



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
CAMPUS UNIVERSITÁRIO DE ANANINDEUA
FACULDADE DE TECNOLOGIA EM GEOPROCESSAMENTO

GLEICIANE CRUZ DA SILVA
JANAINA RODRIGUES ALTENHOFEN

**GEOPROCESSAMENTO APLICADO AO PLANO DE CONTROLE AMBIENTAL
(PCA) EM ÁREA DE EXPLORAÇÃO MINERAL**

ANANINDEUA, PA

2025

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
CAMPUS UNIVERSITÁRIO DE ANANINDEUA
FACULDADE DE TECNOLOGIA EM GEOPROCESSAMENTO

GLEICIANE CRUZ DA SILVA
JANAINA RODRIGUES ALTENHOFEN

**GEOPROCESSAMENTO APLICADO AO PLANO DE CONTROLE AMBIENTAL
(PCA) EM ÁREA DE EXPLORAÇÃO MINERAL**

Trabalho de Curso apresentado para obtenção do grau de Tecnólogo(a) em Geoprocessamento pela Faculdade de Tecnologia em Geoprocessamento da Universidade Federal do Pará, Campus Ananindeua.

Orientador: Prof. Dr. Lúcio Correia Miranda.

ANANINDEUA, PA

2025

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) de acordo com ISBD
Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do Pará
Gerada automaticamente pelo módulo Ficat, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)**

S586g Silva, Gleiciane Cruz da.
GEOPROCESSAMENTO APLICADO AO PLANO DE
CONTROLE AMBIENTAL (PCA) EM ÁREA DE
EXPLORAÇÃO MINERAL / Gleiciane Cruz da Silva, Janaina
Rodrigues Altenhofen. — 2025.
26 f. : il. color.

Orientador(a): Prof. Dr. Lúcio Correia Miranda
Trabalho de Conclusão (Graduação) - Universidade Federal do
Pará, Campus Universitário de Ananindeua, Curso de
Geoprocessamento, Ananindeua, 2025.

1. Geoprocessamento. 2. Impactos Ambientais. 3. Área de
Influência. 4. Mineração. 5. Classificação Supervisionada. I.
Altenhofen, Janaina Rodrigues. II. Título.

CDD 338.927098115

GLEICIANE CRUZ DA SILVA
JANAINA RODRIGUES ALTENHOFEN

**GEOPROCESSAMENTO APLICADO AO PLANO DE CONTROLE AMBIENTAL
(PCA) EM ÁREA DE EXPLORAÇÃO MINERAL**

Trabalho de Curso apresentado para obtenção do grau de Tecnólogo(a) em Geoprocessamento pela Faculdade de Tecnologia em Geoprocessamento da Universidade Federal do Pará, Campus Ananindeua.

Data de aprovação: 17/09/2025

Conceito: Excelente

Ananindeua – PA

Prof. Dr. Lúcio Correia Miranda
Orientador(a) – Presidente(a) da Banca Avaliadora
Instituição

Prof. Dr. Paulo Celso Santiago Bittencourt
Examinador
UFPA

Prof^o. Ms. Tatiana Pará Monteiro de Freitas
Examinadora
IFPA

Gleiciane Cruz da Silva
Janaina Rodrigues Altenhofen
Discentes

GEOPROCESSAMENTO APLICADO AO PLANO DE CONTROLE AMBIENTAL (PCA) EM ÁREA DE EXPLORAÇÃO MINERAL

Gleiciane Cruz da Silva¹
Janaina Rodrigues Altenhofen²
Lúcio Correia Miranda³

RESUMO

Este trabalho apresenta a aplicação de técnicas de geoprocessamento na elaboração do Plano de Controle Ambiental (PCA) voltado à atividade de exploração mineral de areia em uma área localizada no município de Santa Bárbara do Pará. O objetivo é utilizar as técnicas de geoprocessamento na elaboração do diagnóstico ambiental detalhado na área de exploração mineral e seu entorno, considerando a hidrografia, uso e ocupação do solo, Áreas de Preservação Permanente (APPs) e delimitação das áreas de influência (ADA, AID e AII). O trabalho foi desenvolvido em duas etapas. A primeira envolveu pesquisa bibliográfica sobre temas como Plano de Controle Ambiental, geoprocessamento, cartografia, APPs e caracterização ambiental. Na segunda etapa, foram utilizados dados de órgãos oficiais (IBGE, ANM, SEMAS, SEIRH-PA) e imagens de satélite (PLANET, Landsat 9 e Sentinel-2) para elaboração de mapas temáticos no software QGIS 3.22.9. A classificação supervisionada com as bandas do Sentinel-2 permitiu identificar seis classes de uso do solo em escala 1:20.000. Os resultados mostram que o uso de geotecnologias contribui para o licenciamento de atividades minerárias, pois permite visualizar de forma precisa as áreas sensíveis, os limites legais e os possíveis impactos ambientais, constituindo como uma ferramenta fundamental na gestão de exploração mineral, direciona ações assertivas no controle e na gestão de riscos socioambientais.

Palavras-chave: Geoprocessamento, Impactos Ambientais, Área de Influência, Mineração, Classificação Supervisionada.

ABSTRACT

This paper presents the application of geoprocessing techniques in the development of the Environmental Control Plan (PCA) aimed at the activity of sand mining in an area located in the municipality of Santa Bárbara do Pará. The objective is to use geoprocessing techniques in the preparation of a detailed environmental diagnosis of the mineral exploration area and its surroundings, considering hydrography, land use and occupation, Permanent Preservation Areas (APPs), and the delimitation of influence areas (ADA, AID, and AII). The work was carried out in two stages. The first involved a literature review on topics such as Environmental Control Plan, geoprocessing, cartography, APPs, and environmental characterization. In the second stage, data from official agencies (IBGE, ANM, SEMAS, SEIRH-PA) and satellite images (PLANET, Landsat 9, and Sentinel-2) were used to prepare thematic maps in QGIS 3.22.9 software. Supervised classification with the Sentinel-2 bands allowed identify six land use classes at a 1:20,000 scale. The results show that the use of geotechnologies contributes to

1 Graduanda do curso de Geoprocessamento pela Universidade Federal do Pará – UFPA, Campus Ananindeua – CANAN. E-mail: gleicisilva74@gmail.com

2 Graduanda do curso de Tecnólogo em Geoprocessamento pela Universidade Federal do Pará – UFPA, Campus Ananindeua – Canan. E-mail: janaina.altenhofen97@gmail.com

3 Orientador. Doutor em Geografia. Docente e pesquisador na Faculdade de Tecnologia em Geoprocessamento – FTG da UFPA-CANAN. E-mail: lcmgeoufpa@gmail.com

the licensing of mining activities, as it allows for the precise visualization of sensitive areas, legal boundaries, and potential environmental impacts, serving as a fundamental tool in mineral exploration management and guiding assertive actions in the control and management of socio-environmental risks. Keywords: Geoprocessing, Environmental Impacts, Area of Influence, Mining, Supervised Classification.

Key words: Geoprocessing, Environmental Impacts, Area of Influence, Mining, Supervised Classification.

1 INTRODUÇÃO

O geoprocessamento aplicado no Plano de Controle Ambiental (PCA) pode ser definido como uma importante ferramenta tecnológica essencial para o estudo que busca o monitoramento dos impactos ambientais ocasionados por atividades humanas, especialmente aquelas que estão relacionadas a empreendimentos de médio e grande porte. Fazendo o uso de técnicas de Sistemas de Informação Geográfica (SIG), imagens de satélite e o uso de diferentes ferramentas e dados georreferenciados, o geoprocessamento permite uma análise detalhada e minuciosa do território. A partir da posse dessas informações, é possível mapear áreas de vegetação, corpos d'água, relevo, zonas de proteção ambiental e outras variáveis que possa ser necessária na ajuda a compreender os impactos e os riscos envolvidos em projetos de instalação e operação de empreendimentos. É preciso entender que esses recursos não apenas melhoram a qualidade das análises ambientais, mas também facilita a comunicação visual dos dados, permitindo que diferentes setores tomem decisões informadas e embasadas em dados.

O presente trabalho tem como objetivo analisar e aplicar técnicas de geoprocessamento no relatório do Plano de Controle Ambiental (PCA) com foco na avaliação dos impactos ambientais decorrentes da extração de areia no município de Santa Barbará do Pará.

A atividade mineral apresenta significativa relevância para a economia e o desenvolvimento nacional, com o Brasil se destacando mundialmente nesse setor, tendo alcançado, em 2023, a marca de 1,7 bilhão de toneladas de minérios produzidos. O estado do Pará se sobressai como o segundo maior produtor mineral do país, em razão da expressiva qualidade e quantidade de suas reservas, consolidando-se como um dos principais produtores e exportadores mundiais de minerais metálicos, como ferro, alumínio e cobre (Brasil, 2021; Fapespa, 2024).

Apesar da importância econômica dessa atividade para o estado do Pará e para o país, a mineração resulta em diversos impactos ambientais e socioculturais, especialmente quando realizada com falhas no cumprimento da legislação ambiental (Moreira; Dias; Ravena, 2019).

Conforme estabelece o artigo 10 da Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, o licenciamento ambiental é obrigatório para qualquer atividade utilizadora de recursos naturais que seja efetiva ou potencialmente poluidora (Brasil, 1981). Dessa forma, as atividades de extração mineral devem, obrigatoriamente, ser licenciadas, com o objetivo de garantir que sejam planejadas, implementadas e operadas de modo a minimizar seus impactos ambientais. No entanto, a fiscalização muitas vezes é insuficiente, especialmente em áreas remotas, como a Amazônia Legal, onde a extração ilegal frequentemente coexiste com a atividade licenciada (Villa Verde; Alamino; Fernandes, 2014)

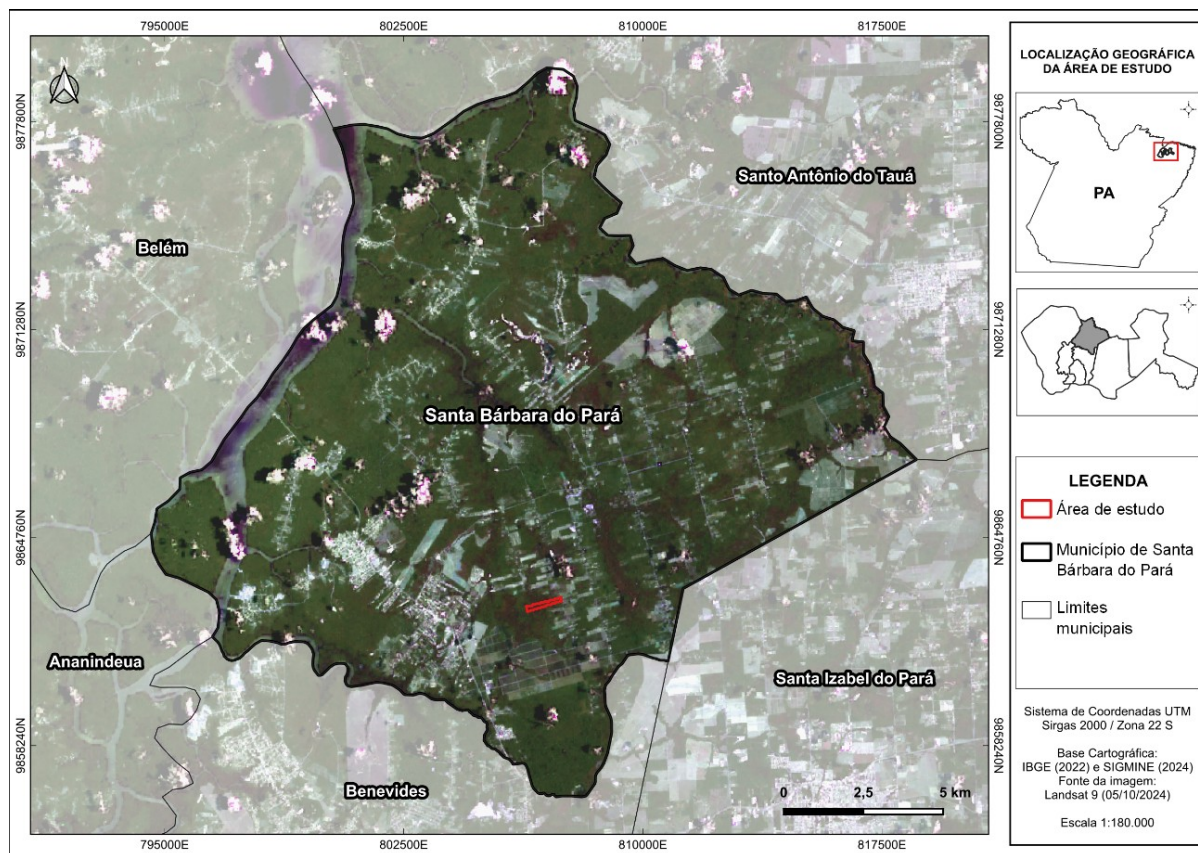
Dentre os principais impactos ambientais decorrentes da atividade mineral no estado do Pará, destacam-se o desmatamento e a poluição dos recursos hídricos. Além disso, outros temas recorrentes relacionados aos impactos ambientais e sociais da mineração na Região Norte são o garimpo ilegal e a desapropriação de terras indígenas (Moreira; Dias; Ravena, 2019).

O garimpo ilegal consiste em uma forma de extração mineral, realizada fora dos padrões estabelecidos pela legislação ambiental, trabalhista e de segurança. Por operar à margem da legalidade, o garimpo resulta em uma série de impactos negativos, tanto ambientais quanto sociais (Oliveira, 2024). Frequentemente, essa prática ocorre em terras indígenas, áreas protegidas onde a mineração não é permitida, afetando diretamente as comunidades locais. Os efeitos incluem: o afugentamento da caça e da pesca, importantes fontes de subsistência para os povos indígenas; a proliferação de doenças antes inexistentes nas comunidades; e, sobretudo, a contaminação generalizada do solo, da água, das plantas, dos animais e até dos seres humanos, provocada pelo uso, dentre outros, de mercúrio na separação do ouro (Greenpeace Brasil, 2023).

A área de exploração mineral, objeto de estudo, está localizada no município de Santa Bárbara do Pará no estado do Pará como mostra na Figura 01, localizado a aproximadamente 49,6 km de distância da capital do estado (Belém). O município possui uma população estimada de 21.087 habitantes, segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2022), com uma densidade demográfica de 75,81 hab/km² segundo o censo de 2022 realizado pelo IBGE.

A área escolhida para o estudo é destinada à proposta de exploração de areia, utilizada in natura para a pavimentação de ruas, avenidas, estradas, vicinais, etc. Tais substâncias são materiais básicos amplamente empregados em várias fases da construção civil. Este regime, em princípio, necessita de autorização da Agência Nacional de Mineração (ANM), por meio do requerimento de Registro de Extração.

Figura 01 – Mapa de localização da área de estudo



Fonte – elaborado pelos autores (2025)

A expansão de atividades minerárias tem gerado preocupações quanto aos impactos negativos sobre os recursos naturais e a qualidade ambiental local. No município de Santa Bárbara do Pará, a proposta de exploração mineral para extração de areia próximos a corpos hídricos, áreas de preservação permanente (APPs) e habitats de fauna e flora, levanta questionamentos sobre os riscos associados à degradação ambiental, à contaminação de corpos hídricos e à alteração da paisagem natural.

Diante disso, torna-se fundamental compreender como o uso de técnicas de geoprocessamento pode contribuir para o planejamento, monitoramento e mitigação desses impactos, assegurando a compatibilidade entre a preservação dos recursos naturais.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Plano de Controle Ambiental (PCA)

O Plano de Controle Ambiental (PCA) é um documento extremamente essencial para o processo de licenciamento ambiental. Este processo ocorre em empreendimentos de pequeno à grande porte, que possuem potencial poluidor, isto é, podem causar impactos significativos no

meio ambiente. Pode-se evidenciar que o PCA é obrigatório e exigido por órgãos ambientais como a Secretaria Municipal de Meio Ambiente (SEMMA) e a Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Sustentabilidade (SEMAS), durante a fase de Licença de Instalação (LI) e Licença de Operação (LO). De modo geral, o PCA tem como objetivos apresentar o projeto do empreendimento, identificar e avaliar os impactos ambientais associados, além de propor medidas mitigadoras que visam reduzir, evitar ou compensar os efeitos desses impactos.

O objetivo principal do PCA é minimizar os danos ambientais decorrentes de atividades ambientais impactantes, garantindo a preservação dos recursos naturais, a qualidade ambiental e a saúde pública. Para atingir esse objetivo, o PCA geralmente inclui um diagnóstico ambiental detalhado da área de influência do empreendimento, abrangendo aspectos como uso e ocupação do solo, características geológicas e geomorfológicas, hidrografia, biodiversidade e aspectos socioeconômicos. Esse diagnóstico inicial é fundamental para identificar áreas sensíveis e prever os impactos potenciais das atividades planejadas (Fleming; Pereira, 2023).

Após o diagnóstico, o PCA realiza a identificação e avaliação dos impactos ambientais. Essa etapa é essencial para identificar e quantificar os possíveis efeitos adversos decorrentes das atividades do empreendimento, utilizando modelagem de cenários e matrizes de interação entre atividades e componentes ambientais. Com base nesses resultados, são propostas medidas preventivas, mitigadoras e compensatórias, como o controle de emissões de emissões, a proteção de corpos d'água, a recuperação de áreas degradadas e a conservação da fauna e flora (Martildes, *et al.*, 2020).

Além disso, o PCA inclui programas de monitoramento ambiental, que garantem a eficácia das medidas inovadoras. Esses programas acompanham variáveis ambientais relevantes, como qualidade do ar, da água e do solo, além de níveis de ruído, permitindo ajustes nas estratégias de mitigação quando necessário. Muitos PCAs também incorporam planos de comunicação e educação ambiental, que sensibilizam as comunidades impactadas e os trabalhadores envolvidos no empreendimento, promovendo a conscientização sobre a preservação ambiental (Andrade, 2022).

O PCA é um documento indispensável no processo de licenciamento ambiental, pois serve como base para a avaliação das previsões ambientais de um projeto e para a definição de condições e restrições a serem cumpridas pelo empreendedor. Ele também promove a transparência no diálogo entre empreendedores, órgãos públicos e a sociedade civil, ao apresentar medidas de gestão claras e técnicas embasadas (Costa; Albuquerque, 2021).

Apesar de sua relevância, a elaboração e implementação do PCA enfrentam desafios, como a integração de informações técnicas e científicas confiáveis, especialmente em áreas com baixa disponibilidade de dados; uma complexidade de prever todos os impactos de atividades em larga escala; e a garantia de recursos financeiros e tecnológicos para a execução das medidas propostas. Também, é necessário cumprir os prazos regulamentares estabelecidos pelos órgãos fiscalizadores (Moura, 2016).

A cartografia desempenha um papel crucial na elaboração do PCA, pois fornece uma representação espacial precisa das informações ambientais. Mapas temáticos gerados a partir de técnicas de geoprocessamento auxiliam na identificação de áreas de risco, na definição de zonas de preservação e na visualização dos impactos potenciais de forma clara e acessíveis. O uso de dados cartográficos não apenas melhorou a qualidade técnica do PCA, mas também promove um planejamento ambiental mais integrado e eficiente, acalmando conflitos socioambientais e otimizando os recursos disponíveis. Assim, o PCA se consolida como um mecanismo robusto para conciliar o desenvolvimento econômico com a preservação ambiental (Carvalho, 2023).

2.2 Geoprocessamento

O Geoprocessamento congrega conceitos de outras ciências como a Geografia, a Cartografia, a Matemática e a Computação. Além disso, o Geoprocessamento faz uso de várias tecnologias, as chamadas de geotecnologias, que incluem ferramentas, equipamentos e softwares que possibilitam a geração de informações mais precisas e atualizadas, auxiliando na tomada de decisões, planejamento de ações e execução de projetos (Góes, 2022).

O geoprocessamento é um conjunto de técnicas e tecnologias que permite a coleta, análise, manipulação e representação de dados espaciais, sendo amplamente utilizado para compreender, modelar e solucionar problemas relacionados ao espaço geográfico. Ele integra informações geográficas com ferramentas computacionais, análises planejadas e visualizações que auxiliam na tomada de decisões em diversas áreas, como planejamento urbano, agrícola, infraestrutura e, especialmente, gestão ambiental (Silva; Rocha; Aquino, 2016).

Uma das principais ferramentas do geoprocessamento são os Sistemas de Informação Geográfica (SIGs), que possibilitam o gerenciamento e a análise de dados espaciais e não espaciais. Com o SIG, é possível cruzar informações de diferentes fontes, como imagens de satélite, mapas topográficos e dados estatísticos, para gerar representações gráficas e análises complexas. Essa integração permite a criação de mapas temáticos, que facilitam a identificação de padrões e tendências no espaço geográfico (Zaidan, 2017).

Outro recurso essencial do geoprocessamento é o sensoriamento remoto, que utiliza imagens captadas por satélites ou drones para monitorar características da superfície terrestre. Essa tecnologia fornece dados sobre uso e ocupação do solo, cobertura vegetal, mudanças climáticas e áreas de risco, sendo particularmente útil em regiões de difícil acesso. Por meio dessas informações, é possível realizar estudos de grande escala com rapidez e precisão, contribuindo para o planejamento territorial e a preservação ambiental (Cunha; Souza, 2024).

Em Leite *et al.* (2019) é destacada a capacidade do Geoprocessamento em obter e analisar dados georreferenciados e, a partir disso, mostrar resultados em forma de imagens e mapas, utilizando várias técnicas e ferramentas.

No contexto da gestão ambiental, o geoprocessamento é fundamental para o monitoramento de áreas protegidas, a análise de bacias hidrográficas, a identificação de fontes de poluição e a avaliação de mudanças no uso do solo. Ele permite um acompanhamento contínuo do ambiente, gerando dados atualizados que auxiliam na elaboração de políticas públicas e na execução de programas de conservação. Por exemplo, ferramentas de geoprocessamento podem ser utilizadas para mapear áreas de desmatamento ilegais, identificar *hotspots* de biodiversidade ou monitorar a qualidade das águas em tempo real (Ayach; Bacani; Silva, 2014).

2.3 O Geoprocessamento no PCA

O geoprocessamento aplicado no Plano de Controle Ambiental (PCA) caracteriza-se como uma ferramenta estratégica para a análise, planejamento e monitoramento das ações destinadas à mitigação e prevenção de impactos ambientais em empreendimentos. Sua capacidade de integrar dados espaciais e não espaciais de forma precisa e eficiente torna-se necessária para atender às exigências dos órgãos de fiscalização ambiental e para garantir que as medidas propostas sejam técnicas embasadas e ambientalmente eficazes (Oliveira, 2020).

No contexto do PCA, o geoprocessamento é utilizado principalmente na etapa de diagnóstico ambiental. Por meio de sistemas de informação geográfica (SIGs) e sensoriamento remoto, é possível mapear detalhadamente as características da área de influência do empreendimento, incluindo relevância, cobertura vegetal, corpos d'água, uso do solo, biodiversidade e proximidade de comunidades humanas. Esses dados são representados em mapas temáticos que permitem identificar áreas de maior sensibilidade ambiental e antecipar os impactos potenciais das atividades planejadas (Mesquita Junior, 2016).

Além disso, o geoprocessamento facilita a delimitação de áreas de preservação e recuperação ambiental. Com base em dados geoespaciais, é possível identificar locais

estratégicos para a recuperação de áreas degradadas, planejar corredores ecológicos e monitorar a regeneração da vegetação ao longo do tempo. Esses mapas também são cruciais para demonstrar o cumprimento das exigências legais, como a manutenção de reservas legais e áreas de preservação permanente (APPs) (Carvalho Neto, 2021).

Outro aspecto significativo é a utilização de análises espaciais multicritério para avaliar as previsões de medidas mitigadoras e compensatórias. Essas análises integram diferentes camadas de dados, como tipos de solo, declividade, proximidade de recursos hídricos e densidade populacional, permitindo ações que priorizem tanto a preservação ambiental quanto as previsões econômicas do empreendimento (Lima; Oliveira; Moura-Fé, 2021).

O geoprocessamento também desempenha um papel essencial na comunicação das informações do PCA para diferentes públicos. Mapas interativos e infográficos gerados com ferramentas do SIG tornam as informações mais acessíveis e compreensíveis para gestores, comunidades impactadas e órgãos reguladores. Essa transparência não apenas facilita a obtenção de licenças ambientais, mas também promove a participação social e o engajamento das partes interessadas no processo de gestão ambiental (Farinha, 2024).

3 METODOLOGIA DE PESQUISA

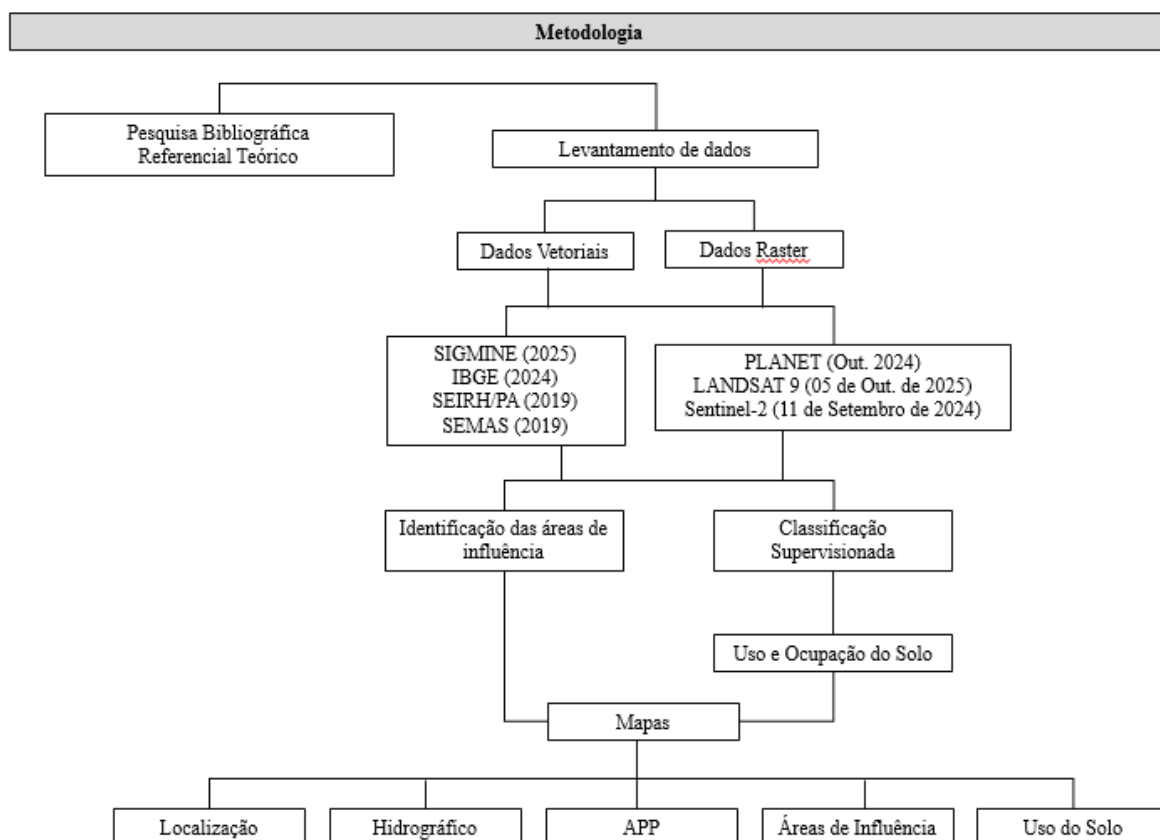
Este trabalho foi desenvolvido em 2 etapas. A primeira constituiu na pesquisa bibliográfica sobre os temas Plano de Controle Ambiental (PCA), geoprocessamento, cartografia, APPs, áreas de influência e caracterização ambiental da área, utilizou-se como fonte de informações artigos, relatórios e livros sobre assuntos de interesse.

Na segunda etapa para a elaboração dos produtos cartográficos foram utilizadas informações do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), SIGMINE da Agência Nacional de Mineração (ANM), Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Sustentabilidade do Pará (SEMAS), Sistema Estadual de Informações sobre Recursos Hídricos (SEIRH-PA), imagens de satélite da PLANET do mês de outubro de 2024 para mapa hidrográfico, mapa das áreas de influência e mapa de APP, as imagens do Landsat 9 L2SP com órbita 223 e ponto 061 do dia 05 de outubro de 2024 bandas 4,3,2 para o mapa de localização da área de estudo e mapa de localização das áreas de extração e imagem do Sentinel 2 do dia 11 de setembro de 2024 para elaboração do mapa de uso e ocupação do solo com o auxílio de técnica de classificação supervisionada, todos os dados livres de acesso público. Os resultados obtidos foram os mapas de localização, hidrográfico, áreas de preservação permanente, uso e ocupação do solo e das áreas de influência, elaborados no software de Quantum GIS (Qgis 3.22.9) seguindo os padrões

cartográficos fundamentais para a confecção dos mapas: escala, legenda, orientação e projeções cartográficas. O sistema de referência utilizado para a área de estudo foi o SIRGAS 2000 (Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas) na projeção plana Universal Transversa de Mercator (UTM) zona 22 S assim sendo possível fazer o cruzamento dos dados coletados para ter visualização e entendimento da situação proposta.

Para a realização da classificação supervisionada foram utilizadas as bandas 2, 3, 4, 8 e 11 do Sentinel-2. A partir dessa análise, foram identificadas seis classes de uso e cobertura do solo: corpo hídrico, vegetação, solo exposto, perímetro urbano, agricultura e mineração, com escala de 1:20.000 (Boggione, *et al.*, 2009).

Figura 02 – Fluxograma da metodologia aplicada



Fonte – elaborados pelos autores (2025)

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A exploração de areia afeta negativamente os recursos hídricos, acarretando com devastação da mata ciliar, potencializando a erosão do solo e desmatamento nas margens dos canais, o que afeta não apenas a flora, mas também a fauna local de forma direta e indireta.

A proximidade desses corpos hídricos com áreas de mineração merece atenção especial, visto que o município possui 21 processos ativos de aproveitamento mineral. Desses, 16 processos estão relacionados à exploração de substâncias destinadas ao uso direto na construção civil, como areia, argila e saibro, enquanto 5 processos estão voltados à exploração de água mineral. Entre eles, a areia representa a principal substância explorada, contabilizando 13 processos de pesquisa e lavra (ANM, 2025).

A extração de areia em Santa Bárbara do Pará é realizada predominantemente por meio do método de lavra a céu aberto, que consiste na retirada de materiais inconsolidados em depósitos superficiais de fácil acesso, como geralmente são classificados os depósitos de areia (Luz; Almeida, 2012; Rocha; Mathis, 2024). Essa atividade pode ser conduzida por diferentes técnicas, como dragagem, escavação mecânica ou desmonte hidráulico, cuja escolha depende da localização do depósito e das características geológicas do material (Luz; Almeida, 2012).

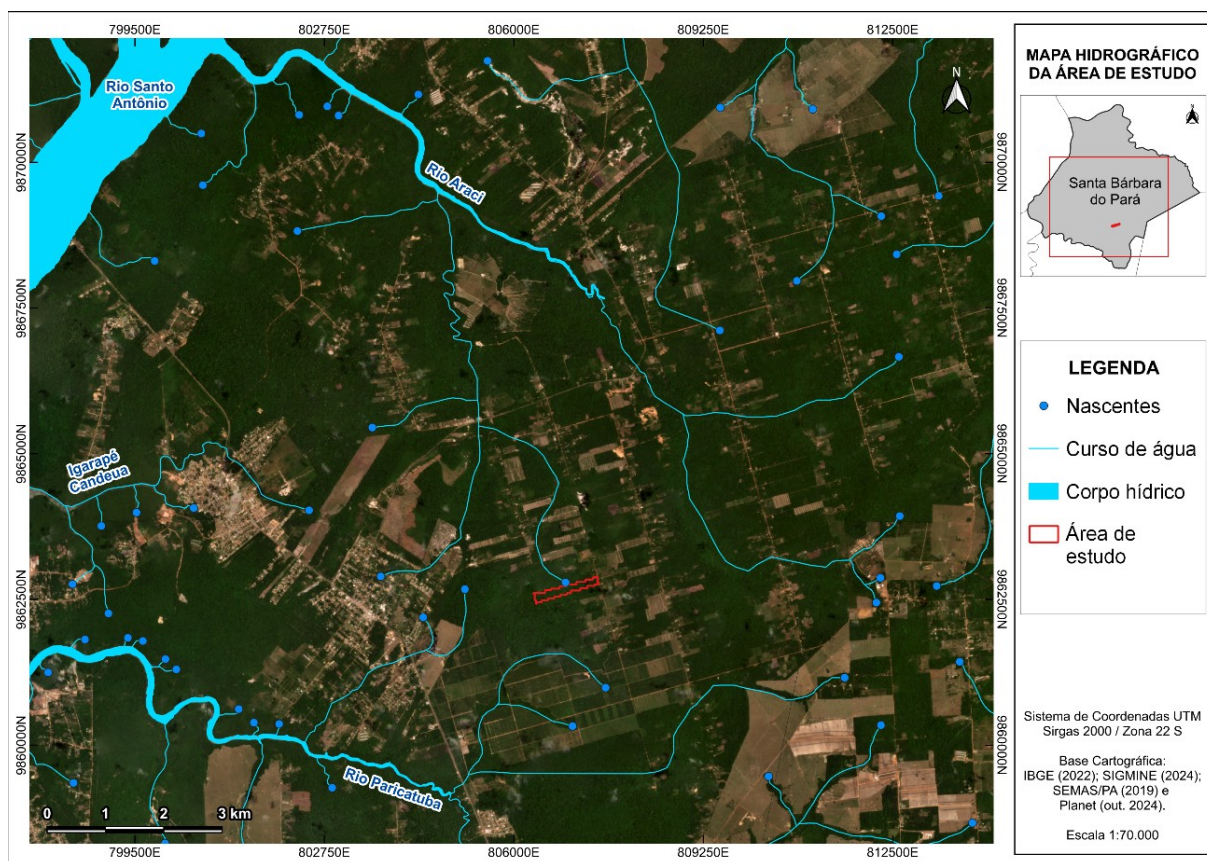
Esse método apresenta baixo custo relativo de extração e ampla aplicabilidade, uma vez que a areia é largamente utilizada no setor de construção civil na produção de concreto, argamassas e outros insumos (Luz; Almeida, 2012; Rocha; Mathis, 2024). Entretanto, apesar de sua relevância econômica e facilidade operacional, a atividade demanda especial atenção aos aspectos ambientais, sobretudo em função da proximidade com cursos d'água, uma vez que pode ocasionar a degradação desses ecossistemas (Luz; Almeida, 2012).

A hidrografia do município de Santa Bárbara do Pará está inserida na Bacia do Rio Tauá, onde destaca-se o Rio Santo Antônio e Rio Tauá, Furo das Marinhas e o Rio Paricatuba, apresentando alguns afluentes de grande importância, como o Rio Araci e Igarapé Candeuá, conforme a Figura 03.

Desse modo, próximo à área de exploração mineral, há corpos hídricos, caracterizados como afluentes do Rio Paricatuba e Rio Araci, que por sua vez é um dos afluentes do Rio Santo Antônio.

A área delimitada para exploração mineral se caracteriza como nascente de um dos principais afluentes do rio Araci, o que configura uma área sensível para o planejamento das atividades minerárias. Essa situação implica a necessidade de uma abordagem cuidadosa, uma vez que as atividades de mineração, quando não planejadas e executadas com as devidas medidas de controle ambiental, podem provocar impactos negativos sobre os recursos hídricos da região, afetando diretamente os ecossistemas locais.

Figura 03 – Mapa hidrográfico da área de estudo



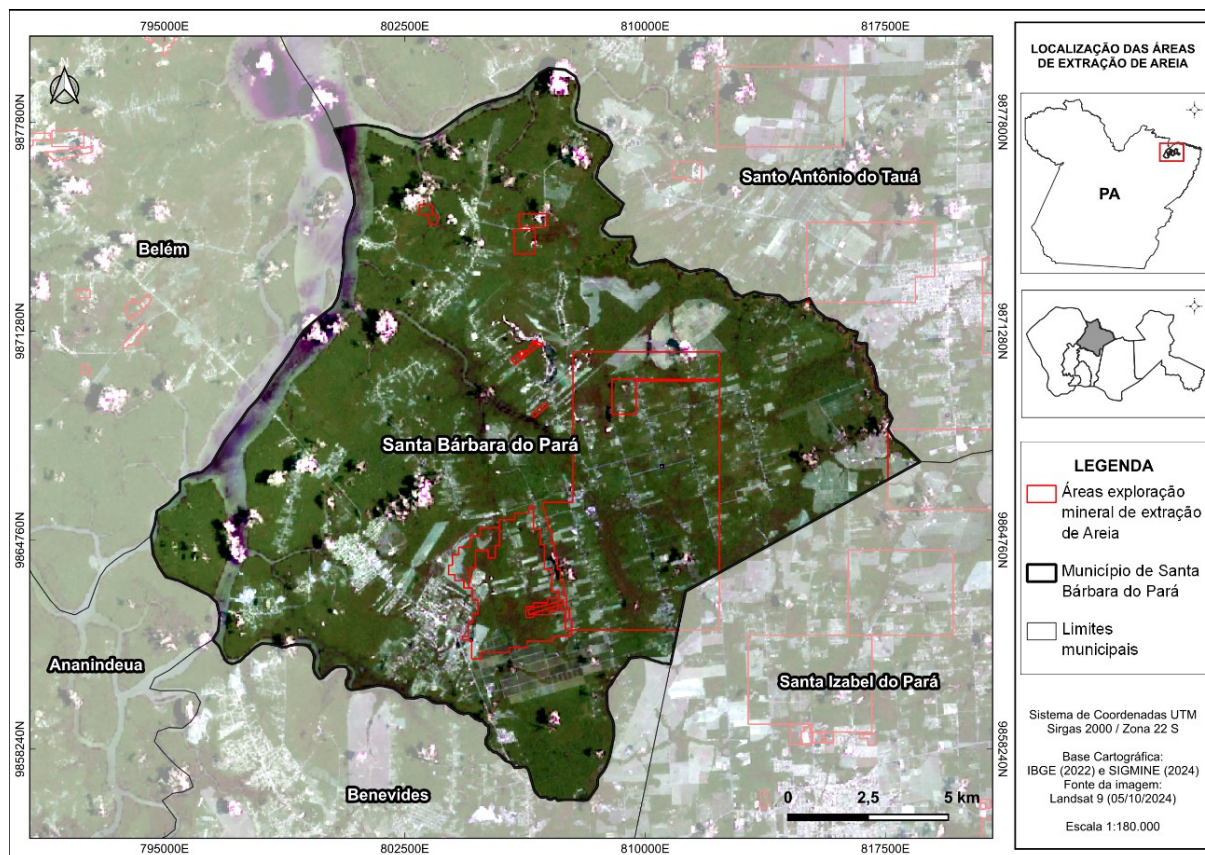
Fonte – elaborados pelos autores (2025)

Dentre os principais impactos potenciais, destaca-se a alteração do fluxo hidrológico natural decorrente da movimentação de solo, escavações e modificações topográficas. Outro fator refere-se à possibilidade de contaminação da água, incluindo resíduos sólidos, óleos, graxas e outros compostos químicos. Essa contaminação não apenas afeta a qualidade da água, como também representa uma ameaça à saúde pública, à biodiversidade aquática e ao equilíbrio dos ecossistemas que dependem desse recurso.

O município de Santa Bárbara apresenta a localização de 11 áreas de extração mineral de areia dentro do território, com maior concentração na porção central e sudeste, evidenciando a presença significativa dessa atividade no uso e ocupação do solo local.

A Figura 04 apresenta a distribuição espacial de 11 áreas de extração mineral de areia situadas no município de Santa Bárbara do Pará. Essas áreas correspondem a processos ativos de exploração mineral voltados para a extração de areia, conforme dados obtidos junto à Agência Nacional de Mineração (ANM). Os registros foram consultados no sistema da ANM no dia 20 de agosto de 2025, garantindo a precisão das informações representadas.

Figura 04 – Mapa das áreas de extração de areia



Fonte – elaborados pelos autores (2025)

4.1 Delimitação das áreas de influência de impactos da mineração

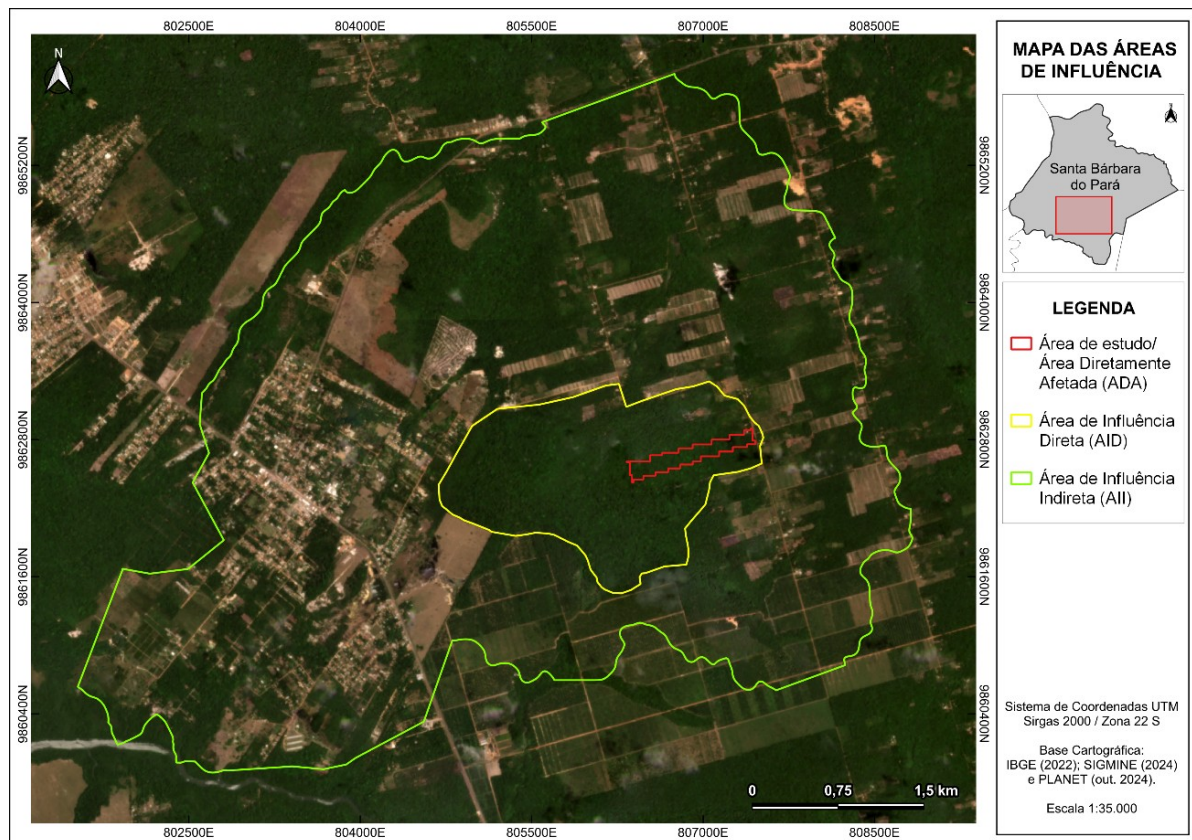
De acordo com a CONAMA N° 001/1986, as áreas de influências são regiões inseridas no contexto do empreendimento e possuem uma suscetibilidade de sofrer modificações pela proximidade sua ao estabelecimento, sendo estas alterações podendo ocorrer no meio físico, biótico e social. As áreas de influência são divididas em Área Diretamente Afetada (ADA), Área de Influência Direta (AID) e Área de Influência Indireta (AII). Logo, são regiões delimitadas onde pode-se ter modificações que podem ser permanentes ou temporárias. Desta forma, a delimitação destas regiões auxilia a fase do diagnóstico, delimitando o universo de trabalho e a partir disso verificar os efeitos, tanto positivos quanto negativos relacionados à implantação do empreendimento.

A área que sofre diretamente os impactos e intervenções da implantação e operação do empreendimento é identificada como Área Diretamente Afetada (ADA), sendo esta, por sua vez, inclusa geograficamente na AID. A Área de Influência Direta (AID) corresponde a área geográfica do entorno da ADA, passível de ser mais significativamente afetada pelos impactos positivos ou negativos decorrentes da implantação e operação do empreendimento. A Área de

Influência Indireta (AII) corresponde à área geográfica que envolve a AID e é passível de sofrer principalmente os impactos menos expressivos da operação do empreendimento, sejam benéficos ou adversos.

Os limites das áreas de influência foram definidos com base em critérios de proximidade com a área de estudo, considerando elementos como hidrografia, nascentes, Áreas de Preservação Permanente (APP), cobertura vegetal e comunidades locais, conforme ilustra a Figura 05. Essa delimitação teve como objetivo identificar as zonas potencialmente impactadas pelas atividades do empreendimento, levando em conta os aspectos físicos, bióticos e socioeconômicos.

Figura 05 – Mapa de áreas de influência da área de estudo



Fonte – elaborado pelos autores (2025)

A Área Diretamente Afetada (ADA) corresponde a próprio limite da área de exploração mineral requerida junto a ANM, onde concentra as intervenções diretas decorrentes das atividades de operação e ampliação do empreendimento. Nesta área, ocorre as alterações no meio físico, biótico e antrópico, resultantes da supressão vegetal, movimentação de solo, extração de minério, instalação de estruturas operacionais e outras ações inerentes ao desenvolvimento do projeto.

A Área de Influência Direta (AID) foi estabelecida considerando os locais onde os impactos decorrentes da implantação e operação do empreendimento são mais intensos e diretamente perceptíveis, embora não necessariamente restritos à Área Diretamente Afetada (ADA). Por conseguinte, essa área está sob potencial influência da emissão de particulados, na qualidade do ar, nos recursos hídricos, na fauna e flora da área.

Na Área de Influência Indireta (AII), podem ocorrer impactos indiretos decorrentes das atividades de mineração, os quais, embora não estejam localizados na área de intervenção direta, resultam de efeitos secundários e difusos do empreendimento. Esses impactos podem incluir alterações no uso e ocupação do solo, além de possíveis efeitos cumulativos e sinérgicos sobre ecossistemas e comunidades entorno da área de exploração.

A definição das áreas de influência ADA, AID e AII são essenciais para uma gestão ambiental eficaz em áreas de exploração mineral, pois permite identificar as diferentes formas e intensidades com que o meio ambiente e as comunidades podem ser afetados.

4.2 Áreas de Proteção Permanente (APP)

As Áreas de Preservação Permanente (APPs) são áreas protegidas por lei, conforme estabelecido pelo novo código florestal, caracterizada pela Lei 12.651/12, modificada pela Lei 12.727/2012 e pelo decreto 7.830/2012, e complementado pelas resoluções CONAMA 302 e 303/2002. Essas áreas têm como finalidade preservar os recursos hídricos, a biodiversidade, o solo e as paisagens naturais, garantindo a qualidade ambiental e dos recursos naturais.

As APPs são essenciais para a conservação da fauna e flora, bem como para o equilíbrio ecológico. Algumas das APPs mais conhecidas são as margens dos rios, lagos e nascentes, encostas com inclinação superior a 45 graus, topos de morros e montanhas, entre outras, que estão especificadas no artigo 4º a seguir.

Art. 4º [...] Inciso I. São Áreas de Preservação Permanente, em zonas rurais ou urbanas, para os fins desta Lei: a) 30 (trinta) metros, para os cursos d'água com menos de 10 (dez) metros de largura. b) 50 (cinquenta) metros, para os cursos d'água que tenham de 10 (dez) a 50 (cinquenta) metros de largura. c) 100 (cem) metros, para os cursos d'água que tenham de 50 (cinquenta) a 200 (duzentos) metros de largura. d) 200 (duzentos) metros, para os cursos d'água que tenham de 200 (duzentos) a 600 (seiscentos) metros de largura. e) 500 (quinhentos) metros, para os cursos d'água com largura superior a 600 (seiscentos) metros. (Brasil, 2012, p. 1).

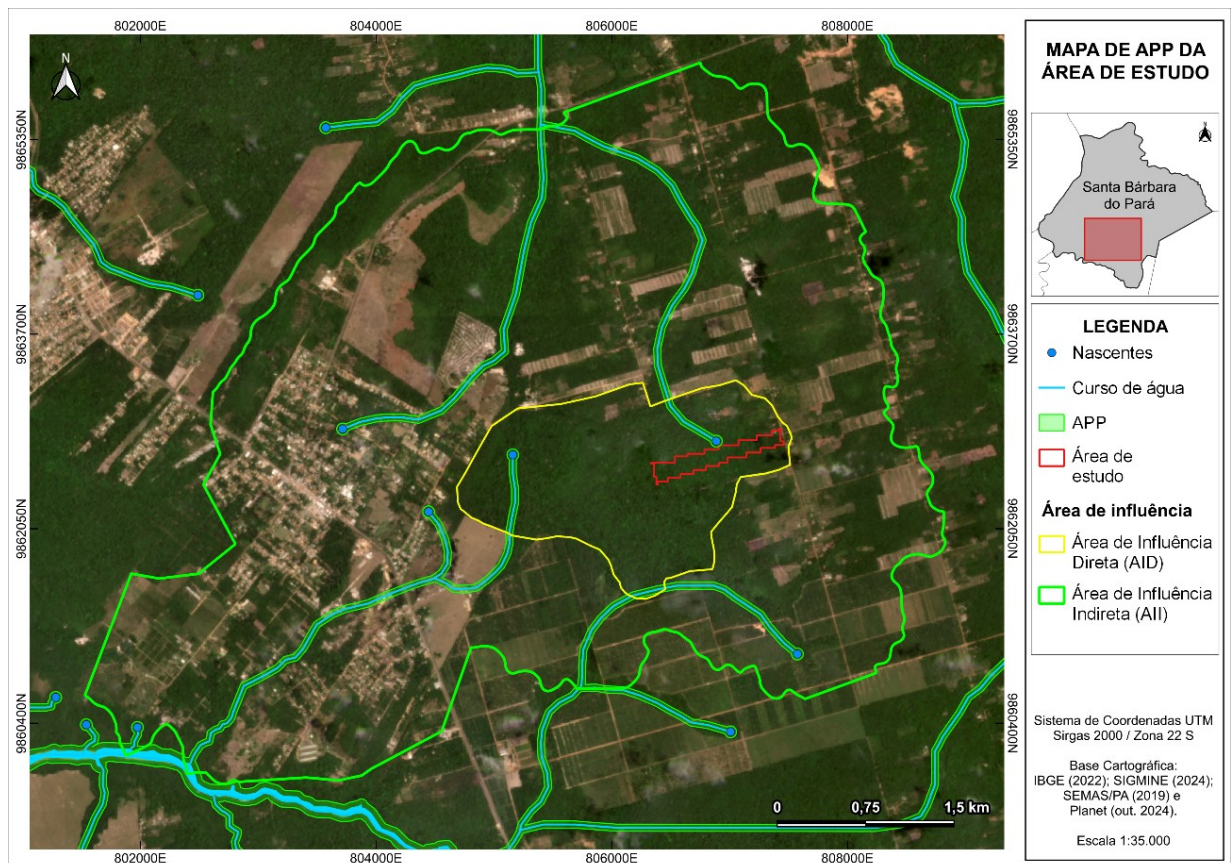
É possível constatar que próximo a área de exploração mineral a presença de Áreas de Proteção Permanente, as quais são áreas protegidas pela lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012 onde menciona que para os corpos hídricos com 10 a 50 metros de largura (de uma margem à outra) a extensão da Área de Preservação Permanente é de 50 metros, os cursos d'água com

menos de 10 metros de largura, a área de preservação permanente é de 30 metros para o leito regular. Para o entorno das nascentes, a APP deve manter em conservação o raio mínimo de 50 metros.

Na área de estudo, foi realizado o mapeamento das APPs próximas à área de exploração mineral, com base em faixas de proteção de 50 e 30 metros para cursos d'água e 50 metros para nascentes, conforme estabelecido pela legislação ambiental brasileira. A escolha dessas distâncias está fundamentada no objetivo de proteger os ecossistemas aquáticos e as áreas de recarga hídrica, que são essenciais para a manutenção da biodiversidade local e para a qualidade da água utilizada por comunidades humanas e pela fauna.

A Figura 06 apresenta as Áreas de Preservação Permanente (APPs) localizadas nas proximidades da área delimitada para a exploração mineral, acompanhando os cursos d'água e nascentes existentes no entorno imediato. Essa proximidade confere à região uma sensibilidade ambiental significativa, exigindo um planejamento criterioso das atividades minerárias, uma vez que qualquer intervenção inadequada pode comprometer diretamente os recursos naturais legalmente protegidos.

Figura 06 – Mapa de Áreas de Preservação Permanente



Fonte – elaborado pelos autores (2025)

A delimitação dessas faixas é crucial para evitar a degradação dos ecossistemas aquáticos, que pode ocorrer por meio do assoreamento dos cursos d'água, contaminação por sedimentos e produtos químicos, além da destruição da vegetação ciliar, que atua como filtro natural e estabilizador das margens. A remoção da vegetação e a movimentação de terra próximas a esses corpos d'água podem comprometer a qualidade da água, afetar a fauna aquática e reduzir a capacidade de recarga dos aquíferos subterrâneos. Além do Código Florestal, a Resolução CONAMA nº 303/2002 estabelece diretrizes específicas para o licenciamento ambiental de atividades de mineração, incluindo a obrigatoriedade da preservação das APPs e a recuperação das áreas degradadas. Essa resolução reforça a necessidade de monitoramento contínuo e de adoção de medidas mitigadoras para minimizar os impactos ambientais, como a recomposição da vegetação nativa e o controle da erosão (CONAMA, 2002).

4.3 Uso e ocupação do solo

O mapa de uso e ocupação do solo (Figura 07), mostra uma predominância de vegetação primária, especialmente na área central, onde também se insere a área delimitada para exploração mineral, indicando a necessidade de atenção quanto à conservação ambiental, exigindo um manejo integrado no delineamento das concessões minerárias.

A vegetação natural é a classe de uso predominante na área diretamente afetada pela mineração, indicando que a atividade mineradora impacta diretamente o bioma local, com remoção e fragmentação da cobertura vegetal. Nas áreas de influência direta e indireta, a vegetação ainda é expressiva, mas sofre efeitos indiretos da mineração, como degradação da qualidade do solo, poluição e fragmentação dos habitats, comprometendo a biodiversidade da região.

A proximidade entre os corpos hídricos e as áreas de mineração pode levar à contaminação da água por sedimentos e resíduos gerados pelas atividades mineradoras. Essa contaminação compromete a qualidade da água, afeta negativamente os ecossistemas aquáticos e representa riscos tanto para o abastecimento local quanto para a saúde das comunidades. Nesse contexto, os corpos hídricos da região sofrem influência direta da atividade mineradora, tornando indispensável a adoção de medidas preventivas e de controle ambiental para evitar a degradação desses recursos naturais.

Figura 07 – Mapa de uso e ocupação do solo (2024)



Fonte – elaborado pelos autores (2025)

O perímetro urbano, localizado principalmente na área de influência indireta, sofre pouca interferência direta da mineração, mas ainda pode ser impactado de forma indireta por fatores como poeira, ruído, tráfego intenso de veículos pesados e alterações na paisagem. Esses efeitos podem afetar a qualidade de vida da população local e gerar demandas por políticas públicas de controle e mitigação.

As áreas de solo exposto aparecem concentradas nas zonas de influência direta e indireta, refletindo o avanço da mineração, agropecuária e o desmatamento associados. Esse solo indica degradação ambiental, com potencial para erosão, perda de nutrientes e comprometimento da recuperação natural da área, além de representar risco de aumento de poluição por poeira e sedimentos.

A agricultura é expressiva principalmente na área de influência indireta, mas também aparece na influência direta, demonstrando que a atividade mineradora pode gerar conflitos com o uso agrícola. A proximidade da mineração pode comprometer a produtividade agrícola devido à poluição do solo e da água e a sustentabilidade das práticas agrícolas.

Já a área de mineração propriamente dita está delimitada na zona diretamente afetada, ocupando uma pequena extensão do território, mas com impactos que se estendem para além de

seus limites físicos. A mineração modifica o solo, retira a vegetação e altera a paisagem, sendo o ponto central dos efeitos negativos observados nas demais classes de uso do solo nas áreas adjacentes.

A vegetação primária é fundamental para regulação do clima, proteção do solo e preservação da biodiversidade. A vegetação secundária representa áreas em processo de regeneração natural após supressão vegetal ou outras formas de uso do solo. Essas formações indicam uma recuperação parcial da cobertura original, refletindo mudanças no uso da terra ao longo do tempo.

O uso para atividade agrícola ocupa uma área de 645,54 hectares, correspondente a cerca de 16% da área de estudo delimitada, conforme indicado na Figura 6. Essa ocupação está associada a atividades produtivas que tendem a modificar significativamente as características do solo e da paisagem. Outro elemento presente nessa área são os corpos hídricos onde é importante para o fornecimento de água para consumo humano como também para a fauna e flora. Identificou-se, também, áreas urbanas, onde concentram infraestruturas residenciais e comerciais. Áreas de solo exposto caracterizando-se em ambientes sob processo de degradação ou transição.

A área de exploração mineral se destaca por estar inserida em uma região coberta por vegetação primária. Isso destaca uma questão ambiental relevante, pois a implantação de atividades minerárias em zonas de floresta nativa representa uma interferência direta na vegetação ainda preservada, onde pode ter diversos impactos, como a supressão da vegetação primária, a alteração da paisagem natural, o comprometimento da fauna e o risco de contaminação de corpos hídricos.

Considerando a atividade de exploração mineral de extração de areia que envolve intervenções diretas como a supressão vegetal, escavações, movimentação de solo e instalação de estruturas é necessário delimitar onde os impactos ocorrem com maior intensidade e onde ocorre a propagação indireta. Essa delimitação é importante quando há presença de comunidades nas proximidades da área de exploração, já que podem ser afetadas por poluição do ar, alterações na qualidade da água, aumento de ruídos e mudanças no uso do solo. Além disso, a diversidade ecológica local também precisa de atenção, pois os ecossistemas podem sofrer pressões mesmo fora da área diretamente explorada, por meio de efeitos cumulativos e indiretos. Ao definir as áreas diretamente afetada, de influência direta e indireta, torna-se possível planejar ações de controle, mitigação e compensação mais eficazes, promovendo um equilíbrio entre a atividade econômica e a preservação ambiental e social.

5 CONCLUSÃO

A exploração mineral realizada em conformidade com o Código Florestal desempenha um papel essencial na preservação dos recursos naturais, garantindo que as atividades econômicas sejam conduzidas de maneira sustentável e responsável. No entanto, é fundamental reconhecer que, mesmo quando alinhadas às normas legais vigentes, essas atividades podem ocasionar impactos ambientais significativos. Tais impactos, se não devidamente monitorados e controlados, tendem a se expandir progressivamente, ampliando as áreas afetadas e intensificando os problemas ambientais relacionados, como a degradação do solo, a perda da biodiversidade e a contaminação dos recursos hídricos.

Nesse contexto, a aplicação do geoprocessamento para a elaboração do Plano de Controle Ambiental (PCA) revela-se uma ferramenta indispensável para o planejamento e a gestão eficaz das áreas destinadas à exploração mineral, especialmente em regiões ambientalmente sensíveis. A utilização de Sistemas de Informação Geográfica (SIG) e técnicas avançadas de sensoriamento remoto possibilita uma análise integrada e detalhada dos elementos ambientais relevantes, incluindo a hidrografia local, o uso do solo, as áreas de preservação permanente (APPs) e a delimitação das áreas de influência dos impactos da mineração, como as Área Diretamente Afetada (ADA), Área de Influência Direta (AID) e Área de Influência Indireta (AII).

Os resultados obtidos demonstram que o geoprocessamento contribui significativamente para a elaboração de diagnósticos ambientais precisos, fornecendo subsídios técnicos fundamentais para a avaliação da viabilidade dos empreendimentos minerários e para a definição de estratégias eficazes de mitigação dos impactos ambientais decorrentes dessas atividades. A produção de mapas temáticos detalhados permite a identificação e visualização clara das áreas críticas, como a proximidade de corpos hídricos e remanescentes de vegetação primária em relação às áreas de exploração mineral, o que reforça a necessidade de um planejamento técnico e da implementação de medidas preventivas adequadas.

Além disso, o uso do geoprocessamento auxilia no cumprimento das exigências legais durante o processo de licenciamento ambiental, garantindo maior transparência e eficiência na gestão ambiental. A delimitação das áreas de influência possibilita um monitoramento contínuo e a previsão antecipada dos impactos, não apenas diretos, mas também indiretos, promovendo um controle mais abrangente sobre os efeitos ambientais e sociais da atividade minerária.

Dessa forma, pode-se concluir que o objetivo deste trabalho foi alcançado, uma vez que a análise e a aplicação de técnicas de geoprocessamento no relatório do Plano de Controle

Ambiental (PCA) permitiram avaliar de forma eficaz os impactos ambientais decorrentes da extração de areia no município de Santa Bárbara do Pará. Assim, evidencia-se a relevância do geoprocessamento como suporte técnico-científico para a gestão ambiental da mineração, fortalecendo o planejamento sustentável e contribuindo para a conservação dos ecossistemas locais.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE MINERAÇÃO – ANM. **Pesquisar Processos**. Disponível em: <<https://sistemas.anm.gov.br/SCM/Extra/site/admin/pesquisarProcessos.aspx>>. Acesso em: 25 ago. 2025.

ALMEIDA, S. L. M.; LUZ, A. B. (org.). **Manual de agregados para a construção civil**. 2. ed. Rio de Janeiro: CETEM/MCTI, 2012. 432 p.

ANDRADE, Rômulo Wilker Neri de. **Avaliação de impactos ambientais**: estudo parcial da instalação e operação do IFPB – Campus Cabedelo. 2022. 92f. Trabalho de Conclusão de Curso (Tecnologia em Gestão Ambiental). João Pessoa, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba, 2022.

AYACH, Lucy Ribeiro; BACANI, Vitor Matheus; DA SILVA, Jaime Ferreira. Unidades de Conservação no Pantanal do município de Aquidauana-MS: uma análise da evolução do uso da terra e cobertura vegetal e suas implicações. **Caderno de Geografia**, v. 24, n. 2, p. 138-154, 2014.

BOGGIONE, Giovanni de Araujo; SILVA, Marcos Vinicius Alexandre da; CARVALHO JUNIOR, Nelito Rodrigues de; TELES, Thiago Lima; NAZARENO, Nilton Ricetti Xavier de. Definição da escala em imagens de sensoriamento remoto: uma abordagem alternativa. *In*: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 14, Natal. **Anais...** Natal: INPE, 2009. p. 1739-1746.

BRASIL. CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução nº 001, de 23 de janeiro de 1986**. Dispõe sobre critérios básicos e diretrizes gerais para a avaliação de impacto ambiental. Brasília, 1986.

BRASIL. **Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981**. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. Brasília, 1981.

BRASIL. **Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012**. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nº 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória nº 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. Brasília, 2012.

BRASIL. **Lei nº 12.727, de 17 de outubro de 2012**. Altera a Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012, que dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; e revoga as Leis nº 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, a Medida Provisória nº 2.166-67, de 24 de

agosto de 2001, o item 22 do inciso II do art. 167 da Lei nº 6.015, de 31 de dezembro de 1973, e o § 2º do art. 4º da Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012. Diário Oficial da União. Brasília, 2012.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. **Plano de Mineração do Estado do Pará 2014-2030**. Brasília: MME, 2021.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA. **Resolução nº 302 de 20 de março de 2002**. Dispõe sobre os parâmetros, definições e limites de Áreas de Preservação Permanente de reservatórios artificiais e o regime de uso do entorno. Diário Oficial da União, Brasília, 2022.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA. **Resolução nº 303, de 20 de março de 2002**. Dispõe sobre parâmetros, definições e limites de Áreas de Preservação Permanente. Diário Oficial da União, Brasília, 2022.

CARVALHO, Maria Pereira. **Estudo da aplicação de drones para elaboração de cartografia de apoio a planos de reabilitação urbana**. 2023. 159f. Mestrado (Engenharia Geográfica). Porto – Portugal, Universidade do Porto, 2023.

CARVALHO NETO, Luciano Marajó de. Uso e Ocupação do solo da Área de preservação permanente (APP) da microbacia do Córrego Barreiro, Uberaba (Minas Gerais). **Revista Brasileira de Sensoriamento Remoto**, v. 1, n. 2, 2021.

COSTA, Maria Sarajane Farias; DE ALBUQUERQUE, Helder Neves. O Licenciamento Ambiental no Brasil e os seus Desafios na Proteção do Meio Ambiente. **Revista Saúde e Meio Ambiente**, v. 12, n. 02, p. 101-115, 2021.

CUNHA, Gabriel Carneiro Silva; SOUZA, Sirius Oliveira. Evolução espaço-temporal do uso e ocupação da terra no município de Santaluz – BA, Brasil (2001-2021). **Revista Geotemas**, v. 14, p. e02402-e02402, 2024.

FAPESPA - Fundação Amazônia de Amparo a Estudos e Pesquisas. **Boletim da mineração 2024**. Belém: FAPESPA, 2024.

FARINHA, Alexandre de Carvalho Chora Bento. **Integração da Informação Gráfica e Cartográfica dos Instrumentos de Gestão Territorial de Âmbito Municipal Numa Base de Dados Geográfica**. 2024. 50f. Dissertação (Mestrado em Tecnologias de Informação Geográfica). Coimbra – Portugal, Universidade de Coimbra, 2024.

FLEMING, Cristina; PEREIRA, Luciana Escalante. Diretrizes do Licenciamento Ambiental no Arranjo Transfronteiriço Corumbá e Ladário (Brasil); Puerto Quijarro (Bolívia). **Revista GeoPantanal**, v. 18, n. 35, 2023.

GÓES, V. **Geoprocessamento e Questões Ambientais em Cabedelo/PB**. 2022. 16f. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Docência para a Educação Profissional e Tecnológica). Cabedelo – PB, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba, 2022.

GREENPEACE BRASIL. **Garimpo ilegal: saiba seus impactos no Brasil**. Blog Greenpeace Brasil, 2023. Disponível em: <<https://www.greenpeace.org/brasil/blog/garimpo-ilegal-e-seus-impactos/>>. Acesso em: 7 ago. 2025.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo 2022**. [s.l.]. 2021. Disponível em <<https://censo2022.ibge.gov.br/sobre/conhecendo-o-brasil.html>>. Acesso: 25 ago. 2025.

LEITE, G.T.D.; PINHEIRO, R.Z.G.; PAMBOUKIAN, S.V.D. Monitoramento de áreas de risco com a utilização de técnicas de Geoprocessamento. **Revista Mackenzie de Engenharia e Computação**. São Paulo, v. 19, n. 1, p. 24-47, 2019.

LIMA, Mirelle Tainá Vieira; OLIVEIRA, Carlos Wagner; MOURA-FÉ, Marcelo Martins. Análise multicritério em geoprocessamento como contribuição ao estudo da vulnerabilidade à erosão no estado do Ceará. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 14, n. 5, p. 3156-3172, 2021.

MARTILDES, Jéssica Araújo Leite et al. Identificação e avaliação de impactos ambientais na fase de operação do Aterro Sanitário de Campina Grande-PB. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 3, p. 13395-13415, 2020.

MESQUITA JUNIOR, Humberto Navarro de. **Lições aprendidas no uso do sensoriamento remoto e dos sistemas de informação geográficas para a gestão pública das florestas brasileiras**. 2016. 69f. Monografia (Especialização em Gestão Pública). Brasília, Escola Nacional de Administração Pública, 2016.

MOURA, Adriana Maria Magalhães de. Aplicação dos instrumentos de política ambiental no Brasil: avanços e desafios. *In*: MOURA, Adriana Maria Magalhães de (org.). **Governança Ambiental no Brasil**: instituições, atores e políticas públicas. Brasília: Ipea, 2016, p. 111-145.

MOREIRA, Fernanda da Silva de Andrade; DIAS, Gustavo Francesco de Moraes; RAVENA, Nírvia. Regulação do Setor Minerário no Estado do Pará e seus Impactos Ambientais. **Revista Contribuciones a las Ciencias Sociales**, dez. 2019. 16p.

OLIVEIRA, Juscelino Fonseca de. Monitoramento dos impactos ambientais causados pela extração de areia na Região Metropolitana de Manaus. 2020. **Revista Amazônia**. Impacto da Mineração Ilegal no Meio Ambiente: Soluções e Políticas Públicas. Disponível em: <<https://revistaamazonia.com.br/impacto-da-mineracao-ilegal-meio-ambiente/>>. Acesso em: 7 ago. 2025.

ROCHA, D. P. N.; MATHIS, A. Mineração na Região Metropolitana de Belém – a invisibilidade de uma atividade no planejamento público. **Papers do NAEA**, Belém, v. 1, n. 1, 2024.

SILVA, Francisco Jonh Lennon Tavares; ROCHA, Dyego Freitas; DE AQUINO, Cláudia Maria Sabóia. Geografia, geotecnologias e as novas tendências da geoinformação: indicação de estudos realizados na região Nordeste. **Geografia**, v. 2, n. 6, 2016.

VILLA VERDE, Rodrigo Braga da Rocha; ALAMINO, Renata de Carvalho Jimenez; FERNANDES, Francisco Rego Chaves. **Os desafios da extração mineral na Região Norte em prol do desenvolvimento socioeconômico**. Rio de Janeiro: CETEM, 2014. p. 13–21.

ZAIDAN, Ricardo Tavares. Geoprocessamento conceitos e definições. **Revista de Geografia-PPGEO-UFJF**, v. 7, n. 2, 2017.