

Análise espacial das atividades de mineração e de suas áreas de influência em áreas protegidas da Bacia Hidrográfica do Vacacaí-Mirim - RS

Spatial analysis of mining activities and their areas of influence in protected areas of the Vacacaí-Mirim River Basin - RS

Claudia Elisa Lanes Dorneles Souza

Universidade Federal de Santa Maria – UFSM
claudiaelisaids@gmail.com

Anderson Augusto Volpato Scoti

Universidade Federal de Santa Maria – UFSM
anderson.sccoti@ufsm.br

Denize Calheiro

Universidade Federal de Santa Maria – UFSM
calheirodenize@gmail.com

Gerson Jonas Schirmer

Universidade Federal de Santa Maria – UFSM
gerson.j.schirmer@ufsm.br

Resumo

Este artigo analisa as áreas de mineração e suas áreas de influência, ao que tange a cobertura da terra e as áreas protegidas na Bacia Hidrográfica do Rio Vacacaí Mirim, na região central do Rio Grande do Sul. Para delimitar as áreas de influência, optou-se por gerar *buffers* com o raio de 1km a partir da extração dos polígonos referentes às áreas de mineração. Para comparar a presença das áreas de mineração e suas áreas de influência com as variáveis de uso e cobertura da terra e áreas legalmente protegidas, os dados foram tabulados a partir de histogramas. Também utilizou-se uma matriz de impactos ambientais para uma análise qualitativa. Quanto aos resultados, a maioria das atividades mineradoras ocorre em áreas ecologicamente sensíveis: nascentes, topos de morro e cursos d'água — todas classificadas como Áreas de Preservação Permanente (APP). A presença da mineração nesses locais, combinada à complexidade ambiental, evidencia a necessidade de estudos mais aprofundados sobre os impactos associados à mineração e suas áreas de influência. Embora existam propostas para o uso racional da exploração mineral, abrangendo um planejamento e gestão ambiental durante e pós operação, as lacunas jurídicas fazem com que as questões socioambientais tornem-se reféns das tendências corporativistas.

Palavras-chave: Áreas de preservação permanente (APP), Matriz de impactos ambientais, Legislação ambiental, Topo de morro, Brita, Balneoterapia.

Abstract

This article analyzed the areas of mining and their areas of influence, regarding the land cover and the protected areas in the Vacacaí Mirim Hydrographic Basin, in the central region of Rio Grande do Sul. To delimitate the areas of influence, it was chosen to generate buffers with a 1km radius from the extraction of the polygons referring to the areas of mining. To compare the presence of the areas of mining and their areas of influence with the variables of use and coverage of the land and legally protected areas, the data was charted from histograms. It also utilized an environmental impact matrix

for a qualitative analysis. Regarding the results, most of the mining activities happen in ecologically sensitive areas: headwaters, hilltops and watercourses – all classified as Permanent Preservation Areas. The presence of mining in these locations, combined with the environmental complexity, demonstrates the need for deeper studies about the impacts associated with mining and its areas of influence. Although there are proposals for the rational use of mineral exploration, encompassing planning and environmental management during and after the operation, the legal gaps make the socio-environmental matters become chained to corporatist tendencies.

Keywords: Permanent preservation areas, Environmental impact matrix, Environmental legislation, Hilltop, Crushed stone mining, Balneotherapy.

1. Introdução

Na região central do estado do Rio Grande do Sul (RS), o rio Vacacaí-Mirim é incorporado a uma pequena bacia hidrográfica, a Bacia Hidrográfica do Rio Vacacaí-Mirim (BHVCCM). Esta bacia possui importância estratégica do ponto de vista ambiental e socioeconômico, pois abriga Áreas de Preservação Permanente (APPs), unidades de conservação e territórios tradicionais. Entretanto, a presença de atividades de mineração representa um grande potencial de impacto sobre esses ecossistemas.

Na Convenção sobre Diversidade Biológica (ONU, 1992), o termo “Áreas Protegidas” foi definido como: “uma área definida geograficamente que é destinada, ou regulamentada, e administrada para alcançar objetivos específicos de conservação”. Desta forma, no Brasil há a regulamentação de três grandes classes de áreas protegidas, as APPs (BRASIL, 2012), as Unidades de Conservação (BRASIL, 2000) e os territórios de povos tradicionais (BRASIL, 2007).

A sobreposição de atividades de mineração com áreas protegidas é recorrente em diferentes regiões do Brasil, sendo um entrave para a gestão territorial e a conservação ambiental. No estado do Amapá, o estudo de Fernandes et al. (2024) identificou a ocorrência de processos minerários sobre unidades de conservação e terras indígenas, apontando conflitos de uso e riscos à preservação da biodiversidade. Usufruindo de técnicas de geoprocessamento, o trabalho ressaltou a importância do monitoramento contínuo e da aplicação de instrumentos legais para prevenir e mitigar impactos ambientais (FERNANDES et al., 2024). Essa abordagem metodológica, que usa dados espaciais e informações normativas, possui aplicabilidade em diferentes recortes territoriais, fornecendo subsídios relevantes para análises como a que se propõe neste estudo.

A Resolução Conama nº 369/2006 (BRASIL, 2006), traz esclarecimentos quanto a presença de áreas protegidas em áreas de mineração, desta forma, no Art. 5º são propostas medidas de caráter mitigador e compensatório com efetiva recuperação ou recomposição de

APP, tanto nas áreas de influência do empreendimento, quanto nas cabeceiras dos rios. Assim como no Art. 7º desta mesma legislação (BRASIL, 2006), em caso de intervenção ou supressão de APPs, torna-se necessária a apresentação de Estudo de Impacto Ambiental (EIA) e Relatório de Impacto ao Meio Ambiente (RIMA), e o titular do empreendimento torna-se obrigado a recuperar o ambiente degradado, sendo necessária a elaboração de um Plano de Recuperação de Áreas Degradadas (PRAD).

Kopezinski (2000) destaca que a dependência humana por bens minerais causa o surgimento de imensas áreas degradadas que, após sua exploração, não podem ser ocupadas racionalmente. Nesse contexto, ressalta-se a importância da aplicação de estudos ambientais quanto ao uso da mineração em áreas legalmente protegidas, especialmente por serem consideradas áreas de grande importância ecossistêmica, representando alta fragilidade quando expostas à usos de elevado impacto ambiental, como é o caso da mineração e sua área de influência. Diante o exposto, o objetivo deste trabalho é analisar as áreas de mineração e suas áreas de influência, ao que tange a cobertura da terra e as áreas protegidas na Bacia Hidrográfica do Vacacaí-Mirim (BHVCCM).

2. Materiais e métodos

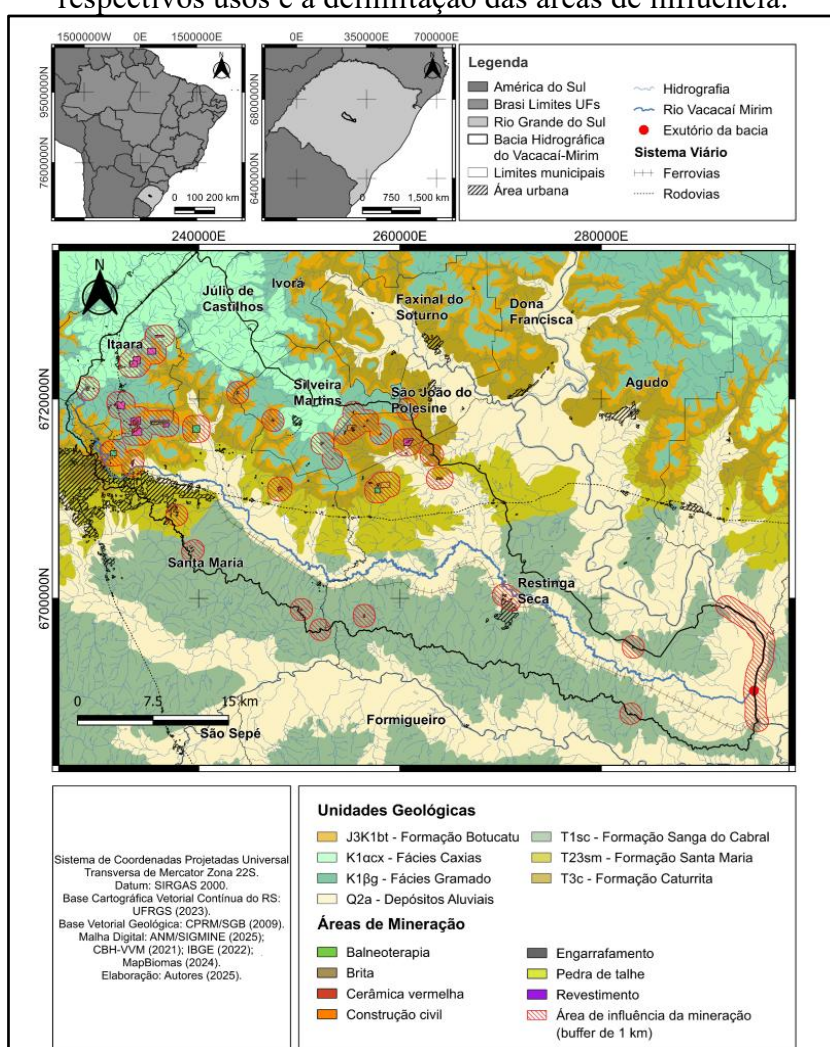
Caracterização da área de estudo

A Bacia Hidrográfica do Vacacaí-Mirim (BHVCCM) está localizada na região de transição entre o Planalto das Missões e a Depressão Central, no estado do RS. Com 1.181 km² de área total, seus rios tributários drenam os limites municipais de: Silveira Martins (67,39%), Itaara (59,21%), Restinga Seca (56,35%), São João do Polêsine (48,78%), Santa Maria (19,83%) e Júlio de Castilhos (3,12%) (CBH-VVM, 2021).

Na Figura 1, observa-se o mapa de localização da bacia, com a indicação das áreas de mineração, classificadas de acordo com seus usos, e as áreas de influência de cada polígono de mineração, e ainda há a identificação das unidades geológicas presentes na área de estudo. Os Depósitos Aluviais, são depósitos inconsolidados (sedimentos), e estão presentes em calhas de rio e planícies de inundação (SGB, 2009), sendo a unidade geológica de maior abrangência na bacia, inicia-se em Santa Maria e atravessa a bacia, transpassando seu exutório em Restinga Seca. A formação Sanga do Cabral está presente em quase toda a metade sul da bacia, trata-se da maior parte da área da bacia presente na Depressão do Rio Jacuí (SGB, 2009).

A Formação Santa Maria, assim como a Formação Botucatu e Formação Caturrita, também se tratam de rochas sedimentares. A Formação Santa Maria está presente principalmente na região central da BHVCCM, também acolhe a porção leste da área urbana do município de Santa Maria (Figura 1). As formações Botucatu e Caturrita estão presentes na base do rebordo erosivo que marca a transição entre a Depressão Central e o Planalto. Já as fácies Caxias e Gramado integram o Planalto das Missões, o Planalto dos Campos Gerais e a Serra Geral, cobrindo a porção norte da bacia.

Figura 1. Mapa de localização da Bacia Hidrográfica do Vacacaí-Mirim, com a identificação das unidades geológicas, localização das áreas de mineração com seus respectivos usos e a delimitação das áreas de influência.



Fonte: Autores (2025).

Metodologia

O presente trabalho utilizou como abordagem metodológica as aplicações do geoprocessamento, caracterizando-se como uma pesquisa de natureza quantitativa, com

abordagem qualitativa complementar, com o uso do software livre de Sistema de Informação Geográfica (SIG) QGIS (QGIS DEVELOPMENT TEAM, 2023) e a base de dados aplicada consta na Tabela 1. Para os dados socioambientais, foram utilizados: litologia (SGB, 2009), biomas (CREN, 2006), Unidades de Conservação (SNUC, 2025), sistema viário e hidrografia do Rio Grande do Sul (UFRGS, 2023), uso e cobertura da terra no ano de 2023 da plataforma do MapBiomas (2024) e territórios quilombolas (INCRA, 2025). Quanto aos dados para delimitar a área de estudo, foram extraídos: a área da BHVCCM (CBH-VVM, 2021), a malha municipal do estado do RS (IBGE, 2022).

Tabela 1. Base de dados utilizada para a pesquisa.

Base de dados	Descrição	Escala	Fonte
Portal de Mapas do IBGE	Malha municipal do estado do RS.	1:250.000	IBGE (2022)
Dados organizados pelos autores	Dados vetoriais da Bacia Hidrográfica do Vacacaí-Mirim	-	CBH-VVM (2021)
Base Cartográfica Vetorial Contínua do RS	Dados vetoriais do sistema viário e hidrografia do estado do RS.	1:50.000	UFRGS (2023)
Portal do Sistema de Cadastro Ambiental Rural - SICAR	Polígonos das propriedades correspondentes à Aldeia Três Soitas	-	SICAR (2024)
Portal do Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (INCRA)	Territórios quilombolas	-	INCRA (2025)
Portal de Dados Abertos do Ministério do Meio Ambiente	Unidades de Conservação (UC)	-	SNUC (2024)
Portal de Mapas do IBGE	Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais - CREN: Biomas do Brasil	1:250.000	CREN (2006)
Plataforma Mapbiomas	Coleção 9 da Série Anual do Mapbiomas - Uso e cobertura da terra do ano de 2023	1:100.000	Mapbiomas (2024)
Sistema de Informação Geográfica da Mineração - SIGMINE	Polígonos das áreas de mineração do Brasil	-	ANM (2025)
Shuttle Radar Topography Mission	Modelo Digital de Elevação - Dados organizados pelos autores para extração de áreas de topo de morros	1:9.000	SRTM 90m
Repositório Institucional de Geociências: Serviço Geológico do Brasil - SGB	Dados abertos do SGB: Litologia do Rio Grande do Sul.	1:750.000	SGB (2009)

Fonte: Autores (2025)

Além disso, destaca-se a essencialidade de dois procedimentos adicionais, sendo eles: 1. A delimitação da Aldeia Três Soitas, baseada no banco de dados do SICAR (2024), pois, embora não tenham sido encontrados dados quanto à existência de terras indígenas já consolidadas pela FUNAI, sabe-se que a Aldeia Três Soitas está em processo de demarcação. Desta forma, foram selecionadas duas áreas georreferenciadas que estão localizadas no mesmo território da aldeia; 2. Para o mapeamento das áreas de mineração, por serem áreas pequenas, não foram identificadas na área de estudo na plataforma do MapBiomas (2024), sendo assim, optou-se por utilizar os dados de acesso livre da Agência Nacional de Mineração (ANM, 2025).

Por se tratar de um estudo que abrange diferentes usos de mineração, com empreendimentos de portes variados e distribuídos em distintas regiões da bacia hidrográfica, não há consenso na literatura quanto aos critérios e à extensão espacial para a delimitação das áreas de influência das minas. Nesse sentido, as delimitações da área do *buffer* ou zona de amortecimento variam de acordo com os objetivos analíticos e a escala do estudo.

Tang e Werner (2023), ao mapear a pegada global da mineração a partir de imagens de satélite de alta resolução, adotaram zonas de amortecimento de 1 km para representar áreas de influência espacial imediata associadas a impactos diretos e indiretos próximos às minas, ao mesmo tempo em que consideram *buffers* mais amplos, de até 50 km, para ilustrar efeitos de maior abrangência territorial, com caráter global e não prescritivo. Além disso, no estudo de Wang et al (2018), uma área *buffer* de 1 km demonstrou os efeitos diretos de barragens de rejeitos de alto risco sobre comunidades, incluindo áreas residenciais, instalações industriais, hospitais, assentamentos e a qualidade das águas.

Sánchez (2008, p. 293) destaca que “para certos empreendimentos, os impactos indiretos podem ser tão ou mais importantes que os diretos”. Entretanto, ainda há uma lacuna quanto à legislação e quanto à existência de uma metodologia específica para definir as áreas de influência de empreendimentos, comumente sendo colocados à critério da elaboração dos EIA e RIMA, pois é uma delimitação que depende de uma previsão dos possíveis impactos associados às especificidades do empreendimento.

Portanto, ao considerar a escala espacial da bacia hidrográfica em estudo, a diversidade tipológica dos empreendimentos analisados e a necessidade de estabelecer um critério comparável entre as áreas de mineração, optou-se por delimitar as áreas de influência por meio da geração de *buffers* com raio de 1 km, a partir dos polígonos referentes às áreas de mineração. Essa metodologia representa uma zona de influência espacial imediata, adequada à interpretação dos potenciais impactos indiretos associados à mineração, contribuindo para uma caracterização geral das áreas afetadas no contexto analisado.

Quanto ao mapeamento das Áreas de Preservação Permanente (APPs), foram gerados *buffers* em conformidade com o Código Florestal vigente, da Lei 12.651 de 2012 (BRASIL, 2012). Desta forma, por se tratar de uma bacia hidrográfica com trechos de drenagem estreitos, sendo eles inferiores a 10m de largura, foram gerados *buffers* de 30m em relação a área da drenagem. Para as áreas de nascente, foi necessária a extração de

vértices da rede de drenagem, a partir disso, foram gerados *buffers* de 50m. Já para as áreas de topo de morros (com inclinação acima de 25°), foram gerados *buffers* de 100m.

A grande parte dos procedimentos metodológicos foram realizados por intermédio do software SIG QGIS (QGIS DEVELOPMENT TEAM, 2023), com exceção da conversão de vetores para *rasters*, procedimento necessário para efetuar a análise dos dados das áreas protegidas, neste utilizou-se o ArcGIS (ESRI, 2020) para gerar dados de maior acurácia.

Para a análise dos dados, as geoinformações geradas foram tabuladas a partir de histogramas, comparando a presença das áreas de mineração e suas áreas de influência com as variáveis de uso e cobertura da terra e de áreas legalmente protegidas. Por intermédio de uma matriz de impactos ambientais (Quadro 2), baseada no método de Leopold et al. (1971) e adaptada conforme a proposta de Sánchez (2008), foi possível avaliar qualitativamente os impactos dos diferentes tipos de mineração na área de estudo.

Adotou-se uma metodologia voltada à identificação da possibilidade de ocorrência dos impactos ambientais associados, Silva et al. (2024) destacam que, em estudos de escala regional e com elevada heterogeneidade de empreendimentos, a utilização de matrizes de impacto com caráter exploratório permite uma leitura integrada do território, priorizando a identificação de padrões recorrentes de impactos e de áreas potencialmente vulneráveis. Nesse contexto, optou-se por não atribuir pesos, magnitudes ou diferenciação entre fases de operação dessas empresas, uma vez que isso poderia ampliar a complexidade da análise sem ganhos proporcionais, comprometendo a comparabilidade entre os diferentes tipos de mineração no recorte espacial da bacia hidrográfica analisada.

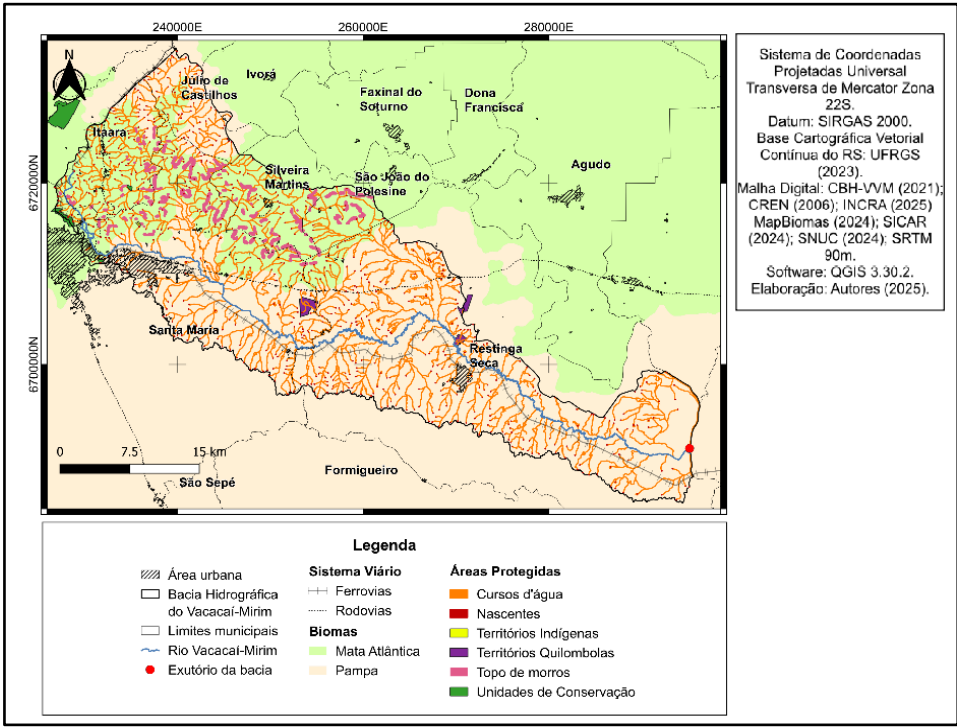
3. Resultados e discussão

Na Figura 2 observa-se a localização das áreas legalmente protegidas presentes na BHVCCM, as quais destacam-se as categorias de APPs de cursos d'água e de áreas de nascentes, que percorrem integralmente toda a área de estudo. Enquanto a outra categoria de APP, referente às áreas de topo de morros, são restritas à porção norte-centro da bacia.

Quanto às demais categorias de áreas protegidas (Figura 2, Quadro 1), há as unidades de conservação (UC), todas localizadas na região noroeste da bacia, as quais há duas situadas no município de Itaara/RS e duas situadas em Santa Maria/RS. Já quanto aos territórios tradicionais, há uma aldeia indígena e um território quilombola no município de

Santa Maria/RS, ao norte da bacia, além de mais duas áreas de quilombolas em Restinga Seca/RS, na região central da área de estudo.

Figura 2. Mapa de localização das áreas protegidas na Bacia Hidrográfica do Vacacaí-Mirim.



Fonte: Autores (2025).

Quadro 1. Categorias de Áreas Protegidas de territórios tradicionais e Unidades de Conservação presentes na Bacia Hidrográfica do Vacacaí-Mirim.

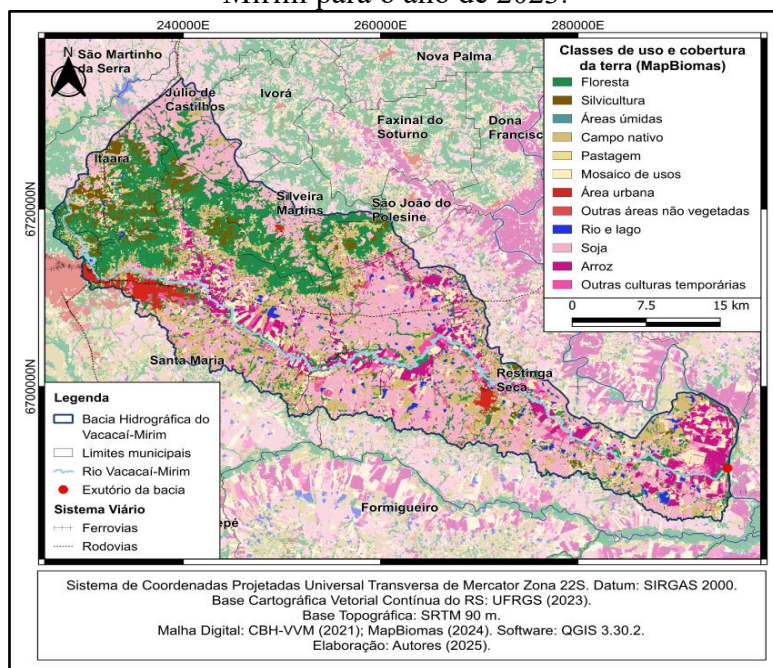
Áreas protegidas	Nome	Município
Território indígena (1)	Aldeia Três Soitas	Santa Maria, RS
	Arnesto Penna Carneiro	
Território quilombola (3)	Rincão dos Martimianos	Restinga Seca, RS
	São Miguel	
Unidade de Conservação (4)	Reserva Particular do Patrimônio Natural Estadual Mo'ã	Itaara, RS
	Reserva Particular do Patrimônio Natural Solar das Borboletas	
	Monumento Natural Paleontológico Sanga da Alemoa	Santa Maria, RS
	Parque Natural Municipal dos Morros	

Fonte: Autores (2025).

A Figura 3 apresenta a distribuição espacial das classes de uso e cobertura da terra na BHVCCM para o ano de 2023, conforme a base de dados do MapBiomas (2024), enquanto a Tabela 2 quantifica a presença dessas classes nas áreas destinadas às diferentes tipologias de mineração. Observa-se que a matriz de ocupação da bacia é composta

predominantemente por áreas agrícolas e pastagens, seguidas por fragmentos de vegetação nativa, especialmente das classes campo nativo e floresta, e, em menor proporção, por áreas urbanizadas.

Figura 3. Mapa das classes de uso e cobertura da terra na Bacia Hidrográfica do Vacacaí-Mirim para o ano de 2023.



Fonte: Adaptado de MapBiomas (2024).

Nas áreas de mineração, destaca-se a expressiva presença de vegetação nativa, com valores superiores a 50% nas áreas de mineração de brita (52,85%) e de revestimento (70,86%), bem como a predominância de campo nativo nas áreas de extração de cerâmica vermelha (55,04%) e de pedra de talhe (46,99%). Esse padrão evidencia um processo histórico de conversão de ecossistemas naturais em atividades produtivas, concentrando os remanescentes de vegetação nativa principalmente em áreas de relevo mais acidentado, em Áreas de Preservação Permanente (APPs) e em zonas de menor aptidão agrícola, em função das limitações impostas por declividade, restrições normativas associadas às APPs e pela menor viabilidade econômica dessas áreas para usos agrícolas intensivos.

A Tabela 2 explicita que mesmo em áreas diretamente utilizadas para mineração, ainda há cobertura de vegetação nativa, como a classe de campo nativo que abrange especialmente às áreas voltadas à extração de cerâmica vermelha (55,04%) e de pedra de talhe (46,99%), e a classe de floresta que abrange 52,96% da área de mineração de brita e 70,86% da área voltada à mineração para revestimento.

Tabela 2. Classes de uso e cobertura da terra presentes nas áreas de uso para mineração (%) na Bacia Hidrográfica do Vacacaí-Mirim.

Classes de uso e cobertura da terra	Uso (% de área)						
	Brita	Cerâmica vermelha	Revestimento	Balneoterapia	Construção civil	Engarrafamento	Pedra de talhe
Floresta	52,85	8,91	70,86	14,84	21,11	32,52	11,45
Silvicultura	16,88	0,00	23,43	5,58	2,73	4,76	0
Áreas úmidas	0,00	1,94	0	0	0,46	0	0
Campo nativo	5,98	55,04	4,57	16,42	8,55	14,13	46,99
Pastagem	3,09	0	0	7,26	0,96	1,54	20,48
Mosaico de usos	12,57	22,09	1,14	2,95	7,13	27,13	8,43
Área urbana	0,55	1,55	0	0	0	0	0
Outras áreas não vegetadas	0,99	0,39	0	3,26	2,09	0,42	11,45
Rio e lago	2,57	0,39	0	0	48,63	0,49	0
Soja	3,68	0,00	0	9,58	4,75	4,97	1,2
Arroz	0	6,59	0	0	0	0	0
Outras culturas temporárias	0,84	3,10	0	40,11	3,58	14,06	0

Fonte: Autores (2025).

O Quadro 2 trata-se da Matriz de Impactos Ambientais para as áreas de mineração presentes na BHVCCM. Considerando a existência de 60 empreendimentos de diferentes tipologias e portes, distribuídos em seis classes: Balneoterapia (2), Brita (13), Cerâmica vermelha (5), Construção civil (29), Engarrafamento (4), Pedra de talhe (5) e Revestimento (2) (ANM, 2025).

Quadro 2. Matriz de Impactos Ambientais para os tipos de mineração da Bacia Hidrográfica do Vacacaí-Mirim.

Legenda		Impactos ambientais associados															
		Alteração da qualidade das águas superficiais e subterrâneas	Alteração do regime de escoamento das águas subterrâneas	Alteração da qualidade do ar	Alteração da qualidade do solo	Processos erosivos	Alteração das condições climáticas locais	Alteração ou destruição de habitats	Diminuição da disponibilidade de nutrientes do solo	Penetração à fauna local	Proliferação de vetores	Desconforto ambiental	Alteração da paisagem visual	Riscos à saúde humana	Perda de referências espaciais e memória e à cultura popular	Limitação das opções de uso do solo	
		●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
Aspectos ambientais potencialmente afetados																	
Meio físico	Alteração das características do solo	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
	Alteração da topografia local	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
	Alteração da rede hidrográfica	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
	Aumento da carga de sedimentos nos corpos d'água	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
	Geração de estêrres	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
	Geração de rejeitos	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
	Geração de resíduos sólidos	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
	Dispersão de gases e poeiras	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
	Emissão de ruído	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
	Emissão de vibrações e sobrepressão atmosférica	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
Meio biótico	Dispersão de efluentes líquidos	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
	Rebaixamento ou elevação do nível freático	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
	Subsistência	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
	Aumento dos riscos de escorregamentos de taludes	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
	Interferência sobre processos bióticos nos corpos d'água	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
Meio antrópico	Eutrofização de corpos d'água	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
	Bioacumulação de poluentes	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
	Fragmentação da cobertura vegetal	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
	Perda de cobertura vegetal	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
	Modificação da infraestrutura de serviços	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
	Deslocamento de assentamentos humanos	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
	Indução de fluxos migratórios	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
Modificação das formas de uso do solo	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●		
Alteração ou destruição de sítios de interesse cultural	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●		
	Aumento do tráfego de veículos	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	

*Esta matriz não considera a intensidade dos aspectos e impactos ambientais afetados/associados.

*A bioacumulação de poluentes em relação a estas categorias de mineração tem maior relação com a contaminação industrial, traços de metais na argila ou destino inadequado de efluentes.

Fonte: Autores (2025), adaptado de Sánchez (2008). Disponível em:

https://drive.google.com/file/d/1mA3y_sk6DsUnA_ckymSF4A3r826F0nUV/view?usp=sharing.

Esses resultados dialogam com o estudo de Silva et al (2024), ao evidenciar que a atividade minerária tende a se expandir sobre territórios ambientalmente estratégicos, nos quais a presença de bens naturais se torna alvo de processos de apropriação e intensificação do uso do subsolo. Desta forma, a maior parte dessas atividades ocorre em ambientes com valor ecológico significativo, o que reforça a necessidade de análises mais detalhadas sobre os impactos da mineração em diferentes tipos de cobertura, considerando não somente a supressão e fragmentação da vegetação, mas também os demais impactos ambientais associados, como mudanças da dinâmica hidrológica e alterações na qualidade do solo e de águas subterrâneas e superficiais. Assim, a permanência de cobertura vegetal não elimina os efeitos indiretos da mineração, sobretudo aqueles relacionados à reorganização territorial e à pressão contínua sobre os recursos naturais.

Na área de estudo, há padrões semelhantes com os identificados por Cavalcante (2023) na Área de Proteção Ambiental Estadual de Tambaba (PB), onde o mapeamento de uso e cobertura da terra revelou a coexistência de atividades antrópicas (monoculturas, mineração e expansão urbana) com remanescentes de vegetação nativa, especialmente em zonas ambientalmente sensíveis. Desta forma, a presença de cobertura vegetal em áreas sob pressão antrópica na BHVCCM indica que o manejo inadequado e a falta de instrumentos atualizados de ordenamento territorial potencializam os conflitos entre economia e conservação.

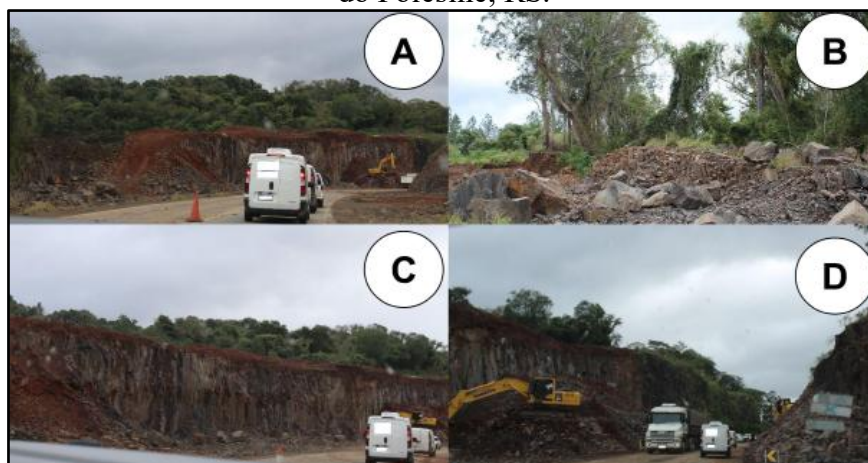
Além dos impactos ambientais associados observados no Quadro 2, como alteração da topografia local, emissão de ruído e dispersão de poeira, a Figura 4 apresenta registros fotográficos uma área de mineração de brita que têm causado interrupções frequentes no tráfego regular da rodovia ERS-149, no município de São João do Polêsine.

O impacto direto sobre a infraestrutura e cotidiano da população do entorno é discutido por Silva et. al (2018), que aponta que atividades minerárias, especialmente aquelas associadas à britagem e ao uso de explosivos, tendem a gerar conflitos socioambientais recorrentes relacionados à poluição sonora, à emissão de material particulado e aos danos físicos em edificações e vias de circulação. Com isso, ocorre a extrapolação da dimensão ambiental estrita, pois os impactos atingem a saúde, a mobilidade e a percepção de bem-estar das comunidades afetadas, o que reforça a necessidade de considerar a mineração como um vetor de pressão territorial com repercussões socioambientais integradas, mesmo quando analisada apenas em escalas locais ou regionais.

Ademais, a área em questão, trata-se da unidade geológica da Formação Caturrita (SGB, 2009; Figura 1), e também pertence à Quarta Colônia Geoparque Mundial da Unesco (CONDESUS QUARTA COLÔNIA, 2021). Desta forma, esta paisagem possuía um valor turístico regional, com esta intervenção no sítio de interesse cultural causando perdas à memória e à cultura popular da região da Quarta Colônia (Figura 4-A).

O cenário sugere que os impactos potenciais da mineração não se mantêm nas áreas de lavra, mas se estendem para o entorno, onde podem desencadear efeitos associados, como alteração no regime hídrico, processos erosivos, perturbação à fauna local e desconforto ambiental (KOPEZINSKI, 2000).

Figura 4. Área de mineração de brita, com interrupção da rodovia ERS-149, em São João do Polêsine, RS.



Legenda: A - Trânsito interrompido na rodovia ERS-149, para extração mineral de brita. B - Área de vegetação convertida em depósito de material extraído. C - Corte da estrada em área de mineração, observa-se com destaque a exposição das disjunções colunares da rocha vulcânica. D - Na paisagem, observa-se o contraste entre a área de com a área do morro em que não há extração de rochas, a diferença destacada é a camada de cobertura vegetal sobre o material rochoso. Fonte: Autores (2025).

Na tabela 3, apresenta-se a distribuição do uso e cobertura da terra nas áreas de influência da mineração, definidas por um raio de 1km. Os dados indicam que embora a predominância seja do uso agropecuário, há significativa presença de vegetação nativa nas áreas de influência por mineração, por exemplo, a cobertura de floresta refere-se à 52,26% nas áreas sob influência por brita e 53,79% na classe de revestimento, nas demais categorias o valor mais baixo de cobertura florestal nas áreas de influência é de 21,63% na categoria de cerâmica vermelha (Tabela 3). Além disso, na classe de revestimento, o uso para silvicultura destaca-se, sendo 28,73% nas áreas de influência

A produção do espaço associada à mineração, conforme discutido por Silva et al. (2018), evidencia que a exploração mineral não se restringe à área diretamente ocupada

pela atividade, mas reorganiza o território, redefine usos do solo e intensifica pressões sobre áreas adjacentes. Nesse contexto, a expansão urbana, a agricultura e a mineração atuam de forma articulada na transformação da paisagem, comprometendo ecossistemas sensíveis e aprofundando conflitos socioambientais, assim, as áreas de entorno de atividades antrópicas apresentam um papel estratégico para a manutenção da integridade ambiental.

Quanto às áreas protegidas presentes nas áreas de mineração e em suas áreas de influência, os resultados apresentaram que na BHVCCM, há a presença apenas de três categorias de áreas protegidas, sendo elas áreas de topo de morros, nascentes e cursos d'água, conforme observa-se nas Tabelas 4 e 5. Além disso, destaca-se que estas três classes não são apenas áreas protegidas, são também áreas de preservação permanente (APPs), desta forma, além de apresentarem importantes funções ecológicas, a intervenção ou supressão de sua vegetação “somente ocorrerá nas hipóteses de utilidade pública, de interesse social ou de baixo impacto ambiental” previstas no código florestal de 2012 (BRASIL, 2012).

Tabela 3. Classes de uso e cobertura da terra presentes nas áreas de influência de mineração (%) na Bacia Hidrográfica do Vacacaí-Mirim.

Classes de uso e cobertura da terra	Área de influência (% de área quanto ao uso)						
	Brita	Cerâmica vermelha	Revestimento	Balneoterapia	Construção civil	Engarrafamento	Pedra de talhe
Floresta	52,26	21,36	53,79	23,30	29,35	35,57	38,36
Silvicultura	16,37	0,92	28,73	5,69	3,58	11,42	3,45
Áreas úmidas	0	0,53	0	0	0,20	0,10	0,12
Campo nativo	8,62	30,59	9,05	17,86	18,60	14,74	18,62
Pastagem	1,59	0,14	0,97	4,01	1,16	1,01	3,81
Mosaico de usos	9,11	9,11	6,02	7,65	12,53	14,2	9,42
Área urbana	0,44	12,79	0	1,22	0,18	0,52	0,44
Outras áreas não vegetadas	0,29	1,04	0	0,47	0,14	0,40	0,4
Rio e lago	0,66	1,07	0,14	1,88	2,57	1,81	0,12
Soja	7,89	11,25	0,52	31,22	13,44	10,38	16,14
Arroz	0,75	3,02	0	0,58	13,35	5,40	5,66
Outras culturas temporárias	2,02	7,91	0,79	6,12	4,89	4,44	3,82

Fonte: Autores (2025).

Na Tabela 4, está a relação das áreas protegidas com as áreas de mineração na BHVCCM. Nota-se que as áreas protegidas mais diretamente afetadas referem-se aos cursos d'água, especialmente na área voltada para extração de material para construção civil, onde 36,66% da área total compreende às APPs de cursos d'água. Conforme Milanez (2017, p. 97), os impactos aos cursos d'água “não se limitam ao local da mina, podendo comprometer integralmente as bacias hidrográficas”.

Tabela 4. Áreas protegidas presentes nas áreas de uso para mineração na Bacia Hidrográfica do Vacacaí-Mirim.

Uso para mineração	Áreas protegidas (%)			
	Sem áreas protegidas	Topo de morro (APP)	Nascentes (APP)	Cursos d'água (APP)
Balneoterapia	92,79	0	0,84	6,37
Brita	89,55	0,65	1,13	8,66
Cerâmica vermelha	98,62	0	0	1,38
Construção civil	62,27	0	1,08	36,66
Pedra de talhe	89,26	0	0	10,74
Revestimento	99,36	0	0,64	0

Fonte: Autores (2025).

Quanto às áreas protegidas presentes nas áreas de influência, a APP de maior abrangência é os cursos d'água, sendo as áreas de topo de morros a segunda APP de maior influência, cobrindo especialmente áreas de influência de mineração de pedra de talhe (5,08%) e de revestimento (4,87%). Como efeitos da mineração em áreas de topo de morros, os mais marcantes são a criação de taludes íngremes e instáveis e processos erosivos acelerados que desencadeiam o desenvolvimento de processos de evolução do relevo (SOBREIRA; FONSECA, 2001), provocando o risco de escorregamento e desmoronamentos de taludes e, desta forma, aumentando a suscetibilidade e a exposição aos desastres socioambientais.

Tabela 5. Áreas protegidas presentes nas áreas de influência de mineração na Bacia Hidrográfica do Vacacaí-Mirim.

Uso para mineração na área de influência	Áreas protegidas (%)			
	Sem áreas protegidas	Topo de morro (APP)	Nascentes (APP)	Cursos d'água (APP)
Balneoterapia	91,14	1,90	0,48	6,47
Brita	87,22	3,09	0,57	9,13
Cerâmica vermelha	90,02	0,03	0,24	9,70
Construção civil	91,73	1,31	0,41	6,55
Pedra de talhe	86,83	5,08	0,13	7,96
Revestimento	87,17	4,87	0,58	7,37

Fonte: Autores (2025).

Na perspectiva geográfica, a mineração não se limita à extração mineral em si, mas integra um processo mais amplo de produção do espaço, no qual os recursos naturais, como a água, tornam-se elementos centrais de disputa territorial. Desta forma, a sobreposição entre áreas de mineração e APPs intensifica conflitos socioambientais, sobretudo em regiões onde a disponibilidade hídrica já é naturalmente limitada. No caso da Bacia Hidrográfica do Vacacaí-Mirim (RS), destaca-se a incidência da mineração de pedra de talhe e de revestimento sobre áreas de topo de morro, o que potencializa a formação de taludes íngremes e instáveis, acelerando processos erosivos e contribuindo para a evolução negativa do relevo. Esses impactos ampliam a suscetibilidade a movimentos de massa,

aumentando a exposição das populações e dos ecossistemas locais a desastres socioambientais.

À exemplo, quanto à mineração de brita ilustrada na Figura 4 e localizada na BHVCCM conforme a Figura 5, tanto sua área de mineração quanto sua área de influência se sobrepõem a cursos d'água. Ainda, na sua área de influência há áreas de topo de morro e três nascentes (Figura 5). Como impactos associados (Quadro 2), a extração mineral realizada próximas a corpos hídricos e nascentes pode ocasionar na alteração da rede hidrográfica e na qualidade das águas superficiais, como aumento da turbidez e alteração do pH da água, redução do oxigênio dissolvido dos ecossistemas aquáticos, e assoreamento; já para as águas subterrâneas, em alguns casos é necessário o rebaixamento do lençol freático para o desenvolvimento da lavra (PORTELLA, 2015), prejudicando a qualidade das águas subterrâneas, aumentando o risco de contaminação de aquíferos e o risco de subsidência geológica.

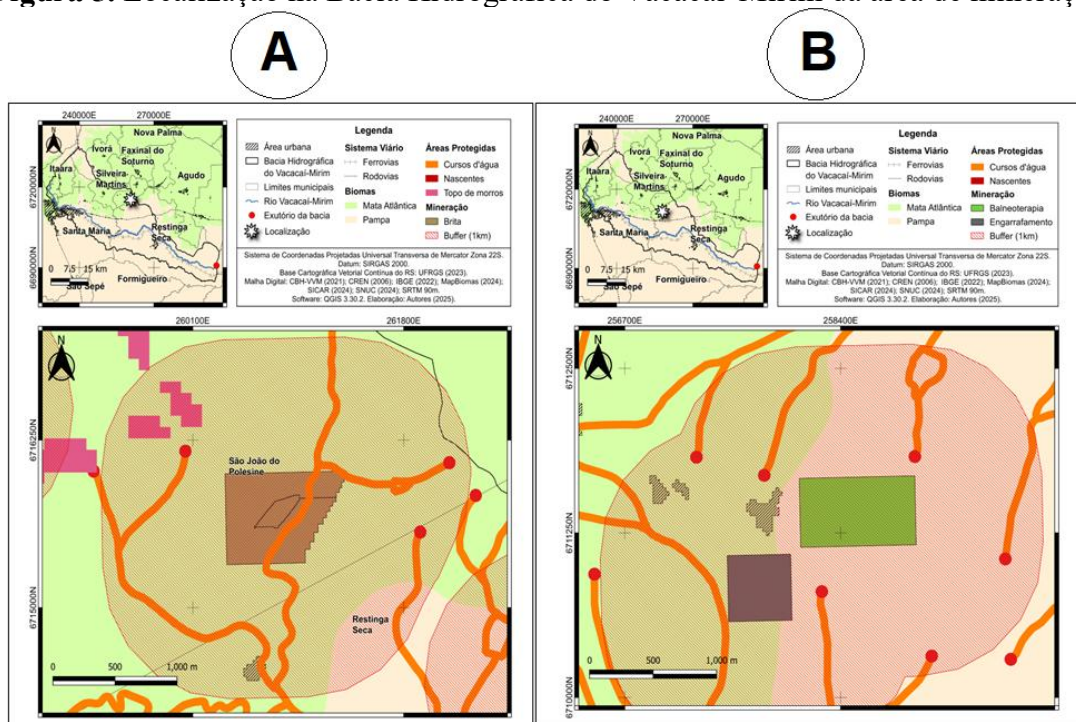
Além disso, a geração de rejeitos, estéreis e o derrame de óleos e graxas pode, além de afetar a qualidade do solo e das águas superficiais e subterrâneas, gerar perturbação à fauna local, causar desconforto ambiental, alteração ou destruição de habitats, danos à saúde humana, alterar sítios de interesse cultural e limitar as opções de uso da terra. Ainda que na área de estudo os usos para mineração não envolvam extração de metais pesados, é possível que ocorra o risco de bioacumulação de poluentes, mas este risco está relacionado à contaminação industrial, traços de metais na argila ou destino inadequado de efluentes (Quadro 2). Esses impactos são convergentes com aqueles identificados por Silva (2018), que aponta a mineração como uma das atividades antrópicas que mais comprometem o território, provocando contaminação do solo, degradação da flora e fauna e conflitos socioambientais nas áreas de entorno.

Como outro exemplo, a Figura 6 representa uma área de mineração voltada à balneoterapia, amplamente conhecida na região como Termas Romanas, inserida na unidade geológica da Formação Santa Maria (SGB, 2009), no município de Restinga Seca (RS). localizada na BHVCCM conforme a Figura 5, com cursos d'água e seis nascentes em sua área de influência, além de uma área de mineração voltada ao engarrafamento. Entre alguns impactos ambientais decorrentes da balneoterapia, estão a geração de resíduos líquidos e sólidos, dispersão de efluentes líquidos, interferência sobre processos bióticos nos corpos d'água e eutrofização, como também a alteração ou destruição de sítios de interesse cultural

e o risco de contaminação de aquíferos, reforçando o padrão de impactos socioambientais associados à atividade minerária já amplamente documentado na literatura.

Além dos impactos ambientais associados apontados no Quadro 2, destaca-se a alteração da paisagem em diferentes escalas. Observa-se que, além da implantação do resort turístico, há usos variados da área, que variam desde hotéis e restaurantes até áreas de silvicultura e a presença de um cultivo de oliveiras em um dos portões de entrada (Figura 6). Além da conversão da paisagem rural, percebe-se que nas áreas de entorno há um grande aumento do tráfego de veículos para turismo, também há a construção de novos condomínios nas localidades mais próximas e não somente na área de influência de 1 km.

Figura 5. Localização na Bacia Hidrográfica do Vacacaí-Mirim da área de mineração.



Legenda: A - Mineração de brita, com interrupção da rodovia ERS-149, em São João do Polêsine, RS. B – Mineração de balneoterapia, em Restinga Seca, RS. Fonte: Autores (2025).

Diante o exposto, nota-se que os impactos ambientais associados a atividades de mineração são complexos e sinérgicos, pois seus efeitos variam de acordo com a atividade, empreendimento e região. Kopezinski (2000) ressalta que embora as atividades mineradoras sejam necessárias para manter o modo de produção atual, é indispensável a implementação de técnicas aplicadas, para que seja possível o uso racional durante e pós exploração mineral, de modo que o ambiente exposto à mineração não tenha restrição de uso após a operação.

Figura 6. Área de mineração para balneoterapia, na porção central da Bacia Hidrográfica.

Fonte: Autores (2025).

A partir disso, o trabalho de Murta e Jardim (2024) destaca a necessidade de um instrumento de controle ao risco promovido pela execução da atividade de mineração, especialmente pela falta de rigor no processo de licenciamento ambiental na mineração para danos ambientais graves. Sánchez (2007) enfatiza que há avanços no planejamento e na gestão ambiental da indústria de mineração, mas estes avanços são distribuídos de forma desigual, com lacunas jurídicas especialmente ao que tange o fechamento de minas e o meio socioambiental.

4. Considerações finais

Embora existam alternativas que propõem o uso racional da exploração mineral, que abrangem um planejamento e gestão ambiental durante e pós operação, as lacunas jurídicas fazem com que as questões socioambientais se tornem reféns das tendências corporativistas. Desta forma, torna-se essencial uma reforma na legislação ambiental que estabeleça critérios específicos para a manutenção ambiental na indústria mineral. Em contrapartida, nos últimos anos as legislações ambientais têm cada vez sido mais flexibilizadas, como a recente aprovação do Projeto de Lei nº 2159/2021, popularmente conhecido como “PL da Devastação”, que entre um dos maiores retrocessos ambientais listados é o autolicensingamento sem a necessidade de análise técnica prévia através da Licença por Adesão e Compromisso (LAC), que inclui atividades de mineração de até médio porte.

Quanto à metodologia do trabalho, tanto as bases de dados, assim como as áreas de influência delimitadas por *buffers* com o raio de 1km demonstraram-se satisfatórias para o desenvolvimento da pesquisa conforme o proposto. Entretanto, para uma análise de áreas que possuem uma menor variedade de tipologia de empreendimentos recomenda-se utilizar uma zona de amortecimento calculando as métricas da paisagem. Também, para pesquisas que busquem um aprofundamento dos resultados ou que não trabalhem com uma área de

tanta abrangência, pode ocorrer certa dificuldade ao trabalhar com as bases de dados do Sistema Online de Licenciamento Ambiental - SOL, especialmente por conta da falta de intuição da interface do sistema e pela dificuldade de localização de documentos. Esta plataforma está sob responsabilidade da Secretaria Estadual do Meio Ambiental (SEMA) e da Fundação Estadual de Proteção Ambiental (FEPAM), onde é possível o acesso público da documentação dos empreendimentos.

Contudo, os resultados do trabalho explicitam que as áreas de mineração e suas áreas de influência estão presentes especialmente em áreas ecologicamente sensíveis: nascentes, topos de morro e cursos d'água — todas classificadas como APPs. A presença da mineração nesses ambientes complexos e sinérgicos evidencia a necessidade de estudos mais aprofundados sobre os impactos associados à mineração e suas áreas de influência.

Desta forma, para uma análise mais aprofundada, recomenda-se uma análise da documentação das empresas responsáveis pela extração mineral da área de estudo, como o EIA e o RIMA. Bem como investigar se as medidas de caráter mitigador e compensatório, previstas na Resolução CONAMA 369/2006 (BRASIL, 2006) ao que tange a intervenção em áreas de APPs, estão sendo realizadas de forma efetiva. Para isso, propõe-se o uso de instrumentos de avaliação de impactos ambientais, como matrizes de impactos ambientais (LEOPOLD ET AL., 1971; SÁNCHEZ, 2008).

Referências bibliográficas

- ANM – AGÊNCIA NACIONAL DE MINERAÇÃO. *Sistema de Informação Geográfica da Mineração* – SIGMINE. 2025. Disponível em: <https://geo.anm.gov.br/portal/apps/webappviewer/index.html?id=6a8f5ccc4b6a4c2bba79759aa952d908>. Acesso em: 03 jun. 2025.
- BRASIL - CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (CONAMA). Resolução CONAMA nº 369, de 28/03/2006. *Dispõe sobre os casos excepcionais, de utilidade pública, interesse social ou baixo impacto ambiental, que possibilitam a intervenção ou supressão de vegetação em Área de Preservação Permanente-APP*. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 29 mar. 2006.
- BRASIL. Lei nº 12.651 de 25 de maio de 2012. *Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nºs 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 nºs 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*. Diário Oficial da União, Brasília, Distrito Federal, 2012.
- BRASIL. Lei nº 15.190 de 08 de agosto de 2025. *Dispõe sobre o licenciamento ambiental; regulamenta o inciso IV do § 1º do art. 225 da Constituição Federal; altera as Leis nºs 9.605, de 12 de fevereiro de 1998 (Lei dos Crimes Ambientais), 9.985, de 18 de julho de 2000, e 6.938, de 31 de agosto de 1981; revoga dispositivos das Leis nºs 7.661, de 16 de*

maio de 1988, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, Distrito Federal, 2015.

BRASIL. Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000. *Regulamenta o art. 225, § 1o, incisos I, II, III e VII da Constituição Federal, institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências*. Diário Oficial da União, Brasília, Distrito Federal, 2000. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19985.htm. Acesso em: 27 fev. 2025.

BRASIL. Decreto nº 6.040, de 07 de fevereiro de 2007. *Institui a Política Nacional de Desenvolvimento Sustentável dos Povos e Comunidades Tradicionais*. Diário Oficial da União, Brasília, Distrito Federal, 2007. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/decreto/d6040.htm. Acesso em: 26 ago. 2025.

CAVALCANTE, Márcio Balbino. *Uso e cobertura da terra e sua influência nas paisagens da Área de Proteção Ambiental Estadual de Tambaba, Paraíba, Brasil*. 2023. 195 p. Tese (Doutorado em Geografia) – Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2023.

CBH-VVM – COMITÊ DE GERENCIAMENTO DA BACIA HIDROGRÁFICA DOS RIOS VACACAÍ E VACACAÍ-MIRIM. Plano de bacia – Fase A: diagnóstico. Departamento de Gestão de Recursos Hídricos e Saneamento, Secretaria do Meio Ambiente e Infraestrutura. Versão 1, outubro de 2021. 372 p. Disponível em: <https://www.comitevacacai.com.br/DadosTecnicos/PlanoDeBacia>. Acesso em: 15 mar. 2025.

CONDESUS QUARTA COLÔNIA. 25 anos de uma trajetória voltada ao desenvolvimento regional. *Condesus*, 18 ago. 2021. Disponível em: <https://www.condesusquartacolonia.com.br/noticias/condesus25-anos-de-uma-trajetoria-voltada-ao-desenvolvimento-regional/236>. Acesso em: 26 ago. 2025.

ESRI. *ArcGIS Pro 10.8*, 2020. Disponível em: <https://www.esri.com/en-us/arcgis/products/arcgis-desktop/overview>. Acesso em: 26 ago. 2025.

FERNANDES, Libna Gomes et al. Mapeamento de sobreposições de processos minerários em áreas protegidas no estado do Amapá. *Revista Caderno Pedagógico*, Curitiba, v. 21, n. 13, p. 01-22, 2024. Disponível em: <https://ojs.studiespublicacoes.com.br/ojs/index.php/cadped/article/view/11961>. Acesso em: 26 ago. 2025.

KOPEZINSKI, Isaac. *Mineração x meio ambiente: considerações legais, principais impactos ambientais e seus processos modificadores*. Porto Alegre/RS: Editora da Universidade, Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), 1 ed., 2000, 104 p. ISBN: 85-7025-550-0.

LEOPOLD, Luna B. et al. A procedure for evaluating environmental impact [Relatório]. *Geological Survey Circular*, Washington, n. 645, 1971, 19 p. DOI: <https://doi.org/10.3133/cir645>.

MAPBIOMAS. Coleção 9 da série anual de Mapas de Cobertura e Uso da Terra do Brasil. Plataforma MapBiomas, 2024. Disponível em: https://storage.googleapis.com/mapbiomas-public/initiatives/brasil/collection_9/lcu/coverage/brasil_coverage_2023.tif. Acesso em: 15 mar. 2025.

MILANEZ, Bruno. Mineração, ambiente e sociedade: impactos complexos e simplificação da legislação. *Boletim Regional, Urbano e Ambiental (IPEA)*, v. 16, p. 93-101, 2017. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/317299752_Mineracao_ambiente_e_sociedade_i mpactos_complexos_e_simplificacao_da_legislacao. Acesso em: 26 ago. 2025.

MURTA, Mariana Amorim; JARDIM, Victor Monteiro de Castro Campos. *Licenciamento ambiental como instrumento de gerenciamento ambiental da Política Nacional do Meio Ambiente*. p. 43-67. In: LEUZINGER, Márcia Dieguez; SOUZA, Lorene Raquel de; SILVA, Solange Teles da (org.). *Licenciamento ambiental e risco* [E-BOOK]. Brasília: CEUB, 2024. 316 p. ISBN 978-85-7267-185-9.

ONU – Organização das Nações Unidas. *The Convention on Biological Diversity*. Rio de Janeiro/RJ: ONU, 1992. Disponível em: <https://www.cbd.int/convention/text>. Acesso em: 04 fev. 2026.

PORTELLA, Márcio Oliveira. Efeitos colaterais da mineração no meio ambiente. *Revista Brasileira de Políticas Públicas*, Brasília, v. 5, nº 3, jul-dez, p. 263-276, 2015. DOI: 10.5102/rbpp.v5i3.3410.

QGIS DEVELOPMENT TEAM. *Changelog for QGIS 3.32*, 2023. Disponível em: <https://qgis.org/project/visual-changelogs/visualchangelog332/>. Acesso em: 26 ago. 2025

SÁNCHEZ, Luis Enrique. *Avaliação de impacto ambiental: conceitos e métodos*. São Paulo/SP: Oficina de Textos, 2. ed., 2008, 495 p. ISBN: 978-85-86238-79-6.

SÁNCHEZ, Luis Enrique. *MINERAÇÃO E MEIO AMBIENTE*. p. 191-208. In: FERNANDES, Francisco R. C. et al. (ed.s). *Tendências Tecnológicas Brasil 2015: Geociências e Tecnologia Mineral*. Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 2007. 380 p. Disponível em: https://rigeo.sgb.gov.br/bitstream/doc/453/1/ten_tecno_brasil.pdf#page=196. Acesso em: 26 ago. 2025.

SILVA, Fredson Pereira da et al. Exploração mineral de pequena escala em perímetros irrigados de Petrolina, Pernambuco, no semiárido brasileiro. *Revista de Geografia*, Recife/PE, v. 41, n. 1, p. 133-150, 2024. DOI: 10.51359/2238-6211.2024.258172.

SILVA, Fredson Pereira da et al. Produção do espaço pela exploração do gnaiss na comunidade da Vila Renascer em Petrolina-PE. *Geoambiente On-line*, n. 32, p. 96-113, 2018. DOI: 10.5216/revgeoamb.v0i32.51639.

SILVA, Fredson Pereira da. Impactos socioambientais pela exploração do gnaiss: a despossessão das comunidades ao entorno das empresas no semiárido brasileiro. *Revista Contribuciones a las Ciencias Sociales*, jul. 2018. Disponível em: <https://www.eumed.net/rev/cccss/2018/07/impactos-socioambientais-brasil.html>. Acesso em: 5 fev. 2026.

SILVA, Fredson Pereira da.; MOURA, Geraldo Jorge Barbosa de.; SANTOS, Carlos Alberto Batista dos. Representações dos moradores do entorno das áreas de exploração sobre a importância e impactos da mineração. *Geosul*, Florianópolis, v. 33, n. 66, p. 128-148, 2018. DOI: 10.5007/2177-5230.2018v33n66p128.

SGB – SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL. *Geodiversidade do Estado do Rio Grande do Sul*: 1:750.000. Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais – CPRM, 2009. Disponível em: <https://rigeo.sgb.gov.br/handle/doc/14710>. Acesso em: 19 mar. 2025.

SOBREIRA, Frederico Garcia; FONSECA, Marco Antônio. Impactos físicos e sociais de antigas atividades de mineração em Ouro Preto. *Geotecnia - Revista da Sociedade Portuguesa de Geotecnia*, n. 92, p. 5-28, 2001. DOI: 10.14195/2184-8394_92_1.

TANG, Liang; WERNER, Tim T. *Global mining footprint mapped from high-resolution satellite imagery*. *Communications Earth & Environment*, London, v. 4, art. 134, 2023. DOI: 10.1038/s43247-023-00805-6.

WANG, Kun et al. Integration of DSM and SPH to Model Tailings Dam Failure Run-Out Slurry Routing Across 3D Real Terrain. *Water*, Baliseia, Suíça, v. 10, n. 8, p. 1-15, 2018. DOI: 10.3390/w10081087.