

**ANTROPOGEOMORFOLOGIA EM ÁREA DE MINERAÇÃO:
MODIFICAÇÕES NA FORMA DO RELEVO E IMPACTOS NO MUNICÍPIO
DE BARCARENA-PA**ANTHROPOGEOMORPHOLOGY IN A MINING AREA: CHANGES IN
LANDFORM AND IMPACTS IN THE MUNICIPALITY OF BARCARENA, PA.ANTROPOGEOMORFOLOGÍA EN UNA ZONA MINERA: CAMBIOS EN LA
FORMA DEL RELIEVE E IMPACTOS EN EL MUNICIPIO DE BARCARENA-PA**Izabele Cristine Correa Pontes**

Graduanda em Geografia

UFPA, Brasil

correaizabele777@gmail.com**RESUMO**

É evidente que as ações humanas na Terra foram e continuam sendo capazes de criar e recriar ambientes com base em suas necessidades, contribuindo para uma nova dinâmica e dando origem ao conhecimento da Antropogeomorfologia. Uma clara demonstração das novas formas de relevo antropogênico são as atividades relacionadas à mineração, incluindo a construção de estruturas para armazenamento de resíduos, como ocorre em Barcarena, no estado do Pará. O objetivo deste trabalho é classificar as formas de relevo antropogênico e relacioná-las com as unidades morfo esculturais do município, além de mencionar alguns impactos decorrentes da construção dessas estruturas. A metodologia se deu por revisão bibliográfica, elaboração cartográfica e visita técnica na área de refinamento Hydro Alunorte, em Barcarena. Portanto, as características do relevo provenientes da atividade de mineração foram classificadas como Lagoas antropogênicas, Terreno produzido de agradação e Terreno complexo de degradação. Conclui-se que as estruturas de resíduo propiciam mudanças extremas na geomorfologia da região.

Palavras-chave: Geomorfologia; Estruturas de armazenamento de rejeito; Antropoceno.**ABSTRACT**

It is evident that human actions on Earth have been, and continue to be, capable of shaping and reshaping environments in accord with their needs, contributing for a new dynamic and giving rise to the knowledge of Anthropogeomorphology. Mining-related activities, such as the construction of waste storage structures in Barcarena, State of Pará, Brazil, provide a clear example of newly created anthropogenic relief forms. The objective of this study is to classify those man-made relief forms and correlate them with the morfo-sculptural units present in the city, while also discussing some of the impacts resulting from the construction of these structures. The methodology for this research involved a literature review, cartographic analysis, and a field visit to the bauxite refinement facility, Hydro Alunorte, in Barcarena. As a result, the relief features arising from mining activities were categorized as anthropogenic ponds, aggradation-generated terrain, and complex degradation terrain. It can be concluded that the waste structures lead to significant changes in the region's geomorphology.

Keywords: Geomorphology; Tailings storage structures; Anthropocene

RESUMEN

Es claro que las acciones humanas en la Tierra han sido y siguen siendo capaces de crear y recrear ambientes en función de sus necesidades, contribuyendo a una nueva dinámica y dando lugar al conocimiento de la Antropogeomorfología. Un claro ejemplo de las nuevas formas de alivio antropogénico son las actividades derivadas de la minería con la construcción de estructuras para el almacenamiento de relaves, actividad en Barcarena, en el estado de Pará. El objetivo de este trabajo es clasificar las formas del relieve antrópico y relacionarlas con las unidades morfoescultóricas del municipio, además de mencionar algunos impactos producto de la construcción de estas estructuras. La metodología se basó en una revisión bibliográfica, elaboración cartográfica y una visita técnica al área de refinamiento de Hidro Alunorte, en Barcarena. Por lo tanto, los relieves resultantes de la actividad minera fueron clasificados como Lagunas Antropogénicas, Tierras Producidas de Degradación y Tierras Complejas de Degradación. Se concluye que las estructuras de relaves proporcionan cambios extremos en la geomorfología de la región.

Palabrasclave: Geomorfología; Estructuras de almacenamiento de relaves; Antropoceno

Introdução

A Amazônia é exposta de maneira grandiosa ao capitalismo, entrelaçando a natureza ao capital (Filho; Paulini, 2011); este entendimento se firma nas diretrizes de Harvey (1982) com a conceitualização de acumulação por espoliação, em que se interpreta a natureza como essencialmente espoliadora. Sendo assim, o processo de acumulação destacado foi precursor da expansão capitalista, incitando na conquista do superávit primário na Amazônia, através da expansão de *commodities* agrícolas e minerais (MALHEIRO, 2020).

Dos inúmeros negócios que se organizam pela exportação da natureza, a mineração, excepcionalmente na Amazônia, é uma fisionomia exemplificadora da validação de hábitos escondidos de um capitalismo que evidencia uma guerra à sociedade. Os grandes projetos de mineração na Amazônia, nessas conjunturas, são mecanismos territoriais aptos de transfigurar toda a profundidade e pluralidade territorial dos ambientes nos quais se situam.

Consoante a Nahum (2019), os Planos de Desenvolvimento da Amazônia, PDAs, são importantíssimos para entender a organização espacial amazônica durante as últimas décadas do século XX. sendo assim, o primeiro destaque se dá a natureza, que discursa nos PDAs, como armazém de riquezas a serem manuseadas por dirigentes relacionados a vários âmbitos da política e sociedade civil, já que é necessário entender para manusear.

O II Plano de Desenvolvimento da Amazônia (II PDA) germina com a tarefa de responder o mercado externo onde as massas regionais não são levadas em consideração (Becker, 1991), e é nessa conjuntura onde se instala, por meio do Programa Grande Carajás (PGC), o distrito industrial de Barcarena no setor mineral, em que o mesmo é integrante.

Segundo Barros Júnior (2014), o progresso seria ascendido conforme a disseminação motivada pela instalação de indústrias motrizes que deveriam ter a responsabilidade de integrar outras funções lucrativas semelhantes, com esse fato se providencia uma dilatação no desenvolvimento na região. Desta forma, o estabelecimento de vários polos de crescimento em uma determinada região ocasionaria a competência de suprimir esse progresso para a região como um todo, sendo notável a aplicação do modelo para a Amazônia já que se baseava na instalação de grandes plantas industriais, como a Albrás- Alunorte (GUIMARÃES, 1995).

Com o progresso do conhecimento e avanço da modernização, a habilidade do ser humano em transformar a superfície da Terra é cada vez mais eloquente; sendo assim, eclode o termo “antropoceno” para caracterizar as ações do homem com o seu consumismo crescente, o aumento de erosão, sedimentação, do nível dos oceanos e mudanças na biota, entre outros aspectos negativos, como podemos observar em Crutzen & Stoermer (2000),

Tendo em conta estes e muitos outros impactos importantes e ainda crescentes das atividades humanas na Terra e na atmosfera, e em todas as escalas, incluindo a global, parece-nos mais do que apropriado enfatizar o papel central da humanidade na geologia e na ecologia, propondo a o termo "antropoceno" para designar a atual época geológica. Os impactos das atividades humanas atuais continuarão durante longos períodos. (CRUTZEN, STOERMER, 2000, p. 17).

A influência humana em cooperação com as relevâncias geológicas é um fato explícito na nova era geológica (Crutzen, 2002). Essas influências demonstram um selo humano no ambiente global, o tornando uma força geológica, interagindo com as forças naturais, provocando impactos e mudanças do sistema da terra. O ser humano têm passado de um agente em relação à evolução da vida para um responsável direto na ruptura do equilíbrio da Terra (Steffen, 2011).

Crutzen (2002) também enfatiza que o antropoceno é o modernismo de um novo tempo geológico que engloba o atributo modificador das atividades humanas no meio, levando em conta a grandeza e a frequência delas ao longo do tempo, condições que foram otimizados com a mecanização das atividades e assim resultando no protagonismo humano em acontecimentos globais. A mineração é, evidentemente, uma das indispensáveis atividades de interferência humana na superfície terrestre.

Desta forma, Goudie (1990) elenca uma sequência de ocupações que transformam e, conseqüentemente, remodelam o relevo terrestre, sendo a que mais se destaca são ações encadeadas à mineração. Assim sendo, uma das vertentes da geomorfologia antropogênica, área que estuda as modificações no relevo pela ação humana, é a atividade mineradora.

Aproximadamente todas as atividades humanas, na dimensão terrestre, ocasionam algum tipo de metamorfose, visto que a mineração possivelmente seja uma das que mais modifica o relevo (GUERRA; MARÇAL, 2018). Quanto à influência antrópica nesses estudos, entender o ser humano como elemento modelador dessas transformações é reconhecer a sua capacidade de criar e recriar ambientes baseados nos seus próprios interesses ao longo do tempo e do espaço.

Segundo Peloggia e Oliveira (2005) o ser humano é considerado por muitos como um agente geológico e geomorfológico, pois é capaz de alterar e de produzir processos da dinâmica superficial e, a partir disso, alterar as formas do relevo e gerar depósitos correlativos. Entende-se depósitos tecnogênicos como estruturas elaboradas pelo aglomeramento de material de inúmeras formas e arranjos, decorrente das atividades humanas, além de serem altamente aptos em modificar o sistema geomorfológico e ambiental (MENDES; FELIPPE, 2016).

A Geomorfologia, define-se como a ciência da descrição do relevo, o que aparenta ser estático, no entanto é dinâmico e multiforme nas várias escalas de espaço e de tempo. Desta forma, e segundo os estudos de Penck (1953), Tricart (1982), Suguio (1998), a Geomorfologia busca explicar dinamicamente as transformações do relevo, sendo assim, reconhece como formas e processos as alterações decorrentes de forças endógenas e exógenas terrestres que estruturam e esculturam os relevos de modo sistematizado,

criando e recriando paisagens através da atuação dos processos e da geração de novos produtos (materiais), característicos do local e da região.

É fato que os meios geomorfológicos são subordinados às atuações e intervenções do homem no meio; um exemplo claro disso é atividade de mineração que modifica o relevo com suas técnicas e métodos de construção em relação às estruturas de armazenamento de rejeito. Dois episódios claros dessas intervenções e impactos antrópicos foram as rupturas das barragens de Mariana e Brumadinho, em Minas Gerais

A Antropogeomorfologia aflora como uma particularidade da Geomorfologia que tem como foco observar as interferências nos solos e as modificações no relevo desencadeadas pela ação humana (GOUDIE, 1993 apud SANTOS FILHO, 2011).

Marques (2001) destaca que o homem diversifica e aumenta sua atuação, criando condições de interferência e, até mesmo, controlador dos processos, criando e destruindo formas de relevo. Rodrigues (2005) faz referência a essa capacidade de modificação do meio físico, incitado pelo homem, alertando para a diferença que existe entre a Antropogeomorfologia e outras abordagens:

A diferença fundamental para outras abordagens é a consideração da própria interferência antrópica como ação geomorfológica, ação essa que pode: modificar propriedades e localização dos materiais superficiais; interferir em vetores, taxas e balanços dos processos e gerar, de forma direta e indireta, outra morfologia (RODRIGUES, 2005 p. 101).

Desta forma, de acordo com Guerra (2011), pode-se compreender a antropogeomorfologia como uma subárea da geomorfologia que retrata a presença significativa das intervenções antrópicas no meio natural, ou seja, é o conhecimento das metamorfoses do ambiente físico oriundas das ações do homem. Sendo assim, as modificações humanas sobre o relevo refletem a ocupação e as alterações na superfície do terreno.

É essencial ponderar que a classificação do relevo é indispensável para observar os tipos de estrutura de armazenamento de rejeito de mineração para determinada área subjugada, tanto para a extração quanto para o beneficiamento. Desta forma, se traz no presente trabalho o conhecimento das unidades morfoesculturais municipal, em que se

chega na percepção da existência das modificações antropogênicas no relevo (PONTES, 2022).

O artigo exposto tem como objetivo identificar as modificações no sítio geomorfológico no município de Barcarena, modificações essas provenientes do refinamento da bauxita e caulim, concebendo novas feições de relevo e ressignificando as paisagens, ações antropogênicas em área de mineração de responsabilidade da Empresa Norueguesa Hydro-Alunorte e Imerys Rio Capim Caulim.

Sendo assim, os principais objetivos desta pesquisa são: entender o homem como modificar da paisagem através da análise dos conceitos sobre a geomorfologia e o antropoceno; classificar o relevo do município de Barcarena e relacionar com as estruturas de armazenamento de rejeito encontradas na região; classificar o relevo antropogênico na área submetida a atividade de mineração e destacar os principais impactos proporcionados por essas estruturas.

Metodologia

O trabalho é resultado de uma revisão bibliográfica acerca do homem como agente geomorfológico e do conceito de Antropogeomorfologia como especialidade da Geomorfologia. Para isso foi realizado uma incursão em publicações nas áreas de Geografia, Geomorfologia e Geologia para a construção de um embasamento teórico. Procedeu-se uma descrição do meio físico da área da mineração e conhecimento da caracterização da área de estudo, onde é primordial compreender a orientação geográfica do município, como também as estratégias em tornar o município como estratégia econômica para o estado.

Pertencente à mesorregião Metropolitana de Belém, a microrregião de Belém e a Região de Integração do Tocantins, o município de Barcarena possui uma densidade demográfica de 121,87 hab/ km² e área de 818,89 km² (ATLAS BRASIL, 2022). No que tange a orientação geográfica, segundo a Fapespa (2022), ao norte do município se localiza a Baía do Guajará e o município de Belém, ao sul os municípios de Moju e Abaeteuba, a leste o município de Ácara e a oeste a Baía do Marajó. Além disso, Barcarena ocupa o 6º lugar no ranking Estadual e o 1º lugar no PIB da região que se

integrada, além de ser responsável por quase 45,9% do produto da região tocantina. Estas considerações são decorrentes a todo o processo de refinamento mineral de bauxita e caulim que se fixou no município.

Segundo Pinto (1997); Barcarena (1999); Gazeta Mercantil Norte (2002), Barcarena transformou-se em um município estratégico para a economia paraense, já que no mesmo está localizado o complexo alumínio (Albrás - Alunorte) e do caulim (Pará Pigmentos e Imerys Rio Capim Caulim) empresas responsáveis pelo beneficiamento mineral. No contexto da mineração no Estado do Pará, Barcarena é de suma relevância, pois o mesmo tornou-se primordial beneficiário mineral do Pará. O município de Barcarena constitui-se em um importante laboratório de análises desses grandes projetos implantados na Amazônia, como por exemplo, a ampliação e desenvolvimento, nos últimos anos, do espaço portuário de Vila do Conde (RODRIGUES, 2008) e, em 1978, o estabelecimento da Albrás (Alumínio Brasileiro S.A) sintetizando capitais brasileiros através da CVRD (Companhia Vale do Rio Doce) com 51% das ações e de capitais japoneses da NAAC (*Nippon Amazon Aluminium Co. Ltd.*) com 49% das ações (BARROS JÚNIOR, 2014). Já em 1983 iniciaram-se as obras de construção da primeira fase da Albrás.

O município de Barcarena constitui-se em um importante laboratório de análises desses grandes projetos implantados na Amazônia, como por exemplo, a ampliação e desenvolvimento, nos últimos anos, do espaço portuário de Vila do Conde (RODRIGUES, 2008) e, em 1978, o estabelecimento da Albrás (Alumínio Brasileiro S.A) sintetizando capitais brasileiros através da CVRD (Companhia Vale do Rio Doce) com 51% das ações e de capitais japoneses da NAAC (*Nippon Amazon Aluminium Co. Ltd.*) com 49% das ações (BARROS JÚNIOR, 2014). Já em 1983 iniciaram-se as obras de construção da primeira fase da Albrás.

Barcarena aparece em situação privilegiada em relação aos municípios da R.I do Tocantins, já que possui o maior Produto Interno Bruto – PIB (soma de todas as riquezas produzidas), a maior taxa de crescimento anual e uma população de 121.190 (Atlas, 2022).

Compreendendo as estratégias capitalistas para a implementação de atividade de mineração em Barcarena, para observar as alterações provadas pela construção dessas estruturas de armazenamneto de rejeito, é importante analisar as unidades de relevo encontradas na area de estudo. Em síntese, de acordo com Manual técnico de geomorfologia do IBGE, são encontradas as unidades de Litoral de Mangues e Rias, Planície Amazônica, Planícies e Terraços Fluviais e Tabuleiros Paraenses.

O Litoral de Mangues e Rias, conforme Junior e El-Robrini (2002), são uma configuração evolutiva entrelaçadas aos episódios de transgressão Holocênica, que foram unidades modeladas aos traços da faixa costeira, onde as áreas abatidas deram origem as reentrâncias (rias) e as áreas altas (falésias) originando as saliências no litoral.

Outra unidade de destaque são as Planícies e Terraços Fluviais, em que de acordo com (FURTADO, PONTE, 2013) dominam os vales dos rios amazônicos no qual as planícies abarcam em zonas deposicionais e apresentam características inundáveis de sedimentação recente, já os terraços são similares ao período pleistoceno superior.

Já os Tabuleiros Paraenses podem ser encontrados ocupando o sul de Barcarena e são classificados por Dantas e Teixeira (2013), como Tabuleiro Regional da Zona Bragantina, em que se formam em uma contínua extensão da faixa de deposição dos sedimentos do Grupo Barreiras. As interferências da sociedade no desenvolvimento da natureza podem resultar em algumas complicações para o ambiente (Peloggia, 1998). Essas complicações são associadas em três níveis de abordagem: o primeiro nível retrata da ocorrência de modificações no relevo, exclusivamente em sua forma; o segundo diz respeito às alterações na dinâmica geomorfológica e o terceiro e último nível se correlaciona a formação de depósitos correlativos que possivelmente resultam na dinâmica antrópica determinada ao meio, depósitos esses caracterizados como tecnogênicos.

Sendo assim, o relevo antropogênico evidencia, principalmente, a totalidade de indícios de interferências e perturbações na fisiologia e fisiografia da paisagem diretamente relacionada às atividades humanas. Diante das novas configurações espaciais produzidas pelo homem desde o seu aparecimento no Planeta, ocorre, sucessivamente, o surgimento de pesquisas contemporâneas que buscam elucidar como a ação

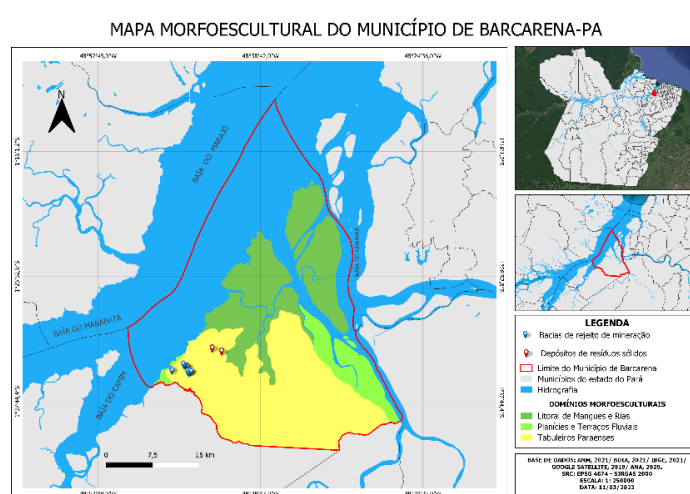
antropogênica e antrópica tem alterado as formas de relevo e seus processos condicionantes (ANDRADE, 2012).

Foi elaborada a estruturação cartográfica para exemplificar em mapas e cartaimagens o entendimento sucinto do objetivo desejado: propiciar conhecimento e precaução. Em relação aos mapas, se utilizou o QGIS, Sistema de Informação Geográfica (SIG) livre e aberto, na qual se operou e organizou alguns dados de fontes nacionais como: Agência Nacional de Mineração (ANM), Agência Nacional de Águas (ANA) e Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), para elaborar mapas referentes a localização das estruturas de armazenamento de rejeito encontradas no município, como também onde elas estão localizadas, em relação as unidades de relevo e mapas de categoria de risco dessas estruturas. Além disso, foi utilizado para a classificação do relevo antropogênico, imagem da Environmental Systems Research Institute -ESRI, com resolução de 2 metros, para a realização da vetorização das estruturas de armazenamento de rejeito para, posteriormente, classificar o relevo antropogênico provocados pelo armazenamento de rejeito de bauxita e caulim, em Barcarena.

Resultados e Discussão

A unidade de relevo predominante na area onde é armazenado o rejeito de mineração são os Tabuleiros Paraenses, estas unidades não possuem uma altimetria muito elevada, e além disto, o topo tabular tende a ser muito homogêneo, já que dificulta a disposição de grandes camadas de rejeito como feitas em barragens de rejeito de mineração. Desta forma, são construídos bacias e depósitos de resíduo sólidos. Em Barcarena foram elencadas duas estruturas de armazenamento de rejeitos, bacias de rejeito de minério de caulim e depósitos de resíduos sólidos de minério de Bauxita (DRS1 e DRS 2), que tem como empreendedora Imerys Rio Capim Caulim e Hydro Alunorte, respectivamente; essas estruturas estão localizadas sobre a unidade morfoescultural caracterizada como tabuleiros paraenses, onde apresentam altimetria favoravel para a construção dessas estruturas de rejeito (Figura 1).

Figura 1: Mapa de morfoescultural do município de Barcarena- Pa.



Fonte: Elaboração autoral, 2022

De acordo com a Agência Nacional de Mineração, a empreendedora Imerys possui 12 bacias de rejeito (Tabela 1), todas de etapa única e inseridas na Política Nacional de Segurança de Barragens (ANM, 2021).

Tabela 1: Atributos técnicos das bacias de rejeito em Barcarena – PA

TABELA DAS ESTRUTURAS DE REJEITO DE MINERAÇÃO DE BARCARENA -PA							
Nome da estrutura	Empreendedora	Minério	Altura atual (m)	Volume atual (m ³)	CRI	DPA	PAE
Bacia 1 ^a	Imerys Rio Capim Caulim S.A.	Caulim	9,0	858.000,00	Baixa	Alto	SIM
Bacia 1B	Imerys Rio Capim Caulim S.A.	Caulim	9,0	260.000,00	Baixa	Alto	SIM
Bacia 2	Imerys Rio Capim Caulim S.A.	Caulim	9,0	850.000,00	Baixa	Alto	SIM
Bacia 3	Imerys Rio Capim Caulim S.A.	Caulim	9,0	483.896,00	Baixa	Alto	SIM

Bacia 5A	Imerys Rio Capim Caulim S.A.	Caulim	13,50	510.000,00	Baixa	Alto	SIM
Bacia 5B	Imerys Rio Capim Caulim S.A.	Caulim	13,50	270.000,00	Baixa	Alto	SIM
Bacia 5C	Imerys Rio Capim Caulim S.A.	Caulim	13,50	767.000,00	Baixa	Alto	SIM
Bacia 6A	Imerys Rio Capim Caulim S.A.	Caulim	11,00	504.615,00	Baixa	Alto	SIM
Bacia 6B	Imerys Rio Capim Caulim S.A.	Caulim	15,88	94.000,00	Baixa	Alto	NÃO
Bacia B1	Imerys Rio Capim Caulim S.A.	Caulim	3,00	80.000,00	Média	Alto	SIM
Bacia B4	Imerys Rio Capim Caulim S.A.	Caulim	4,40	40.000,00	Baixa	Alto	SIM
Bacia de Segurança	Imerys Rio Capim Caulim S.A.	Caulim	11,00	16.000,00	Baixa	Alto	SIM

Fonte: Hydro, 2022.

No caso dos 2 depósitos de resíduos sólidos de rejeito (Tabela 2), a bauxita utilizada na Alunorte vem da Mineração Paragominas, através de um mineroduto, e da Mineração Rio do Norte (MRN), através do porto de Vila do Conde.

Tabela 2: Atributos técnicos dos DRS de rejeito em Barcarena – PA

TABELA DAS ESTRUTURAS DE REJEITO DE MINERAÇÃO DE BARCARENA -PA							
Nome da	Capacidade de armazenamento	Volume armazenado (Mm ³)	Tempo de existência	Status de operação	DPA	CRI	PAE

estrutura	(Mm ³)						
DRS 1	51,70 Mm ³	47.90 Mm ³	24 anos	Em operação	N/A	N/A	SIM
DRS 2	27 Mm ³	0.6 Mm ³	1 ano	Não está em operação	N/A	N/A	SIM

Fonte: Hydro, 2022.

O processo de produção de alumina gera um resíduo, que é lavado, filtrado e armazenado nos depósitos de resíduos sólidos da refinaria. O Depósito de Resíduos Sólidos 1 iniciou suas operações em 1995, quando a refinaria foi inaugurada. O Depósito de Resíduos Sólidos 2 teve sua fase de teste e comissionamento iniciada em agosto de 2016. Com o mesmo método construído das bacias, não estão inseridas na catalogação da ANM e nem são classificadas como bacias de rejeito pela empresa.

Uma visita técnica na planta industrial de refinamento do minério da bauxita da empresa Hydro-Alunorte, em Barcarena, proporcionou a análise das etapas do processo de refinamento do minério da bauxita em alumina, como também o tratamento de águas e efluentes. A visita provocou as alterações provocadas pelo armazenamento na área visitada, Depósito de Resíduo Sólido (DRS1), onde se notou nitidamente a diferença altimétrica e as modificações no relevo pela atividade minerária.

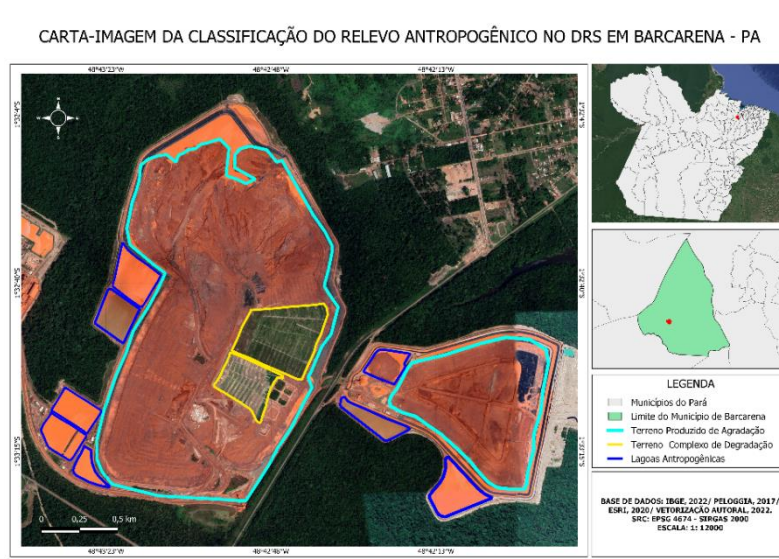
Estas alterações promoveram ações alternativas advindas da empresa em relação a planejamentos de reabilitação vegetal onde se divide o DRS1 em faixas, para melhor andamento das estratégias de regeneração propostas, diretrizes de recriação da paisagem.

No que tange ao relevo antropogênico provenientes do armazenamento do minério da bauxita, pela Hydro, e do minério do Caulim, de responsabilidade da Imerys, em Barcarena, são categorizadas e discernidas através do campo e de acordo com os estudos de Peloggia (2017) em cooperação com o Serviço Geológico britânico, como: Terreno Produzido de Agradação, Terreno Complexo de Degradação e Lagos Antropogênicas.

Tanto os Depósitos de Resíduos Sólidos de bauxita como as bacias de rejeito de Caulim, terão as mesmas classificações de Peloggia (2017), onde a área em que se

armazena o rejeito descartado, tanto de bauxita (Figura 2) como de caulim (Figura 3), é entendido como “Terreno Produzido de Agradação” em que conforme o Serviço Geológico Britânico de 1990 cataloga o terreno produzido como “*made ground*” onde são áreas em que houve acumulação de material por ação humana sobre a superfície do terreno natural, além disso há o acréscimo da classificação de Peloggia (2017) em Terreno Tecnogênico por Agradação, compreendido como depósitos tecnogênicos formadores dos terrenos de agradação, já que são áreas deposicionais e apresentam relevo construído. Ainda para entender os materiais formados nesses terrenos, temos a contribuição de Curcio et. Al. (2004), com antropossolos sômicos, que são volumes formados por disposições de matérias por ação humana direta, em camadas ou misturados.

Figura 2: Carta- imagem de classificação do relevo antropogênico no DRS, em Barcarena – PA



Fonte: Elaboração autoral, 2022.

As lagoas antropogênicas são caracterizadas como lagoas com condição de fluxo e são orientadas pelo fluxo superficial das águas (GAMMONS et al, 2009). Pode-se verificar essa classificação nas Bacias de controle (Figura 4) da empresa Hydro, em que descreve as mesmas como “bacias que promovem o amortecimento das vazões conduzidas pelos canais de contorno dos DRS 1 e 2, possibilitando ainda o armazenamento temporário de água em situações operacionais para posterior direcionamento a Estação de Tratamento de Efluentes Industriais” (HYDRO, 2021).

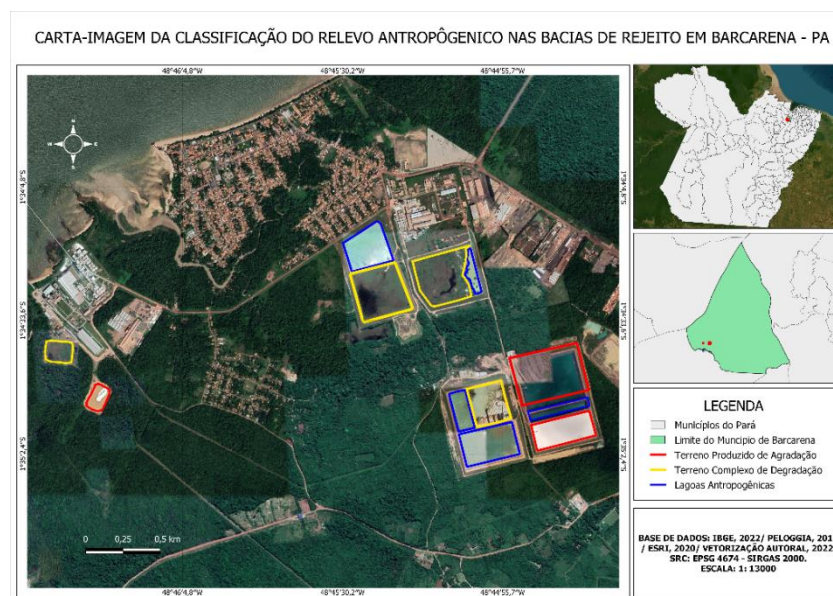
Figura 4: Bacia de controle do DRS 1



Fonte: Autoral, 2022.

Esta classificação de lagoas é vista ainda nas bacias de rejeito da empresa Imerys, que são estruturas destinadas aos efluentes gerados na área de filtragem do processo industrial de beneficiamento do caulim, onde são subordinadas ao processo de clarificação e monitoramento do pH.

Figura 3: Carta- imagem de classificação do relevo antropogênico nas bacias de rejeito em Barcarena – Pa.



Fonte: Elaboração autoral, 2022.

Outra classificação, que encontramos nas duas estruturas de armazenamento, é a de “Terrenos Complexos de Degradação”. Detalhada pelo Serviço Geológico Britânico como Terrenos Complexos (*landscaped ground*) são “Áreas onde a superfície

preexistente foi extensivamente remodelada sendo impraticável mapear as classes anteriores separadamente”; para o arcabouço da identificação se trás o terreno tecnogênico de degradação, em que se entende como solos tecnogênicos como constituintes dos terrenos modificados (PELOGGIA, 2017).

Essa classificação se visualiza, principalmente, nas áreas de reabilitação vegetal estabelecidas pela empresa Hydro Alunorte em um dos seus depósitos de resíduos sólidos (DRS 1), na qual se realiza a reabilitação vegetal com divisão da mesma em faixas, para melhor andamento das estratégias de regeneração proposta pela empresa (Figura 5). Esta área apresenta 270 hectares e tem como objetivo formar uma nova camada de solo para, posteriormente, construir, de forma antrópica, os horizontes (Hydro, 2021).

Figura 5: Área de reabilitação no DRS 1



Fonte: Autoral, 2022.

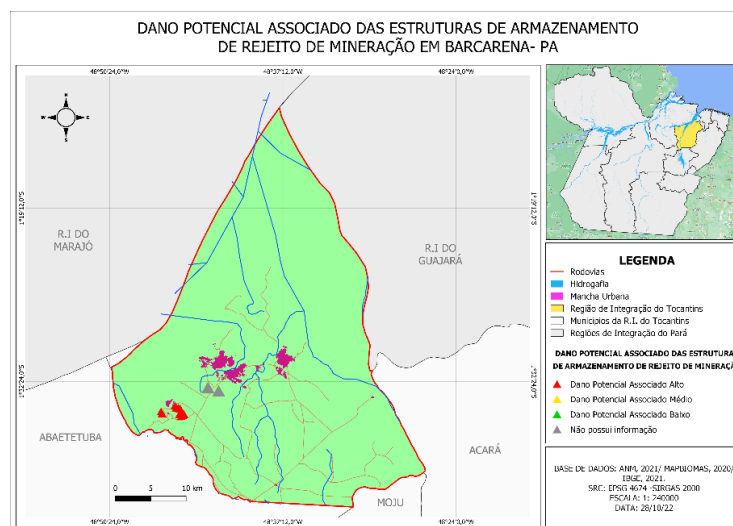
De acordo com a Agência Nacional de Mineração (ANM) todas as estruturas, classificadas como Bacias de rejeito, da RI do Tocantins, estão inseridas na Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB) e necessitam de um Plano de Ação de Emergência (PAE), em ocorrência do Alto Dano Potencial Associado (DPA) de todas as estruturas. Porém, das 12 bacias, somente 11 seguem com o PAE (Figura 6).

O nível de DPA de uma estrutura é determinado conforme o seguimento dos elementos abrangentes em um possível rompimento, ou seja, a classificação é realizada

em função do potencial de perda de vidas humanas, impactos econômicos, sociais e ambientais em virtude do rompimento.

As estruturas de rejeito em Barcarena têm o DPA classificado como alto em virtude da proximidade das mesmas em estradas vicinais, ocupações e corpos hídricos, como por exemplo no entorno do DRS1, onde o reservatório margeia o igarapé Murucupi, afluente do rio Furo do Arrozal pela margem esquerda. Além do igarapé citado, na região estão localizados os igarapés Tauá, Água Verde, Pramajozinho, Japim, Japinzinho e Pau amarelo, todos afluentes do Rio Barcarena, que por sua vez, também flui em direção ao Furo do Arrozal.

Figura 6: Mapa de Dano Potencial Associado das estruturas de armazenamento de rejeito em Barcarena – PA



Fonte: Elaboração autoral, 2022.

Desta forma, se comprova a classificação da ANM em relação ao DPA com a observação das zonas de risco estabelecidas pelas bacias de rejeito, vista que estão próximas de estradas vicinais e ocupações, principalmente (Figura 7 e 8).

Figura 7: Bacia 1A próxima de estradas vicinais de acesso livre

Fonte: Autoral, 2022.

Figura 8: Bacia 3 próxima de estradas vicinais e ocupações

Fonte: Autoral, 2022.

Em relação aos DRS 1 e 2, todas as duas estruturas apresentam PAE (Plano de Ação de Emergência), porém não informam em seus relatórios sobre seu DPA e nem há meterias no Sistema de Gestão de Segurança de Barragem de Mineração (SIGBM) sobre o assunto. Todavia, pode-se verificar um dos problemas já na entrada da empresa Hydro, onde se observa estruturas enormes de água fervente usadas no processo de transformação do minério da bauxita em alumina (Figura 9), provocando grande dano potencial associado para circulação de veículos e pessoas naquela área.

Figura 9: Estruturas com água a vapor na entrada da Hydro Alunorte em Barcarena – PA



Fonte: Autoral, 2022.

É observado neste artigo que o estabelecido relevo antropogênico significa excepcionalmente a somatória de indícios de influências e distúrbios na fisiologia e fisiografia da paisagem diretamente associados às atividades humanas, que afetam principalmente os níveis de base que regulam os processos na superfície. A área de estudo evidenciou indicadores tanto morfológicos quanto hidrológicos que foram diretamente afetados pelo agente antrópico, advindo da atividade de armazenamento de rejeito de mineração de bauxita e caulim, em Barcarena.

Considerações Finais

O Antropoceno é capaz de ser marcado como uma nova época geológica, que iniciou durante a Revolução Industrial e trouxe a mudanças na natureza, principalmente nas formas do relevo, mudanças essas refletidas na mineração, oncesse figura-se entre as atividades que mais proporcionam alterações na superfície, especialmente as que se processam a céu aberto.

Uma metodologia de armazenamento de minério, empreendida dentro dos padrões determinados pela legislação, se encaixam no campo da antropogeomorfologia direta, pois todas as alterações são estudadas e os mecanismos seguem padrões pré-estabelecidos. O aparato tecnológico também precisa ser considerado neste método, pois

contribui no planejamento da lavra, no processo de extração e no beneficiamento minério, possibilitando o crescimento da produção e conseqüentemente da transfiguração no meio físico.

O processo de armazenamento de rejeito de bauxita e caulim em Barcarena, que acontece a mais de vinte e cinco anos, vem remodelando a superfície, numa demonstração de que o homem é um agente geomorfológico e suas ações são intensificadas pelo uso de tecnologias. A constante e cumulativa deposição de rejeito criam e recriam formas de relevo, demonstrando a competência humana em modificar os ambientes naturais no desejo de produzir riquezas. Neste sentido é cada vez mais notório a colocação do homem no elevado nível dos processos exógenos de metamorfose do relevo e isto retrata a validação da Antropogeomorfologia enquanto especialidade da Geomorfologia.

REFERÊNCIAS

Agência Nacional de Mineração. Sistema Integrado de Gestão de Barragens de Mineração, 2021. Disponível em: <https://app.anm.gov.br/SIGBM/Publico/ClassificacaoNacionalDaBarragem>. Acesso em: 05/setembro/2022.

ALMEIRA FILHO, Niemeyer; PAULINI, Leda Maria. **Regulação social e acumulação por espoliação**: reflexão sobre a essencialidade das teses de financialização e da natureza do Estado na caracterização do capitalismo contemporâneo. Economia e Sociedade, Campinas, 2011.

ANDRADE, Cecília Félix. **Relevo Antropogênico associado a mineração de ferro no quadrilátero ferrífero**: uma análise espaço-temporal do complexo Itabira. (Município de Itabira -MG). Orientador: Roberto Célio Valadão. 2012. Tese (Doutorado) - em Curso de Geografia,) Departamento de Geografia - , Universidade Federal de Minas Gerais, Minas Gerais, 2012.

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

ATLAS BRASIL. **Perfil**: idhm. IDHM. 2010. Disponível em: <http://www.atlasbrasil.org.br/perfil>. Acesso em: 28 Ago. 2022.

BARCARENA, **Prefeitura Municipal de. Subsídios para um estudo do município de Barcarena**. Barcarena, 1999.

BARROS JÚNIOR, Márcio Benassuly. **GRANDES PROJETOS, ATORES SOCIAIS E AÇÕES LOCAIS NO BAIXO TOCANTINS PARAENSE: O CASO DE BARCARENA.** In: VII CONGRESSO BRASILEIRO DE GEÓGRAFOS, Vitória/ES. **Anais [...].** Vitória/ES: Associação dos geógrafos brasileiros, 2014.

BECKER. K. Bertha. **Amazônia.** São Paulo. Ática. 1991.

CRUTZEN, P. J. (2002). Geology of mankind. *Nature*, 415,23.

CRUTZEN, Paul & STOERMER, Eugene. (2000), “The Anthropocene”. *Global Change Newsletter*, 41: 17-18

CURCIO, G.R.; LIMA, V.C.; GIAROLA, N.F.B. **Antropossolos: proposta de Ordem (1a aproximação).** Colombo: Embrapa Florestas, 2004, 49p.

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.

FAPESPA. Diagnóstico Socioeconômico e Ambiental da Região de Integração Tocantins. Disponível em: http://seplan.pa.gov.br/sites/default/files/PDF/ppa/ppa2016-2022/perfil_regiao_tocantins.pdf.

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

GAMMONS, C. H.; HARRIS, L. N.; CASTRO, J. M.; COTT P. A.; HANNA, B. W. **Creating lakes from open pit mines: processes and considerations - with emphasis on northern environments.** In CANADIAN TECHNICAL REPORT OF FISHERIES AND AQUATIC SCIENCES 2826, 2009. ISSN 0706-6457.

GAZETA MERCANTIL NORTE. **O Pará dos grandes projetos. Especial de 4º aniversário.** Belém. 2002, p. 1-28.

GOUDIE. 1990. *The Human Impacto on the Natural Environment.* Oxford, Brasil Blackwell Ltd., 388p.

GUERRA, Antônio José Teixeira; MARÇAL, Monica dos Santos. aplicações: geomorfologia à aplicada exploração de recursos minerais. In: **Geomorfologia Ambiental.** Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2018. p. 46-47.

GUIMARÃES. Ricardo José Rocha. **No caminho do sonho: grandes projetos e desenvolvimento industrial no estado do Pará.** In. XIMENES, Tereza (org.). **Cenários da industrialização na Amazônia.** Belém. UNAMAZ\UFPA\NAEA, 1995.

HARVEY, D. **The Limits to capital.** London: Verso, 1982.

HYDRO ALUNORTE. Plano de ação de emergencia (PAE) Estruturas geotecnicas do seposito de residuo solido DRS 1. Barcarena, 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. **Manuais Técnicos em Geociências:** manual técnico de geomorfologia. 2. ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2009.

MALHEIRO, Bruno. Geografias de Exceção na Amazônia. **Grandes Projetos de Mineração e seus Processos de Territorialização.** Ciência Geográfica - Bauru - XXIV - Vol. XXIV - (3): janeiro/dezembro – 2020.

MARQUES, J. S. (2011). Ciência Geomorfológica. In: GUERRA, A. J. T. e CUNHA, S. B. da. Geomorfologia: Uma atualização de bases de conceitos. 4ª ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2001.

MENDES, Laís Carneiro; FELIPPE, Miguel Fernandes. A geomorfologia do tecnógeno e suas relações com o rompimento da barragem fundão (Mariana, Minas Gerais). **Revista de Geografia**, Juiz de Fora: PPGEO - UFJF, 12 dez. 2016.

NAHUM, João Santos. ESPAÇO E POLÍTICA: A REPRESENTAÇÃO DE AMAZÔNIA NOS PLANOS DE DESENVOLVIMENTO. In: **Amazônia: fronteiras, grandes projetos e movimentos sociais.** Belém: EDUEPA, 2019. p. 17-43.

PELOGGIA, A. O homem e o ambiente geológico: geologia, sociedade e ocupação urbana no Município de São Paulo. São Paulo: Xamã, 1998.

PELOGGIA, A. U. G.; OLIVEIRA, A. M. S. **Tecnógeno: um novo campo de estudos das geociências. I Encontro de Tecnólogos.** ABEQUA, 2005. Disponível em: http://www.abequa.org.br/mostra_sessao.php?pageNum_editoria=2&sessao=27. Acesso em: 22 de setembro de 2022.

PELOGGIA, A.U.G. (2017) O que produzimos sob nossos pés? Uma revisão comparativa dos conceitos fundamentais referentes a solos e terrenos antropogênicos. *Revista UNG – Geociências*, v.16, n.1, p.102-127.

PENCK, W. **Morphological Analysis of Land Forms.** London: MacMillan and Co., 1953.

PINTO, Lucio Flavio. **Amazônia e o século perdido: a batalha do alumínio e outras derrotas da globalização.** Belém, Gráfisa, 1997.

PONTES, Izabele Cristine Correa. **Relevo Antropogênico: um estudo das estruturas de armazenamento de rejeito de mineração, no município de Barcarena, região de**

integração do Tocantins- Pa. . Orientador: Luziane Mesquita da Luz. 2022. Trabalho de Conclusão de CursoCC (Bacharelado em Graduação) - Curso de Geografia) - , Universidade Federal do Pará, Belém, 2022.

RODRIGUES, C. Morfologia original e morfologia antropogênica na definição de unidades espaciais de planejamento urbano: exemplo na metrópole paulista. In: Revista do Departamento de Geografia da Universidade de São Paulo (USP), v. 17. P. 101-111. 2005.

RODRIGUES, José Edílson Cardoso. **Risco tecnológico:** uma análise do porto de Vila do Conde como área potencial de ameaça ao vazamento de óleo para comunidades em situação de vulnerabilidade. 2008. . Dissertação (Mestrado em Geografia) - Faculdade de Geografia e Cartografia, Universidade Federal do Pará, Instituto de Filosofia e Ciências Humanas, Faculdade de Geografia e Cartografia, Programa de Pós-graduação em Geografia, Belém, 2008.

SANTOS FILHO, R. D. (2011) Antropogeomorfologia Urbana. In: Guerra, A. J. T. Geomorfologia Urbana. Rio de Janeiro, RJ: Ed. Bertrand Brasil, 2011.

SANTOS, R, D dos. Antropogeomorfologia urbana: conceitos e definições. In; GUERRA, Antonio Jose Teixeira. (Org). **Geomorfologia Urbana**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2011. P. 230-233.

SILVA JUNIOR, Osmar Guedes da; EL-ROBRINI, Maâmar. Morfoestratigrafia do noroeste da planície costeira de São João de Pirabas (Nordeste do Pará). **revista brasileira de oceanografia**, Belém-PA: março de 2002.

SUGUIO, K. **A importância da Geomorfologia em Geociências e Áreas afins.** Revista Brasileira de Geomorfologia, vol. 1, n. 1. 1998, p. 80-87.

TRICART, Jean. **Paisagem e ecologia.** Inter-facies, n. 76, São José do Rio Preto: Ibilce-Unesp, 1982.