



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAPÁ
DEPARTAMENTO DE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO
CURSO DE CIÊNCIAS AMBIENTAIS**

ANDRIO LUIZ MIRANDA DE SOUZA

**PRESSÕES MINERÁRIAS NA BACIA DO CASSIPORÉ E VULNERABILIDADES
DA ZONA COSTEIRA DO AMAPÁ: UMA ANÁLISE UTILIZANDO
GEOTECNOLOGIAS.**

Macapá

2025

ANDRIO LUIZ MIRANDA DE SOUZA

**PRESSÕES MINERÁRIAS NA BACIA DO CASSIPORÉ E VULNERABILIDADES
DA ZONA COSTEIRA DO AMAPÁ: UMA ANÁLISE UTILIZANDO
GEOTECNOLOGIAS.**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Colegiado do Curso de Bacharelado em Ciências Ambientais da Universidade Federal do Amapá, como requisito necessário para a obtenção do título de Bacharel em Ciências Ambientais.

Orientador: Prof. Dr. Orleno Marques da Silva Junior

Coorientador: Prof. Dr. Sávio Luis Carmona dos Santos

Macapá

2025

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Biblioteca Central/UNIFAP-Macapá-AP
Elaborado por Aline Farias Bandeira Couto – CRB-2 1700/O

S729p Souza, Andrio Luiz Miranda de.

Pressões minerárias na Bacia do Cassiporé e vulnerabilidades da Zona Costeira do Amapá: uma análise utilizando geotecnologias / Andrio Luiz Miranda de Souza . - Macapá, 2025.

1 recurso eletrônico.

45 f.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciências Ambientais) - Universidade Federal do Amapá, Macapá-AP, 2025.

Orientador: Orleno Marques da Silva Junior.

Coorientador: Sávio Luís Carmona dos Santos.

Modo de acesso: World Wide Web.

Formato de arquivo: Portable Document Format (PDF).

1. Geotecnologia. 2. Metais Pesados - Bacia do Rio Cassiporé (AP). 3. Mineração I. Silva Júnior, Orleno Marques da, orientador. II. Universidade Federal do Amapá. III. Título.

CDD 23. ed. – 910.285

SOUZA, Andrio Luiz Miranda de. **Pressões minerárias na Bacia do Cassiporé e vulnerabilidades da Zona Costeira do Amapá**: uma análise utilizando geotecnologias. Orientador: Orleno Marques da Silva Junior. 2025. 45 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciências Ambientais) - Universidade Federal do Amapá, Macapá, 2025.

ANDRIO LUIZ MIRANDA DE SOUZA

**PRESSÕES MINERÁRIAS NA BACIA DO CASSIPORÉ E VULNERABILIDADES
DA ZONA COSTEIRA DO AMAPÁ: UMA ANÁLISE UTILIZANDO
GEOTECNOLOGIAS.**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Colegiado do Curso de
Bacharelado em Ciências Ambientais
da Universidade Federal do Amapá,
como requisito necessário para a
obtenção do título de Bacharel em
Ciências Ambientais.

Banca Examinadora

Presidente/Orientador: _____

Prof. Dr. Orleno Marques da Silva Júnior

Instituição: Instituto de Pesquisas Científicas e Tecnológicas do Estado do Amapá –
IEPA

Coorientador: _____

Prof. Dr. Sávio Luis Carmona dos Santos

Instituição: Universidade Federal do Amapá - UNIFAP

Examinador Interno: _____

Prof. Dr. Marcelo José de Oliveira

Instituição: Universidade Federal do Amapá – UNIFAP

Examinador Externo: _____

Prof. Me. Maxwell Moreira Baia

Instituição: Universidade do Estado do Amapá – UEAP

Macapá, 18 de Dezembro de 2025.

*Dedico esse trabalho à minha família,
por tanto apoio, amor e força nessa
jornada.*

AGRADECIMENTOS

Iniciei minha trajetória no curso de Bacharelado em Ciências Ambientais em agosto de 2022 e, agora, em 18 de dezembro de 2025, caminho para o encerramento deste ciclo que tanto me transformou. Agradeço profundamente à minha família, em especial aos meus irmãos Suilan Fernanda, André Luiz, Maria Eduarda e Laura Fernanda, ao meu pai Luiz Fernando e, de maneira muito especial, à minha mãe, Maria Elisabete. Obrigado por todo apoio incondicional, por cada palavra de incentivo e por estarem sempre ao meu lado. Amo vocês.

Agradeço também ao meu irmão de coração, Davi Miranda, pela presença constante e pelo carinho de sempre. Aos meus amigos do curso de CAMB que estão em meu coração, Erinaldo Penha, Maria Eduarda, Thiago Lameira e Caio Walker sou grato pela parceria, pelas conversas e por todos os momentos que tornaram a caminhada mais leve.

Expresso minha gratidão ao Professor Dr. Sávio Carmona, que foi como um pai acadêmico, por ter me apresentado o universo da cartografia e das geotecnologias, pelas oportunidades de monitoria e pela experiência marcante na viagem à Margem Equatorial. Agradeço também ao Professor Dr. Orleno Marques, meu segundo pai de formação, por todo conhecimento compartilhado ao longo dos dois anos de GERCO/IEPA, pelas vivências de campo e por acolher seus bolsistas como filhos. Carrego comigo tudo o que aprendi.

Agradeço ao Laboratório de Gerenciamento Costeiro (GERCO) e às amizades construídas nesse ambiente, assim como ao IEPA e ao CNPq pelas bolsas de Iniciação Científica que tornaram este trabalho possível desde sua concepção na IC até se transformar no projeto que agora concluo.

Meu agradecimento especial à Adria Hélene, pelo apoio constante, incentivo e paciência durante a escrita da discussão e na conclusão de outros projetos. Obrigado de coração, meu bem.

Por fim, agradeço aos familiares e amigos que estiveram presentes ao longo dessa jornada. Sou grato por cada gesto de apoio e carinho. Agradeço especialmente aos meus avós, José Miranda e Maria da Conceição, e ao meu avô por parte de pai, Fernando Marques (in memoriam), eu sou grato.

“Bem, aqui finalmente, caros amigos, nas praias do Mar, chega o fim de nossa sociedade na Terra-média. Vão em paz! Não pedirei que não chorem, pois nem todas as lágrimas são um mal.”

(Gandalf, O Branco)

RESUMO

A formação do estado do Amapá está intimamente ligada à mineração, desde os garimpos auríferos do século XVIII até a mineração industrial iniciada na década de 1950 com a ICOMI S/A. Neste trabalho, buscou-se avaliar os impactos ambientais das atividades mineradoras na bacia hidrográfica do rio Cassiporé, considerando principalmente os rios Cassiporé e Reginá e sua conexão com a zona costeira do norte do Amapá. A pesquisa foi organizada em três etapas principais: (I) revisão bibliográfica e levantamento de dados secundários sobre empreendimentos legais e ilegais, abrangendo tipo de minério, localização, contexto geológico e registros de impactos ambientais; (II) análise temporal dos dados entre 1985 e 2024, utilizando imagens Landsat e a base MapBiomias para identificar mudanças de uso e cobertura da terra, com foco na remoção de vegetação, nos efeitos sobre o meio físico (solo e drenagem) e nos possíveis reflexos sobre a biota, especialmente peixes e mamíferos aquáticos; (III) aplicação de geotecnologias em ambiente SIG (QGIS 3.32) para mapear áreas de mineração, quantificar o desmatamento e inferir sobre zonas de influência hidrossedimentar a partir da altimetria e do modelo digital de terreno, gerando mapas temáticos da bacia e da zona costeira associada. Os resultados mostram que a atividade mineradora, centrada historicamente no distrito de Lourenço, levou a um aumento expressivo das áreas desmatadas por mineração, que passaram de cerca de 1.000 ha em 1985 para quase 4.000 ha em 2024, com forte concentração na porção montante da bacia. Essa expansão ocorre sobre litologias do Escudo das Guianas ricas em ouro e tântalo, favorecendo tanto a mineração industrial quanto o garimpo, muitas vezes sem estruturas adequadas de contenção de rejeitos. A combinação entre relevo mais elevado nas cabeceiras e rede de drenagem densa indica alta probabilidade de transporte de sedimentos e metais pesados (como mercúrio, chumbo e cádmio) em direção ao baixo curso, às áreas de manguezal e à zona costeira, afetando a qualidade da água, a ictiofauna e a segurança alimentar de comunidades ribeirinhas. A mineração, em suas diferentes escalas, tem potencial para gerar impactos significativos no meio físico e biológico da bacia do Cassiporé e representar um risco cumulativo para os ecossistemas costeiros do Amapá, reforçando a necessidade de monitoramento contínuo e de políticas de controle mais efetivas sobre a atividade.

Palavras chaves: Mineração. Metais Pesados. Análise Espacial. Amazônia. Zona Costeira.

ABSTRACT

The formation of the state of Amapá is historically linked to mining, from eighteenth-century gold prospecting to industrial operations initiated in the 1950s with ICOMI S/A. This study evaluated the environmental impacts of mining activities in the Cassiporé River Basin, focusing on the Cassiporé and Reginá rivers and their connection to the northern coastal zone of Amapá. The research was conducted in three stages: (i) a literature review and compilation of secondary data on legal and illegal mining operations, including ore type, geological context and documented environmental impacts; (ii) a temporal analysis from 1985 to 2024 using Landsat imagery and MapBiomas data to identify land-use and land-cover changes, particularly vegetation removal and its effects on soil, drainage and aquatic biota; and (iii) geotechnical mapping in a GIS environment (QGIS 3.32) to delineate mining areas, quantify deforestation and identify hydrosedimentary influence zones based on altimetry and digital terrain models. The results show a marked increase in mining-related deforestation, rising from approximately 1,000 ha in 1985 to nearly 4,000 ha in 2024, concentrated in the upper basin around the Lourenço district. This expansion occurs over mineral-rich lithologies of the Guiana Shield, intensifying both industrial and artisanal mining, often lacking adequate waste-containment structures. The combination of elevated headwaters and dense drainage networks suggests high potential for sediment and heavy-metal transport (including mercury, lead and cadmium) toward downstream areas, mangroves and the coastal zone, affecting water quality, ichthyofauna and food security in riverine communities. Overall, mining in the Cassiporé Basin presents significant physical and biological impacts and poses cumulative risks to Amapá's coastal ecosystems, underscoring the need for continuous monitoring and more effective regulatory measures.

Keywords: Mining. Heavy Metals. Spatial Analysis. Amazon. Coastal Zone.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Mapa da área de estudo	17
Figura 2: Mapa geológico e bacia inventariada com processos minerários	18
Figura 3: Mapa de Cobertura Vegetal da Bacia Hidrográfica do rio Cassiporé	19
Figura 4: Etapas metodológicas.....	20
Figura 5: Mapa de quantificação de desmatamento na bacia hidrográfica	23
Figura 6: Mapa de análise multitemporal distrito do Lourenço (1985 - 2024).....	25
Figura 7: Processos minerários ao longo da bacia do rio Cassiporé	26
Figura 8: Dados pluviométricos CHIRPS	27
Figura 9: Sobrevoio distrito do Lourenço áreas degradadas.....	27
Figura 10: Confluência do rio Cassiporé e Reginá.....	29
Figura 11: Mapa Altimétrico da Bacia Hidrográfica do rio Cassiporé	31
Figura 12: Mapa de Comunidades e Barragens ao longo da Bacia Hidrográfica.....	33
Figura 13: Mapa de Unidades de Conservação	34
Figura 14: Mapa da Plataforma Continental.....	36
Figura 15: Manguezal da foz do rio Cassiporé e PARNA Caborange	37

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
1.1. Problema.....	12
1.2 Justificativa	12
2 Hipótese	13
3 Objetivos	13
3.1 Geral	13
3.2 Específicos.....	13
4 REFERENCIAL TEÓRICO-CONCEITUAL.....	14
4.1 Mineração no contexto mundial, nacional e regional	14
5 METODOLOGIA.....	17
5.1. Localização da Área de Estudo	17
5.1.1. Aspectos Fisiográficos.....	18
5.2.1 Instrumentos de Pesquisa	20
6 RESULTADOS	22
7 DISCUSSÃO	27
.....	27
CONSIDERAÇÕES FINAIS	38

1 INTRODUÇÃO

A mineração é uma atividade extrativista que pode proporcionar alto potencial de desenvolvimento regional para os setores socioeconômico e industrial (Oliveira, 2011). Além disso, está diretamente ligada às relações e o modo de vida na modernidade, vistas como "estrategicamente importante para a competitividade do setor de indústrias e essenciais para o bem-estar e o desenvolvimento econômico das populações, os recursos minerais estão na base das sociedades modernas" (Mancini e Sala, 2018).

Apesar da expressiva relevância para o desenvolvimento socioeconômico, a mineração também gera impactos negativos no meio ambiente, como a perda da biodiversidade, remoção da cobertura vegetal e a alteração das condições estéticas e sanitárias do ambiente, comprometendo a qualidade dos recursos naturais e afetando, de forma direta ou indireta, a saúde humana (Farias, 2002; Hatje *et al.*, 2017; Bezerra, Lira e Silva, 2020).

Além disso, a mineração pode provocar a poluição dos recursos hídricos e a degradação dos solos, cujos efeitos são, muitas vezes, agravados por processos que ocorrem ao longo das bacias hidrográficas, estendendo-se até as zonas costeiras e impactando ecossistemas e a biodiversidade marinha (Kennish, 2002; Miranda *et al.*, 2002; Silvestrini e D'Aquino, 2020; Sanchez *et al.*, 2022; Ramos e Pinheiro, 2025).

Ao alcançarem as zonas costeiras, comprometem os ecossistemas marinhos e a qualidade dos recursos extraídos nessas áreas, afetando populações ribeirinhas e costeiras que dependem desses ambientes para atividades de subsistência, como a pesca artesanal e o abastecimento de água (Pieroni *et al.*, 2015; Sanchez *et al.*, 2022).

Um exemplo emblemático de desastre tecnológico no Brasil ocorreu no município de Mariana, Minas Gerais, onde o rompimento de uma barragem de rejeitos de mineração provocou a liberação maciça de lama residual no ambiente. Esse evento comprometeu de forma significativa a qualidade da água da bacia do rio Doce, inviabilizando seu uso para abastecimento humano, pesca e outras atividades essenciais à subsistência das populações ribeirinhas. Além dos impactos imediatos, o desastre desencadeou efeitos ambientais, sociais e econômicos de grande magnitude e longa duração, caracterizando-se como uma das mais graves tragédias socioambientais do país (Melendi & Martins, 2021; Wanderley *et al.*,

2016).

No estado do Amapá, a mineração tem grande importância no contexto histórico no desenvolvimento local, tanto na mineração industrial quanto no garimpo, que remonta o período em que o estado ainda área de contestado franco brasileiro e ¹Território Federal do Amapá (Oliveira, 2010). Os surgimentos dessas atividades extrativistas de mineração iniciaram no garimpo do Lourenço, município de Calçoene, região do contestado franco brasileiro, ainda no século XVIII, sendo o ouro o principal recurso extraído (Oliveira, 2010; Chagas, 2019).

Diante disso, este trabalho tem como objetivo avaliar os impactos de atividades mineradoras ao longo da bacia hidrográfica do rio Cassiporé, localizada entre os municípios de Oiapoque e Calçoene, e a sua influência na Zona Costeira Oceânica do estado do Amapá. Para isso, foram utilizados indicadores ambientais e o mapeamento das áreas de influência em Sistemas de Informação Geográfica (SIG), a fim de verificar de que forma os impactos gerados a montante podem se propagar ao longo das bacias hidrográficas e atingir a zona costeira.

1.1. Problema

Quais são os impactos ambientais potenciais (de curto e longo prazo) decorrentes das atividades mineradoras na bacia hidrográfica do rio Cassiporé, e de que forma esses impactos podem se propagar até a zona costeira do estado do Amapá, afetando sua integridade ambiental?

1.2 Justificativa

A escolha do empreendimento analisado justifica-se por sua longa permanência e relevância histórica no contexto minerário do estado do Amapá, bem como pelos impactos ambientais recorrentes associados às atividades de extração. A adoção da bacia hidrográfica como unidade de análise é fundamental, pois os impactos gerados na porção de montante tendem a se propagar ao longo do sistema fluvial, alcançando regiões de jusante por meio do transporte de efluentes ricos em matéria orgânica, nutrientes e poluentes contaminantes. Esses processos podem desencadear efeitos cumulativos que se estendem até os rios principais,

¹ A *Região do Contestado Franco-Brasileiro* corresponde à área fronteiriça entre o Amapá e a Guiana Francesa que foi objeto de disputa territorial entre Brasil e França até 1900, quando a sentença arbitral de Genebra reconheceu a soberania brasileira sobre o território.

seus tributários e ambientes costeiros conectados (Kennish, 2002; Nicolodi, Zamboni e Barroso, 2009; Ramos e Pinheiro, 2025). Dessa forma, compreender a dinâmica espacial dos impactos ao longo da bacia torna-se essencial para avaliar seus reflexos sobre os ecossistemas fluviais e costeiros do Amapá.

2 Hipótese

As atividades mineradoras, concentradas principalmente na porção de montante da bacia hidrográfica do rio Cassiporé, promovem a intensificação do desmatamento e a alteração do meio físico, favorecendo o transporte hidrossedimentar de sedimentos e potenciais contaminantes ao longo da rede de drenagem. Em função da conectividade fluvial, do relevo e da dinâmica hidrológica da bacia, esses impactos tendem a se propagar progressivamente para os trechos de jusante, alcançando áreas costeiras oceânicas, onde contribuem para o aumento da vulnerabilidade ambiental e ecológica desses ambientes.

3 Objetivos

3.1 Geral

Examinar os impactos da mineração ao longo da bacia do rio Cassiporé e compreender de que forma esses influxos podem alcançar a zona costeira do Amapá, por meio de análises ambientais e mapeamento em ambiente SIG.

3.2 Específicos

- Levantar dados de impactos ambientais sobre os empreendimentos minerários legal e ilegal na bacia do rio Cassiporé;
- Mapear ocorrência de áreas de influência da atividade mineradora dentro dos limites físicos da zona costeira do estado do Amapá, a partir de Sistemas de Informação Geográfica (SIG);
- Analisar qualitativamente os impactos socioambientais causados pelas atividades mineradoras nessas regiões.

4 REFERENCIAL TEÓRICO-CONCEITUAL

4.1 Mineração no contexto mundial, nacional e regional

No cenário internacional, nota-se que a extração de minério ocasiona impactos relevantes nas bacias hidrográficas de várias regiões do mundo, afetando sistemas fluviais de forma recorrente, sobretudo em países com regulação ambiental frágil. Na África Subsaariana, estudos demonstram que a mineração industrial e artesanal tem afetado significativamente a integridade das bacias hidrográficas, provocando assoreamento, perda de cobertura vegetal e contaminação por metais pesados, como chumbo e mercúrio (Ouma, Shane e Syampungani, 2022; M'kandawire *et al.*, 2017; Durand, 2012).

Na costa sudoeste da Índia, o estudo de Sreebha e Padmalal (2010) conduzido nos rios Chalakudy, Periyar e Muvattupuzha, revelou que a mineração de areia, tanto em leitos ativos quanto em áreas de planície de inundação, resultou em mudanças morfológicas significativas nos canais fluviais da bacia.

Na América do Sul, na região Oeste da Colômbia, Camacho *et al.* (2022) identificou que a mineração ao longo da bacia hidrográfica do rio Atrato, apresentou elevados níveis de metais pesados, como mercúrio (Hg), arsênio (As), cádmio (Cd) e chumbo (Pb), em seus afluentes.

A partir desse breve panorama, observa-se que a mineração industrial e artesanal compartilha impactos como vulnerabilidade hídrica, degradação do solo, perda paisagística e danos ao meio biótico, esses exemplos reforçam a necessidade de adotar indicadores ambientais específicos para melhorar as avaliações integradas dos efeitos da mineração em ecossistemas costeiros e fluviais.

A mineração no Brasil possui um histórico de intensos impactos sobre o meio físico e biótico, sendo reconhecida como uma das atividades que mais transforma ecossistemas e bacias hidrográficas. Entre os efeitos mais frequentes estão a supressão de vegetação, a alteração do relevo, a instabilidade de solos e a geração de grandes volumes de rejeitos, que podem percorrer longas distâncias ao longo dos sistemas fluviais (Sanchez *et al.*, 2022).

Quando atingem rios e lagos, esses materiais provocam turbidez, assoreamento, soterramento de organismos e mudanças profundas na dinâmica hidrossedimentar, afetando pesca, abastecimento e a subsistência de comunidades locais (Wanderley *et al.*, 2016; Neves *et al.*, 2016; Oliveira *et al.*, 2020).

O país vivenciou dois eventos que evidenciaram a vulnerabilidade do setor: os rompimentos das barragens de rejeitos em Mariana e Brumadinho. O primeiro destacou a capacidade de os rejeitos alterarem grandes extensões de bacias e alcançarem ambientes costeiros, resultando em acúmulo acelerado de metais pesados nos sedimentos e impactos ainda não totalmente compreendidos em ecossistemas estuarinos e marinhos (Carmo *et al.*, 2017; Magris *et al.*, 2019; Sanchez *et al.*, 2022; Gomes *et al.*, 2017). Já o segundo demonstrou a magnitude das perdas humanas e ecológicas associadas à mineração industrial, com amplos danos à fauna terrestre e aquática, reforçando a recorrência de riscos estruturais e socioambientais no país (Thompson *et al.*, 2020; Rotta *et al.*, 2020; Vegilio *et al.*, 2020).

Além disso, no contexto brasileiro, de acordo com o Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens (SNISB), o Brasil possui 29.826 barragens cadastradas, incluindo estruturas de aquicultura, hidrelétricas, contenção de sedimentos e rejeitos. Destas, 4.100 têm Dano Potencial Associado (DPA) em caso de rompimento, enquanto 15.500 não possuem classificação. Essa ausência de dados evidencia uma importante lacuna sobre a segurança dessas estruturas.

A exemplo do que ocorre no Sudeste, a região Norte, predominantemente amazônica, também possui um extenso histórico de mineração. Um dos primeiros registros remonta à descoberta de ouro na região do contestado franco-brasileiro, em Lourenço, no século XVIII (Chagas, 2019; Oliveira, 2010). Ao longo do século XX, destacaram-se episódios como Serra Pelada (PA), na década de 1980, e a exploração de manganês em Serra do Navio (AP), iniciada nos anos 1950.

Esse conjunto de acontecimentos abriu caminho para a instalação de outros projetos de grande porte, como o Programa Grande Carajás, no Pará, voltado à extração de ferro a partir de 1960; a atuação do Caulim da Amazônia S/A (CADAM S/A), em Vitória do Jari; e a exploração de bauxita em Porto de Trombetas pela Aluminum Limited of Canada (ALCAN), na década de 1970 (Monteiro, 2005; Almeida; Silva e Silva, 2024). A presença de grandes jazidas minerais, como ouro, manganês, ferro e caulim, evidencia a importância desses recursos para o desenvolvimento da atividade mineradora na região.

Outro exemplo relacionado a bacias hidrográficas é o Lago Batata (PA), na

bacia do rio Trombetas, onde os rejeitos da lavagem de bauxita foram despejados por dez anos, assoreando cerca de 30% do lago e degradando a comunidade bentônica, com perda de biodiversidade e alteração de processos ecológicos (Brum, Prast e Esteves, 2006; Callisto e Esteves, 1996).

Em Barcarena (PA), a mineração industrial, especialmente a Hydro Alunorte, intensificou conflitos socioambientais, agravados pela falta de planejamento territorial e pelo crescimento populacional associado ao empreendimento. Eventos como o naufrágio do navio Haidar (2015) e o vazamento de rejeitos (2018) evidenciam impactos sobre ecossistemas frágeis e sobre o cotidiano das comunidades locais (Santos, Silva e Oliveira, 2019; Nazaré, Nascimento e Penha, 2018).

No estado do Amapá, a Cooperativa dos Garimpeiros do Lourenço (COOGAL) é uma das mais antigas experiências de mineração no Amapá e na Amazônia. A área, hoje caracterizada como de mineração artesanal, possui um longo histórico de extração que remonta aos séculos XVIII e XIX, período em que teve grande relevância na produção de ouro, chegou a ocupar posição central em disputas geopolíticas e abrigou uma das maiores densidades populacionais (Chagas, 2019; Rauber e Palhares, 2022).

Um marco fundamental na história da mineração amapaense ocorreu na década de 1950, quando a Indústria e Comércio de Minérios S/A (ICOMI) iniciou a exploração de manganês em Serra do Navio, consolidando o primeiro grande empreendimento industrial do estado. Registros anteriores, no entanto, já indicavam a presença de manganês na região muito antes da instalação da ICOMI (Drummond e Pereira, 2007; Oliveira, 2010).

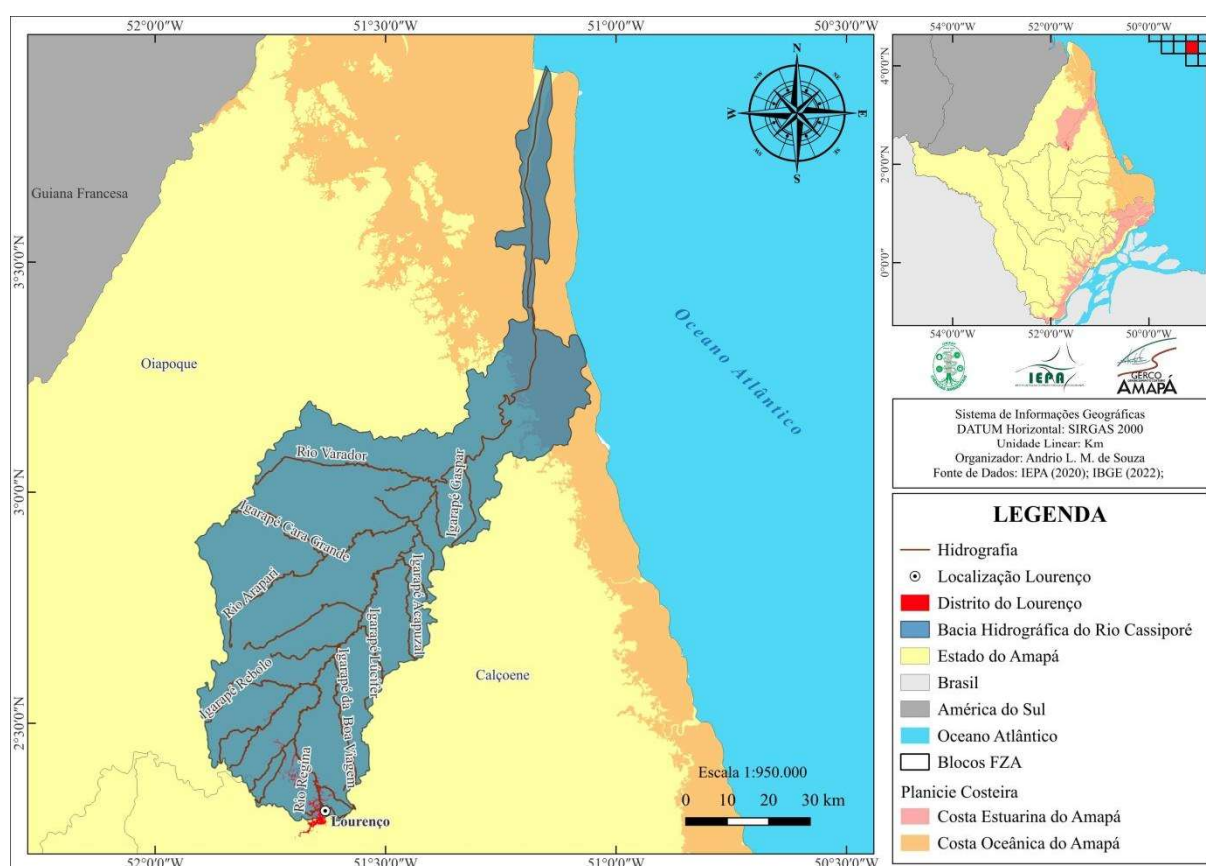
Outro momento significativo surge na década de 1970, com a implantação do primeiro empreendimento de beneficiamento de caulim, a CADAM S/A, integrada ao projeto Jari Florestal (Monteiro, 2005; Drummond e Pereira, 2007). A extração ocorre no Morro do Felipe, em Vitória do Jari, enquanto a planta industrial foi instalada em Munguba, Almeirim (PA), às margens do rio Jari, principal afluente da bacia (Oliveira, 2010).

5 METODOLOGIA

5.1. Localização da Área de Estudo

A área de estudo corresponde à bacia hidrográfica do rio Cassiporé, estado do Amapá, inserida nos municípios de Calçoene e Oiapoque, no norte do Brasil (Figura 1). A bacia de análise tem uma faixa de 5419,854 km², desagua na zona costeira do Estado do Amapá, que possui uma extensão de aproximadamente 800 km, compreendendo o trecho entre a foz do rio Oiapoque até o estuário do rio Jari (Silva Junior *et al.*, 2020; ANA, 2021).

Figura 1: Mapa da área de estudo



Fonte: Elaborado pelos autores, 2025.

Essa área é subdividida em dois setores: o setor oceânico, da antiga foz do rio Araguari para o norte, e o estuarino, que se estende da antiga foz do rio Araguari para o sul (Takiyama e Silva, 2009). Ao longo dessa faixa litorânea, distribuem-se 11 municípios do estado: Amapá, Calçoene, Cutias, Itaubal, Macapá, Mazagão, Oiapoque, Pracuúba, Santana, Tartarugalzinho e Vitória do Jari (Silva Junior *et al.*, 2020).

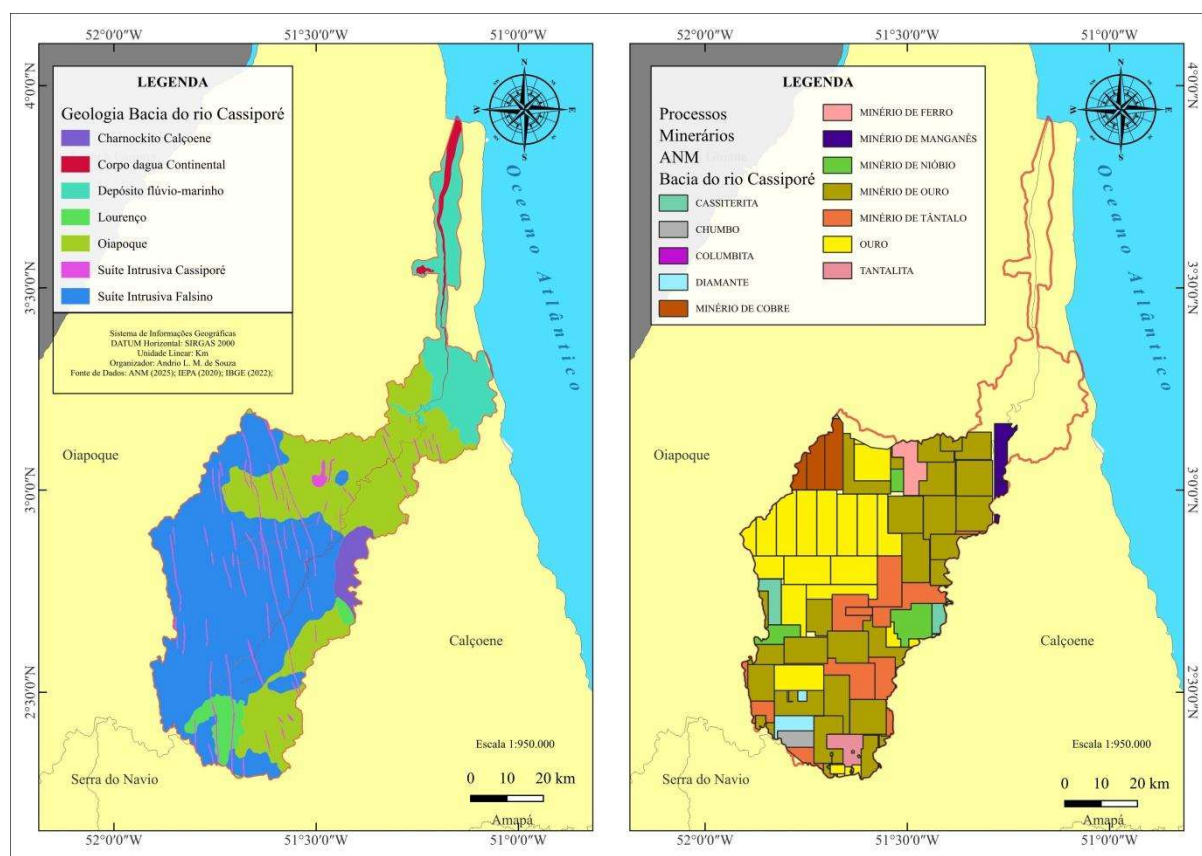
A bacia do rio Cassiporé, localizada no norte do estado do Amapá, abrange

importantes rios como Cassiporé e Regina. Ambos os rios têm suas nascentes próximas ao distrito minerário do Lourenço (02°18'29" N; 51°37'56" W), onde a qualidade da água é impactada pela atividade mineradora de pequeno porte (garimpo). Em muitas áreas de lavra, não há barragens de contenção de rejeitos e, quando presentes, frequentemente não atendem aos padrões de segurança (Pinheiro e Aviz, 2019).

5.1.1. Aspectos Fisiográficos

A bacia hidrográfica do rio Cassiporé conta varios processos minerários na base da ANM. O mapa geológico da bacia do rio Cassiporé (Figura 2) revela uma estrutura composta por unidades típicas do Escudo das Guianas, incluindo o Charnockito Calçoene, o Grupo Lourenço, a Suíte Intrusiva Falsino e a Suíte Intrusiva Cassiporé. Essas litologias ocupam principalmente a porção centro-oeste e sudoeste da bacia, áreas associadas historicamente à ocorrência de minerais metálicos.

Figura 2: Mapa geológico e bacia inventariada com processos minerários



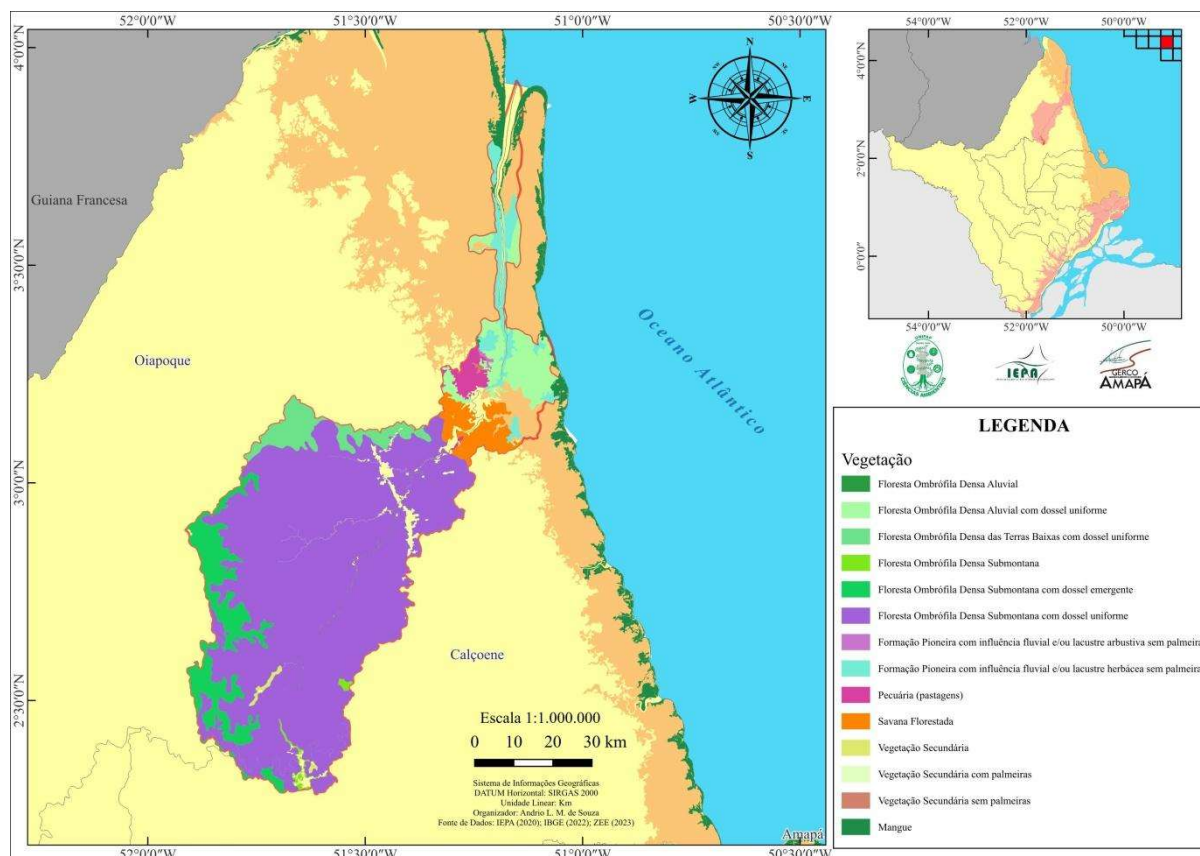
Fonte: Elaborado pelos autores, 2025.

A distribuição espacial dos processos minerários registrados pela Agência

Nacional de Mineração (Figura 2) demonstra que a maior concentração de requerimentos e permissões de lavra ocorre justamente sobre essas unidades geológicas, confirmando sua importância metalogenética.

A caracterização da vegetação (Figura 3) revela que a bacia do rio Cassiporé é amplamente dominada por Floresta Ombrófila Densa, especialmente em sua porção centro-sul, enquanto formações secundárias, savanas florestadas e mosaicos pioneiros aparecem de forma mais fragmentada na região norte e ao longo do estuário. Um destaque importante é a presença expressiva de manguezais na faixa litorânea, ecossistemas estratégicos para a estabilidade da zona costeira, a manutenção de estoques pesqueiros e a proteção contra processos erosivos (Silva Junior *et al.*, 2021; Baia e Silva Junior, 2025).

Figura 3: Mapa de Cobertura Vegetal da Bacia Hidrográfica do rio Cassiporé



Fonte: Elaborado pelos autores, 2025.

No entanto, a proximidade entre áreas de mineração e manchas de vegetação secundária indica zonas de distúrbio associadas à remoção de cobertura vegetal, favorecendo processos erosivos e o transporte de sedimentos e contaminantes para os cursos d'água. Assim, a heterogeneidade vegetacional,

combinada à pressão antrópica em pontos críticos da bacia, reforça a vulnerabilidade dos ambientes de montante e da planície costeira, incluindo os mangues, que dependem diretamente da qualidade da água e do regime sedimentar para sua integridade ecológica.

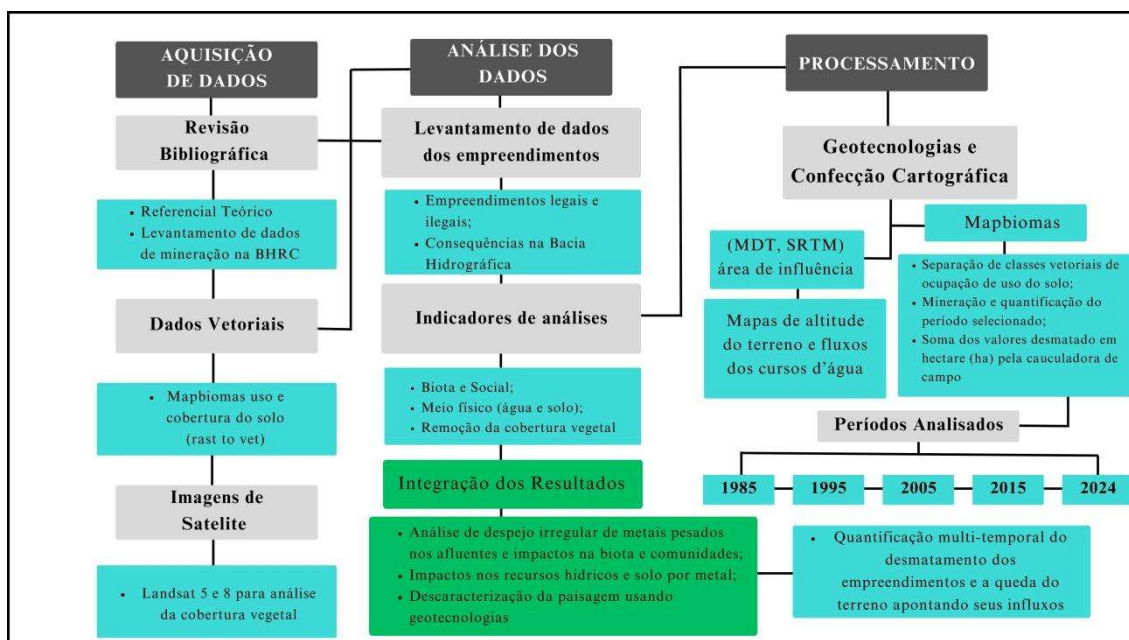
A bacia hidrográfica do rio Cassiporé abrange os municípios de Oiapoque e Calçoene, localizados no extremo norte do Amapá, região caracterizada por índices pluviométricos elevados, variando entre 3.500 e 4.000 mm anuais (Atlas Amapá, 2025; Batista, Souza Filho & Silveira, 2009).

Segundo Zanella, Tomazoni e Aguiar (2023), Costa (2016) e Peixoto *et al.* (2019), períodos de chuvas intensas intensificam o escoamento superficial nas áreas de borda da bacia, promovendo o carreamento de sedimentos dos tributários para os rios principais e ampliando os impactos a jusante.

5.2.1 Instrumentos de Pesquisa

Na etapa seguinte, a análise buscou levantar as mineradoras com atividades legais e ilegais. Para isso, foi feito um levantamento de dados secundários a respeito das informações desses empreendimentos na bacia hidrográfica do rio Cassiporé, como demonstrado na Figura 4.

Figura 4: Etapas metodológicas



Fonte: Elaborado pelos autores, 2025.

Para as análises espaciais foram utilizadas imagens de satélite Landsat 5 e 8, analisando a variação da cobertura vegetal nas áreas estudadas desde 1985 até

2024. Foi utilizado dados matriciais do Mapbiomas para fazer a pesquisa do uso e ocupação do solo, voltados apenas para o uso do solo em relação a mineração no estado do Amapá, durante o período de 1985 – 2024, que posteriormente, foram sistematizados no software QGIS 3.32, para separar e para identificar áreas de desmatamentos relacionadas a atividade mineral. Os trabalhos de análise e sistematização foram realizados nos anos de 2024 e início de 2025.

Para quantificar a área desmatada, foi selecionada apenas a camada de mineração do Mapbiomas, depois passou pelo processo de vetorização, no processamento (rast to vet), após esse procedimento, foi possível quantificar o total desmatado pela mineração na bacia do rio Cassiporé.

A partir do levantamento de dados dos empreendimentos, foi realizada uma análise descritiva e qualitativa dos elementos coletados. Com base nessa etapa, conduziu-se uma revisão sobre os impactos associados à atividade mineradora, com a análise de três temas específicos: contaminação no meio físico em recursos hídricos e solo, remoção da cobertura vegetal e impactos na biota (ictiofauna), buscando verificar como a mineração tanto de grande e pequeno porte pode afetar o meio ambiental, econômico e social.

Na sequência, foram identificadas as áreas que estão sob influência dos empreendimentos minerários, a partir do método de Melo *et al.* (2023), que realiza o cruzamento das informações obtidas. Para isso foram utilizadas geotecnologias e base de dados vetoriais e matriciais, de onde foi possível integrar e analisar os diversos impactos na zona costeira a partir do uso da altimetria, modelo digital do terreno (MDT) para analisar por onde esses materiais orgânicos e poluentes contaminantes podem chegar nas regiões de jusante a partir das bacias hidrográficas.

Por fim, foram confeccionados mapas temáticos no software Qgis 3.32.0 que evidenciam as áreas que já foram e aquelas que podem ser afetadas pelas atividades mineradoras, apontando os influxos e a extensão de suas influências, considerando elementos, tanto ambientais e socioeconômicos. O Sistema de Referência de Coordenadas (SRC) usado foi o DATUM SIRGAS 2000, padrão oficial do Brasil.

A escala utilizada na produção cartográfica variou conforme o nível de

detalhamento requerido para as análises. Nos mapas gerais do estado do Amapá (Figuras 1, 5, 10, 11, 12) foi adotada a escala de 1:950.000. Para o mapa de análise de cobertura vegetal (Figura 6), a escala foi ajustada de acordo com a área de estudo, utilizando escala 1:330.000. No mapa de uso e cobertura do solo (Figura 5), foi utilizada a escala 1:1.000.000, cobertura de vegetal (Figura 3) a escala adotada foi de 1:1.000.000 e 1:2.000.000 para a plataforma continental (Figura 14).

6 RESULTADOS

Os principais efeitos e impactos identificados ao longo da bacia do rio Cassiporé estão diretamente associados às atividades da Cooperativa de Mineração dos Garimpeiros do Lourenço (COOGAL), localizada na porção de montante da bacia, no limite entre os municípios de Oiapoque e Calçoene. A posição estratégica desse empreendimento (situado na borda superior do sistema hidrográfico) favorece a propagação de sedimentos, rejeitos e alterações ambientais ao longo dos cursos d'água, alcançando trechos médios e de jusante.

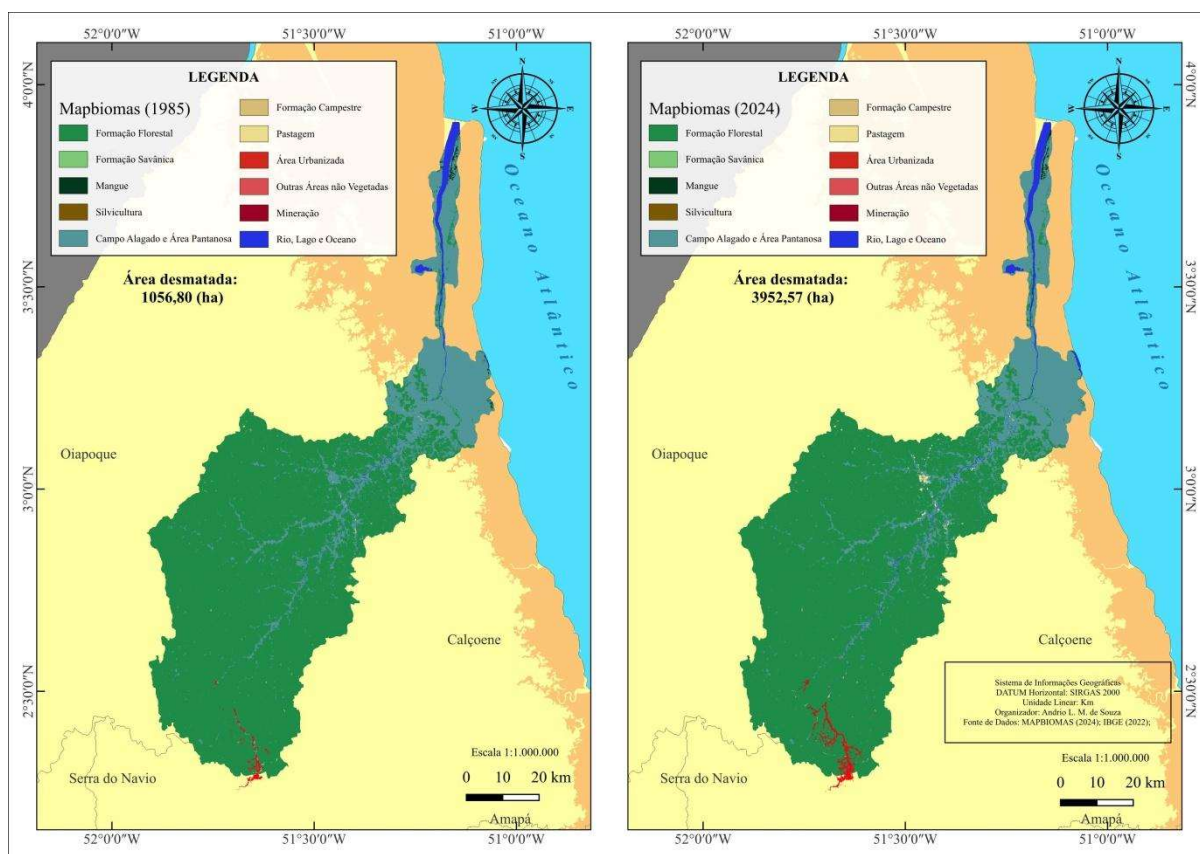
A comparação entre os mapas de uso e cobertura da terra (Figura 5) evidencia mudanças significativas na dinâmica espacial da bacia do rio Cassiporé entre 1985 e 2024. Em 1985, a paisagem era majoritariamente composta por formação florestal, distribuída de forma contínua por quase toda a bacia, com uma área desmatada de 1056,80 hectares. As áreas de campinarana, mangue e campo alagado apareciam em trechos específicos, enquanto regiões associadas à mineração, concentradas no extremo sul da bacia, apresentavam menor extensão e baixa fragmentação. Naquele período, praticamente não havia registros de pastagem ou área urbanizada dentro dos limites da bacia.

Em 2024, o mapeamento revela um aumento expressivo de áreas convertidas para mineração, especialmente na porção sul e sudeste, onde se localiza o distrito do Lourenço. Essas áreas, representadas em vermelho, tornaram-se mais extensas e contínuas, indicando intensificação das atividades extrativas, somando ao todo 3952,57 hectares de área desmatada.

Embora a formação florestal ainda predomine, a distribuição dessa classe mostra maior descontinuidade, principalmente nas áreas próximas às frentes de lavra. Além disso, pequenas manchas de pastagem e outras áreas não vegetadas surgem em trechos isolados, reforçando o avanço da ocupação antrópica. Esse

conjunto de alterações demonstra uma tendência progressiva de expansão da atividade minerária ao longo das últimas décadas, acompanhada por perda local de vegetação e aumento de áreas degradadas.

Figura 5: Mapa de quantificação de desmatamento na bacia hidrográfica



Fonte: Elaborado pelos autores, 2025.

A análise espacial permitiu identificar extensas áreas de desmatamento e descaracterização da paisagem ao redor do distrito minerário, bem como mapear as zonas de influência hidrossedimentar a partir da altimetria, evidenciando que os impactos gerados a montante tendem a se acumular e desaguar no estuário e, posteriormente, na zona costeira do Amapá.

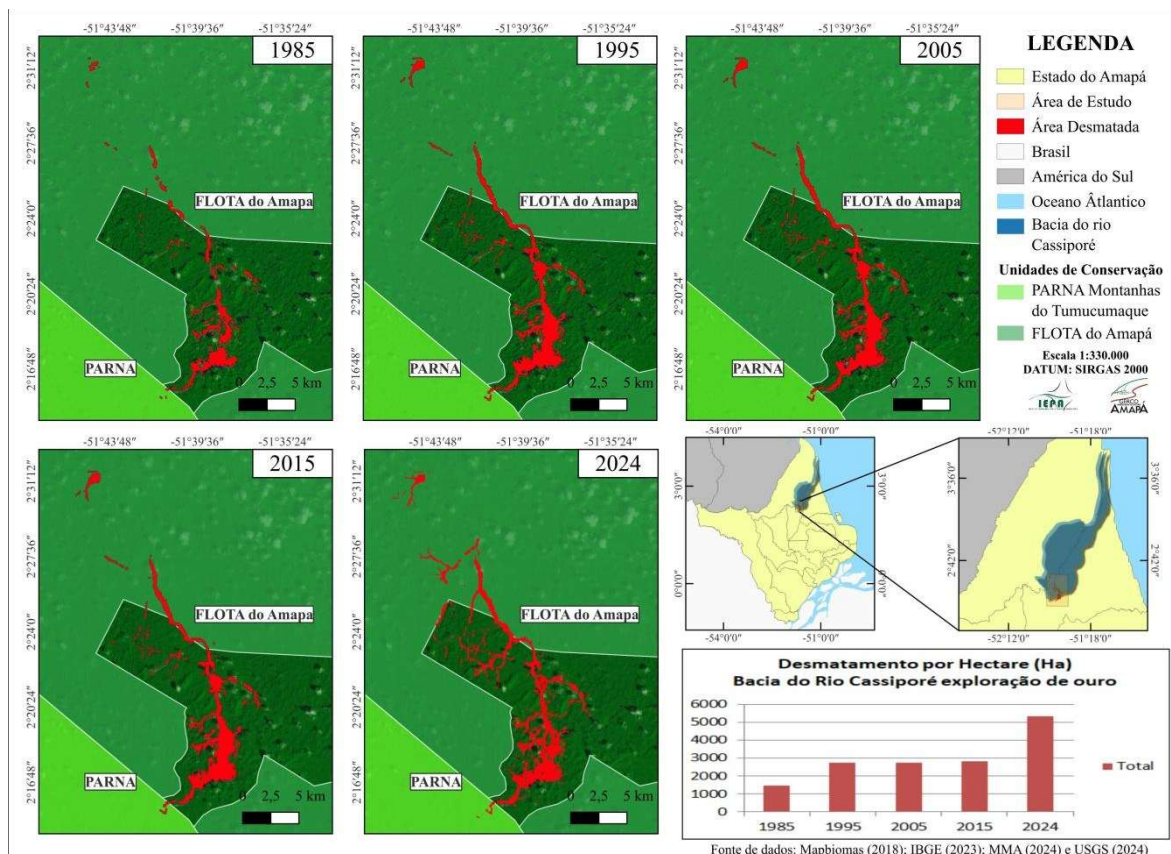
Os resultados encontrados com as análises espaciais, apontam para uma série de impactos significativos relacionados a dispersão de substâncias utilizadas no processo de extração mineral. Além disso, a descaracterização da paisagem apresenta uma interferência no ambiente quando um empreendimento se insere em uma região de floresta densa, visto que uma parcela significativa de áreas naturais, transformaram-se em terrenos altamente degradados, o que fica explícito nas análises seguintes.

A análise espacial evidencia como as práticas de mineração ao longo das últimas décadas têm alterado significativamente o meio físico da bacia do rio Cassiporé, principalmente em relação à perda de cobertura vegetal e à exposição do solo. A Figura 6 ilustra essas mudanças ao mostrar a expansão das áreas desmatadas dentro e no entorno das Unidades de Conservação, especialmente no Parque Nacional Montanhas do Tumucumaque (PARNA) e na Floresta Estadual do Amapá (FLOTA). Observa-se que grande parte das aberturas associadas ao garimpo se concentra sobre a FLOTA, avançando em direção ao limite do PARNA, o que evidencia um processo contínuo de pressão antrópica sobre áreas destinadas à conservação.

A evolução temporal do desmatamento demonstra a intensidade dessa transformação. Em 1985, a área degradada somava aproximadamente 1.460,11 ha, concentrada principalmente em torno das frentes de extração da Mineração Novo Astro (MNA). Em 1995, ano de encerramento das operações da empresa, essa área já havia aumentado para 2.733,91 ha, indicando forte expansão das clareiras durante o período de atividade legal.

Em 2024, sob gestão atual da COOGAL, o desmatamento acumulado alcançou 5.331,85 ha, revelando que, mesmo após o término da concessão da MNA, a abertura de novas áreas continuou a crescer. A Figura 6 sintetiza essa evolução, mostrando que o avanço do desmatamento ocorre de forma contínua e progressiva, com impactos diretos sobre o solo, os cursos d'água e os limites das Unidades de Conservação, reforçando a pressão exercida pela mineração sobre a integridade ambiental da bacia.

Figura 6: Mapa de análise multitemporal distrito do Lourenço (1985 - 2024)

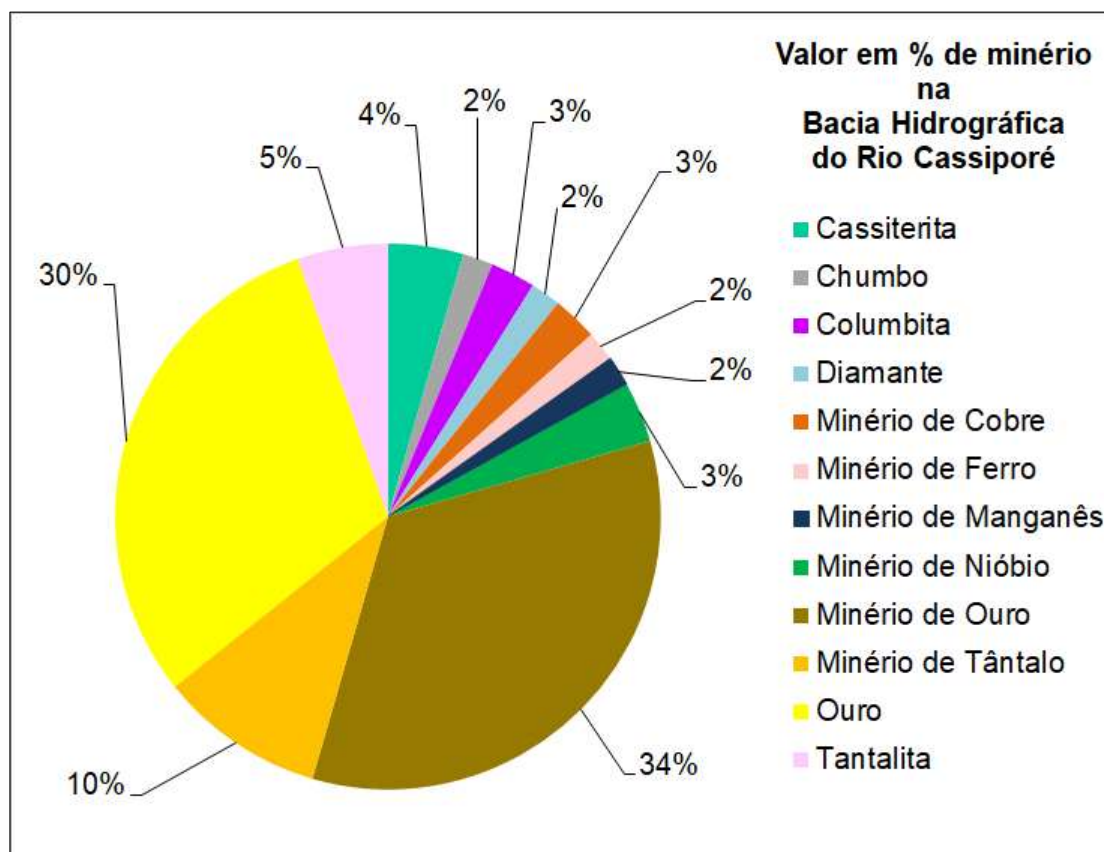


Fonte: Elaborado pelos autores, 2025.

O gráfico de composição mineral (Figura 7) complementa essa análise ao evidenciar que os principais recursos encontrados na bacia correspondem ao minério de ouro (34%), seguido por ouro (30%) e tântalo (10%), representando as maiores porcentagens de processos minerários associados à área. Minerais como cassiterita, columbita, nióbio, ferro, tantalita, cobre e diamante apresentam participação menor, variando entre 2% e 5% (ANM).

Essa predominância de ouro e minerais do grupo tântalo e tantalita estão diretamente relacionada às características geológicas da região, especialmente às rochas intrusivas e metavulcano-sedimentares, que favorecem a formação desses depósitos. A distribuição espacial desses processos, concentrada tanto na borda montante quanto em áreas centrais da bacia, reforça o papel da geologia local na determinação das áreas de maior interesse econômico.

Figura 7: Processos minerários ao longo da bacia do rio Cassiporé



Fonte: Elaborado pelos autores, 2025.

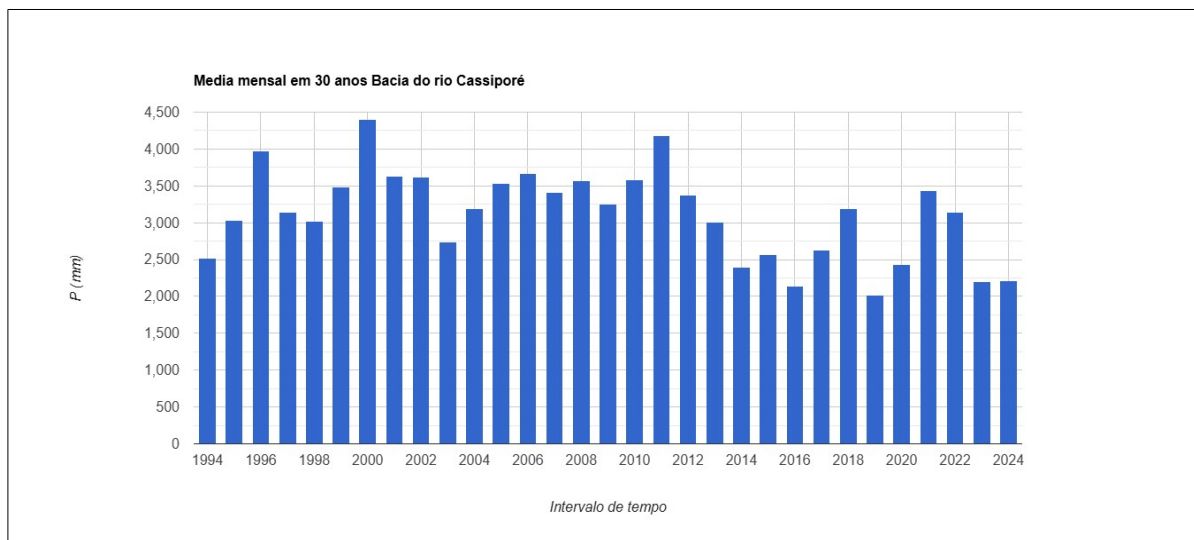
A análise pluviométrica da bacia do rio Cassiporé, obtida a partir da série histórica do produto CHIRPS (1994–2024) esta representada na Figura 8, mostra que a precipitação média anual da bacia hidrográfica do rio Cassiporé variou entre aproximadamente 2.100 mm e 4.400 mm, com média geral em torno de 3.200 a 3.400 mm/ano ao longo dos 30 anos avaliados.

Quando comparados aos padrões regionais, observa-se que o estado apresenta forte gradiente pluviométrico, valores superiores a 4.000 mm/ano dominam o nordeste, mais precisamente no município de Calçoene na área da bacia, enquanto os menores índices, próximos a 2.200 mm/ano, ocorrem nos extremos oeste e sul, Laranjal do Jari, Pedra Branca do Amapari, Porto Grande, Ferreira Gomes e Cutias.

A recorrência de anos com precipitações acima de 3.500 mm, como observado nos picos de 1996, 2000, 2006, 2011 e 2021, evidencia um regime pluviométrico intenso e altamente variável, característico da influência amazônica e da zona costeira, o que contribui para processos hidrológicos de maior energia e

favorece o transporte de sedimentos ao longo da bacia.

Figura 8: Dados pluviométricos CHIRPS



Fonte: CHIRPS, 2025.

7 DISCUSSÃO

A região do distrito do Lourenço possui histórico de exploração aurífera desde o século XX (Chagas, 2019; Oliveira, 2010) e, como documentado na literatura científica (Lima *et al.*, 2015; Venturieri *et al.*, 2017; Marmontel *et al.*, 2021; Mathis, 2012; Costa, 2016; Pinheiro e Aviz, 2019), configura-se hoje como uma das áreas mais degradadas da bacia do rio Cassiporé. A mineração artesanal tanto legal quanto ilegal tem atuado como principal vetor de transformação ambiental, impulsionando processos de desmatamento irregular, degradação do solo e comprometimento dos recursos hídricos, como observado na Figura 9.

Figura 9: Sobrevoo distrito do Lourenço áreas degradadas



Fonte: Saraiva, 2025.

A contaminação de rios e tributários por metais pesados, como cádmio, chumbo e, especialmente, mercúrio, é recorrente e já amplamente registrada em estudos regionais (Lima *et al.* 2015; Venturieri *et al.* 2017; Chagas, 2019), como também ilustrados na Figura 9. O sobrevoo realizado evidencia essas alterações de maneira clara, revelando mudanças significativas na configuração da paisagem ao longo dos anos e destacando os efeitos acumulados de sucessivas práticas minerárias no distrito do Lourenço.

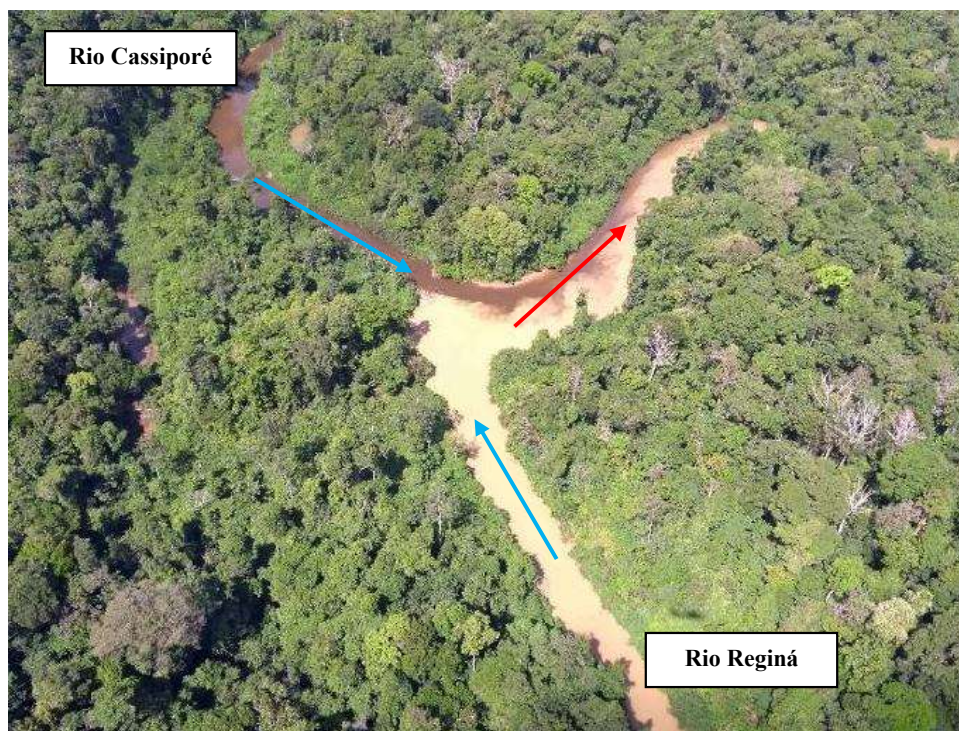
A montante da bacia do rio Cassiporé, no limite com a bacia do rio Calçoene, localiza-se a Cooperativa de Mineração dos Garimpeiros do Lourenço (COOGAL), uma das áreas de garimpo mais antigas da Amazônia Oriental (Chagas, 2019). Essa área de extração hoje é definida como de mineração artesanal, de menor escala, possui um longo histórico de exploração que remonta desde o século XVIII e foi centro de questões geopolíticas, e que já teve uma das maiores densidades populacionais do estado (Mathis, 2012; Chagas 2019).

A região do Lourenço, uma área marcada pela atividade de garimpo, segundo estudos de Lima *et al.*, 2015 e Chagas, 2019, Marmontel *et al.*, 2021, apontam que essa atividade antropogênica acaba por despejar de forma direta e inadequada rejeitos em cursos d'água sem nenhuma forma de tratamento, que porventura caem em pequenos córregos e igarapés que desaguam no rio Reginá, e posteriormente, no rio Cassiporé até a foz (Figura 10).

Na Figura 10, observa-se a confluência entre o rio Reginá e o rio Cassiporé, principal curso da bacia, bem como a elevada carga de sólidos em suspensão transportada pelo Reginá. Esse material é resultado da intensa lixiviação de sedimentos proveniente das áreas de garimpo instaladas no distrito do Lourenço, onde nascem ambos os rios (Pinheiro e Aviz, 2019).

Conforme demonstrado por Lima *et al.* (2015), os dois tributários representam os trechos mais impactados da bacia, uma vez que as nascentes dos rios Cassiporé e Reginá estão localizados no distrito minerário do Lourenço, e recebem diretamente os rejeitos da atividade minerária sem qualquer tratamento incluindo cádmio, cromo, cobre, chumbo, zinco e, sobretudo, mercúrio.

Figura 10: Confluência do rio Cassiporé e Reginá



Fonte: Pinheiro e Aviz, 2019.

Os resultados de anos de exploração e perda de cobertura vegetal estão representados na Figura 6. A análise espacial realizada entre 1985 a 2023 revelou um aumento expressivo das áreas desmatadas associadas à Mineração Novo Astro (MNA), que tinha concessão de lavra entre 1985 e 1995. Em 1985, a área desmatada e degradada totalizava aproximadamente 1.460,11 hectares, aumentando para 2.733,91 hectares em 1995, ano de encerramento da atividade da empresa. Em 2024, a área, que hoje pertence à COOGAL, atingiu 5331,85 hectares, conforme apresentado no gráfico da Figura 6.

Em 2012, Mathis fez uma análise sobre o encerramento da Mineração Novo Astro (MNA), atual Cooperativa de Mineração dos Garimpeiros do Lourenço (COOGAL), em relação a áreas impactadas segundo uma leitura no relatório final do Programa de Recuperação de Áreas Degradadas e Monitoramento Ambiental (PRADE), de que o impacto que o empreendimento tinha deixado após o encerramento de sua atividade em 1995 não condizia com o que foi apresentado no relatório final.

Outra ponderação é fortemente apontada no trabalho de Ferreira *et al.*

(2024), que evidencia como garimpeiros no município de Oiapoque atuam de forma isolada e clandestina no PARNA Tumucumaque e florestas da Guiana Francesa, frequentemente envolvidos em crimes contra comunidades indígenas e na prática de trabalho análogo à escravidão. Essas ações, por vezes, acabam resultando em episódios de violência, trabalho extremo e mortes.

Esses impactos se interseccionam com outros como a contaminação dos corpos hídricos e solos por metais pesados, como mercúrio, cádmio e chumbo (Costa *et al.*, 2021). Esse problema se intensifica em comunidades próximas às áreas de extração mineral, onde foram observados casos de doenças que podem estar diretamente relacionadas à exposição a esses elementos tóxicos, pois essas comunidades necessitam da pesca para subsistência, então a falta de um monitoramento nesses organismos acaba também impactando a fauna presente nessas regiões (Lima *et al.*, 2015).

Outra problemática relacionada a essa atividade é a contaminação que ocorre na biota aquática da bacia do rio Cassiporé. Estudos de Hacon *et al.* (2020); Marmontel *et al.* (2021), apontam que o despejo de material contaminante, como o mercúrio, acaba por impactar a já reduzida densidade populacional de botos naquele ambiente, dificultando a reprodução da espécie e ameaçando sua permanência na região.

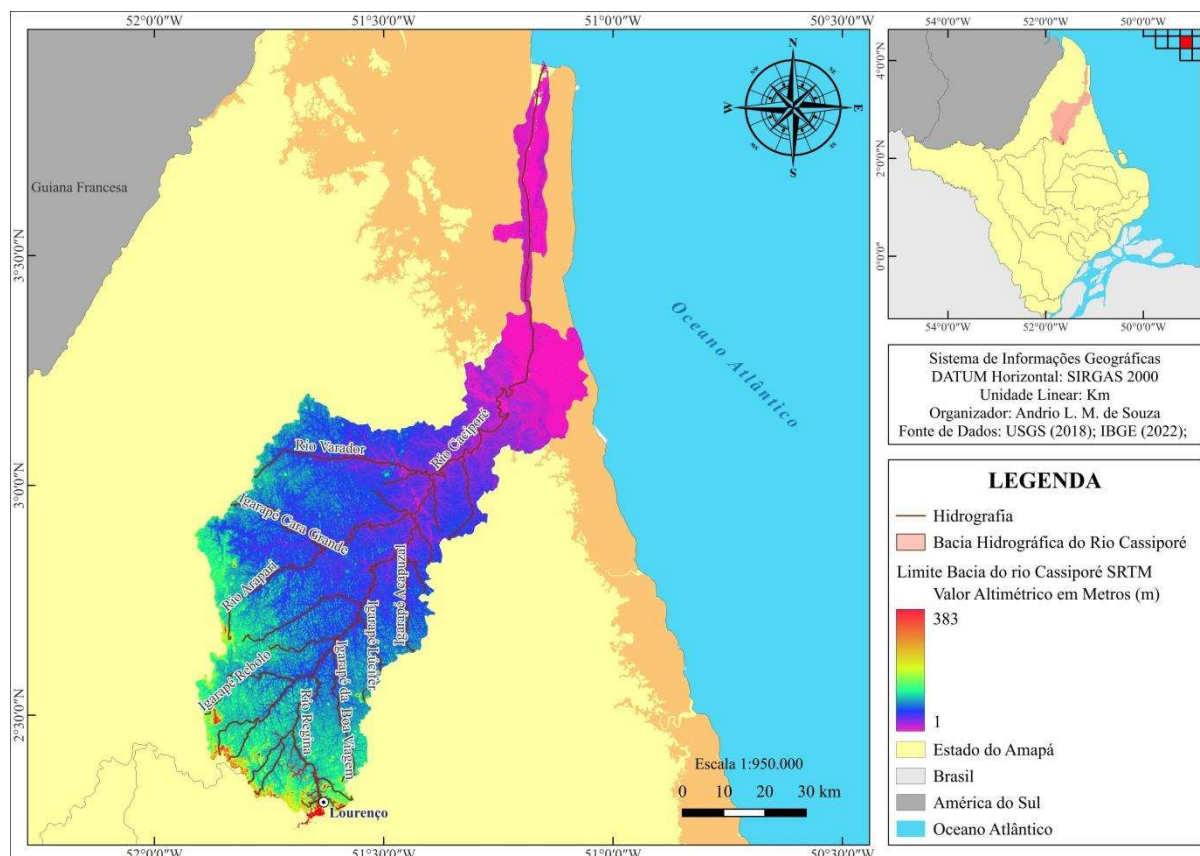
A configuração geológica da bacia do rio Cassiporé evidencia uma estrutura composta majoritariamente por rochas do embasamento cristalino do Escudo das Guianas, representadas por unidades como o Charnockito Calçoene, as Suítes Intrusivas Cassiporé e Falsino e os complexos metavulcano-sedimentares associados ao Grupo Lourenço (Teixeira *et al.*, 1989; Lafon, Delor e Barbosa, 2001). A presença dessas unidades, ricas em quartzo, feldspato e minerais acessórios com potencial aurífero, explica historicamente a instalação de frentes de exploração mineral na região, tanto legais quanto ilegais (Rauber e Palhares 2022).

Essas litologias se distribuem especialmente na porção centro-oeste e sudoeste da bacia, justamente onde também se concentram processos minerários registrados pela ANM, incluindo ouro, manganês, ferro, tântalo e diamante (Teixeira *et al.*, 1989; Delor *et al.*, 2003). A sobreposição dessas unidades geológicas com registros de processos minerários indica não apenas a atratividade econômica da

área, mas também a elevada vulnerabilidade ambiental associada à extração, já que a atividade ocorre sobre formações que, ao serem expostas, liberam sedimentos finos e metais que se tornam facilmente disponíveis para transporte hídrico (Lima *et al.*, 2015).

A altimetria reforça esse quadro, pois grande parte dos empreendimentos minerários (formais e informais) se localiza na borda montante da bacia (Figura 11), justamente nas áreas de maior elevação, onde nascem os rios Cassiporé e Reginá, os dois cursos mais diretamente impactados (Lima *et al.*, 2015). Essa posição estratégica cria uma dinâmica hidrossedimentológica crítica, pois qualquer alteração no topo da bacia tende a produzir impacto cumulativo na direção jusante (Kennish, 2002; Nicolodi, Zamboni e Barroso, 2009, Sánchez *et al.*, 2022).

Figura 11: Mapa Altimétrico da Bacia Hidrográfica do rio Cassiporé



Fonte: Elaborado pelos autores, 2025.

O padrão observado é semelhante ao descrito em desastres como Mariana e Brumadinho, pois na Bacia do rio Cassiporé as barragens ficam na cabeceira da bacia, e não existe nenhuma barreira de contenção, o que implica na liberação contínua de rejeitos por garimpos instalados sobre rochas friáveis ou lateríticas

(Pinheiro e Aviz, 2019; Lima *et al.*, 2015).

A borda da bacia funciona como um ponto de difusão: sedimentos contaminados e efluentes da lavagem de minério descem e se acumulam nos trechos médios e inferiores, afetando não apenas os leitos fluviais, mas também áreas de várzea, igarapés adjacentes e, por fim, a zona costeira (Lima *et al.*, 2015; Souza Hacon *et al.*, 2020).

Nesse sentido, como observado na Figura 12, os empreendimentos a montante de bacias hidrográficas acabam sendo propulsores de impactos por estarem na borda das bacias, saindo da parte mais alta dessa, podendo afetar ambientes, como meio físico, biótico e as comunidades tradicionais ao longo da bacia, como em Mariana e Brumadinho (Silva *et al.*, 2019; Silva *et al.*, 2022). O alteamento de barragens de rejeitos a montante dessas bacias ocorrem por ser um método barato por conta dos próprios rejeitos para construção da barragem Figura 11 (Silva *et al.*, 2019).

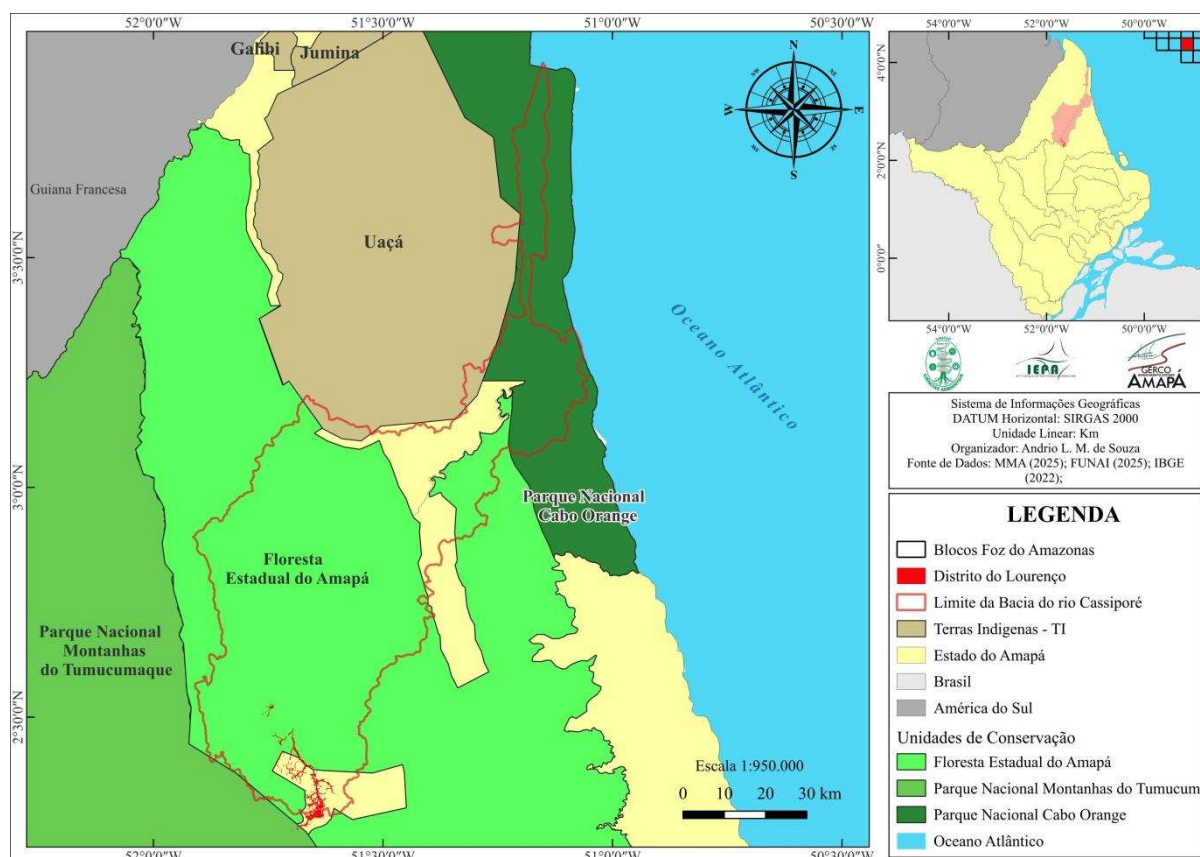
A combinação entre geologia favorável à exploração, processos minerários dispersos e posição altimétrica elevada amplia a probabilidade de transporte de metais pesados, compromete a qualidade da água e representa um risco concreto para a biota aquática, a segurança alimentar das comunidades ribeirinhas e a integridade dos sistemas estuarinos do norte do Amapá.

Estudo realizado por Costa (2016) aponta que a provisão de água para comunidades situadas ao longo da bacia do rio Cassiporé tem sido diretamente comprometida por atividades ilegais desenvolvidas em seu entorno. O avanço do desmatamento intensifica processos de assoreamento nos cursos d'água e favorece o transporte de sedimentos carregados de contaminantes oriundos da mineração, que acabam alcançando os pequenos tributários e, posteriormente, o rio principal.

Para muitas dessas comunidades, o rio representa a principal fonte de água para consumo, agricultura, pesca e pecuária, de modo que qualquer alteração na qualidade hídrica repercute de forma imediata em seus modos de vida. Assim, a degradação ambiental induzida pela ação humana não apenas compromete a integridade dos ecossistemas aquáticos, mas também afeta diretamente a segurança hídrica e alimentar de populações que dependem essencialmente dos recursos naturais da bacia para sua subsistência (Figura 12).

Essas áreas ocupam extensões significativas tanto no alto curso da bacia quanto em trechos próximos à zona costeira, reforçando seu papel na manutenção da integridade ambiental e sociocultural da região. Entretanto, a presença do distrito minerário do Lourenço justamente no limite entre UC e TI revela uma sobreposição de pressões que pode comprometer a efetividade da conservação.

Figura 13: Mapa de Unidades de Conservação



Fonte: Elaborado pelos autores, 2025.

O desmatamento decorrente de atividades legais e, sobretudo, ilegais, atua como um fator agravante nesse processo, favorecendo a erosão das encostas, o lixiviamento de partículas contaminadas por metais pesados e o assoreamento progressivo dos cursos d'água.

Embora as atividades mineradoras na bacia do rio Cassiporé estejam concentradas em sua borda, os impactos tendem a se propagar para jusante devido à forte conectividade hidrológica do sistema, característica fundamental das bacias amazônicas (Kjerfve, 1990).

O transporte de sedimentos contaminados e a alteração da qualidade da água gerada pela atividade mineradora encontram nos manguezais da foz um

ambiente particularmente vulnerável, uma vez que esses ecossistemas funcionam como zonas naturais de retenção e acúmulo de finos e matéria orgânica (Alongi, 2002).

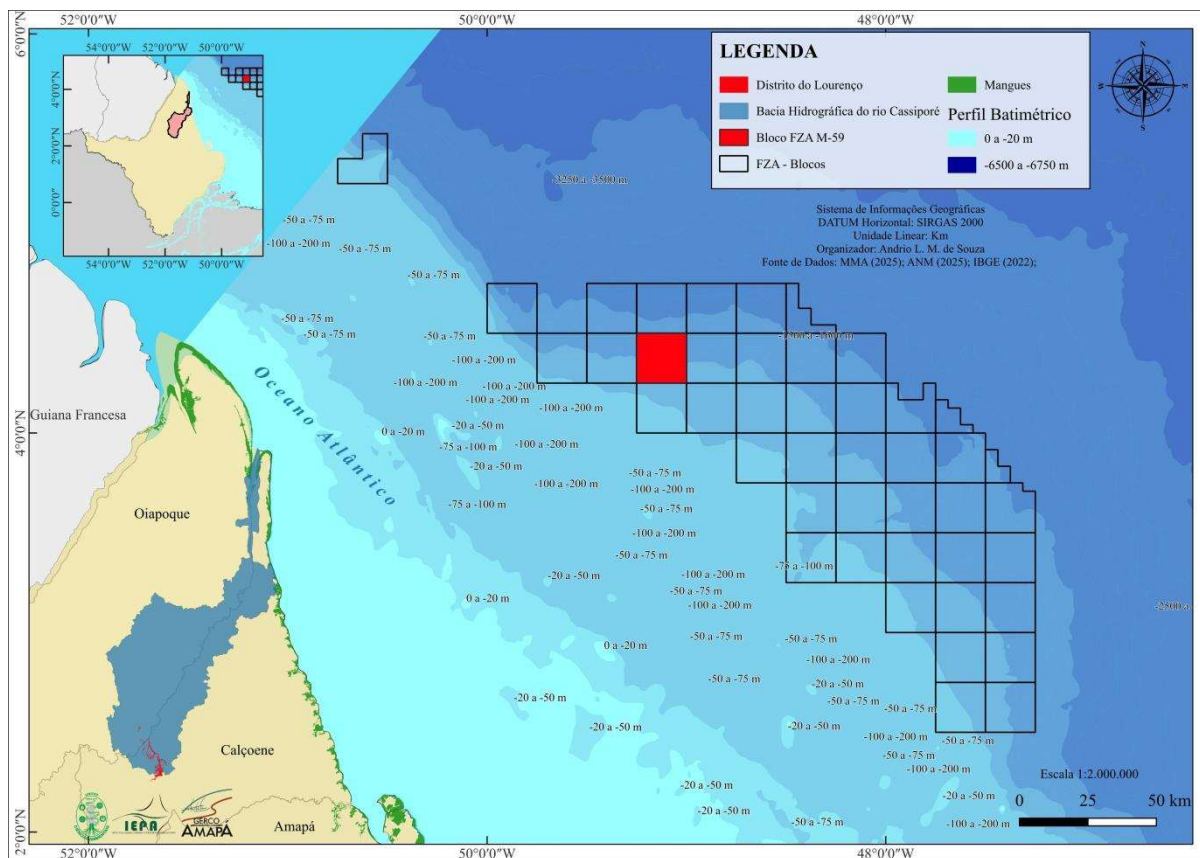
Por serem altamente eficientes em aprisionar sedimentos, os manguezais acabam atuando como receptores finais de contaminantes liberados a montante, sobretudo metais pesados, que tendem a se acumular nos solos anaeróbios ricos em matéria orgânica, típicos desses ambientes (Lacerda, 1998; 2002). Essa dinâmica afeta processos essenciais como regeneração, ciclagem de nutrientes e produtividade primária, comprometendo a integridade ecológica do manguezal e a fauna associada, incluindo crustáceos, peixes e organismos bentônicos diretamente expostos aos contaminantes.

Além disso, conforme apontado por Schaeffer-Novelli (1995; 2000), a estabilidade e o funcionamento do manguezal dependem da manutenção do equilíbrio hidrossedimentar, o qual é facilmente perturbado pelo aporte excessivo de sedimentos e poluentes transportados pelos rios. Assim, a combinação entre conectividade fluvial e capacidade de retenção de contaminantes torna os manguezais da foz do Cassiporé ambientes altamente sensíveis, impactando também serviços ecossistêmicos essenciais à subsistência das comunidades locais (Figura 14).

A Figura 14 evidencia que esses ambientes encontram-se diretamente expostos a pressões antrópicas provenientes tanto da dinâmica continental marcada pelo avanço da mineração a montante quanto da esfera marinha, onde se destaca o bloco FZA-M59, autorizado para exploração petrolífera.

A proximidade entre os manguezais e a área concessionada (em vermelho) tem uma faixa de 207 km, intensifica a vulnerabilidade socioambiental da região, uma vez que eventuais vazamentos, derramamentos ou alterações hidrossedimentares decorrentes de perfurações offshore podem comprometer de forma irreversível a integridade desses habitats.

Figura 14: Mapa da Plataforma Continental

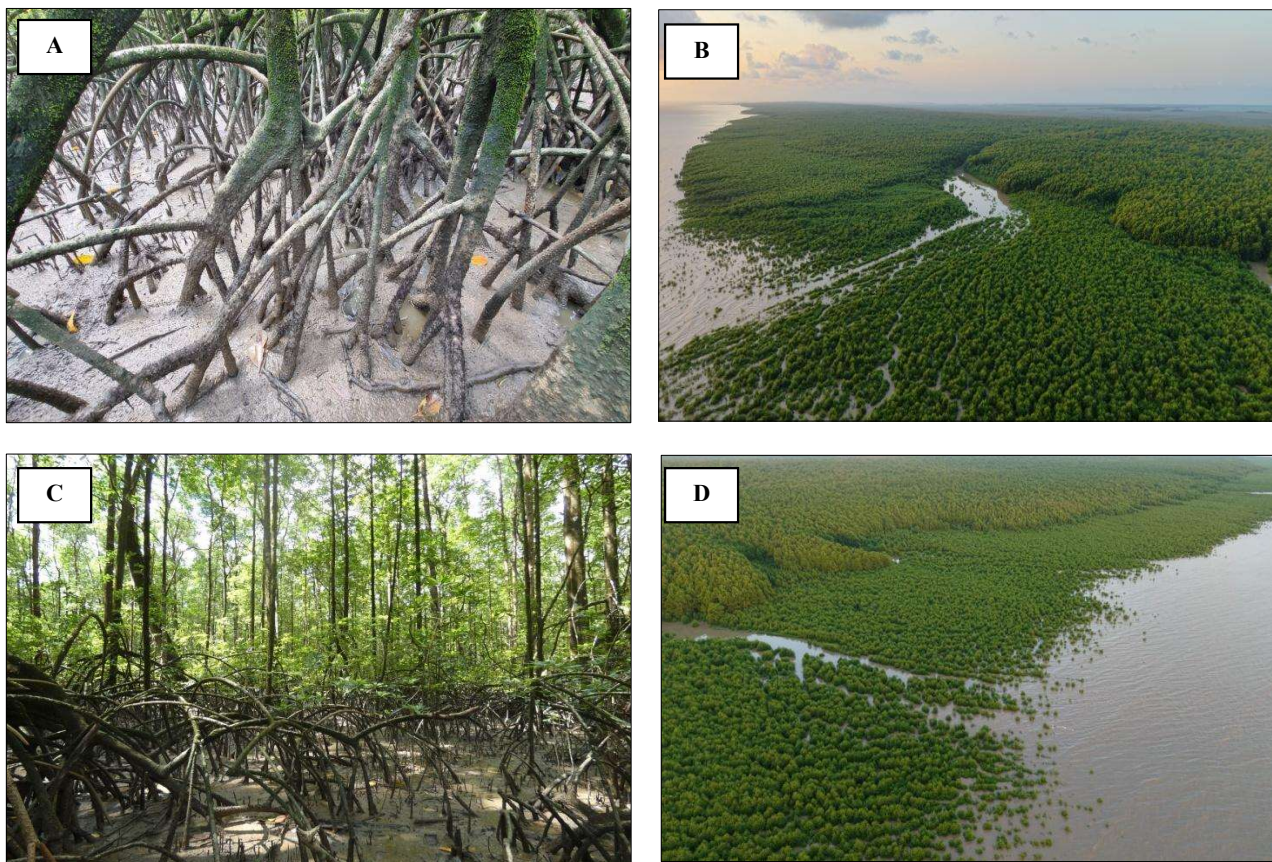


Fonte: Elaborado pelos autores, 2025.

Os manguezais do Parque Nacional do Cabo Orange representam um dos maiores e mais contínuos bosques de mangue do Brasil, formados pela interação entre as águas dos rios Oiapoque e Cassiporé e a influência das marés do Atlântico (Novelli e Vale, 2018). Essa combinação cria extensas planícies fluviomarinhas que favorecem o desenvolvimento de manguezais dominados pela dinâmica fluvial, pelo regime de marés, conforme descrito por Thom (1982).

A partir dessa região, a costa torna-se menos recortada e passa a abrigar estuários, igarapés e cordões arenosos que se distribuem ao longo do litoral norte do Amapá, reforçando o papel desses manguezais na proteção costeira, retenção de sedimentos e sustentação da biodiversidade associada (Figura 15) (Novelli e Vale, 2018).

Figura 15: Manguezal da foz do rio Cassiporé e PARNA Caborange



Fonte: Instituto Entreparkes, 2023; Pandilha, 2024.

Somado ao aporte contínuo de sedimentos e contaminantes oriundos do garimpo, o risco combinado de mineração e exploração de petróleo podem tornar os manguezais da foz do Cassiporé particularmente suscetíveis a impactos cumulativos, ameaçando os serviços ecossistêmicos essenciais oferecidos a comunidades pesqueiras e aos ecossistemas costeiros do extremo norte do Amapá.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho buscou contribuir para a compreensão de como atividades antrópicas desenvolvidas nas cabeceiras da bacia hidrográfica do rio Cassiporé, especialmente a mineração, podem desencadear alterações significativas nas dinâmicas físicas, biológicas e socioeconômicas ao longo de todo o sistema hidrográfico. A partir da integração de análises espaciais multitemporais, dados pluviométricos e informações ambientais secundárias, foi possível evidenciar que intervenções concentradas na porção montante da bacia não permanecem espacialmente restritas, mas tendem a se propagar progressivamente para jusante, afetando a qualidade da água, os ecossistemas fluviais e, por fim, os ambientes costeiros associados.

Os resultados reforçam que a conectividade fluvial constitui o elemento central para a compreensão dessa dinâmica. A estrutura altimétrica da bacia, associada à densa rede de drenagem e ao regime pluviométrico elevado da região, favorece o transporte hidrossedimentar de partículas e potenciais contaminantes desde as áreas de garimpo até os trechos médios, estuarinos e costeiros. Assim, os impactos observados não devem ser analisados de forma pontual ou isolada, mas como parte de um sistema integrado, no qual processos ocorridos nas cabeceiras reverberam ao longo de todo o continuum rio–estuário–costa, ampliando a vulnerabilidade ambiental dos manguezais e das comunidades que dependem desses ambientes.

Entretanto, o estudo apresenta limitações inerentes à abordagem adotada, sobretudo pela ausência de dados primários de campo que permitiriam aprofundar a análise da qualidade da água e dos sedimentos ao longo do rio Cassiporé e seus tributários. A dependência de bases secundárias, embora consistentes e amplamente reconhecidas, não substitui a necessidade de monitoramento sistemático que possibilite quantificar com maior precisão a magnitude da contaminação por metais pesados e os riscos associados à saúde humana e à fauna aquática. Além disso, a zona costeira, marcada pela presença de extensos manguezais e por novas pressões, como a exploração petrolífera offshore no bloco FZA-M59, ainda carece de estudos que integrem de forma mais robusta as dimensões continentais e marinhas dos impactos cumulativos.

Diante desse cenário, recomenda-se a ampliação de pesquisas voltadas à coleta e análise de sedimentos, água e biota ao longo de toda a bacia, com ênfase na modelagem do transporte de contaminantes e na avaliação da bioacumulação em organismos aquáticos. Também se destaca a necessidade de investigações específicas sobre o funcionamento ecológico dos manguezais da foz do Cassiporé, considerando sua função como áreas de retenção sedimentar e de elevada importância socioecológica.

Por fim, os achados deste estudo evidenciam a importância de uma abordagem de gestão integrada bacia-costa, que reconheça a interdependência entre processos continentais e marinhos. A formulação de políticas públicas, estratégias de monitoramento e ações de fiscalização deve considerar a bacia hidrográfica como unidade territorial de planejamento, articulada à gestão costeira, de modo a prevenir impactos cumulativos e garantir a manutenção dos serviços ecossistêmicos essenciais à segurança hídrica, alimentar e ambiental do extremo norte do Amapá.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMARAL, C. F. A. C.; BRITO, D. M. C.; COSTA, T. M. F. M.; MELÉM, T. M. F.; SILVA, E. A. C.; SILVA, P. S. F.; SILVA, W. S.; SILVA JUNIOR, O. M. da. *Atlas Geográfico Escolar do Estado do Amapá* [recurso eletrônico]. 2. ed. Porto Velho, RO: Temática Editora e Cursos; Macapá: Editora da Universidade Federal do Amapá, 2025.

ALMEIDA, R., C; SILVA, C. N., da SILVA, J. M. P. Impactos socioambientais da mineração industrial em barcarena, amazônia, brasil. In: SILVA, J.M.P.; ROCHA, G. M.; CARVALHO, A. C.; SOARES, D. A. S. (org.). *AMAZÔNIA, Conflitos, gestão e sustentabilidade territorial*. Pará: UFPA, 2024.p. 97-116.

ALONGI, D. M. Present state and future of the world's mangrove forests. *Environmental Conservation*, v. 29, n. 3, p. 331-349, 2002.

ALONGI, D. M. *The Energetics of Mangrove Forests*. Springer, 2018.

BATISTA, E. das M., SOUZA FILHO, P. W. M., SILVEIRA, O. F. M. da. (2009). Avaliação de áreas deposicionais e erosivas em cabos lamosos da zona costeira Amazônica através da análise multitemporal de imagens de sensores remotos. *Revista Brasileira De Geofísica*, 27, 83–96. <https://doi.org/10.1590/S0102-261X2009000500007>

BEZERRA, J. J. L.; LIRA, W. B.; SILVA, T. C. Impactos ambientais causados pela

mineração: uma análise da percepção de pequenos mineradores do município de Frei Martinho – PB. *Revista Monografias Ambientais*, v. 19, p. 8, 2020. DOI: <https://doi.org/10.5902/2236130841705>.

BRUM, P.R., PRAST, A.E., ESTEVES, F.A. Changes in the allocation of some chemical compounds in structures of *Oryza glumaepatula* (Steud) in an Amazonian lake subjected to an anthropic impact (Lake Batata, Porto Trombetas). In: Caffrey, J.M., Dutartre, A., Haury, J., Murphy, K.J., Wade, P.M. (eds) *Macrophytes in Aquatic Ecosystems: From Biology to Management. Developments in Hydrobiology*, 2006, vol 190. Springer, Dordrecht DOI: https://doi.org/10.1007/978-1-4020-5390-0_4

CALLISTO, M., ESTEVES, F.A. (1996) Macroinvertebrados Bentônicos Em Dois Lagos Amazônicos: Lago Batata (Um Ecosystema Impactado Por Rejeito De Bauxita) E Lago Mussurá (Brasil). *Acta Limnologica Brasiliensia*. Vol.8, 137-147.

CAMACHO, C. S.; MORENO, M. S.; MADRID, S. M.; URIBE, R. P.; NEGRETE, J. M.; DÍEZ, S. A human health risk assessment of methylmercury, arsenic and metals in a tropical river basin impacted by gold mining in the Colombian Pacific region. *Environmental Research*, v. 212, p. 113120, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.envres.2022.113120>.

CARMO, F. F.; KAMINO, L. H. Y.; JUNIOR, R. T.; CAMPOS, I. C.; SILVINO, G.; CASTRO, K. J.; MAURO, M. L.; RODRIGUES, N.; MIRANDA, M.; PINTO, C. E. F. Fundão tailings dam failures: the environment tragedy of the largest technological disaster of Brazilian mining in global context. *Perspectives in Ecology and Conservation*, v. 15, p. 145–151, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.pecon.2017.06.002>.

COSTA, M. L. Valoração econômica do serviço de provisão de água na Bacia do Rio Cassiporé, no Estado do Amapá. 2016. 96 f., il. Dissertação (Mestrado em Gestão Econômica do Meio Ambiente)—Universidade de Brasília, Brasília, 2016.

COSTA, M. L.; NOGUEIRA, J. M.; GUADALUPE, J. V. Valoração do serviço de provisão de água da bacia do rio Cassiporé, no estado do Amapá, Brasil. *Novos Cadernos NAEA*, v. 24, n. 2, 2021. Disponível em: <https://www.periodicos.ufpa.br/index.php/ncn/article/view/7724>.

CHAGAS, M. A. A. A Geopolítica do Garimpo do Lourenço, Norte do Amapá: trajetória, contradições e insustentabilidade. *Boletim Goiano de Geografia*, Goiânia, v. 39, p. 1-18, 2019. DOI: <https://doi.org/10.5216/bgg.v39i0.55253>.

DURAND, J. F. The impact of gold mining on the Witwatersrand on the rivers and karst system of Gauteng and North West Province, South Africa. *Journal of African Earth Sciences*, v. 68, p. 24-43, 2012. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jafrearsci.2012.03.013>.

DRUMMOND, J. A.; PEREIRA, M. A. P. O Amapá nos tempos do manganês: um estudo sobre o desenvolvimento de um estado amazônico (1943-2000). Rio de Janeiro: Garamond, 2007. 487 p.

DRUMMOND, J. A.; DIAS, T. C. A. C. D.; BRITO, M. C. B. Atlas das Unidades de Conservação do Amapá. Macapá: MMA/IBAMA-AP; GEA/SEMA, 2008.

DELOR, C.; LAFON, J.-M.; HERVÉ, T.; ROEVER, E. PALEOPROTEROZOIC CRUSTAL GROWTH AND ARCHITECTURE OF THE GUIANA SHIELD: NEW INSIGHTS AND PROSPECTIVE RESEARCH. In: VIII Simpósio de Geologia da Amazônia – Manaus – Amazonas. 9 a 13 de novembro de 2003. Disponível em: <https://arquivos.sbg-no.org.br/BASES/Anais%208%20Simp%20Geol%20Amaz%20Nov-2003-Manaus.pdf>

FARIAS, C. E. G. Mineração e meio ambiente no Brasil. PNUD – Contrato 2002/001604. Centro de Gestão e Estudos Estratégicos, 2002. 42 p. Disponível em: <https://repositorio.mcti.gov.br/handle/mctic/5224>.

FERREIRA, H.; CUNHA, V.; REIS, M. M.; ARMSTRONG, K.; PALMIERI, P. Dinâmicas da violência no território brasileiro: Amapá. In: SANTOS, M. P. G. (org.). *Dinâmicas da violência e da criminalidade na região norte do Brasil*. Brasília: Ipea, 2024. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.38116/978-65-5635-072-1/capitulo3>.

GOMES, L. E. O.; CORREA, L. B.; SÁ, F.; NETO, R. R.; BERNARDINO, A. F. The impacts of the Samarco mine tailing spill on the Rio Doce estuary, Eastern Brazil. *Marine Pollution Bulletin*, v. 120, n. 1-2, p. 28-36, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2017.04.056>.

HACON, S.; OLIVEIRA-DA-COSTA, M.; GAMA, C.; FERREIRA, R.; BASTA, P.; SCHRAMM, A.; YOKOTA, D. Mercury exposure through fish consumption in traditional communities in the Brazilian Northern Amazon. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, v. 17, n. 15, p. 5269, 2020. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijerph17155269>.

HATJE, V.; PEDREIRA, R. M. A.; REZENDE, C. E. et al. The environmental impacts of one of the largest tailing dam failures worldwide. *Scientific Reports*, v. 7, p. 10706, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-017-11143-x>.

KENNISH, M. J. Environmental threats and environmental future of estuaries. *Environmental Conservation*, v. 29, n. 1, p. 78-107, 2002. DOI: <https://doi.org/10.1017/S0376892902000061>.

KJERFVE, B. Manual for investigation of hydrological processes in mangrove ecosystems. UNESCO, 1990.

LACERDA, L. D. Mangrove Ecosystems: Function and Management. Springer, 2002.

LACERDA, L. D. Biogeochemistry of trace metals and metalloids in mangrove forests. *Brazilian Journal of Biology*, v. 58, n. 1, p. 9-16, 1998.

LIMA, D. P. D.; SANTOS, C.; SILVA, R. D. S.; YOSHIOKA, E. T. O.; BEZERRA, R. M. Contaminação por metais pesados em peixes e água da bacia do rio Cassiporé,

Estado do Amapá, Brasil. *Acta Amazonica*, v. 45, n. 4, p. 405-414, 2015. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1809-4392201403995>.

M'KANDAWIRE, E.; CHOONGO, K.; YABE, J.; MWASE, M.; SAASA, N.; NAKAYAMA, S. M.; BLINDAUER, C. A. Sediment metal contamination in the Kafue River of Zambia and ecological risk assessment. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, v. 99, n. 1, p. 108-116, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00128-017-2089-3>.

MAGRIS, R. A.; MARTA-ALMEIDA, M.; MONTEIRO, J. A. F.; BAN, N. C. A modelling approach to assess the impact of land mining on marine biodiversity: assessment in coastal catchments experiencing catastrophic events (SW Brazil). *Science of the Total Environment*, v. 659, p. 828-840, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.12.238>.

MATHIS, A. Extração versus conservação – garimpagem de ouro e política de conservação no Estado do Amapá (Paper 289). *Papers do NAEA*, v. 1, n. 1.

MARMONTEL, M.; LIMA, S. D.; FUNI, C.; SANTOS, F. V.; COSTA, O. M. Unveiling the conservation status of *Inia* and *Sotalia* in the Brazilian northeastern Amazon. *Aquatic Mammals*, v. 47, n. 4, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1578/AM.47.4.2021.376>.

MANCINI, L.; SALA, S. Social impact assessment in the mining sector: review and comparison of indicators frameworks. *Resources Policy*, v. 57, p. 98-111, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2018.02.002>.

MELO, J.; CARMONA, S.; FUNI, C.; SANTOS, V. Mapeamento de áreas potencialmente impactadas por barragens de rejeito no Estado do Amapá. In: *SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 20.*, Florianópolis, 2023. Anais eletrônicos... Florianópolis: Centro de Convenções de Florianópolis, 2023. Disponível em: <https://proceedings.science/sbsr-2023/trabalhos/mapeamento-de-areas-potencialmente-impactadas-por-barragens-de-rejeito-no-estado?lang=pt-br>.

MELENDI, L. P.; MARTINS, L. R. A. A Fundação Renova como forma corporativa: estratégias empresariais e arranjos institucionais no desastre da Samarco/Vale/BHP Billiton no rio Doce, Mariana (MG). *Ambientes: Revista de Geografia e Ecologia Política*, v. 3, n. 2, p. 206-250, 2021. DOI: <https://doi.org/10.48075/amb.v3i2.28438>.

MONTEIRO, M. A. Meio século de mineração industrial na Amazônia e suas implicações para o desenvolvimento regional. *Estudos Avançados*, v. 19, n. 53, p. 187-208, 2005. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-40142005000100012>.

NAZARÉ, M.L.; NASCIMENTO, P.M.R.; PENHA, R.S.; Grandes Projetos Em Barcarena-Pa: Impactos Socioambientais Causados Pelas Atividades Da Hydro Alunorte. *Revista Instituto Histórico e Geográfico do Pará*, v. 5, n. 2, 2018. DOI : <https://doi.org/10.17648/ihgp.v5i2>

NEVES, A. C. O.; NUNES, F. P.; CARVALHO, F. A.; FERNANDES, G. W. Neglect of ecosystems services by mining, and the worst environmental disaster in Brazil.

Natureza & Conservação, v. 14, p. 24-27, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ncon.2016.03.002>.

NICOLODI, J. L.; ZAMBONI, A.; BARROSO, G. Gestão integrada de bacias hidrográficas e zonas costeiras no Brasil: implicações para a região hidrográfica amazônica. *Revista de Gestão Costeira Integrada*, v. 9, p. 9-32, 2009. DOI: <https://doi.org/10.5894/rgci115>.

NOVELLI, S. Y. INSTITUTO CHICO MENDES DE CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE (ICMBio). Atlas dos Manguezais do Brasil. Brasília: Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade, 2018. 176 p. ISBN 978-85-61842-75-8.

OLIVEIRA, M. J. *Diagnóstico do setor mineral do Estado do Amapá*. Macapá: Instituto de Pesquisas Científicas e Tecnológicas do Estado do Amapá, 2010. 148 p.

OLIVEIRA, M. J. Mineração e desenvolvimento local: benefícios e desafios aos municípios amapaenses. 2011. 273 f. Tese (Doutorado em Ciências: Desenvolvimento Socioambiental) - Núcleo de Altos Estudos Amazônicos, Universidade Federal do Pará, Belém, 2011.

OUMA, K. O.; SHANE, A.; SYAMPUNGANI, S. Aquatic ecological risk of heavy-metal pollution associated with degraded mining landscapes of the Southern Africa River Basins: a review. *Minerals*, v. 12, n. 2, 225, 2022. DOI: <https://doi.org/10.3390/min12020225>.

TEIXEIRA, W., TASSINARI, CC, CORDANI, UG, & KAWASHITA, K. (1989). Uma revisão da geocronologia do Cráton Amazônico: implicações tectônicas. *Pesquisa Pré-Cambriana*, 42 , 213-227.

LAFON J.M., DELOR C., BARBOSA O. S. 2001. Granulitos tardi-Transamazônicos (2,06 Ga) na região norte do Estado do Amapá: o charnoquito de Calçoene. In: Simpósio de Geologia da Amazônia, 7. Belém, 2001. Resumos expandidos. CD-ROM.

PEIXOTO, R. de A. O., PEREIRA, C. E., SALLA, M. R., ALAMY FILHO, J. E., & NISHIMURA, A. Determinação da relação entre vazões líquida e sólida e análise de fatores que influenciam a dinâmica do transporte de sedimentos na Bacia Hidrográfica do Rio Jordão (UPGRH-PN 1). *Engenharia Sanitaria E Ambiental*, v. 25, n. 6, p. 921–931. (2020). DOI: <https://doi.org/10.1590/S1413-4152202020180137>

PIERONI, J. P.; BRANCO, K. G. R.; INACHVILI, I.; FERREIRA, G. C. Monitoramento sazonal da qualidade da água, na sub bacia hidrográfica do córrego água limpa, em seu trecho afetado pela mineração de níquel, no município de Pratápolis, Minas Gerais. *Revista Geociências*, v. 34, n. 3, p. 402-410, 2015. Disponível em: <https://www.periodicos.rc.biblioteca.unesp.br/index.php/geociencias/article/view/10300/6774>.

PINHEIRO, C.; AVIZ, J. A Mineração e a Floresta Estadual do Amapá (Flota): O

Caso Do Distrito Do Lourenço, CALÇOENE/AP. In: SILVA JUNIOR, O. M.; PAIVA, P. F. P. R. (Org.). *Áreas protegidas: diferentes abordagens na Amazônia Legal*. Belém: GAPTA/UFPA, 2020. p. 169-190. E-book. Disponível em: <https://livroaberto.ufpa.br/jspui/handle/prefix/925>.

RAUBER, A.; PALHARES, J. O contexto e as perspectivas da exploração mineira no Amapá. *Confins. Revue franco-brésilienne de géographie/Revista franco-brasileira de geografia*, n. 55, 2022. DOI: <https://doi.org/10.4000/confins.45935>

RAMOS, R. P. S.; PINHEIRO, L. S. Análise multitemporal de ilhas estuarinas na bacia do rio Formoso – litoral sul de Pernambuco – Brasil. *InterEspaço: Revista de Geografia e Interdisciplinaridade*, v. 10, n. 1, p. 01-20, 2025. DOI: <https://doi.org/10.18764/2446-6549.e20507>.

ROTTA, L. H. S.; ALCANTARA, E.; PARK, E.; NEGRI, R. G.; LIN, Y. N.; BERNARDO, N.; SOUZA FILHO, C. R. The 2019 Brumadinho tailings dam collapse: Possible cause and impacts of the worst human and environmental disaster in Brazil. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, v. 90, 102119, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jag.2020.102119>.

SANTOS, J., S.; SILVA, J. A. L.; OLIVEIRA, R. D. Ambiente e Sociedade: Exploração Ambiental e Social em Barcarena/PA. *Periódico Técnico e Científico Cidades Verdes, [S. l.]*, v. 8, n. 19, 2011. DOI: [10.17271/2317860481920202523](https://doi.org/10.17271/2317860481920202523).

SÁNCHEZ, L. E.; BARBOSA, F. A. R.; BRITO, M. C. M.; MAY, P.; MAROUN, C.; RENSHAW, J.; KAKABADSE, Y. *Impactos ambientais da dispersão de rejeitos de mineração em ambientes costeiros e marinhos*. Painel do Rio Doce – Relatório Temático N. 5. Gland, Switzerland: IUCN, 2022. 58 p. DOI: <https://doi.org/10.2305/IUCN.CH.2022.11.pt>.

SILVA JUNIOR, O. M.; SANTOS, L. S.; RODRIGUES, M. R. C. Panorama dos riscos costeiros no estado do Amapá: conhecer para agir. In: JÚNIOR, L. M.; FREITAS, C. M.; LOPES, E. S. S.; CASTRO, G. R. B.; BARBOSA, H. A.; LONDE, L. R.; MAGNONI, M. G. M.; SILVA, R. S.; TEIXEIRA, T.; FIGUEIREDO, W. S. (Org) *Redução do Risco de Desastres e a Resiliência no Meio Rural e Urbano*. São Paulo, Centro Paulo Souza, 2020. p. 454-472.

SILVA JÚNIOR, O. M.; FUCKNER, M. A.; BAIA, M.; PINHEIRO, C.; SANTOS, L. Comitê da bacia Hidrográfica do rio Araguari como instrumento de gestão dos Recursos Hídricos no Estado do Amapá. *Revista Brasileira de Geografia Física*, v. 14, n. 5, p. 2771-2789, 2021. DOI: <https://doi.org/10.26848/rbgf.v14.5.p2771-2789>.

SILVESTRINI, T. A. M.; D'AQUINO, C. A. Dinâmica dos parâmetros oceanográficos em um estuário impactado por atividades de mineração de carvão. *Pesquisas em Geociências*, v. 47, n. 3, p. e103404, 2020. DOI: <https://doi.org/10.22456/1807-9806.109992>

SCHAEFFER-NOVELLI, Y. *Manguezal: Ecosistema entre a Terra e o Mar*. São Paulo: Caribbean Ecological Research, 1995.

SCHAEFFER-NOVELLI, Y. et al. Vulnerabilidade de ecossistemas costeiros tropicais. *Ocean & Coastal Management*, 2000.

SREEBHA, S., & PADMALAL, D. (2011). Environmental impact assessment of sand mining from the small catchment rivers in the southwestern coast of India: a case study. *Environmental Management*, 47(1), 130-140. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00267-010-9571-6>.

TAKIYAMA, L. R.; SILVA, U. R. L. Experiências na Utilização de Metodologias Participativas para a Construção de Instrumentos de Gestão Costeira no Estado do Amapá, Brasil. *Revista de Gestão Costeira Integrada*, v. 9, n. 2, p. 33-45, 2009. DOI: <http://dx.doi.org/10.5894/rgci123>.

THOMPSON, F., de OLIVEIRA, B. C., CORDEIRO, M. C., MASI, B. P., RANGEL, T. P., PAZ, P., de REZENDE, C. E. Severe impacts of the Brumadinho dam failure (Minas Gerais, Brazil) on the water quality of the Paraopeba River. *Science of the Total Environment*, 705, 135914, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.135914>.

VENTURIERI, R.; COSTA, M. O.; GAMA, C.; JASTER, C. B. Mercury contamination within protected areas in the Brazilian northern Amazon-Amapá State. *American Journal of Environmental Sciences*, v. 13, n. 1, p. 11-21, 2017. DOI: <https://doi.org/10.3844/ajessp.2017.11.21>.

VERGILIO, C. D. S., LACERDA, D., OLIVEIRA, B. C. V. D., SARTORI, E., CAMPOS, G. M., PEREIRA, A. L. D. S., & REZENDE, C. E. D. Metal concentrations and biological effects from one of the largest mining disasters in the world (Brumadinho, Minas Gerais, Brazil). *Scientific Reports*, 10(1), 5936, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-020-62700-w>.

WANDERLEY, L. J.; MANSUR, M. S.; MILANEZ, B.; PINTO, R. G. Desastre da Samarco/Vale/BHP no Vale do Rio Doce: aspectos econômicos, políticos e socioambientais. *Ciência e Cultura*, v. 68, n. 3, 2016. DOI: <http://dx.doi.org/10.21800/2317-66602016000300011>.

ZANELLA, J. R. D., TOMAZONI, J. C., & AGUIAR, W. D. Determinação da Erosão e Transporte de Sedimentos em Bacia Hidrográfica do Sudoeste do Paraná. *Revista Brasileira de Geografia Física*, v. 16, n. 04, 2103-2118, 2023.