegurada a todos a oportunidade de acesso à propriedade da terra, condicionada pela sua função social, na forma prevista nesta Lei” (Brasil, 1964). Tanto a Constituição Federal quanto a legislação fundiária brasileira reforçam esse entendimento ao reconhecer que a terra não deve se

restringir ao uso com fins econômicos, mas deve também cumprir uma função voltada à justiça social e à preservação ambiental.

Para a Secretaria do Patrimônio da União (SPU), especialmente nas terras de várzea, a função socioambiental da terra deve ser compreendida como uma obrigação. A atuação da SPU passou a se alinhar em defesa dos direitos das populações das várzeas, contribuindo para que esses povos, antes historicamente ignorados e ausentes das estatísticas, passem a ser reconhecidos como cidadãos titulares de direitos (Gonçalves *et al.*, 2016).

O governo federal, por meio da SPU, passou a assumir a responsabilidade de efetivar a função socioambiental das terras públicas federais na Amazônia, assegurando que as áreas de várzea sejam administradas de modo a conciliar a preservação ambiental com a garantia dos direitos territoriais das populações tradicionais que delas dependem (Lozardo, 2016).

Nesse sentido, Benatti *et al.* (2005, p. 9) reforçam que “a utilização social e econômica das áreas de várzea, periodicamente alagadas, é, sob o ângulo jurídico, uma questão complexa”, especialmente pela ausência de um marco legal unificado que discipline de forma clara a dominialidade e o uso desses territórios. A inexistência de uma abordagem legal unificada que reconheça as especificidades, e ao mesmo tempo a complexidade dos problemas que decorrem da utilização da várzea, torna a missão de generalizar soluções para os conflitos de interesses encontrados tarefa quase impossível (Benatti *et al.*, 2005, p. 10).

No âmbito da Amazônia, a Lei nº 11.952/2009, que criou o Programa Terra Legal, estabelece, conforme disposto no Art. 1º, que a regularização fundiária na Amazônia Legal visa ordenar as ocupações em terras da União, promovendo o uso sustentável sob as dimensões social, ambiental e econômica (Brasil, 2009).

Outro marco na luta pelo reconhecimento dos territórios tradicionais foi a promulgação do Decreto nº 6.040/2007, que instituiu a Política Nacional de Desenvolvimento Sustentável dos Povos e Comunidades Tradicionais (PNPCT). O instrumento destaca que os territórios das comunidades tradicionais são fundamentais para “a reprodução cultural, social, econômica e religiosa dos povos e comunidades tradicionais, sejam eles utilizados de forma permanente ou temporária” (BRASIL, 2007, art. 3º, inciso II).

A Secretaria do Patrimônio da União, no exercício de suas competências, por meio da Portaria nº 89, de 15 de abril de 2010, disciplinou a utilização dos imóveis da União em favor das comunidades tradicionais, com o objetivo de possibilitar a ordenação do uso racional e sustentável

dos recursos naturais disponíveis na orla marítima e fluvial, mediante a outorga do Termo de Autorização de Uso Sustentável (TAUS), conforme transcrição do artigo 1º:

Art. 1º. Disciplinar a utilização e o aproveitamento dos imóveis da União em favor das comunidades tradicionais, com o objetivo de possibilitar a ordenação do uso racional e sustentável dos recursos naturais disponíveis na orla marítima e fluvial, voltados à subsistência dessa população, mediante a outorga de Termo de Autorização de Uso Sustentável - TAUS, a ser conferida em caráter transitório e precário pelos Superintendentes do Patrimônio da União. Parágrafo único. A autorização prevista no caput poderá compreender as áreas utilizadas tradicionalmente para fins de moradia e uso sustentável dos recursos naturais, contíguas ou não.

O artigo 2º da referida portaria estabelece que o TAUS poderá ser outorgado a comunidades tradicionais que ocupem ou utilizem áreas de várzeas e mangues enquanto leito de corpos de água federais, mar territorial, áreas de praia marítima ou fluvial federais, ilhas situadas em faixa de fronteira, acrescidos de marinha e marginais de rio federais e terrenos de marinha e marginais presumidos.

O TAUS constitui um mecanismo legal voltado às comunidades tradicionais, permitindo-lhes o uso controlado e sustentável dos recursos naturais de domínio da União, como as terras e as águas. Seu objetivo é assegurar as condições de subsistência dessas populações, promovendo, simultaneamente, a preservação do meio ambiente. O TAUS pode ser concedido de forma individual ou coletiva, conforme previsto na Portaria SPU/MP nº 089/2010.

Gonçalves *et al.* (2016, p. 86) relatam que “os comunitários reconhecem maior facilidade para obtenção de créditos, e que atualmente o documento TAUS é solicitado quando buscam auxílio-maternidade, bolsa-família, seguro-saúde, entre outros benefícios sociais administrados pelo governo federal”. Para os autores, os ribeirinhos percebem o TAUS como um instrumento que funciona tanto como comprovante de residência quanto como meio de atestar sua condição de trabalhadores rurais, sendo utilizado, inclusive, para acesso a benefícios previdenciários.

Ainda que as áreas de várzea, os rios e a floresta tenham papel fundamental na trajetória histórica e na organização territorial das populações amazônicas, Gonçalves *et al.* (2016, p. 129) alertam que “as definições estabelecidas pela política da SPU são parciais quanto à regularização fundiária e, de maneira mais acentuada, no reconhecimento de territórios ribeirinhos”, uma vez que o emprego de uma demarcação geometrizada, como o raio de 500 m, pode gerar confusão quando não respeitados os limites de usos tradicionais entre vizinhos.

Essa contextualização reforça a necessidade de um ordenamento jurídico que contemple, de maneira efetiva, tanto os direitos sociais das populações tradicionais quanto a preservação ambiental desses territórios de várzea. O Quadro 3 apresenta um panorama das principais legislações que fundamentam juridicamente a atuação do Estado brasileiro sobre os bens da União, com destaque para aquelas que impactam diretamente as comunidades tradicionais e ribeirinhas da Amazônia.

Quadro 3 – Legislação Patrimonial da União

Legislação	Suas Disposições Normativas
Lei no 601/1850	“Lei de Terras” – Regulamenta o registro, posse, compra e venda de terras públicas no Brasil.
Decreto 1.318/1854	Criação da Repartição Geral de Terras, atual SPU/MP.
Decreto Lei no 4.760/1946	Regulamenta a identificação, demarcação e uso dos imóveis da União. Além do uso pela própria Administração, aforamento, locação/arrendamento e cessão.
Decreto-Lei nº 2.398/1987	Dispõe sobre foros, laudêmios e taxas de ocupação relativas aos imóveis de propriedade da União, e dá outras providências.
Constituição Federal de 1988	Artigo 20 dispõe sobre os bens da União.
Decreto nº 96.911/1988	Institui a Secretaria do Patrimônio da União/MF.
Lei nº 9.636/1998	Dispõe sobre a regularização, administração, aforamento e alienação de bens imóveis de domínio da União.
Decreto no 3.224/1999	SPU passa para Ministério do Planejamento, Art. 28.
Lei 10.257/2001	“Estatuto da Cidade” – Institui a regularização fundiária como diretriz da política nacional de desenvolvimento urbano.
Resolução no 284/2004	Dispõe sobre a regulamentação fundiária nas áreas de várzeas da região amazônica.
Portaria SPU/MP 284/2005	Regulamenta o Projeto Nossa Várzea - a experiência no Pará.
Decreto 6.081/2007	Determina competência à SPU para administrar o patrimônio da União.
Lei nº 11.481/2007	Dispõe sobre a Regularização Fundiária de Terras da União. Alienação (Venda, Permuta, Doação), Transferência, Concessão de Uso Especial para Fins de Moradia, Aforamento, Cessão de Uso em Condições Especiais, Regime de Aforamento, Concessão de Direitos Reais de Uso, Entrega, Cessão Provisória, Servidão Administrativa. Autorização de Uso, Inscrição de Ocupação e Permissão de Uso.
Portaria SPU/MP nº 154/2009	Regulamenta a Inscrição de Ocupação.
Lei nº 11.952/2009	Dispõe sobre a Regularização Fundiária, em terras da União, no âmbito da Amazônia Legal. Altera as Leis nº 8.666/1993 e 6.015/1973 e dá outras providências.
Portaria SPU/MP nº 089/2010	Estabelece a Regularização Fundiária em Áreas de Várzea de Rio Federal e demais áreas de comunidades e populações tradicionais na Amazônia.
Portaria SPU/MP nº 404/2012	Estabelece à Cessão de Espaço Físico em Água Públicas e fixa parâmetros para o cálculo do preço público devido, a título de retribuição à União).

Fonte: SPU (2012).

Embora o ordenamento jurídico contemple mecanismos como o TAUS e reconheça os territórios de uso tradicional, persiste a necessidade de harmonização entre os instrumentos legais e a realidade socioambiental das várzeas. A inexistência de modelos jurídicos próprios para as áreas de várzea dificulta a efetiva aplicação dos instrumentos de regularização fundiária, o que torna necessária a criação de normas que integrem a titularidade pública com o reconhecimento dos usos tradicionais e dos direitos das comunidades locais (Benatti *et al.*, 2005).

Terras públicas federais na Amazônia: regulação jurídica da várzea em Parintins

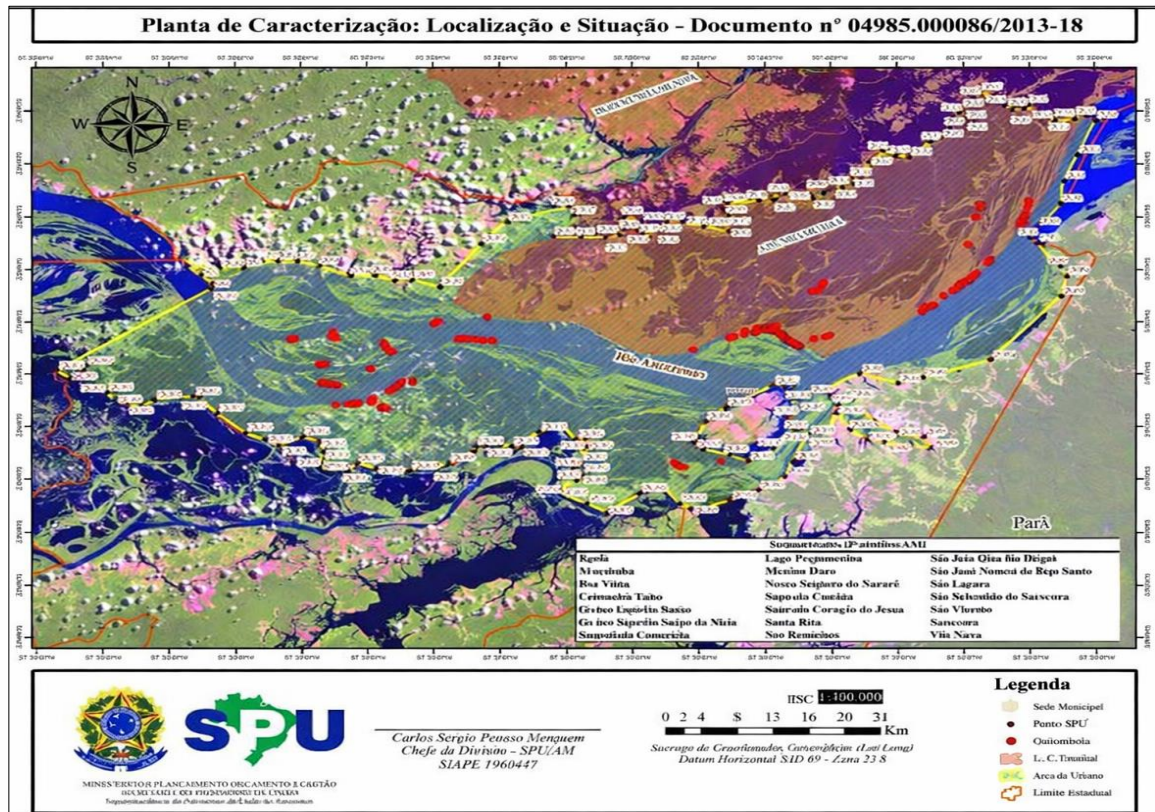
Na Amazônia brasileira, assim como em diversas regiões do país, a problemática fundiária reflete um cenário histórico de burocracias estatais no que se refere à garantia de direitos territoriais. A falta de ações estruturadas e contínuas de regularização fundiária, com destaque para as áreas de várzea, tem resultado em insegurança jurídica para milhares de famílias que dependem diretamente da terra, perpetuando conflitos, incertezas e vulnerabilidades sociais e tornando mais complexos os desafios para a gestão sustentável de diferentes territórios.

Na perspectiva adotada pela legislação brasileira, as áreas de várzea são classificadas como patrimônio da União, o que impede sua transformação em propriedade privada. Contudo, essas terras vêm sendo ocupadas por diversas gerações, nas quais as populações locais construíram, ao longo do tempo, formas próprias de organização e mecanismos institucionais que asseguram o acesso à terra e aos recursos naturais disponíveis no território (Mcgrath; Gama, 2005).

A Secretaria do Patrimônio da União (SPU) é o órgão responsável pela emissão do TAUS para as áreas de várzeas. Entretanto, um dos gargalos para a obtenção do TAUS está relacionado à morosidade dos processos administrativos, dada a escassez de recursos técnicos e humanos na estrutura da SPU. Além disso, há entraves burocráticos e legais que, muitas vezes, não consideram as especificidades socioculturais das populações tradicionais, impondo exigências documentais que nem sempre condizem com a realidade dessas comunidades.

No município de Parintins, Amazonas, esse cenário não é diferente. As comunidades ribeirinhas enfrentam desafios significativos no acesso à regularização fundiária. Em Parintins, observa-se a complexidade territorial das áreas de várzea, evidenciando sua relação direta com o Rio Amazonas e o Paraná do Ramos, conforme ilustrado na Figura 3.

Figura 3 - Áreas de várzea em Parintins, estado do Amazonas, Brasil



Fonte: SPU (2013).

A legenda destaca a presença de pontos comunitários, áreas de várzea, sede municipal e limites dos municípios. A demarcação das áreas de várzea (em azul) evidencia a expressiva extensão desses territórios, que se constituem como bens da União e são destinados ao uso coletivo, especialmente pelas populações tradicionais ribeirinhas.

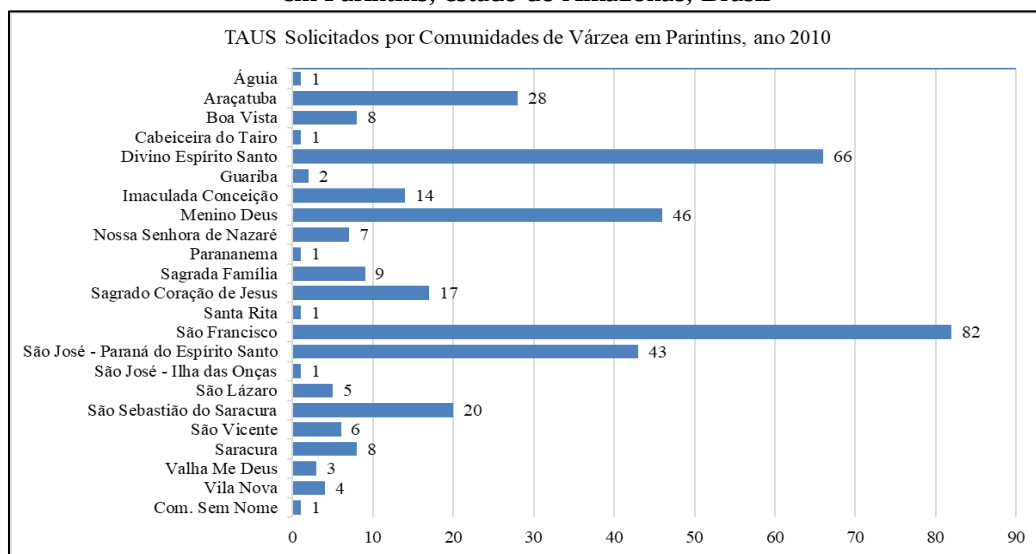
A predominância da várzea na composição territorial de Parintins confirma sua importância ambiental, social e econômica local, visto que são espaços fundamentais para atividades tradicionais de subsistência como a pesca, a agricultura familiar, o extrativismo e o uso dos rios para a locomoção.

Nota-se a delimitação da unidade de conservação estadual contemplada nesta pesquisa, a APA Nhamundá, o que pode indicar possíveis sobreposições de interesses entre as políticas de conservação ambiental e os direitos territoriais das populações locais. Tal situação gera inúmeros conflitos socioambientais, especialmente no município de Parintins, onde parece não haver integração efetiva entre os órgãos ambientais e fundiários.

Outro aspecto relevante é a proximidade de várias dessas comunidades com a divisa do estado do Pará, reforçando a necessidade de uma gestão integrada e interestadual dos territórios de várzea, considerando que os usos dos recursos naturais ultrapassam os limites político-administrativos.

As comunidades mais engajadas nesse processo estão localizadas, sobretudo, nos entornos do Paraná do Ramos, Itaboraí, Costa do Arco e Paraná do Espírito Santo, áreas historicamente ocupadas e manejadas por popula es tradicionais, conforme ilustrado na Figura 4.

Figura 4 – Gráfico da solicitação de Termos Autorização de Uso Sustentável (TAUS) por comunidade em Parintins, estado do Amazonas, Brasil



Fonte: SEMPA (2010), organizado pela autora (2025).

Evidencia-se a quantidade de solicitações de TAUS por comunidade no município de Parintins. Destacam-se, com maior número de pedidos, as comunidades Divino Espírito Santo, São Francisco e Menino Deus, o que reflete uma demanda significativa por segurança jurídica e regularização fundiária por parte das populações ribeirinhas. Esses cadastros foram realizados no ano de 2010, totalizando 374 solicitações de TAUS.

Em 2017, a SEMPA e a SPU beneficiaram cento e vinte e oito (128) famílias com a entrega de seus termos de uso. Entretanto, das 246 famílias restantes, cujos processos seguem pendentes desde o ano de 2010, a principal dificuldade tem sido a falta de documentação exigida pela SPU, como certidões de casamento, fotos, laudos de vistoria, mapas georreferenciados e documentos complementares dos cônjuges. Essa exigência documental, muitas vezes incompatível com a

realidade socioeconômica das comunidades tradicionais, tem sido um dos principais entraves para o avanço do processo de recebimento do TAUS.

Segundo dados internos atualizados pela SEMPA, em 2025, uma nova etapa de entrega de TAUS está em fase de planejamento, com previsão de beneficiar mais famílias. No mês de junho de 2025, a equipe técnica da SPU esteve novamente em Parintins, com o objetivo de revisar as pendências acumuladas desde 2017 e realizar novos cadastros.

A própria SEMPA reconhece que o programa de regularização fundiária das áreas de várzea tem como finalidade, além da garantia do direito social à moradia, viabilizar o acesso das famílias a políticas públicas essenciais, como crédito rural via Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar (PRONAF), aposentadoria rural, seguro-defeso e benefícios assistenciais vinculados aos programas de transferência condicionada de renda.

Nesse contexto, torna-se fundamental distinguir dois instrumentos frequentemente utilizados na regularização das áreas de várzea: o TAUS e a Concessão de Direito Real de Uso (CDRU). Embora ambos estejam voltados à garantia de acesso à terra pública por populações tradicionais, seus alcances jurídicos, níveis de segurança e efeitos práticos são substancialmente distintos.

O TAUS caracteriza-se como um instrumento administrativo de natureza provisória, concedido de forma individual ou coletiva, que autoriza o uso sustentável de áreas da União, especialmente em contextos de ocupação tradicional. Por outro lado, a CDRU configura-se como um instrumento jurídico mais sólido, pois institui um direito real resolúvel sobre o imóvel público, garantindo maior segurança jurídica ao beneficiário.

A própria Portaria nº 89/2010 reconhece essa diferença ao estabelecer que o TAUS pode funcionar como etapa preliminar no processo de regularização fundiária, podendo evoluir para instrumentos mais estáveis, como a CDRU. No entanto, essa transição, na prática, não ocorre de forma automática nem célere, revelando entraves institucionais que acabam por manter comunidades ribeirinhas em situações prolongadas de insegurança jurídica.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

As áreas de várzea do município de Parintins possuem importância estratégica não apenas no contexto ambiental, mas também nos âmbitos social, econômico e cultural das comunidades ribeirinhas. O reconhecimento da função socioambiental do patrimônio da União nesses territórios

é essencial para assegurar o direito à terra, a preservação ambiental e a manutenção dos modos de vida tradicionais.

A análise das políticas públicas e dos instrumentos jurídicos existentes, como o Termo de Autorização de Uso Sustentável (TAUS), expôs avanços significativos, especialmente com as entregas ocorridas em 2017. No entanto, os dados mostram que a morosidade administrativa, a exigência de documentação complexa e a falta de infraestrutura adequada na SPU têm limitado a efetividade das ações de regularização fundiária.

Destaca-se, ao mesmo tempo, a vulnerabilidade socioeconômica das comunidades frente aos eventos hidrológicos e climáticos extremos, o que reforça a urgência de uma atuação estatal mais integrada e flexível, considerando os aspectos socioambientais e culturais das populações tradicionais de várzea.

Portanto, é imprescindível a ampliação dos programas de regularização, com simplificação dos processos burocráticos, maior apoio técnico e financeiro à SPU e uma abordagem intersetorial que articule os direitos sociais com a conservação ambiental. A efetivação da função socioambiental da terra, neste caso do patrimônio da União em Parintins, deve ser compreendida como um compromisso do Estado, devendo ser efetivada com justiça territorial, sustentabilidade ambiental e valorização dos povos tradicionais da Amazônia.

REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE, C. C. de; ALBUQUERQUE, I. H.; BATISTA, C. H. C. Análise geoecológica da paisagem de várzea no Paraná de Parintins (AM) como subsídio ao zoneamento ambiental integrado na Amazônia. **Revista Equador**, UFPI, Teresina, v. 13, n. 2, p. 204–226, 2024. Disponível em: <http://www.ojs.ufpi.br/index.php/equador>. Acesso em: 19 jun. 2025.

ALVES, F. (org.). **A função socioambiental do patrimônio da União na Amazônia**. Brasília: Ipea, 2016.

BENATTI, J. H.; MCGRATH, D. G.; OLIVEIRA, A. C. M. **Várzea: a questão fundiária e de manejo dos recursos naturais**. Belém: Museu Paraense Emílio Goeldi, 2005.

BRASIL. **Lei nº 4.504, de 30 de novembro de 1964**. Dispõe sobre o Estatuto da Terra. Diário Oficial da União: Brasília, DF, 1964.

BRASIL. **Constituição (1988)**. Constituição da República Federativa do Brasil. Brasília: Senado Federal, 1988.

BRASIL. **Decreto nº 6.040, de 7 de fevereiro de 2007.** Institui a Política Nacional de Desenvolvimento Sustentável dos Povos e Comunidades Tradicionais. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 2007.

BRASIL. **Lei nº 11.952, de 25 de junho de 2009.** Dispõe sobre a regularização fundiária das ocupações em terras da União, no âmbito da Amazônia Legal. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 2009.

BRASIL. Secretaria do Patrimônio da União (SPU). **Portaria nº 89, de 15 de abril de 2010.** Disciplina a utilização e o aproveitamento dos imóveis da União em favor das comunidades tradicionais. Diário Oficial da União, Brasília, DF, Seção 1, p. 91–92, 16 abr. 2010.

CASTRO, A. P. de *et al.* **A agricultura familiar: principal fonte de desenvolvimento socioeconômico e cultural das comunidades da área focal do Projeto Piatam.** Manaus: Editora da Universidade do Amazonas, 2007.

DIEGUES, A. C. Populações tradicionais. In: SIMÕES, L.; LINO, C. F. (org.). **Sustentável Mata Atlântica.** São Paulo: Ministério do Meio Ambiente, 2002. p. 31–50.

FRAXE, T. de J. P. **Cultura cabocla-ribeirinha:** mitos, lendas e transculturalidade. São Paulo: Annablume, 2004.

FRAXE, T. de J. P.; PEREIRA, H. S.; WITKOSKI, A. C. (org.). **Comunidades ribeirinhas amazônicas:** modos de vida e uso dos recursos naturais. Manaus: Editora da Universidade do Amazonas, 2007.

FURCH, K. Chemistry of várzea and igapó soils and nutrient inventory of their floodplain forests. In: JUNK, W. J. (org.). **The Central Amazon floodplain.** Berlin: Springer, 1997. p. 47–67.

GONÇALVES, A. C. O. *et al.* **A função socioambiental do patrimônio da União na Amazônia.** Brasília: Ipea, 2016.

JUNK, W. J.; BAYLEY, P. B.; SPARKS, R. E. The flood pulse concept in river-floodplain systems. **Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**, v. 106, p. 110–127, 1989.

JUNK, W. J. *et al.* (org.). **Manejo sustentável das várzeas amazônicas.** Manaus: INPA, 2020.

KALLIOLA, R.; PUHAKKA, M.; DANJOY, W. **Amazonia peruana:** vegetación húmeda tropical en el llano subandino. Jyväskylä: Gummerus Printing, 1993.

LOZARDO, E. A função socioambiental do patrimônio da União na Amazônia: apresentação. In: ALVES, F. (org.). **A função socioambiental do patrimônio da União na Amazônia.** Brasília: Ipea, 2016.

MARINHO, T. A. S. **Distribuição e estrutura da população de quatro espécies madeireiras em floresta sazonalmente alagável.** 2008. Dissertação (Mestrado) – INPA/UFAM, Manaus, 2008.

MCGRATH, D. G.; GAMA, A. S. P. da. A situação fundiária da várzea do Rio Amazonas. *In*: BENATTI, J. H. *et al.* (org.). **Várzea**: a questão fundiária e de manejo dos recursos naturais. Belém: Museu Paraense Emílio Goeldi, 2005.

PEREIRA, H. dos S. A dinâmica da paisagem socioambiental das várzeas do Rio Solimões-Amazonas. *In*: FRAXE, T. J. P. *et al.* (org.). **Comunidades ribeirinhas amazônicas**: modos de vida e uso dos recursos naturais. Manaus: Editora da Universidade do Amazonas, 2007.

PETSCH, D. K.; CIONEK, V. de M.; THOMAZ, S. M.; SANTOS, N. C. L. dos. Ecosystem services provided by river-floodplain ecosystems. **Hydrobiologia**, Dordrecht, v. 850, n. 12-13, p. 2563–2584, 2023. DOI: 10.1007/s10750-022-04916-7.

SANTOS, N. F. dos; NEVES, L. M. F. Regularização fundiária e territorialidade: uma análise dos instrumentos jurídicos aplicados em áreas de várzea na Amazônia. **Revista de Direito Ambiental**, São Paulo, v. 27, n. 105, p. 45–68, 2022.

SCHAEFER, C. E. G. R.; LIMA, H. N. Paisagens e sociedade do Médio Rio Amazonas. *In*: BATISTA, K. D. *et al.* (ed.). **Guia de campo da XV Reunião Brasileira de Classificação e Correlação de Solos**. Brasília: Embrapa, 2025. p. 97–117.

SIOLI, H. Das Wasser im Amazonasgebiet. **Forschungen und Fortschritte**, v. 26, p. 274–280, 1950.

SIOLI, H. Alguns resultados e problemas da limnologia amazônica. **Boletim Técnico do Instituto Agrônomo do Norte**, n. 24, 1951.

TUNDISI, J. G.; TUNDISI, T. M. **Limnologia**. São Paulo: Oficina de Textos, 2008.

VIEIRA, R. S. Legislation and the use of Amazonian floodplains. *In*: JUNK, W. J. *et al.* (org.). **The Central Amazon floodplain**. Leiden: Backhuys, 2000. p. 505–534.

ZUMAK, A. *et al.* Riverine communities in the Central Amazon are largely subject to erosion and sedimentation risk. **Communications Earth & Environment**, v. 6, n. 92, 2025. DOI: 10.1038/s43247-025-02058-x.