



IMPACTOS SOCIOAMBIENTAIS DA MINERAÇÃO DE PEQUENO PORTE NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO TIBIRI, SÃO LUÍS-MA

Luciano Aranha Andrade¹

Lucas Silva Carvalho²

Vinícius Castelo Branco de Aguiar³

José Fernando Rodrigues Bezerra⁴

RESUMO

A pesquisa visa apresentar os impactos socioambientais da mineração de pequeno porte na bacia hidrográfica do rio Tibiri, São Luís-MA, destacando a evolução da mineração nas últimas décadas e a necessidade de planejamento ambiental sustentável. O estudo foi realizado com base em pesquisas bibliográficas, análises em campo e imagens do *Google Earth Pro* desde 1985, para avaliar a expansão da exploração de minerais não metálicos. A área total ocupada é de 132,9 hectares, com uma degradação significativa a partir da década de 2010. Há necessidade de políticas públicas de conservação e sustentabilidade para conter o aumento de áreas com solo exposto devido à mineração. O manejo responsável dos recursos naturais é essencial para mitigar os impactos.

Palavras-chave: Mineração, Barro, Piçarra, Argila, Tibiri.

RESUMEN

La investigación tiene como objetivo presentar los impactos socioambientales de la minería de pequeña escala en la cuenca hidrográfica del río Tibiri, São Luís-MA, resaltando la evolución de la minería en las últimas décadas y la necesidad de una planificación ambiental sostenible. El estudio se llevó a cabo a través de investigaciones bibliográficas, análisis de campo e imágenes de Google Earth Pro desde 1985, con el fin de evaluar la expansión de la explotación de minerales no metálicos. La superficie total ocupada es de 132,9 hectáreas, con una degradación significativa a partir de la década de 2010. Existe la necesidad de políticas públicas de conservación y sostenibilidad para frenar el aumento de áreas con suelo expuesto debido a la minería. La gestión responsable de los recursos naturales es esencial para mitigar los impactos.

Palabras clave: Minería, Grava, Arcilla, Tibiri.

INTRODUÇÃO

Apesar do alto grau de industrialização que há atualmente, junto a modernização das formas de obtenção das matérias-primas para as mais diversas finalidades, ainda são utilizadas

¹ Mestrando em Geografia, Natureza e Dinâmica do Espaço na Universidade Estadual do Maranhão-UEMA, lucianoandrade1@aluno.uema.br;

² Mestrando em Geografia, Natureza e Dinâmica do Espaço na Universidade Estadual do Maranhão-UEMA, vinicius.casteloaguiar@gmail.com;

³ Mestrando em Geografia, Natureza e Dinâmica do Espaço na Universidade Estadual do Maranhão-UEMA, lucascarvalho7@aluno.uema.br;

⁴ Orientador – Professor Associado do Departamento de Geografia e do Programa de Pós-Graduação em Geografia, Natureza e Dinâmica do Espaço na Universidade Estadual do Maranhão-UEMA, fernangeo@yahoo.com.br.



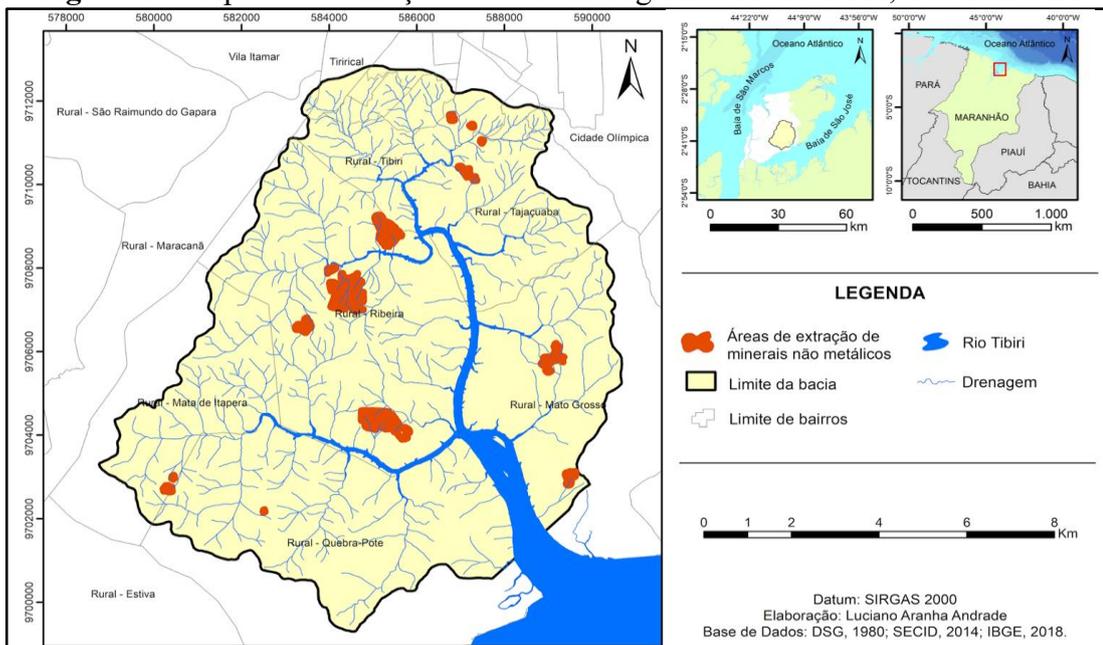
técnicas manuais para aquisição dos recursos naturais, como a utilização de minerais não metálicos para a construção de moradias e outras aplicações na construção civil.

A Agência Nacional de Águas-ANA caracteriza essas atividades como mineração de pequeno porte. Sem planejamento, além da alteração na paisagem que resulta em prejuízos à biota, também são causados impactos associados ao assoreamento dos canais fluviais, perda de fertilidade dos solos e alterações químicas a partir dos processos de lixiviação. Além disso, também podem ocorrer conflitos sociais em relação à ocupação das terras utilizadas para a extração dos minerais (Ana, 2006; Prado, 2021).

A expressão “pequeno porte” é referente à extração de minerais não metálicos, nesse caso, areia, argila e silte, comercializáveis em conjunto sob a nomenclatura “barro”, e também “piçarra”, quando apresenta concreções ferruginosas. Com a forma de garimpo, a extração geralmente ocorre sem instrumentos tecnológicos adequados às atividades, resultando em escavações precárias, nas quais há o trabalho familiar ou de ajudantes (Otelo, 2018).

No Sudeste da Ilha do Maranhão, há décadas se observa a existência de atividades mineradoras na área que compreende a bacia hidrográfica do rio Tibiri-BHRT (Figura 1), onde há vários pontos de extração de minerais não metálicos, na sua área de 101,1 km². Considerando a descaracterização da vegetação, as atividades de extração mineral tendem ser ainda mais graves caso realizadas sem planejamento, resultando em solo exposto, erosão e perda de fertilidade do solo (Guerra; Jorge, 2018).

Figura 1 - Mapa de localização da bacia hidrográfica do rio Tibiri, São Luís-MA



Fonte: Elaboração própria (2021)



Segundo Silva (2001, p. 117) na BHRT já haviam atividades extrativistas ilegais de piçarra no final do século XX, onde relatou que “em 1993 não foi feita a quantificação deste tipo de ocupação, apesar de já existir tal uso. Em 1998, este uso apresenta 0,52% do total da área da bacia”. A autora acrescenta que constatou a extração de piçarra e barro para a construção das casas dos moradores locais.

Reforça-se que a relação entre o ser humano e a natureza se dá pela forma como a sociedade se organiza para acessar e utilizar os recursos disponibilizados nas paisagens, ou seja, a sua apropriação é realizada através da atividade socioeconômica dominante, que pode ser contemplativa ou materialmente intervencionista (Ferreira, 2010).

Sendo assim, considerando a degradação dos solos como um dos grandes problemas socioambientais da atualidade, a pesquisa objetiva apresentar os impactos da mineração de pequeno porte na BHRT, assim como sua relação social de ocorrência, tendo em conta o papel do Estado para oferecer moradia à população e um eficiente planejamento ambiental, dado que em algumas áreas utilizam-se os minerais para construir residências no próprio local, intensificando o seu uso.

PROCEDIMENTOS OPERACIONAIS

Os procedimentos operacionais utilizados foram a pesquisa bibliográfica, as atividades de campo e os mapeamentos temáticos.

Pesquisa bibliográfica

Conforme Batista e Kumada (2021), a pesquisa bibliográfica abrange dados passados de estudos anteriores que servem como base para a sequência das pesquisas, auxiliando na compreensão dos conceitos preexistentes. Assim, utilizou-se a ANA (2006) para contextualizar o uso da natureza pelas atividades de mineração, junto aos conceitos de planejamento ambiental (Guerra; Silva; Botelho, 2009; Guerra; Jorge, 2018). Os conceitos de paisagem foram apropriados principalmente de Bertrand (2004), Santos (2006) e Ferreira (2010), enquanto os de território por Bobbio (2005).

Acerca dos impactos ambientais e da mineração, utilizou-se o Decreto-Lei nº 227, de 28 de fevereiro de 1967, que se refere ao Código de Minas (Brasil, 1967), a Resolução CONAMA nº 1 (Brasil, 1986) e também os conceitos de Sanchez (2013) e Christofolletti (2015).



Atividades de campo

A urbanização na Ilha do Maranhão tem se intensificado ao longo das últimas décadas, tornando a mancha da ocupação humana cada vez maior nas imagens de satélite, onde facilmente observam-se os padrões de uso do solo. Assim, as atividades empíricas tiveram como objetivo a observação *in loco* da influência da ação antrópica, com ênfase às áreas de mineração, onde também foram coletadas coordenadas geográficas com o uso do GPS, fotografias por câmera digital e *drone* modelo *Phantom 4 Pro*, pilotado em altitudes entre 200 e 400 m para registrar os pontos explorados. Foram realizadas nas seguintes datas: 24/05/2018, 01/11/2019, 09/01/2021 e 21/07/2021.

Análise dos pontos de mineração e elaboração de mapeamento

Através da observação da BHRT pelo software *Google Earth Pro*, 10 pontos de mineração foram delimitados, considerando a disponibilidades das imagens, de 1985 até agosto de 2020. Foi realizada a comparação entre as datas e a análise da evolução da mineração.

Para a produção dos mapas de localização e de uso e ocupação, a hidrografia da área foi vetorizada manualmente a partir de cartas topográficas da Diretoria de Serviço Geográfico-DSG do Exército Brasileiro na escala de 1:10.000. Também foram utilizados os *shapefiles* de divisão político-territorial do Brasil, Maranhão e São Luís, adquiridos no banco de dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística-IBGE. Além disso, *shapefiles* de geodiversidade da Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais-CPRM (2018) na escala de 1:50.000 foram utilizados.

REFERENCIAL TEÓRICO

No planejamento ambiental, a concepção de paisagem se mostra uma grande aliada à resolução de problemas, pois é da interação entre os elementos naturais e a ocupação humana que surgem as modificações nos fluxos materiais e energéticos, gerando danos ambientais. Assim, a análise da paisagem tem se apresentado como uma útil possibilidade (Ferreira, 2010).

Portanto, ao passar por intervenções no seu uso e ocupação, um novo arranjo da paisagem é estruturado. Temporalmente, a descoberta de recursos naturais direcionou as transformações ocorridas, influenciando a cultura de um povo e os modelos econômicos nos quais estão inseridos (Soares, 2004).



Neste sentido, traz-se a concepção de território de Bobbio (2005, p. 94), sendo fundamental à existência do Estado, sendo “[...] a formação de um poder sobre determinado território, reunindo as condições de tomar as decisões e emanar os comandos correspondentes”.

Com base nos conceitos abordados, considera-se que as relações de poder estão presentes nos padrões de uso do solo e do planejamento urbano e ambiental. O aumento desordenado de áreas urbanas ocasiona problemas ambientais (OLIVEIRA, 2023).

Os estudos sobre as bacias hidrográficas são fundamentais na recuperação de áreas degradadas, pois grande parte dos detrimientos que ocorrem na superfície terrestre são situados próximo a elas. Logo, é preciso conhecer a sua dinâmica, a fim de que sejam organizados os reparos (ARAÚJO; ALMEIDA; GUERRA, 2014).

Uma bacia hidrográfica é uma área delimitada da superfície terrestre, drenada por um rio principal e seus afluentes. A água da chuva é captada e transportada para o exutório, assim como os sedimentos ao longo dos canais (VENTURI, 2005; ARAÚJO; ALMEIDA; GUERRA, 2014; BASTOS; MAIA; CORDEIRO, 2015).

A mineração de pequeno porte e os impactos associados

A história da indústria de mineração no Brasil mostra vários fatos marcantes, que sempre refletiram as condições econômicas do país e tiveram um impacto significativo no desenvolvimento das atividades. Em 2011, o Ministério de Minas e Energia publicou o Plano Nacional de Mineração-2030, sendo fundamentado em três diretrizes (Figura 2):

- Governança pública eficaz para promover o uso dos bens minerais extraídos no País, no interesse nacional;
- Agregação de valor e adensamento de conhecimento em todas as etapas do setor mineral;
- Sustentabilidade em todas as etapas da cadeia produtiva mineral (BRASIL, 2011).



Figura 2 - 11 objetivos estratégicos do Plano Nacional de Mineração - 2030



Fonte: Brasil (2011)

Visualizando os objetivos mencionados na imagem, constata-se que após mais de uma década, pouco se avançou na elaboração de estratégias eficazes a uma produção mineral sustentável. No contexto maranhense, não há mapeamentos representativos, baixa participação do Estado na monitoração das áreas utilizadas e ausência de ações de planejamento e controle sobre as atividades. Ainda segundo Brasil (2011), a previsão de produção dos minerais não metálicos, de 2008 a 2030, apresenta altas com as seguintes variáveis: o cimento aumentará 206%, a cerâmica vermelha 207% e a cerâmica de revestimento 191%. Ressalta-se que as altas estão em todas as categorias, assim, é fundamental haver planos de manejo sustentável, para que maiores impactos sejam evitados.

Conforme Paz *et al.* (2015), a mineração de argila é de grande importância porque faz parte de vários processos produtivos. Os efeitos positivos estão relacionados aos aspectos sociais e econômicos, enquanto os negativos estão relacionados à natureza e à conservação. Os autores enfatizam ainda que é necessário que a mineração seja realizada dentro de um planejamento de exploração, configurando um gerenciamento dos estoques naturais.

O gerenciamento ganha ainda mais destaque quando se verifica o processo de formação do solo, que, segundo Guerra e Botelho (1996), depende do material de origem, clima, tempo, relevo e microrganismos. Como o tempo necessário é longo, entende-se, desta forma, o solo como um recurso natural não renovável.

O Sudeste da Ilha do Maranhão apresenta potencial para a extração de areia, argila e concreções lateríticas destinadas à construção civil, porém com limitações relacionadas a áreas próximas a rios e mangues. A área está passando por um processo de urbanização, carecendo de estudos que identifiquem as aptidões e restrições do uso para o planejamento ambiental (Rabelo *et al.*, 2017).

Assim, para Christofolletti (2015), o impacto ambiental é a alteração nas condições de saúde e bem-estar das pessoas e na estabilidade do ecossistema, do qual depende a sobrevivência humana. Tais mudanças podem resultar de ações acidentais ou propositalis, provocando alterações direta ou indiretamente. Consideram-se, portanto, os efeitos e as transformações provocadas pelas ações humanas no ambiente, que se refletem, por interação, nas condições ambientais que envolvem a vida.

Para Santos (2006), os impactos socioambientais têm origem nas atividades humanas, através da utilização dos recursos naturais e do posterior despejo de resíduos e poluentes na natureza. Os efeitos desses impactos também afetam o ser humano, que vive em conjunto com o meio natural.

Apesar de existirem diversas legislações que dão suporte à sustentabilidade na natureza, a falta de fiscalização e investimentos do Estado em garantir um uso consciente são problemas que estão cada vez mais em evidência. Schiavetti e Moraes (2020) afirmam que no século XX e na atualidade houve avanço na formulação de legislações, todavia, em relação ao direito ambiental existente, percebe-se um tratamento insignificante.

Conforme o Conselho Nacional de Meio Ambiente-CONAMA, através da Resolução nº 1 de 23 de janeiro de 1986,

considera-se impacto ambiental qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia **resultante das atividades humanas que, direta ou indiretamente, afetam:**

I - a saúde, a segurança e o bem-estar da população;

II - as atividades sociais e econômicas;

III - a biota;

IV - as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente;

V - a qualidade dos recursos ambientais (BRASIL, 1986, grifo nosso).

A referida Resolução ainda estabelece, em seu Artigo 2º, que é necessário um estudo de impacto ambiental para que as atividades de extração sejam realizadas, caso se obtenha a aprovação do órgão estadual competente, visando à obtenção da licença para atividades que causam alterações no ambiente, dentre elas a “[...] IX - Extração de minério, inclusive os da classe II, definidas no Código de Mineração; [...]” (Brasil, 1986). Neste caso, os minérios de classe II referem-se aos aplicados de forma imediata na construção civil de modo geral, encontrados na área de estudo.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Caracterização da geodiversidade

Para Barros e Bandeira (2020), compreender a geodiversidade de uma área auxilia na determinação das características de suas rochas, formas de relevo e solos, bem como, fundamentalmente, na indicação da adequação e das limitações do uso do terreno existente na área.

Em vista disso, a bacia hidrográfica do rio Tibiri localiza-se em São Luís-MA, na parte Sudeste da Ilha do Maranhão e ocupa uma área de 101,1 km². Limita-se a Leste com as bacias hidrográficas dos rios Tijupá e Jeniparana, a Oeste com a bacia hidrográfica do rio dos Cachorros, ao Norte com a bacia hidrográfica do rio Bacanga e ao Sul com a baía de São José (*vide* Figura 1).

Em relação à Geologia, originado no período Cretáceo, o Grupo Itapecuru representa a maior abrangência espacial na BHRT. É composto por arenitos, argilitos, siltitos e conglomerados, oriundos de deposição em diversos ambientes, como fluviais, deltaicos e lagunar, que variam de um local para outro. Possui intercalações de sedimentos arenosos síltico-argilosos e folhelhos (Klein; Sousa, 2012; Barros; Bandeira, 2020; Soares, 2021).

Os Sedimentos Pós-Barreiras (Neógeno) são depósitos que recobrem discordantemente o Grupo Barreiras e horizontes de perfis das Coberturas Lateríticas Imaturas. Sua deposição no litoral se deu em duas ocasiões diferentes de sedimentação. No primeiro, (Pós-Barreiras I), sedimentos foram depositados sobre erosões nos depósitos miocênicos. Medindo até 10 m de espessura, esse conjunto é composto principalmente por areias vermelho-claras a alaranjadas, friáveis a endurecidas, de granulometria fina a média e localmente grossas a conglomeráticas. Está recoberto, em discordância erosiva, pelos depósitos Pós-Barreiras II, compostos por areias amareladas e marrons, de espessuras médias (Klein; Sousa, 2012; Barros; Bandeira, 2020).

A Formação Açuí (Quaternário), apresenta sedimentos inconsolidados argiloarenosos ricos em matéria orgânica, sais e enxofre, depositados em áreas de planícies, ambientes fluviais, marinhos e fluviomarinhas, apresentando coloração cinza. Integram a sua constituição os depósitos aluvionares, coluvionares e depósitos de mangue (Castro *et al.*, 2014).

Frente às análises, a estrutura da BHRT apresenta alta friabilidade, que em caso de retirada da cobertura vegetal e uso desregrado da terra, resultará na ocorrência de processos de degradação, como erosões.

Em relação aos solos, tendo em vista a classificação realizada pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária-EMBRAPA (Santos *et al.*, 2018) e dados de geodiversidade elaborados pela CPRM (Barros; Bandeira, 2020), na área de estudo são encontrados os seguintes tipos de solos: Argissolos Vermelho-Amarelos Distróficos (47%), Neossolos Quartizarênicos Órticos (28,2%) e Gleissolos Tiomórficos (24,8%) (Andrade *et al.*, 2022).

Os Argissolos Vermelho-Amarelos Distróficos Apresentam horizonte de acumulação de argila, com cores vermelho-amareladas devido à presença da mistura dos óxidos de ferro hematita e goethita. Apresentam baixa a muito baixa fertilidade natural e susceptibilidade à erosão (Santos *et al.*, 2018; Barros; Bandeira, 2020).

Os Neossolos Quartizarênicos Órticos ocorrem em relevos suavizados, entretanto, por apresentarem baixa coesão, sua susceptibilidade à erosão é elevada. Esta condição, em associação com sua elevada permeabilidade e muito baixa retenção de água e nutrientes, confere elevada fragilidade, fazendo-os necessitarem de práticas conservacionistas (Santos *et al.*, 2018; Barros; Bandeira, 2020).

Os Gleissolos Tiomórficos são solos com materiais sulfídricos em um ou mais horizontes ou camadas. São formados em áreas de manguezal e são pouco desenvolvidos, lamacentos e possuem alto teor de sais, com presença de sedimentos flúvio-marinhos (Santos *et al.*, 2018; Barros; Bandeira, 2020).

Dentro da classificação climática de Köppen-Geiger, a BHRT está inserida na região caracterizada com o clima do tipo Aw, com dois períodos distintos: um chuvoso (janeiro a junho) e outro de estiagem (julho a dezembro). A média anual fica em torno de 2.000 mm e a temperatura média oscila os 28° C (Peel; Finlayson; McMahon, 2007). Em vista disso, a pluviosidade concentrada em um só período intensifica a degradação do solo nas áreas que estão expostas pelas atividades de mineração (Gomes *et al.*, 2021).



A geomorfologia é contemplada por formas tabulares, colinas esparsas, planícies fluviais e fluviomarinhas. Tais formas de relevo aliadas à geologia de caráter sedimentar com alto grau de friabilidade e o uso inadequado do solo, sucedem a sua degradação, principalmente nas áreas com solo exposto resultantes de atividades como a mineração (Barros; Bandeira, 2020).

Caracterização das áreas de mineração

Após três décadas desde o cenário de 1993 informado por Silva (2001), em trabalho de campo realizado em janeiro de 2021 constatou-se vestígios de extração de piçarra ao Norte da bacia, e nessa prática, após a retirada do material desejado, as áreas são abandonadas, com solo exposto susceptíveis à degradação.

Em uma área (1) a vegetação começou a ser retirada durante a execução da pesquisa, com desmatamento expressivo a partir de julho de 2019, se intensificando durante o ano de 2020, conforme a Figura 3.

Figura 3 - Retirada da cobertura vegetal/ponto de extração na Área 1 na bacia hidrográfica do rio Tibiri (Junho de 2019 a Junho de 2020)



Fonte: Adaptado do *Google Earth Pro - Maxar Technologies* (2020)

No caso supracitado, considera-se que a atividade mineradora não está sendo realizada para fins de uso em pequena escala, pelos próprios moradores, e sim para comercialização.



Ressalta-se que a área não está contida no Sistema de Informação Geográfica da Mineração-SIGMINE da Agência Nacional de Mineração-ANM, plataforma que exhibe as áreas licenciadas, sendo, portanto, um ponto de comercialização ilegal.

Por meio da análise temporal de imagens disponibilizadas pelo *Google Earth Pro* desde o primeiro registro em dezembro de 1985, foram delimitadas 10 áreas de mineração de pequeno porte (Quadro 1). Todas elas não possuem registro no SIGMINE até a edição final deste artigo, em novembro de 2023.

Quadro 1 - Histórico de evolução das áreas de mineração de pequeno porte

ÁREAS/LOCALIZAÇÃO	HISTÓRICO
<p>Área 1 – 23 M 585180.17 m E 9704416.16 m S</p> 	<p>A área estava preservada em junho de 2019.</p> <p>Em julho de 2019 possuía 4,3 hectares em atividade.</p> <p>Em março de 2020 possuía 11,2 hectares em atividade.</p> <p>Em agosto de 2020 possuía 30,4 hectares em atividade.</p>
<p>Área 2 – 23 M 583415.62 m E 9706570.39 m S</p> 	<p>A área possuía vegetação de gramínea em maio de 2014.</p> <p>Em junho de 2015 possuía 1 hectare em atividade.</p> <p>Em julho de 2016 possuía 6,54 hectares em atividade e permaneceu durante 2017 e 2018.</p> <p>Em junho de 2019 possuía 7,25 hectares em atividade.</p> <p>Em agosto de 2020 possuía 8 hectares em atividade.</p>



<p>Área 3 – 23 M 584437.15 m E 9707306.85 m S</p> 	<p>A área estava preservada em novembro de 2004.</p> <p>Em agosto de 2005 possuía 33,4 hectares em atividade.</p> <p>Em setembro de 2010 possuía 40,2 hectares em atividade.</p> <p>Em agosto de 2020 possuía 42,7 hectares em atividade</p>
<p>Área 4 – 23 M 584065.57 m E 9707600.12 m S</p> 	<p>A área estava preservada em julho de 2019.</p> <p>Em março de 2020 apresentou 2 hectares em atividade, onde permaneceu também em agosto.</p>
<p>Área 5 – 23 M 584024.26 m E 9707952.24 m S</p> 	<p>A área possui atividades desde o primeiro registro visível das imagens, em dezembro de 1985, não apresentando significativa variação desde então. Em agosto de 2020 possuía 1,7 hectare em atividade.</p>
<p>Área 6 – 23 M 585374.85 m E 9708834.53 m S</p> 	<p>A área possui atividade desde antes de 2005, onde já aparece na imagem de satélite com grande área explorada, que até hoje possui aproximadamente 22 hectares.</p>



<p>Área 7 – 23 M 589493.31 m E 9703052.87 m S</p> 	<p>A área estava preservada em setembro de 2013.</p> <p>Em maio de 2014 a área possuía 0,7 hectare em atividade.</p> <p>Em outubro de 2016 a área possuía 1,7 hectare em atividade.</p> <p>Em agosto de 2017 a área possuía 2,5 hectares em atividade.</p> <p>Em agosto de 2020 a área possuía 5 hectares em atividade.</p>
<p>Área 8 – 23 M 589089.96 m E 9705821.54 m S</p> 	<p>A área estava preservada em novembro de 2011.</p> <p>Em setembro de 2013 a área possuía 5 hectares em atividade.</p> <p>Em agosto de 2020 a área possuía 10 hectares em atividade.</p>
<p>Área 9 – 23 M 587170.05 m E 9710214.42 m S</p> 	<p>A área estava preservada em junho de 2007.</p> <p>Em setembro de 2010 a área possuía 3 hectares.</p> <p>Em outubro de 2012 a área possuía 4,7 hectares.</p> <p>Em agosto de 2020 a área possuía 6,4 hectares em atividade.</p>
<p>Área 10 - 23 M 580330.19 m E 9702741.90 m S</p> 	<p>A área 10 estava preservada em julho de 2016.</p> <p>Em agosto de 2016 possuía 3 hectares em atividade.</p> <p>Em agosto de 2020 possuía 4,7 hectares em atividade.</p>
<p>Total de hectares em atividade: 132,9</p>	

Fonte: Adaptado do *Google Earth Pro - Maxar Technologies (2020)*

O total de 132,9 hectares é equivalente 186 campos de futebol. Considerando a área da bacia de 101,1 km², a área ocupada com as atividades de mineração é 1,329 km², ou seja, 1,31%.



Apesar do resultado em km² ser baixo, tal valor é 152% maior que o apresentado por Silva (2001), confirmando o aumento expressivo das áreas de mineração.

Constata-se que todas as áreas apresentam estradas de acesso, sejam para exploração artesanal (utilização de ferramentas manuais), como para a entrada de veículos capacitados para tais atividades, como escavadeiras e caçambas.

Apesar de existir tal exploração mineral desde meados de 1985, conforme observado nas imagens do *Google Earth Pro*, a maior parte das áreas foi degradada recentemente, a partir da década de 2010, o que reflete o aumento da pressão sobre os recursos naturais da BHRT. Nas Figuras 4 a 7 se observam as fotografias obtidas durante as atividades de campo, que subsidiaram a busca temporal das imagens de satélite.

Figura 4 - “Área 6” (centro) com 22 ha e “Área 3” (direita) com 42,7 ha de extensão



Fonte: Elaboração própria (2021)



Figura 5 - “Área 6” com 22 ha de extensão



Fonte: Elaboração própria (2021)

Figura 6 - “Área 8” com 10 ha de extensão



Fonte: Elaboração própria (2021)



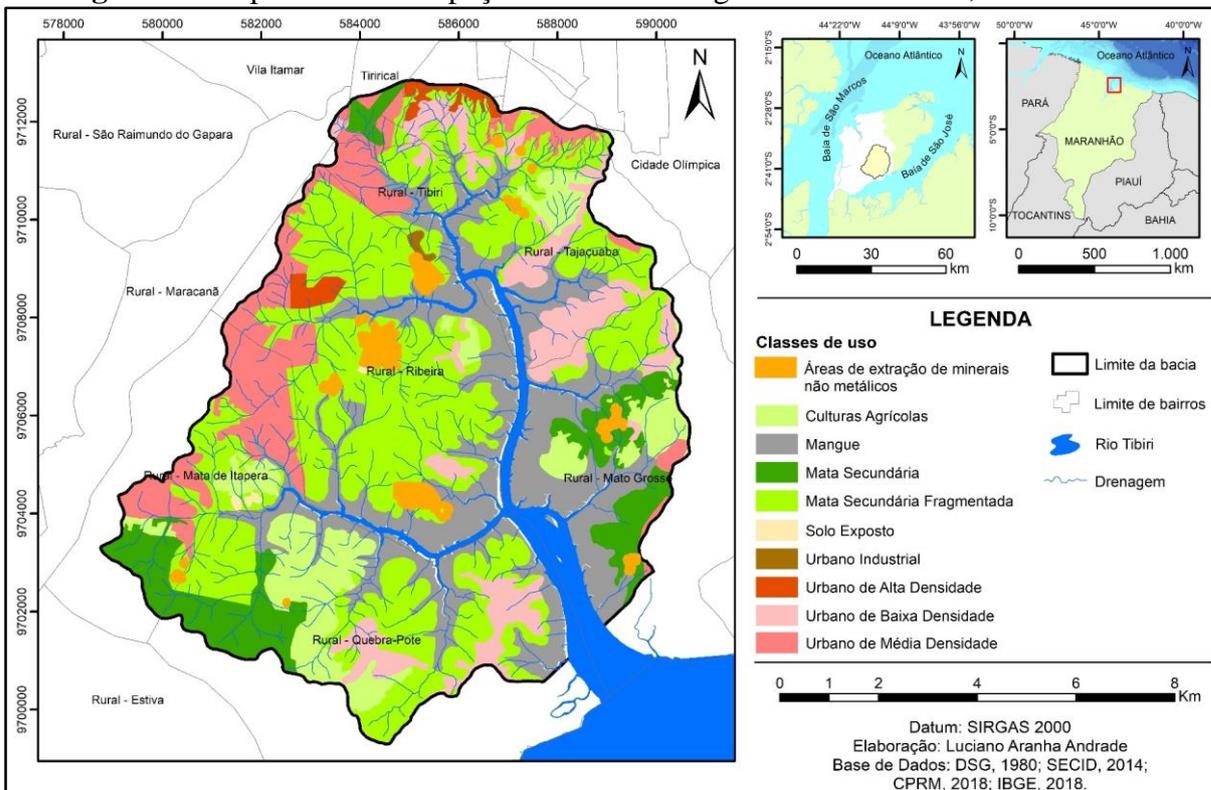
Figura 7 – Acesso à “Área 8”



Fonte: Elaboração própria (2021)

Com base na visualização das áreas por imagem de satélite e em campo, o mapa de uso e ocupação gerado, em consonância aos dados de geodiversidade da CPRM (2018), compreende 10 classes, com as áreas de extração de minerais não metálicos espalhadas por toda a bacia; também há destaque para a mata secundária fragmentada, que também tem influência na vulnerabilidade da área (Figura 8).

Figura 8 - Mapa de uso e ocupação da bacia hidrográfica do rio Tibiri, São Luís/MA



Fonte: Elaborado pelo autor (2021)

A mineração tem um impacto significativo no território onde ocorre. Isso inclui a remoção de vegetação sem reflorestamento posterior, a escavação de solos e a alteração do relevo, descaracterização da drenagem natural e, como resultado, várias áreas degradadas. Essas alterações afetam também a biodiversidade local.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base nos resultados, a área carece da aplicação de políticas públicas sustentáveis, pois a tendência é o aumento progressivo de localidades com solo exposto, como consequência da expansão da mineração de pequeno porte. Além disso, a retirada da cobertura vegetal é um fator determinante à deterioração, devido à elevada friabilidade do arcabouço geológico e ao conjunto de solos suscetíveis a processos erosivos.

Os recursos naturais da área devem ser administrados com responsabilidade socioambiental para a sua manutenção de disponibilidade, isto é, as áreas exploradas permanecem com solo exposto de forma contínua, enfrentando os altos índices pluviométricos da região, que intensificam o desgaste do solo e impossibilitam o retorno natural da vegetação pela perda de minerais.

Afirma-se a postergação do poder público estadual/municipal em não ter ofertado há mais de 30 anos moradias populares à população presente na capital do Maranhão, como também o governo municipal de São Luís por não administrar de forma sustentável o seu território. Na BHRT, notam-se paisagens que refletem a interferência e exploração inadequada dos recursos naturais.

Nesse cenário, existe a necessidade de uma legislação efetiva que envolva tais aspectos socioambientais, relativos à exploração da natureza e também à ocupação ordenada. As normas existentes estão bem elaboradas, entretanto, a ausência de fiscalização e investimentos mantenedores deixam as leis distantes da realidade.

REFERÊNCIAS

Agência Nacional de Águas-ANA (Brasil). **Gestão dos recursos hídricos e a mineração**. Brasília: ANA, 2006.

Andrade, L. A. *et al.* Análise geomorfológica e processos erosivos acelerados na bacia hidrográfica do rio Tibiri, Ilha do Maranhão. **Formação (Online)**, v. 29, n. 54, p. 593-618, 2022.

Araújo, G. H. S.; Almeida, J. R.; Guerra, A. J. T. **Gestão ambiental de áreas degradadas**. 11ª ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2014.

Barros, J. S. Bandeira, I. C. N. (Orgs). **Geodiversidade da Ilha do Maranhão**. Teresina: CPRM, 2020.

Bastos, F. H.; Maia, R. P.; Cordeiro, A. M. N. **Geomorfologia**. Fortaleza: EdUECE, 2015.

Batista, L. S.; Kumada, K. M. O. Análise metodológica sobre as diferentes configurações da pesquisa bibliográfica. **Revista Brasileira de Iniciação Científica (RBIC)**, IFSP Itapetininga, v. 8, p. 1-17, 2021.

Bertrand, G. Paisagem e geografia física global: esboço metodológico. **Raega-O Espaço Geográfico em Análise**, v. 8, p. 141-152, 2004.

Bobbio, N. **Estado, Governo, Sociedade**: Para uma teoria geral da política. 13ª ed. São Paulo: Paz e Terra, 2007.

Brasil. **Decreto-Lei N° 227**, de 28 de fevereiro de 1967, se refere ao Código de Minas. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto-lei/del0227.htm. Acesso em: 2023.

Brasil. **Resolução CONAMA n° 1**, de 23 de janeiro de 1986. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res86/res0186.html>. Acesso em: 2023.



Brasil. **Constituição (1988)**. Constituição da República Federativa do Brasil. Brasília, DF: Senado Federal: Centro Gráfico, 1988.

Brasil, Ministério de Minas e Energia. **Plano Nacional de Mineração 2030: Geologia, mineração e transformação mineral**. Brasília: MME, 2011.

Castro, E. *et al.* Zoneamento Geomorfológico da Ilha do Medo-MA. **Revista Geonorte**, v. 5, n. 15, p. 150 - 155, 17 dez. 2014.

Christofoletti, A. Aplicabilidade do conhecimento geomorfológico nos projetos de planejamento. In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. (Orgs). **Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos**. 13ª ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2015.

Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais-CPRM. **Mapa de Geodiversidade da Ilha do Maranhão**. [S. l.: s. n.], 2018. Escala 1:50.000. Disponível em: https://rigeo.cprm.gov.br/jspui/bitstream/doc/20597/2/Mapa_Geodiversidade_Ilha_do_Maranhao.pdf. Acesso em: 2020-2021.

Ferreira, V. A abordagem da paisagem no âmbito dos estudos ambientais integrados. **GeoTextos**, v. 6, nº 2, p. 187-208, 2010.

Gomes, D. C. *et al.* Impactos climáticos na erosão hídrica do solo para a Amazônia ocidental. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 28, 2021.

Guerra, A. J. T.; Botelho, R. G. M. Características e propriedades dos solos relevantes para os estudos pedológicos e análise dos processos erosivos. **Anuário do Instituto de Geociências**, v. 19. p. 93-114, 1996.

Guerra, A. J. T.; Jorge, M. C. O. (Orgs). **Degradação dos solos no Brasil**. Rio de Janeiro: Difel, 2018.

Guerra, A. J. T.; Silva, A. S.; Botelho, R. G. M. **Erosão e conservação dos solos: conceitos, temas e aplicações**. 4ª ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2009.

Klein, E. L.; Sousa, C. S. (Orgs). **Geologia e recursos minerais do estado do Maranhão**. CPRM: Belém, 2012.

Oliveira, R. D. **Análise dos reflexos do uso e ocupação das terras e da expansão urbana no município de Mauá e nas APP com suporte nas geotecnologias**. 2023. 59 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Ambiental) – Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Rio Claro-SP, 2023.

Otelo, A. Q. **Validação de Termo de Referência para licenciamento ambiental de Mineração Artesanal e de Pequena Escala (MAPE) de minério de ouro no Estado de Pernambuco**. 2018. 216 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mineral) - Universidade Federal de Pernambuco, Recife-PE, 2018.

Paz, Y. M. *et al.* A atividade de extração de argila e a relação homem-natureza. **Revista GEAMA**, Recife, vol. 1. nº 2, 2015.



Peel, M. C.; Finlayson, B. L.; McMahon, T.A. Updated world map of the KoppenGeiger climate classification. **Hydrology and Earth System Sciences**, nº 11, p. 1633-1644, 2007.

Rabelo, T. *et al.* Caracterização da Geodiversidade do setor sudeste da Ilha do Maranhão como subsídio para o planejamento ambiental. **IV Simpósio Brasileiro de Patrimônio Geológico**. Ponta Grossa, 2017.

Sanchez, E, L. **Avaliação de impacto ambiental: conceitos e métodos**. 2ª ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2013.

Santos, H. G. *et al.* **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 5ª ed. Brasília: Embrapa, 2018.

Santos, M. **A natureza do espaço: técnica e tempo, razão e emoção**. 4ª ed. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2006.

Schiavetti, M. B. M. P.; Moraes, M. E. B. Até onde vai o direito constitucional ao meio ambiente ecologicamente equilibrado? Uma análise sobre o posicionamento brasileiro frente ao novo constitucionalismo latino-americano. **Revista Brasileira de Políticas Públicas**, v. 10, n. 3. p.57-80, 2020.

Silva, Q. D. **Proposta de zoneamento geoambiental da bacia hidrográfica do rio Tibiri, São Luís-MA**. 2001. 154 f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2001.

Soares, F. M. A Paisagem como Campo de Estudo Geográfico. **Revista Cadernos do Logepa - Série Pesquisa**, n. 03, p. 47-54, 2004.

Soares, I. G. **Análise da vulnerabilidade ambiental ao processo erosivo como subsídio ao planejamento e à gestão ambiental na bacia hidrográfica do Rio Preto-MA**. 2021. 224 f. Dissertação (Mestrado em Geografia, Natureza e Dinâmica do Espaço) – Universidade Estadual do Maranhão, São Luís, 2021.

Venturi, L. A. B. **Praticando Geografia: técnicas de campo e laboratório em geografia e análise ambiental**. São Paulo: Oficina de Textos, 2005.