Revista GeoAmazônia
http://www.geoamazonia.net/index.php/revista/index
eISSN: 2358-1778

Universidade Federal do Pará
Programa de Pós-graduação em Geografia

GEOMORFOLOGIA REGIONAL E ANTROPOGÊNICA COMO CONDICIONANTES DA CONSTRUÇÃO DE ESTRUTURAS DE ARMAZENAMENTO DE REJEITOS DA MINERAÇÃO DE BAUXITA, EM PARAGOMINAS - PA

REGIONAL AND ANTHROPOGENIC GEOMORPHOLOGY AS CONDITIONS FOR THE CONSTRUCTION OF STRUCTURES FOR STORAGE OF TAILINGS FROM BAUXITE MINING, IN PARAGOMINAS – PA

GÉOMORPHOLOGIE RÉGIONALE ET ANTHROPOGÉNIQUE COMME CONDITIONS POUR LA CONSTRUCTION DE STRUCTURES POUR LE STOCKAGE DES RÉSIDUS DE L'EXPLOITATION DE BAUXITE, À PARAGOMINAS - PA

Douglas Amon-Há Campos Cardoso
Graduado em Geografia
UFPA, Brasil
douglasamongeo19@gmail.com

Luziane Mesquita Da Luz
Doutora em Geografia
UFPA, Brasil
luzianeluz36@gmail.com

RESUMO

A geomorfologia especializa-se em geomorfologia antropogênica para dissecar a relação entre o relevo e as atividades humanas de alta frequência e magnitude, como a mineração, que gera novas formas e descaracteriza o relevo. Em Paragominas, localiza-se a produtora global de soluções de alumínio, Norsk Hydro, que engendra grandes obras de intervenção para armazenar os rejeitos do beneficiamento de bauxita, estas estruturas estão intrinsecamente ligadas ao relevo regional, condicionante do método construtivo destas. A pesquisa primou por analisar o arranjo morfoescultural de Paragominas, identificar quais tipos de estruturas de armazenamento de rejeito foram elaboradas e a relação entre o relevo e determinada estrutura. foram realizados levantamentos bibliográficos acerca da caracterização geomorfológica, histórico de ocupação e dados técnicos municipais, sistematizações cartográficas e uma visita técnica a zona de beneficiamento de bauxita da empreendedora. As principais estruturas de armazenamento de rejeito identificadas na região foram bacias, depósitos e as barragens de rejeito, todos ligados a um tipo específico de relevo que condiciona a progressão das atividades. O estudo geomorfológico associado as atividades minerárias ajudam a prevenir desastres de rompimento e enfatizam as condições do processo minerário amazônico como diferentes das outras regiões brasileiras, por suas complexas dinâmicas socioambientais.

Palavras-chave: Relevo regional; Antropoceno; Mineração Paragominas; Morfoescultura.

ABSTRACT

Geomorphology specializes in anthropogenic geomorphology to dissect the relationship between landforms and human activities of high frequency and magnitude, such as mining, which generates new forms and de-characterizes landforms. In Paragominas, the global producer of aluminum solutions, Norsk Hydro, is located, which engenders major intervention constructions to store the tailings from bauxite processing. These structures are intrinsically linked to the

regional landform, conditioning their construction method. The research excelled in analyzing the morpho-sculptural arrangement of Paragominas, identifying which types of tailings storage structures were designed and the relationship between the landform and a given structure. Bibliographic surveys were carried out on the geomorphological characterization, occupation history and municipal technical data, cartographic systematizations and a technical visit to the entrepreneur's bauxite processing zone. The main tailings storage structures identified in the region were basins, deposits and tailings dams, all linked to a specific type of landform that conditions the progression of activities. The geomorphological study associated with mining activities helps prevent disruption disasters and emphasizes the conditions of the Amazonian mining process as different from other Brazilian regions, due to its complex socio-environmental dynamics.

Keywords: Regional landform; Anthropocene; Paragominas Mining; Morphosculpture.

RÉSUMÉ

La géomorphologie est spécialisée dans la géomorphologie anthropique pour disséquer la relation entre le relief et les activités humaines de haute fréquence et ampleur, telles que l'exploitation minière, qui génère de nouvelles formes et dé-caractérise le relief. À Paragominas, se trouve le producteur mondial de solutions en aluminium, Norsk Hydro, qui engendre d'importants travaux d'intervention pour stocker les déchets issus du traitement de la bauxite.Ces structures sont intrinsèquement liées au relief régional, conditionnant leur mode de construction. La recherche a excellé dans l'analyse de l'arrangement morpho-sculptural de Paragominas, en identifiant quels types de structures de stockage de résidus ont été conçues et la relation entre le relief et une structure donnée. des enquêtes bibliographiques ont été réalisées sur la caractérisation géomorphologique, l'historique d'occupation et les données techniques communales, des systématisations cartographiques et une visite technique de la zone de traitement de la bauxite de l'entrepreneur. Les principales structures de stockage de résidus identifiées dans la région sont des bassins, des dépôts et des digues à résidus, tous liés à un type de relief spécifique qui conditionne la progression des activités. L'étude géomorphologique associée aux activités minières permet de prévenir les catastrophes perturbatrices et met en évidence les conditions du processus minier amazonien comme différentes des autres régions brésiliennes, en raison de sa dynamique socio-environnementale complexe.

Mots-clés: Relief régional; Anthropocène; Paragomines minières ; Morphosculpture.

INTRODUÇÃO

O Antropoceno não acontece de maneira homogênea em todas as partes do mundo, mas as consequências das atividades humanas, principalmente, das sistêmicas e industriais são catastróficas para qualquer lugar (Szabó et al*.,* 2010, p.3). Em função disso, a aplicação da geomorfologia antropogênica disseca a ação geomorfológica das atividades humanas para apreender e agir preventivamente em grandes desastres antrópicos, como nos episódios vivenciados nas barragens de Mariana (ES) e Brumadinho (MG). O presente trabalho implica a análise de todas estas atividades antropogênicas,

especificamente minerárias, em terras amazônicas, terras que envolvem dinâmicas exclusivas de manejo, respeito e ação.

O município de Paragominas localiza-se no Sudeste paraense, a aproximadamente, 306,9 Km da capital do Pará, Belém. Este é um dos 16 municípios constituintes da Região de Integração (RI) do Rio Capim (figura 1) e é o polarizador da região, em função das atividades econômicas realizadas no município, como a agropecuária e a mineração (SEIR, 2010, p. 269).

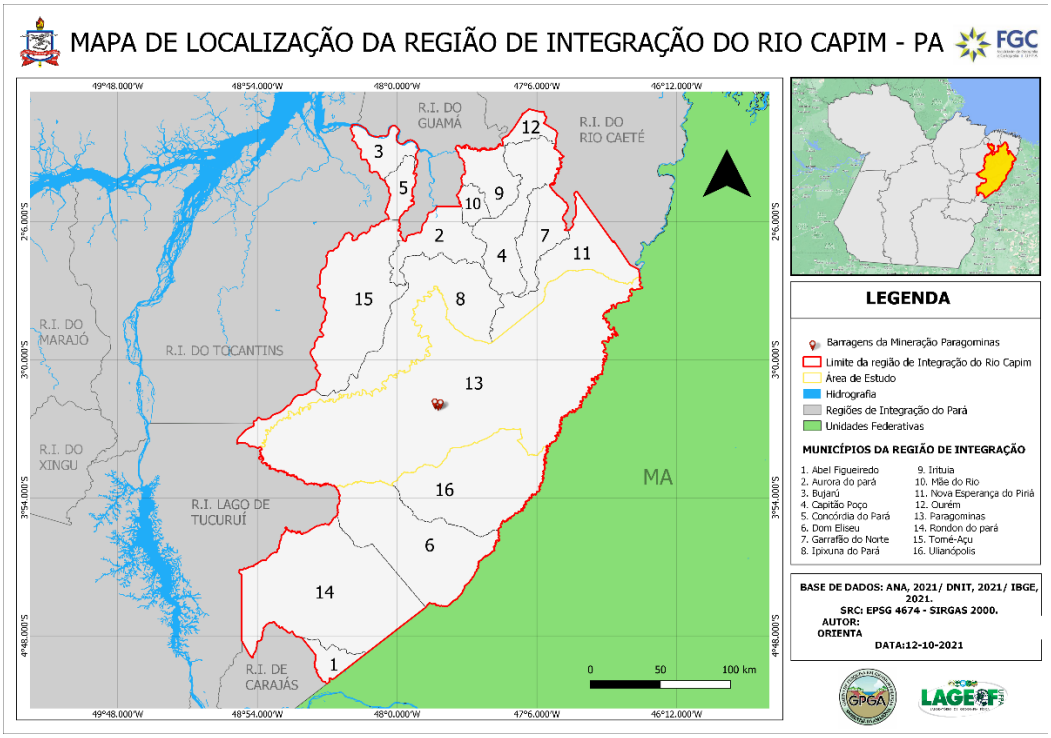

Figura 1 – Mapa de localização da RI do Rio Capim – PA

Fonte: Autores, 2022.

Paragominas é sede de uma das maiores produtoras de soluções de alumínio do mundo, com lavras sendo operadas no Platô Miltônia 3, uma vertente do Planalto Setentrional Pará-Maranhão, onde se dispõem corpos horizontalizados de Bauxita da bacia Fanerozóica. A empreendedora responsável pela atual cadeia de produção de alumínio da Mineração Paragominas (MPSA) é a empresa norueguesa Norsk Hydro ASA, integral detentora desde 2011.

Paragominas é considerado o município síntese da região amazônica, em virtude de as atividades realizadas serem todas as atividades experimentadas, passivamente, pela

região amazônica (Fernandes, 2011, p.38). Apreender as atividades econômicas, como a mineração, implica compreender os investimentos no estado do Pará, para a abertura de rodovias e a colonização a partir destas, haja visto, que Paragominas é um município exemplo dos que surgiram às margens da rodovia Belém-Brasília. Logo, programas de colonização rodoviária e de investimentos em polos de desenvolvimento criam o ambiente necessário para entender o município e como era vista a Amazônia a partir dos grandes projetos.

Os objetivos alcançados no trabalho constituem um arcabouço que auxilia o manejo das estruturas de armazenamento de rejeito e a fiscalização destas a partir do relevo em que estão inseridas. O relevo implica a estabilidade dos atributos técnicos das estruturas, e configura um elemento da paisagem imbricado com outras dinâmicas complexas da Amazônia, como a rede hidrográfica e os domínios climáticos, todos com grande influência no dano potencial associado destas obras de intervenção.

MATERIAL E MÉTODOS

A priori, foi realizado o levantamento bibliográfico acerca das mudanças na paisagem natural provenientes da atividade humana, bem como sobre o Antropoceno e as evoluções da paisagem antropogênica. Bibliografias sobre a classificação do relevo regional do Pará também elencaram a etapa de levantamentos, da mesma forma, que artigos e livros sobre o histórico dos grandes projetos de desenvolvimento na Amazônia. A posteriori, realizaram-se as sistematizações cartográficas, para ilustrar e criar panoramas em mapas e cartas, que facilitam o entendimento e geram alertas. Para tanto, utilizou-se plataformas de Sistematização de Informações Geográficas (SIG), a fim de tratar os dados coletados em diversas fontes nacionais. Na plataforma SIG foram feitas as vetorizações das estruturas de armazenamento de rejeitos de mineração e das formas de relevo antropogênico utilizando série histórica de imagens de satélite Planet, de 2 metros de resolução, através dos anos de comparação para a análise da evolução da paisagem antropogênica, além de imagens de elevação do terreno, de 30m de resolução.

Foi realizado, no mês de agosto de 2022, uma visita técnica a zona de beneficiamento do minério de Bauxita, no destino dos minerodutos da empresa Norsk

Hydro. Na zona de beneficiamento, foram analisadas as etapas da produção dos lingotes de alumínio, os depósitos de rejeito DRS1, DRS2 e as estratégias de regeneração vegetal para estas áreas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Projetos de desenvolvimento da Amazônia e a mineração no município de Paragominas

A mineração na Amazônia é uma cadeia de atividades de início indissociável dos grandes projetos de desenvolvimento da região, fundamentados na baixa densidade técnica e na rarefação demográfica a partir de uma visão exógena dos processos internos da Amazônia e da exploração de minério. Dentre as inúmeras tentativas, pode-se destacar algumas estratégias de desenvolvimento a partir de injeções de capital e incentivos concentrados a um desenvolvimento de cima, para a região amazônica, como o Programa de Integração Nacional, de 1970, e o Programa Polamazônia (1974-1980).

O Programa de Integração Nacional (PIN) tinha seu sistema de objetos baseado em rodovias e energia, e umas das estratégias do plano era a "colonização" da Amazônia ao longo da Transamazônica, seguindo o modelo de agrovilas. Esta colonização agrícola ao longo da Transamazônica foi parte do colapso do programa, em função das condições ecológicas indevidamente compreendidas, uma dinâmica natural comum para os nativos e limitadora dos que chegavam (Kohlhepp, 2002, p. 38).

Além do PIN, o programa Polamazônia (1974-1980), que trazia o setor operacional como principal foco da nova fase de desenvolvimento, trouxe a ideia de polos, apresentada como pontos matrizes de desenvolvimento, como a extração mineral, a indústria e a criação de gado. A isenção fiscal e alguns benefícios foram condicionantes essenciais para a chegada de investidores nacionais e internacionais para a implantação de projetos em terras baratas, oficiais e de fácil aumento indevido de hectares, relativizando a perda de grandes áreas florestadas (Kohlhepp, 1987a apud Kohlhepp, 2022, p.39). O programa Polamazônia no final de sua existência tinha resultados como o aumento da desigualdade no desenvolvimento interno da região e para com as outras, o

aumento da dependência das periferias para com os centros e o surgimento de enclaves, ao invés de polos, como aponta Kohlhepp (2002, p. 39).

Tais programas deram margem para a criação do Projeto Grande Carajás (1980), advindo da necessidade da exploração minero-metalúrgica pelo Governo Federal, na região, que impulsionou a expansão exploradora nas demais regiões do estado do Pará. A primeira metade da década de 1970, marcada pelo programa de investimentos em polos de desenvolvimento, como a mineração industrial, é síncrono ao início das operações no Platô Miltônia 3, em 1971, quando descobriram os corpos horizontalizados de Bauxita em Paragominas e 1972 com as fases de pesquisa no sítio. Relatórios históricos da Mineração Paragominas, revelam que as atividades no Platô Miltônia 3 retornaram em 2002 pela Mineração vera Cruz (ALUVALE), incorporada pela CRVD, posteriormente. Em 2007, os minerodutos MPSA-ALUNORTE começaram o processo de transporte do minério, e somente em 2011, a empresa norueguesa Norsk Hydro ASA tomou controle da cadeia de produção.

Contudo, a introdução da atividade mineradora industrial, na RI do Rio Capim, ocorreu desde a década de 1990 para a exploração do minério de caulim, no município de Ipixuna do Pará com o projeto Rio Capim Caulim SA, de organização matriz da empresa Ymeris.

Caracterização natural do município de Paragominas e da área de exploração de bauxita

A morfoestrutura de Paragominas é composta das unidades Alúvio-coluviais Pleistocênicas; do grupo Aurizona; da Cobertura Detríto-Laterítica Neo-Pleistocênica e Paleogênica; dos Depósitos Aluvio/Coluviais Holocênicos; da Formação Ipixuna; Formação Itapecuru; do Complexo Maracaçumé e a Formação Vila Cristal, como ilustado na figura 2 (IBGE, 2022).

A exploração de Bauxita para o beneficiamento e produção de soluções de alumínio ocorre na Cobertura Detrítico-Laterítica Paleogênica, estratificado de uma zona argilosa na base, superado por uma zona bauxítica de origem poligenética com concreções e lentes gibsíticas, que é coberta por uma disposição ferruginosa concrecionária e uma zona pisolítica nodular (figura 2). No topo da unidade encontra-se um capeamento

argiloso de latossolos, cobrindo as fases da bauxitização, algumas ocorridas no Eoceno/Oligoceno, de gênese em transições de climas úmidos e áridos (IBGE, 2021). A terceira camada de bauxitização é advinda do Mioceno, já a mais próxima ao capeamento argiloso ocorreu no Pleistoceno.

A Região de Integração do Rio Capim, de acordo com a classificação executada por Furtado e Ponte (2013, p. 60) acerca da geomorfologia paraense, é composta pela unidade do Planalto Setentrional Pará-Maranhão, seguido das unidades dos Planaltos Rebaixados da Amazônia, Depressão do Gurupi, Colinas e Cristas do Gurupi, Colinas de Paragominas, Planícies e Terraços fluviais.

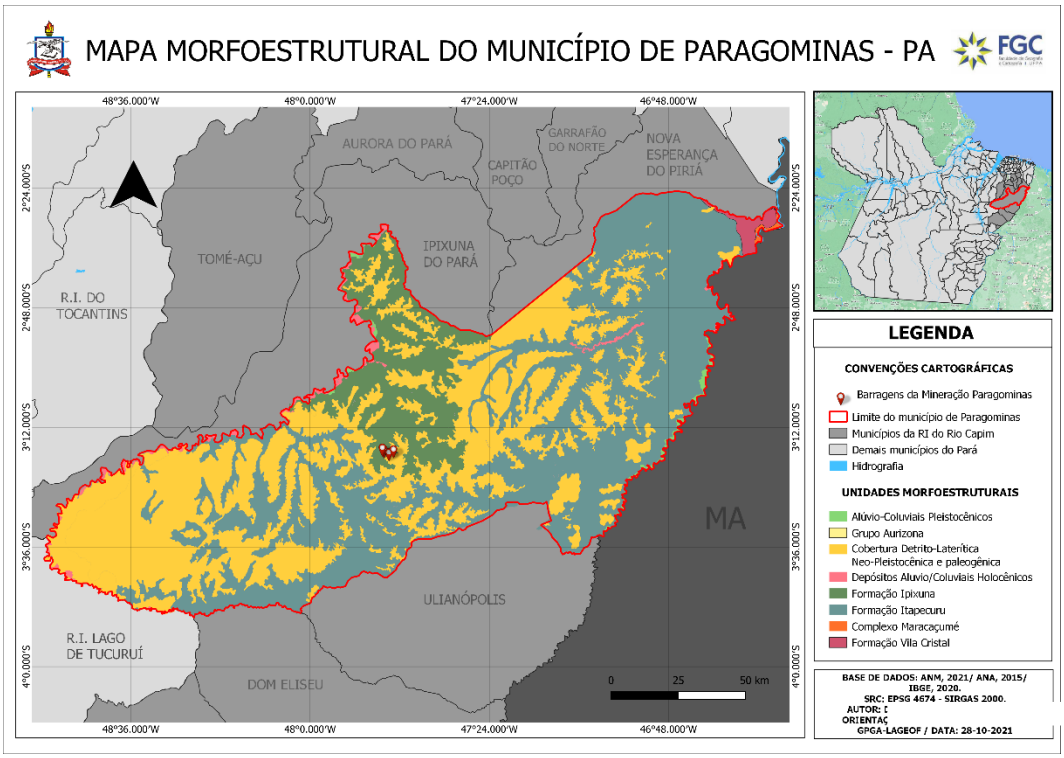

Figura 2 – Mapa morfoestrutural do município de Paragominas – PA.

Fonte: Autores, 2021.

Entretanto, o município de Paragominas, onde ocorre a exploração e beneficiamento de Bauxita da Bacia Fanerozóica, especificamente da cobertura Detrítico-Laterítica (figura 2), é composto de, majoritariamente, quatro unidades principais: o

Planalto Setentrional Pará-Maranhão, a Depressão do Gurupi, os Planaltos Rebaixados da Amazônia e as Colinas de Paragominas (figura 3).

O Planalto Setentrional Pará-Maranhão corresponde a um conjunto de relevos em chapadas, alçados em cotas altimétricas que variam entre, aproximadamente, 100 e 350 metros, formado por rochas sedimentares (Furtado, Ponte, 2013, p. 60). Esta unidade de relevo também é denominada de Baixos Platôs da Bacia do Parnaíba e apresenta delimitações em rebordos erosivos em amplos vales de fundo chato (Dantas, Teixeira, 2013, p.35). É nesta unidade que se encontra o Platô Miltônia 3, área de exploração da Bauxita Miltônia, na Mineração Paragominas (MPSA).

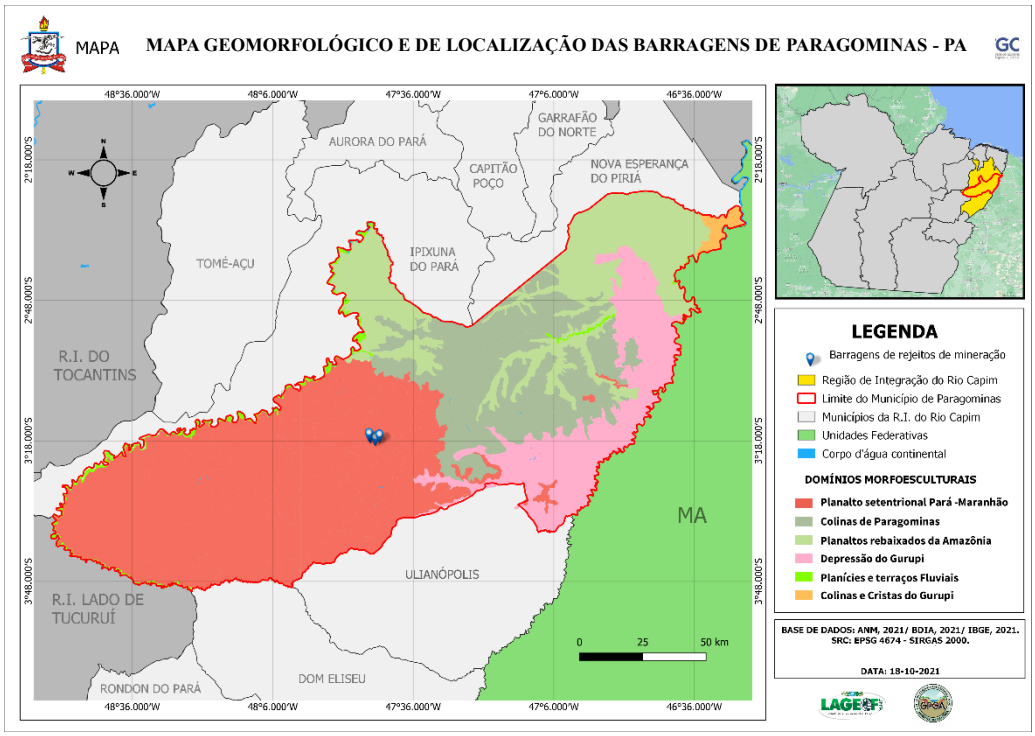

Figura 3 – Mapa geomorfológico e de Barragens do município de Paragominas – PA

Fonte: Autores, 2021.

Compreendendo um grande buraco entre o Planalto Setentrional Pará-Maranhão e as Colinas de Paragominas estão embutidas as depressões, denominadas pelo IBGE como depressões do Gurupi. A área de depressão da região se abre em direção nordeste,

compreendendo parte da fronteira com o Maranhão (figura 3), e ocorre em parte do município de Abel Figueiredo, ao sul da RI do Rio Capim.

Relação entre a geomorfologia e a criação de estruturas de armazenamento de rejeitos

Estruturas de armazenamento de rejeito podem ser apreendidas como estruturas e os seus sistemas criados para a deposição de rejeitos provenientes da mineração. Estas estruturas são elaboradas e construídas condicionadas ao relevo regional, a amplitude da feição do relevo influência nas técnicas de construção da estrutura, como o método construtivo, o alteamento e a caracterização desta. A RI do Rio Capim apresenta diferentes tipos de estruturas associadas às vertentes geomorfológicas dos municípios mineradores, a exemplo da maior amplitude altimétrica das feições do município de Paragominas, são construídas barragens de rejeito com diferentes tipos de alteamento, já a baixa amplitude das feições do relevo em Ipixuna do Pará, outro município minerador da região, condiciona as estruturas a serem elaboradas como bacias e depósitos de rejeito, com método construtivo de etapa única. As vertentes do relevo estão intrinsecamente conectadas com os agentes modeladores (endógeno, exógeno e antrópico) do relevo e as unidades morfoesculturais.

Condicionadas a serem construídas como barragens, as estruturas de armazenamento de rejeitos de mineração em Paragominas são divididas em dois setores, ilustrados na figura 4, as barragens da área do vale (B3, B5, B6) e as barragens da área do platô (RP1-A, RP1-B, RP1-C, RP1-D, BC1-BC8).

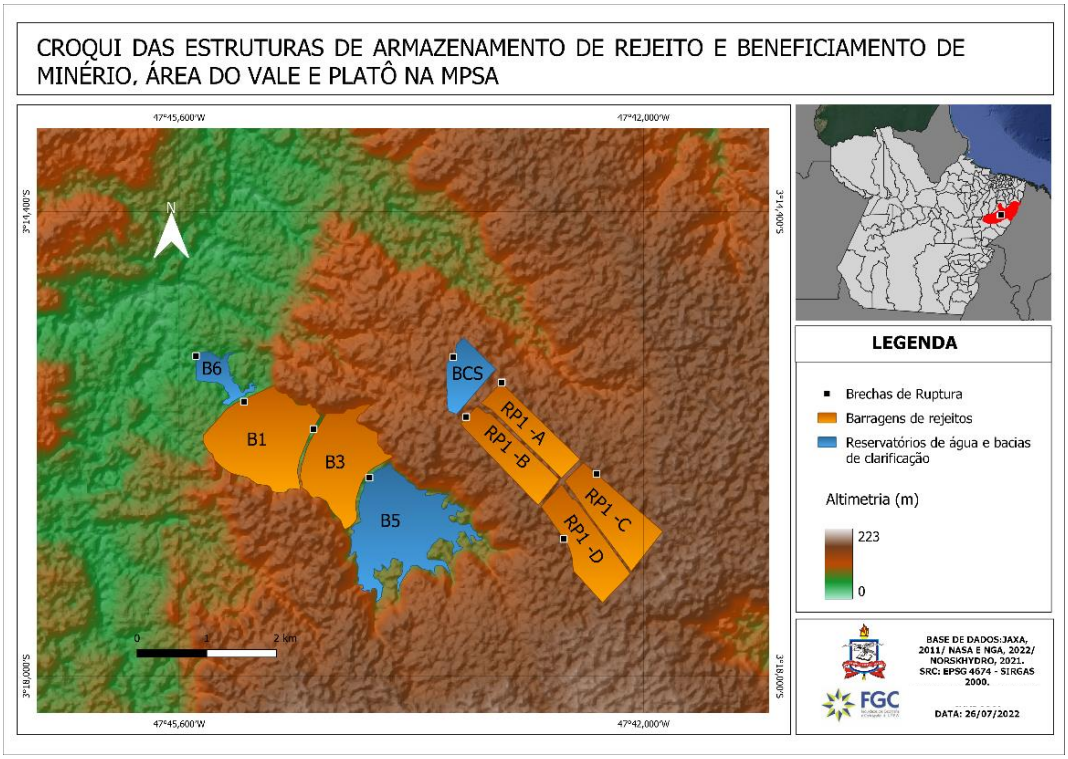

Figura 4 – Croqui das Barragens de rejeito de mineração da MPSA.

Fonte: Autores, 2022.

O sistema da área do vale é composto, atualmente, de quatro barragens: dois reservatórios de rejeitos (B1, B3) e dois reservatórios de água (B5, B6), representados na figura 4. Em fase do 5° alteamento (2015-2016), as barragens B2 e B4 foram submersas por rejeito, fazendo com que fosse construído um novo sistema de disposição de rejeitos, desta vez, em cima do platô, para a continuação do processo de beneficiamento do mineral (Hydro, 2021, p.11). O sistema da área do Platô (RP1) foi construído em área já lavrada, e é formado de quatro reservatórios: RP1-A, RP1-D, RP1- C, RP1-D e por 8 bacias de clarificação (figura 4). A diferença altimétrica entre os dois sistemas (vale e platô) é de, aproximadamente, 78 metros, haja visto que a área do platô é próxima à área do vale, o que reforça a ideia dos limites bruscamente delimitados e rebordos erosivos da unidade de relevo.

Esta disparidade altimétrica dos rebordos erosivos entre as vertentes da unidade do Planalto Setentrional Pará-Maranhão, que cria os sistemas do vale e platô, proporcionam a disposição de camadas sucessivas de rejeito, caracterizando a estrutura como uma barragem de alteamentos progressivos, implicando a variabilidade no método

construtivo, podendo este ser: á jusante, à linha de centro ou à montante, este último sujeito a descaracterização por inadequação aos atributos de segurança e estabilidade.

Em Ipixuna do Pará, município limítrofe a Paragominas, e constituinte da RI do Rio Capim, as estruturas de armazenamento de rejeito são construídas sobre uma vertente muito homogênea e coalescida, os Tabuleiros Paraenses, que possuem topo tabular plano, não permitindo que as camadas de rejeito sejam sobrepostas como alteamento rumo a parte mais alta do relevo, diferente das barragens, por tratar-se de áreas de baixa declividade. Assim, as estruturas de armazenamento de rejeito são construídas como grandes bacias e depósitos de rejeito, obedecendo o método construtivo de etapa única, encaixadas no terreno.

Tipos de alteamento das barragens de Paragominas

Os alteamentos das barragens de rejeito da Mineração Paragominas são do tipo à jusante, à linha de centro e de etapa única (Tabela 2). Embora ausente dos relatórios da Agência Nacional de Mineração (ANM) a barragem B3, não foram catalogadas barragens do tipo à montante, alteamento proibido e sujeito a descaracterização, através do inciso II do Art. 8 da resolução ANM n° 13/2019. Cecília Bhering de Araújo (2006 *apud.* Duarte, 2008, p. 8) descreve com clareza o método à montante:

> O método de montante é o mais antigo, simples e econômico método de construção de barragens. A etapa inicial na execução deste tipo de barragem consiste na construção de um dique de partida, normalmente de material argiloso ou enrocamento compactado. Após realizada esta etapa, o rejeito é lançado por canhões em direção a montante da linha de simetria do dique, 12 formando assim a praia de deposição, que se tornará a fundação e eventualmente fornecerá material de construção para o próximo alteamento. Este processo continua sucessivamente até que a cota final prevista em projeto seja atingida (Araújo, 2006 apud Duarte, 2008, p.8).

Embora mais barato, o método à montante é o mais perigoso, também, pelo material no qual são feitos os diques de alteamento, o mesmo material do rejeito granular, mas compactado. Ou seja, a estrutura está submetida ao estado físico dos diferentes usos do rejeito na barragem à montante, sendo a mais vulnerável a liquefação dos rejeitos e possível rompimento da estrutura. Ademais, este método apresenta uma dificuldade na instalação de um sistema interno de drenagem, para fins de controle da água na parte

interna da estrutura, propiciando uma baixa estabilidade frente ao cisalhamento e liquefação dinâmica e/ou estática (Araújo, 2006, p.14).

O método construtivo por etapa única, mais comum em bacias e depósitos de rejeitos, consiste em um único dique, o dique de partida e logo é disposta a primeira e única grande camada de rejeito, fazendo com que a estrutura se assemelhe à um refratário. Já o método de construção à jusante é mais comum em barragens, condicionadas pelo relevo do terreno, o nome deriva da direção em que são construídos os diques, à jusante da parte mais alta do relevo. O método à jusante é o mais seguro, haja visto que o material dos diques é diferente do rejeito, como enrocamentos. Os diques das barragens à jusante são alongados na parte contrária as camadas, trazendo maior estabilidade para a estrutura, que embora seja a mais recomendada, por muito tempo foi considerada inviável pelas empreendedoras por demandar mais espaço e tempo para a deposição de novas camadas de rejeito, cenário que mudou após as tragedias com barragens à montante, como a de Brumadinho (2019) e Mariana (2015) no Brasil.

De acordo com Araújo (2006, p.16), o método construtivo à linha de centro, trata-se de um método intermediário entre o alteamento à jusante e à montante, diferenciado por uma linha de descarga que passa ao centro dos diques de alteamento. Semelhante a barragens à jusante em função da presença de um alongamento na direção externa da estrutura, embora não tão espesso quando da barragem à jusante, e, semelhante ao método à montante na parte dos diques interna às camadas

Tabela 1 – Atributos técnicos das estruturas de armazenamento de rejeito da Mineração Paragominas

Nome da Estrutura	*Empresa*	*Minério*	*Altura Atual (m)*	*Volume Atual (m³)*	*Tipo de estrutura*	*Método Construtivo*	*CRI*	*DPA*	*PNSB*
B1	Norsk Hydro	Bauxita Miltônia	31,8	21.100M	Barragem	À linha de centro	Baixo	Alto	Sim
B5	Norsk Hydro	Bauxita Miltônia	37	10.837M	Barragem	Alteamento à jusante	Baixo	Alto	Sim
RP1 (A-D)	Norsk Hydro	Bauxita Miltônia	13,5	7.140 M	Barragem	Alteamento à jusante	Baixo	Alto	Sim
B6	Norsk Hydro	Bauxita Miltônia	13	814.522,00	Barragem	Etapa Única	Baixo	Alto	Sim

Fonte: ANM, 2021

Dano Potencial Associado (DPA) e Categoria de Risco das barragens (CRI) da MPSA

De acordo com a Agência Nacional de Mineração (ANM) todas as estruturas da RI do Rio Capim estão inseridas na Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB), como presenta na tabela 1, e necessitam de um Plano de Ação de Emergência de Barragens (PAEBM), em virtude do alto Dano Potencial Associado (DPA) de todas as estruturas. O grau de DPA de uma barragem é definido segundo o comprometimento dos elementos circundantes da estrutura em um eventual rompimento, ou seja, são analisados todas as ocupações e recursos próximos às barragens, assim como a importância de tal elemento se estiver no perímetro afetado pelo rejeito, como corpos hídrico (figura 5), áreas de proteção ambiental e permanentes, estradas vicinais e, principalmente, as vidas humanas.

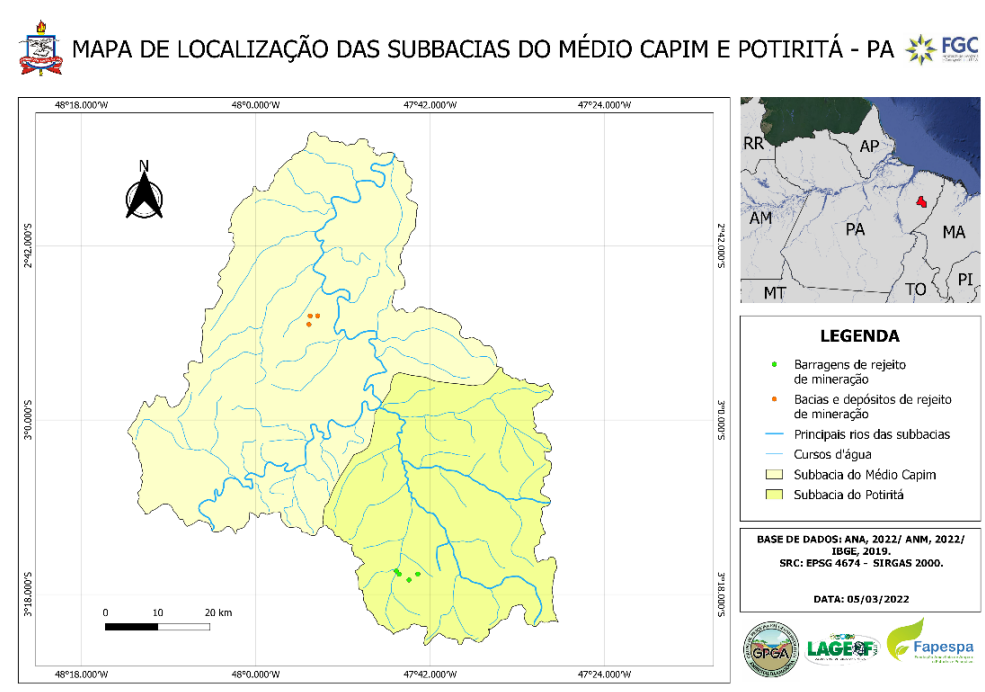

Figura 5 – Mapa das sub-bacias da RI do Rio Capim com estruturas de armazenamento de rejeito.

Fonte: Autores, 2022.

Embora o DPA das barragens, bacias e depósitos de rejeito da região sejam alto (tabela 1 e figura 6), a categoria de risco (CRI) de todas as estruturas são caracterizadas como baixa. A categoria de risco é consolidada a partir da avaliação dos atributos técnicos das estruturas, como estabilidade, relação da capacidade de volume máximo e do volume atual de rejeito da estrutura, a altura, impermeabilidade, método de alteamento, entre outros.

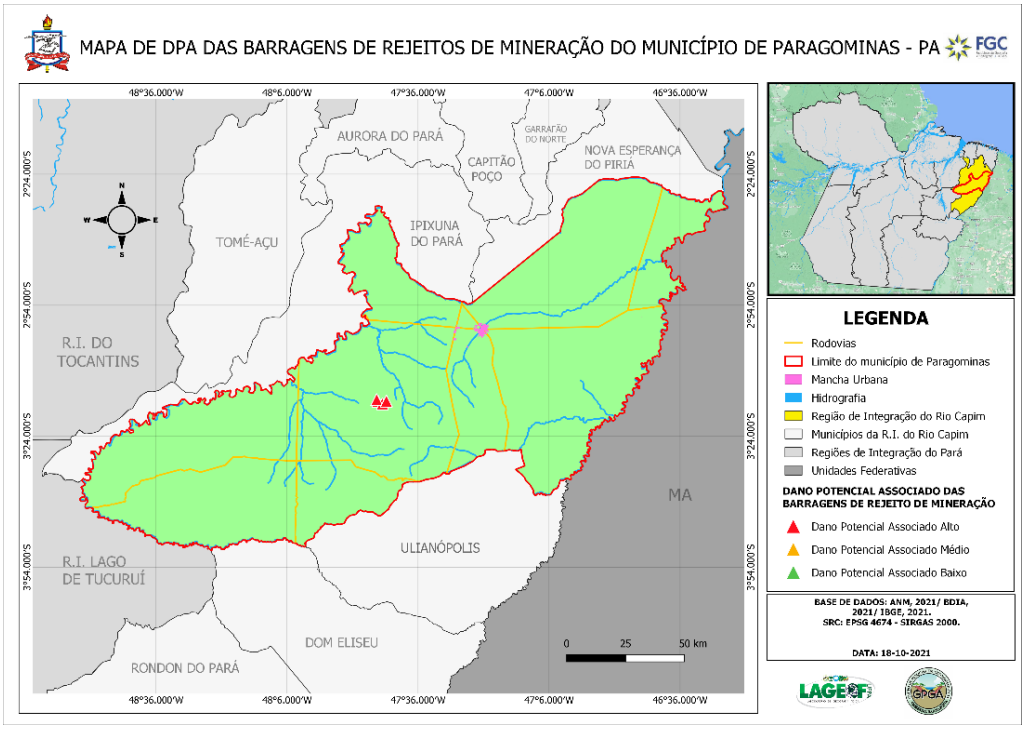

Figura 6- Mapa de Dano Potencial Associado das barragens da MPSA

Fonte: Autores 2021.

As barragens de rejeito em Paragominas têm o DPA classificado como alto (figura 6) em virtude da proximidade das estruturas às comunidades do oriente e do Potiritá. Além disso, os relatórios da ANM também explanam a localização das barragens à jusante de Áreas de Proteção Ambiental (APA), próximas a estradas vicinais e corpos hídricos, como o Igarapé Parariquara e o Rio Uraim, ilustrado no mapa de sub-bacias, onde as barragens situam-se na bacia do Potiritá (figura 5).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A pesquisa reforça a importância da geografia para dissecar a interferência humana na superfície terrestre e analisar a produção da paisagem geomorfológica artificial em conjunto dos grandes projetos antropocênicos fazendo atual história. Em diversos projetos de mineração, os estudos geomorfológicos são ocultados na intervenção do terreno natural, desconsiderando progressões imprescindíveis para o condicionamento das atividades mineradoras.

A mineração na região de integração do Rio Capim se dá de maneira localizada, mas com magnitudes de prospecção mundial, que expressam a força da técnica humana com maquinários. O presente trabalho incorpora categorias de análise sobre o relevo regional, o relevo antropogênico, as atividades humanas e as estruturas de armazenamento de rejeito, que montam um corpo sólido de análise do processo de mineração desde o perfil litológico à criação de barragens.

É importante destacar que a Amazônia não pode ser comparada integralmente ao processo de mineração de outras regiões, grande parte disto deve-se a sua geomorfologia, que condiciona diferentes tipos de estruturas de armazenamento de rejeitos, que, consequentemente, impõem diferentes tipos de dinâmicas ambientais e sociais. Além disso, a complexa rede hidrográfica da Amazônia acrescenta diversas outras problemáticas ao risco de rompimento ou vazamento, impondo riscos à sua população, que vive os males da gestão exógena.

A identificação dos tipos de estruturas e a ligação destas com a unidade de relevo regional é a estratégia adequada ao destrinchar a atividade mineradora na Amazônia, conhecendo os processos endógenos e o terreno, para a prevenção de desastres. Conhecer a região, descrever os atributos naturais, os processos de formação e de introdução das atividades mineradoras em Paragominas cria uma visão horizontal da exploração mineral. A pesquisa em questão ressalta que as mudanças na paisagem e a incoerência social dos projetos que alimentam a economia do município são um dispares com a terceira fase de conscientização do Antropoceno e ressalta também a indissociabilidade da Geografia Física e da Geografia Humana para entender os processos multiescalares da relação homem-natureza.

AGRADECIMENTOS

Agradecimento especial à FAPESPA e a Universidade federal do Pará, bem como à orientadora do projeto.

REFERÊNCIAS

Agência Nacional de Mineração - ANM. **Localizador de barragens**. 2022. Disponível em: https://www.gov.br/anm/pt-br. Acesso em: 15 mar. 2022.

Agência Nacional de Mineração - ANM. **Repost trimestral de Descaracterização de Barragens A montante**: fevereiro. Brasília: Gerência de Segurança de Barragens de Mineração, 2022

Agência Nacional de Mineração- ANM. Sistema Integrado de Gestão de Barragens de Mineração, 2021. Disponível em: < https://app.anm.gov.br/SIGBM/Publico/ClassificacaoNacionalDaBarragem >. Acesso em: 05/setembro/2021.

ARAÚJO, C. B. **Contribuição ao estudo do comportamento de barragens de rejeito de mineração de ferro**. 2006. 133 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE, Rio de Janeiro, 2006

DANTAS, Marcelo Eduardo; TEIXEIRA, Sheila Gatinho. ORIGEM DAS PAISAGENS. In: JOÃO, Xafi; TEIXEIRA, Sheila; FONSECA, Dianne (org.). **Geodiversidade do Estado do Pará**. Belém: Cprm, 2013. Cap. 3. p. 25-49.

DUARTE, Anderson Pires. **Classificação das barragens de contenção de rejeitos de mineração e resíduos industriais no Estado de Minas Gerais em relação ao potencial de risco**. 2008. 115 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Meio Ambiente e Recursos Hídricos, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2008.

FERNANDES, R. **Discursos de sustentabilidade**: o caso de Paragominas. 2011. Dissertação (Mestrado em Ciência da Informação) – Faculdade de Administração e Ciências Contábeis, Universidade Federal do Rio de Janeiro - Instituto Brasileiro de Informação em Ciência e Tecnologia, Rio de Janeiro, 2011.

FURTADO, Ana Maria; PONTE, Franciney Carvalho da. **Mapeamento de Unidades de Relevo do estado do Pará**. Revista Geoamazônia, Belém, v. 02, n. 2, p. 56-67, dez. 2013.

HYDRO, Norsk. **Plano de Ação de Emergência de Barragens de Mineração**: área do platô. Área do Platô. 2021. Disponível em: https://www.hydro.com/Document/Doc/PAEBM%20-%20%C3%81rea%20do%20Plat%C3%B4.pdf?docId=581673. Acesso em: 10 jan. 2022.

HYDRO, Norsk. **Plano de Ação de Emergência de Barragens de Mineração**: área do vale. Área do Vale. 2021. Disponível em: https://www.hydro.com/Document/Doc/PAEBM%20-%20%C3%81rea%20do%20Vale.pdf?docId=581674. Acesso em: 10 jan. 2022.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE. **Banco de Dados de Informações Ambientais - BDIA**: consulta em geomorfologia. 2021. Disponível em: https://bdiaweb.ibge.gov.br/#/consulta/geomorfologia. Acesso em: 18 out. 2021.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística- IBGE. **Manuais Técnicos em Geociências**: manual técnico de geomorfologia. 2. ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2009.

KOHLHEPP, Gerd. Conflitos de interesse no ordenamento territorial da Amazônia brasileira. **Estudos Avançados**, [S.L.], v. 16, n. 45, p. 37-61, ago. 2002. FapUNIFESP (SciELO). http://dx.doi.org/10.1590/s0103-40142002000200004.

KOHLHEPP, G. & A. Schrader (eds.) Homem e natureza na Amazônia. Hombre y Naturaleza en la Amazonia, Tübinger Beiträge zur Geographischen Lateinamerikaforschung 3 (Tübingen: 1987a), 507 p.

Pará. Secretaria de Estado de Integração Regional - SECIR. **Atlas de Integração Regional do Estado do Pará**. Belém: Governo do Estado do Pará, 2010. 347 p.

SZABÓ, J.; DAVID, L.; LOCZY, D. **Anthropogenic Geomorphology**. A guide to man-made landsforms. London New York: Springer, 2010. 260 p.