

## **Caracterização e análise de segurança das barragens de mineração de ferro situadas no estado do Pará, Brasil**

**Characterization and safety analysis of iron mining dams located in the state of Pará, Brazil**

**Caracterización y análisis de seguridad de presas mineras de hierro ubicadas en el estado de Pará, Brasil**

Recebido: 27/02/2021 | Revisado: 07/03/2021 | Aceito: 11/03/2021 | Publicado: 18/03/2021

**Thamires Beatriz dos Santos Caitano**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7538-4366>

Universidade Federal do Pará, Brasil

E-mail: [thamirescaitano@hotmail.com](mailto:thamirescaitano@hotmail.com)

**Evaldo Raimundo Pinto da Silva**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2248-3467>

Universidade Federal do Pará, Brasil

E-mail: [evaldopinto07@gmail.com](mailto:evaldopinto07@gmail.com)

**Camila Nascimento Alves**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5093-7078>

Universidade Federal do Pará, Brasil

E-mail: [camilanascimentoalves@gmail.com](mailto:camilanascimentoalves@gmail.com)

### **Resumo**

O objetivo deste artigo é apresentar um panorama de segurança das barragens de mineração de ferro localizadas nos municípios de Parauapebas e Canaã dos Carajás, no sudeste paraense. Justifica-se este estudo pelos recentes desastres ocorridos pelo rompimento de barragens de mineração no país, ressaltando a necessidade de uma gestão de segurança mais eficaz dessas estruturas e de novos métodos na mineração que conciliem as questões econômicas e socioambientais. Este estudo envolveu pesquisa bibliográfica, análise da legislação brasileira de segurança de barragens bem como de dados adquiridos em órgãos oficiais. Segundo a Agência Nacional de Mineração (ANM), no estado do Pará existem seis barragens de mineração de ferro no município de Parauapebas, que são enquadradas na Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB), e cinco barragens em Canaã dos Carajás que não se enquadram nesta política, todas de responsabilidade da empresa Vale S/A. Foram analisadas a categoria de risco e o dano potencial associado de cada estrutura, e se existe um Plano de Ação de Emergência de Barragem de Mineração (PAEBM) em caso de sinistro. Os resultados indicam que as barragens do Gelado, Geladinho e Pera Jusante, em Parauapebas, apresentam os maiores danos potenciais associados, portanto requerem um maior controle e fiscalização do estado para assegurar o meio ambiente e a população que vive a jusante dessas estruturas. A segurança das barragens analisadas é muito dependente do monitoramento da empresa responsável, que conforme o sistema da ANM tem cumprindo as exigências estabelecidas em lei, como a elaboração do PAEBM.

**Palavras-chave:** Barragem de mineração; Minério de ferro; Gestão de segurança; Impactos socioambientais.

### **Abstract**

The purpose of this article is to present an overview of the safety of iron mining dams located in the municipalities of Parauapebas and Canaã dos Carajás, in the southeast of Pará. This study is justified by the recent disasters that occurred due to the rupture of mining dams in the country, emphasizing the need for a more effective safety management of these structures and new methods in mining that reconcile economic and socio-environmental issues. This study involved bibliographic research, analysis of Brazilian dam safety legislation as well as data acquired from official agencies. According to the National Mining Agency (ANM), in the state of Pará there are six iron mining dams in the municipality of Parauapebas, which are part of the National Dam Safety Policy (PNSB), and five dams in Canaã dos Carajás that are not fall under this policy, all of which are the responsibility of Vale S / A. The risk category and the associated potential damage of each structure were analyzed, and if there is a Mining Dam Emergency Action Plan (PAEBM) in the event of an accident. The results indicate that the Gelado, Geladinho and Pera Jusante dams, in Parauapebas, have the greatest potential damage associated, therefore requiring greater control and inspection by the state to ensure the environment and the population that lives downstream from these structures. The safety of the analyzed dams is highly dependent on the monitoring of the responsible company, which, according to the ANM system, has complied with the requirements established by law, such as the preparation of the PAEBM.

**Keywords:** Mining dam; Iron ore; Security management; Socio-environmental impacts.

## Resumen

El propósito de este artículo es presentar un panorama general de la seguridad de las presas mineras de hierro ubicadas en los municipios de Parauapebas y Canaã dos Carajás, en el sureste de Pará. Este estudio se justifica por los recientes desastres ocurridos por la ruptura de presas mineras en el país, enfatizando la necesidad de una gestión más eficaz de la seguridad de estas estructuras y nuevos métodos en la minería que concilien los aspectos económicos y socioambientales. Este estudio involucró investigación bibliográfica, análisis de la legislación brasileña sobre seguridad de presas, así como datos obtenidos de agencias oficiales. Según la Agencia Nacional de Minería (ANM), en el estado de Pará existen seis presas mineras de hierro en el municipio de Parauapebas, que forman parte de la Política Nacional de Seguridad de Presas (PNSB), y cinco presas en Canaã dos Carajás que no son caen bajo esta política, todas las cuales son responsabilidad de Vale S / A. Se analizó la categoría de riesgo y el daño potencial asociado de cada estructura, y si existe un Plan de Acción de Emergencia de Represa Minera (PAEBM) en caso de accidente. Los resultados indican que las represas Gelado, Geladinho y Pera Jusante, en Parauapebas, son las que tienen mayor potencial de daño asociado, por lo que requieren un mayor control e inspección por parte del estado para asegurar el medio ambiente y la población que vive aguas abajo de estas estructuras. La seguridad de las presas analizadas depende en gran medida del seguimiento de la empresa responsable, la cual, según el sistema ANM, ha cumplido con los requisitos establecidos por la ley, como la elaboración del PAEBM.

**Palabras clave:** Presa minera; Mineral de hierro; Gestión de seguridad; Impactos socioambientales.

## 1. Introdução

A indústria da mineração de ferro é de grande importância para a economia brasileira, atende a crescente demanda no mundo pela matéria-prima da fabricação do aço, utilizado em diversos setores industriais (Andrade, 2018). O estado do Pará se destaca como um dos maiores produtores de minério de ferro do Brasil, grande parte deste minério é exportada para a China (MME, 2020). A exploração do minério de ferro no estado paraense se concentra nos municípios de Parauapebas e Canaã dos Carajás, que são os maiores arrecadadores de *royalties* minerais no país, portanto, esta atividade apresenta grande relevância socioeconômica para a população local (ANM, 2020).

A atividade de mineração pode ocasionar na geração de grandes volumes de dois tipos de resíduos, os estéreis e os rejeitos. Os estéreis são materiais que não possuem valor econômico, obtidos durante a extração ou lavra do minério, geralmente são dispostos em pilhas. Os rejeitos são resultantes dos processos de beneficiamento, estes têm como objetivo padronizar o tamanho do minério e remover os minerais associados sem valor econômico, aumentando a qualidade, pureza ou teor do produto final. No Brasil, as empresas mineradoras geralmente optam por descartar seus resíduos da forma mais econômica em estruturas denominadas de barragens (Souza Junior, Moreira & Heineck, 2018).

Uma barragem trata-se de qualquer estrutura construída dentro ou fora de um curso permanente ou temporário de água, em talvegue ou em cava exaurida com dique, para fins de contenção ou acumulação de substâncias líquidas ou de misturas de líquidos e sólidos, compreendendo o barramento e as estruturas associadas (Brasil, 2020). Segundo a ABNT NBR 13.028 (2017), as barragens podem ser construídas com terra (solo), enrocamento ou com o próprio rejeito, a partir de uma estrutura inicial de contenção. Quando a capacidade operacional da barragem é atingida, ocorre o aumento gradativo desta estrutura pelo processo denominado de alteamento, que pode ser realizado de três formas diferentes: alteamento à montante, alteamento à jusante ou alteamento de linha de centro (IBRAM, 2016).

O método de alteamento a montante é o de menor custo e o menos seguro, sendo apontado como o mais susceptível a rupturas, este método foi utilizado na construção das barragens de mineração que romperam em Minas Gerais, sendo atualmente proibido no Brasil (ANM, 2019). Os recentes acidentes envolvendo barragens de mineração contendo rejeitos de minério de ferro no país resultaram em imensuráveis danos ambientais, sociais e econômicos, revelaram a vulnerabilidade das comunidades que vivem a jusante dessas estruturas, servindo de alerta à população dos seus riscos e da necessidade de adoção de novos métodos sustentáveis na mineração que conciliem as questões econômicas e socioambientais (Reis et al., 2020).

O acidente da Barragem do Fundão da Samarco Mineração S/A, uma joint-venture entre a empresa brasileira Vale S/A e a anglo-australiana BHP Billiton, ocorrido no dia 05 de novembro de 2015, no município de Mariana em Minas Gerais,

ocasionou em um dos maiores desastres ambientais do Brasil. Foram lançados ao meio ambiente mais de 40 milhões de m<sup>3</sup> de rejeitos de minério de ferro, compostos principalmente por sílica (areia) e óxido de ferro, poluindo cursos d'água do Rio Doce até o Oceano Atlântico, provocando a morte de peixes e outros animais, soterrando áreas florestais e parte do distrito de Bento Rodrigues, ocasionando em 19 mortes e dezenas de pessoas desabrigadas (Thomé & Passini, 2018).

Pouco mais de três anos depois, no dia 25 de janeiro de 2019, ocorreu o rompimento de uma barragem contendo rejeitos de minério de ferro na mina do Córrego do Feijão da mineradora Vale, no município de Brumadinho em Minas Gerais, que alcançou a confluência do Rio Paraopeba, tornando a água imprópria para abastecimento público e prejudicando muitos agricultores na região, sendo considerada a maior tragédia humanitária do país com cerca de 249 vítimas, 21 desaparecidos e várias famílias desalojadas (Laurino, Preto & Ferreira Junior, 2020). Esses desastres revelaram a necessidade de melhorias na gestão de segurança das barragens de mineração no país, sobretudo no aumento da rigorosidade da lei.

Em decorrência dos desastres ocorridos em Minas Gerais, os interesses econômicos da indústria de ferro se voltaram para o estado do Pará, que ocupa posição de destaque na produção e exportação deste minério. Em Minas Gerais, a exploração do minério de ferro é mais antiga, portanto, as barragens de mineração armazenam maiores volumes de rejeitos e apresentam riscos socioambientais mais elevados em comparação com as estruturas situadas no Pará. Sendo assim, a tendência é que as empresas mineradoras aumentem suas atividades em território paraense, que apresenta minério de ferro de alta qualidade e logística favorável com estradas, ferrovias e portos para embarque do minério (SIMINERAL, 2019).

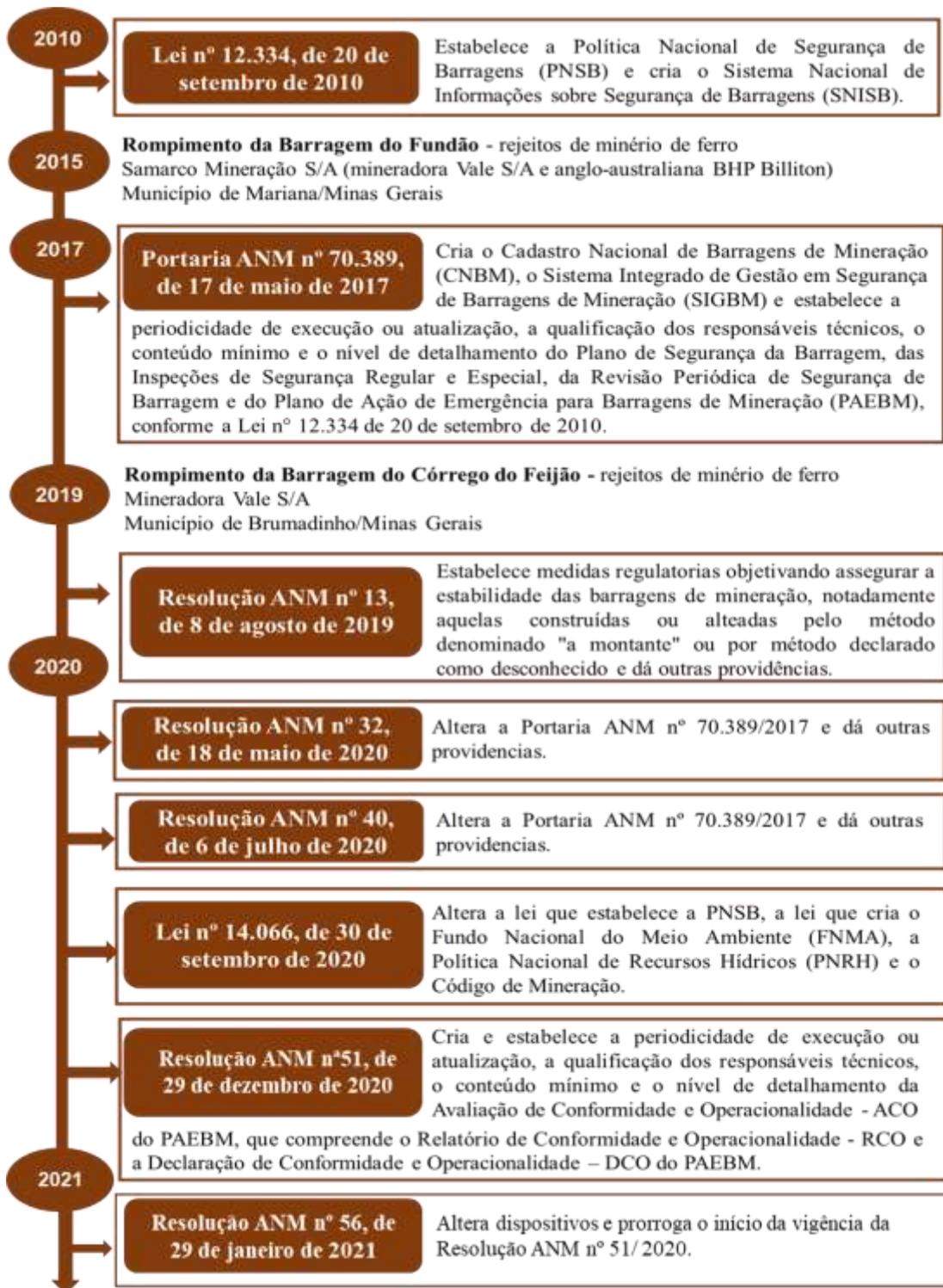
O aumento da produção do minério de ferro no estado do Pará, aliado aos recentes desastres envolvendo o rompimento de barragens de mineração de ferro em Minas Gerais, vem suscitando questionamentos quanto a segurança das estruturas existentes no estado (Laurino, Preto & Ferreira Junior, 2020). Desta forma, é de suma importância conhecer a legislação de segurança de barragens existente no país, para analisar as lacunas e possibilidades, compreender e dispor de dados e informações técnicas sobre as barragens em território paraense, a fim de mensurar o grau de risco e os possíveis impactos ambientais e socioeconômicos, e conhecer os direitos das populações que vivem à jusante dessas estruturas.

Nesse contexto, o objetivo principal deste artigo foi apresentar um panorama das barragens de mineração de ferro situadas no estado do Pará, cadastradas no sistema da Agência Nacional de Mineração (ANM), através da caracterização dessas barragens e análise da categoria de risco e o dano potencial associado de cada estrutura, além de verificar o cumprimento da legislação vigente por parte da empresa responsável, como a existência do Plano de Ação de Emergência para Barragem de Mineração (PAEBM) em caso de sinistro, quando exigido por lei.

## **2. Legislação Brasileira de Segurança de Barragens**

Nos últimos dez anos ocorreram importantes alterações na legislação brasileira de segurança de barragens, muitas destas mudanças ocorreram após acidentes envolvendo o rompimento de barragens no país (Figura 1). Um marco importante na gestão da segurança de barragens no Brasil, ocorrido no ano de 2010, foi a implementação da lei que estabelece a Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB). A regulamentação da legislação de segurança das barragens de mineração no país é realizada pela entidade reguladora do setor mineral, a Agência Nacional de Mineração (ANM), órgão federal vinculado ao Ministério de Minas e Energia (MME).

**Figura 1.** Legislação de Segurança de Barragens no Brasil.



Fonte: Autores (2020).

A PNSB tem entre seus objetivos regulamentar as ações e padrões de segurança de barragens, e garantir que sejam seguidos de forma a reduzir a possibilidade de acidentes e suas consequências. Aplica-se as barragens destinadas à acumulação de água para quaisquer usos, à disposição final ou temporária de rejeitos e à acumulação de resíduos industriais que apresentem pelo menos uma das características presentes no Quadro 1.

**Quadro 1.** Critério exigidos para enquadramento de uma barragem na PNSB.

<b>CRITÉRIOS PARA SE ENQUADRAR NA PNSB</b>	
<b>Altura do maciço</b>	≥ 15 Metros
<b>Volume</b>	≥ 3 milhões m <sup>3</sup>
<b>Resíduo</b>	= Perigoso
<b>Dano Potencial Associado</b>	= Médio ou Alto.
<b>Categoria de Risco</b>	= Alta

Fonte: Brasil (2010, 2020).

A ANM é o órgão responsável pela fiscalização dessas estruturas no país, é quem deve propor normas e verificar o cumprimento da legislação pelas empresas mineradoras, através da fiscalização, controle, orientação e correção das ações e atividades voltadas a segurança de barragens, por meio de análise documental e vistorias técnicas aos empreendimentos. Essa responsabilidade é compartilhada com os órgãos ambientais integrantes do Sistema Nacional de Meio Ambiente (SISNAMA), dentre eles os Órgãos Estaduais de Meio Ambiente, como a Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Sustentabilidade (SEMAS) no estado do Pará.

O empreendedor é o responsável legal pela segurança da barragem, dentre as suas obrigações destaca-se a elaboração do Plano de Segurança da Barragem (PSB), que poderá exigir a elaboração de um Plano de Ação de Emergência (PAE), documento que estabelece as ações a serem executadas pelo empreendedor em caso de situação de emergência, além de identificar os agentes a serem notificados dessa ocorrência, visando minimizar os danos materiais e ambientais além das perdas de vidas, como a realização de treinamentos e divulgação para os envolvidos e para as comunidades potencialmente afetadas, instalação de sistema sonoro de alarme, planejamento de rotas de fuga e pontos de encontro (Brasil, 2010).

A elaboração do PAE é obrigatória para todas as barragens destinadas à acumulação ou à disposição de rejeitos de mineração. Este documento deverá estar disponível em meio digital no site do empreendedor e no SNISB, e em meio físico no empreendimento, nos órgãos de proteção e defesa civil dos municípios inseridos no mapa de inundação ou na prefeitura municipal no caso de inexistência desses órgãos nos municípios (Brasil, 2020).

A Portaria nº 70.389/2017 da ANM estabelece todos os itens necessários para elaboração do o PAE presente na Lei nº 12.334, que para as barragens de mineração recebeu a denominação de Plano de Ação de Emergência para Barragens de Mineração (PAEBM). O PAEBM é indispensável para as estruturas classificadas com dano potencial alto, consiste em um documento formal no qual deve conter todas as orientações importantes para tomada de decisão no momento de sinistro, deverá ter capa vermelha e o nome da barragem em destaque, visando fácil localização no momento de sinistro, e suas cópias físicas devem ser entregues para as Prefeituras e Defesas Cíveis municipais e estaduais afetadas (ANM, 2017).

O empreendedor é obrigado a cadastrar no SIGBM – versão minerador todas as barragens de mineração em construção, em operação e desativadas sob sua responsabilidade, enquadradas ou não pela PNSB, além de elaborar mapa de inundação simplificado e implementar sistema de monitoramento de segurança de barragem. As alterações dos dados de responsabilidade do empreendedor contidos no SIGBM podem ser feitas a qualquer momento ou por solicitação do órgão fiscalizador (ANM, 2017).

A ANM através da Resolução nº 13/2019 proíbe a utilização do método de alteamento à montante nas barragens de mineração no país, além disso os empreendedores responsáveis por quaisquer barragens de mineração são proibidos de conceber, construir, manter e operar, na Zona de Autossalvamento (ZAS), trecho do vale a jusante da barragem em que não

haja tempo suficiente para intervenção da autoridade competente em situação de emergência, conforme mostra o mapa de inundação da barragem.

A Resolução ANM nº 32/2020 determina que as barragens de mineração que necessitam ter PAEBM, devem contar com sistemas automatizados de acionamento de sirenes instaladas fora da mancha de inundação e outros mecanismos adequados ao eficiente alerta na ZAS, instalados em lugar seguro, e dotados de modo contra falhas em caso de rompimento da estrutura, complementando os sistemas de acionamento manual no empreendimento e o remoto.

A Resolução ANM nº 40 estabelece que o empreendedor é obrigado a implementar sistema de monitoramento de segurança de barragem em até 24 meses, as barragens classificadas com DPA alto terá acompanhamento em tempo real, 24 horas por dia, mediante os critérios definidos pelo projetista. Os vídeos de monitoramento da estrutura deverão ser armazenados no prazo mínimo de 90 dias, e todas as informações devem estar disponíveis para as equipes ou sistemas das Defesas Civas estaduais e federais e da ANM.

A Lei nº14.066/2020 aumenta as exigências para as mineradoras quanto à segurança de barragem, contemplando as questões ambientais para que a atividade seja realizada de forma mais segura e sustentável. Esta Lei proíbe a construção ou o alteamento de barragens a montante, estabelece aos empreendedores responsáveis por barragem construídas por este método, o prazo de até 25 de fevereiro de 2022 para conclusão da descaracterização da barragem. Também proíbe a construção de barragens quando houver comunidades na ZAS.

A referida Lei instituiu a obrigatoriedade de contratação de seguros para as barragens mais perigosas, a avaliação da viabilidade de outras tecnologias de disposição de rejeitos previamente à construção de barragens de mineração e a obrigatoriedade de apresentação de laudo de condição de estabilidade das barragens para intervenção da autoridade competente em situação de emergência, além disso também redefine o valor das multas em caso de acidente, que agora são de R\$ 2.000,00 até R\$ 1.000.000.000,00 segundo a gravidade da infração.

A Lei nº 14.066/2020 também inclui as áreas degradadas por acidentes ou desastres ambientais entre as que têm prioridade para receber recursos do FNMA. E determina que no plano de aproveitamento econômico da jazida deve constar à construção da barragem de rejeitos, quando houver, ou o aumento na sua altura, vedada a utilização da técnica de alteamento a montante, e também deverá ser incluído o PAEBM da barragem de rejeitos de mineração, em caráter conceitual, elaborado pelo empreendedor.

A ANM através da Resolução nº 51/2020, determinou que o empreendedor detentor de barragens de mineração que exigem PAEBM, fica obrigado a executar para cada barragem, anualmente, Avaliação de Conformidade e Operacionalidade (ACO) do PAEBM, que compreende o Relatório de Conformidade e Operacionalidade (RCO) e a Declaração de Conformidade e Operacionalidade (DCO) do PAEBM, esta última deverá ser enviada à ANM por meio do SIGBM, entre 1º e 30 de junho.

O RCO do PAEBM da barragem deverá ser elaborado por equipe externa contratada para validação do mapa e do estudo de inundação da barragem, além disso, treinamentos internos deverão ser realizados pelo empreendedor com as eventuais melhorias propostas para o PAEBM, no máximo a cada seis meses, também é obrigatório a realização de um Seminário Orientativo Anual com a participação das prefeituras, organismos de defesa civil, equipe de segurança da barragem, demais empregados do empreendimento e a população compreendida na ZAS, testes de funcionalidade das sirenes instaladas, das rotas de fuga e pontos de encontro, que realize a integração do PAEBM com o Plano de Contingência da Defesa Civil, caso exista, e a DCO do PAEBM da barragem, tudo deve ser inserido no Plano de Segurança da Barragem.

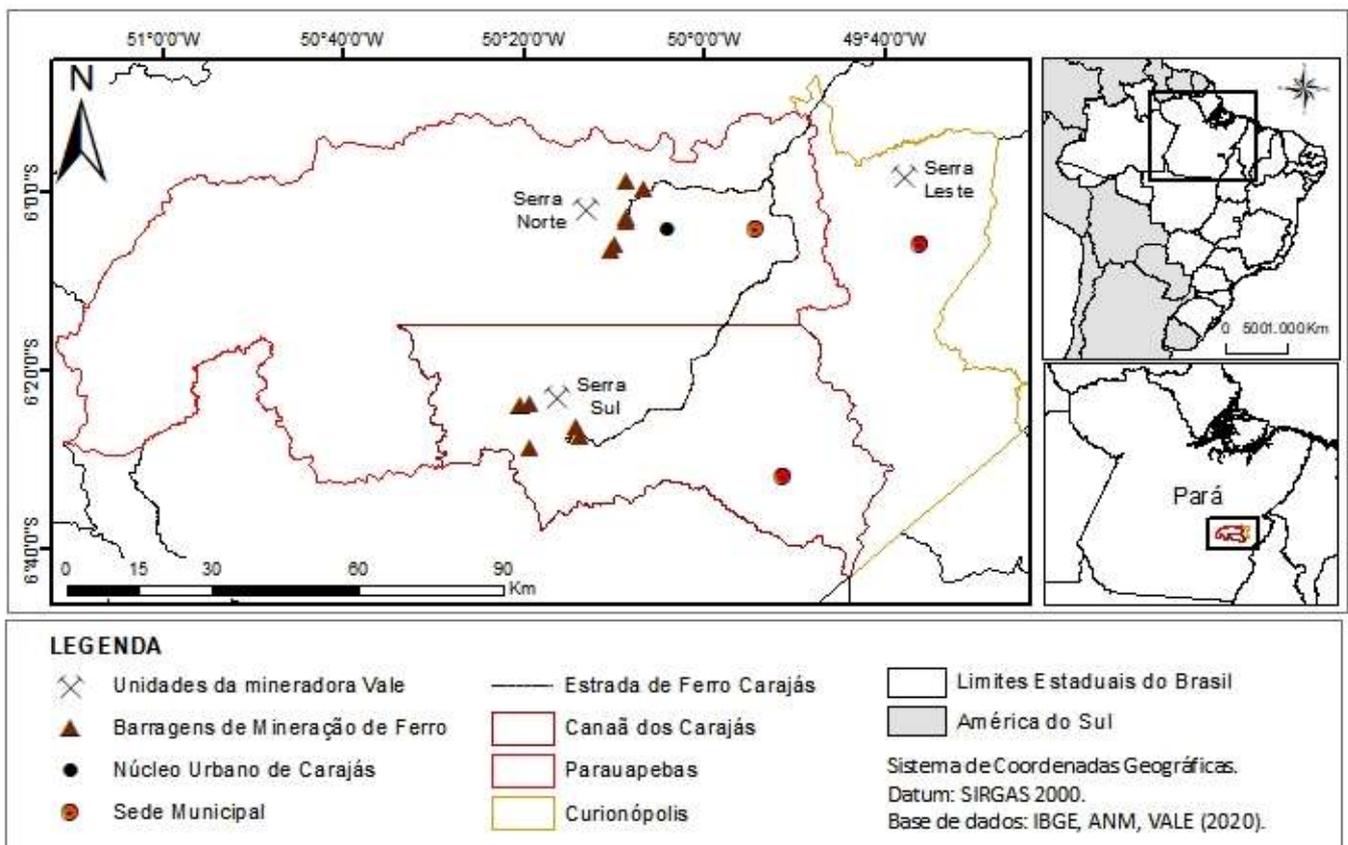
A Resolução ANM nº 56 altera o início da vigência da Resolução nº 51 para 1º de julho de 2021 em função da situação imposta pela pandemia COVID-19. Também determina que o responsável técnico pela emissão da DCO deverá ser distinto dos responsáveis técnicos pela elaboração do PAEBM e do estudo de ruptura hipotética vigentes da barragem.

### 3. Metodologia

#### 3.1 Área de estudo

O estado do Pará apresenta onze barragens de mineração de ferro cadastradas no sistema da ANM, seis estão localizadas no município de Parauapebas, e cinco no município de Canaã dos Carajás (Figura 2).

**Figura 2.** Localização das barragens de mineração de ferro no estado do Pará.



Fonte: Autores (2020).

O município de Parauapebas possui área de 6.886, 208 km<sup>2</sup>, população estimada de 208.273 habitantes, e encontra-se a 719 km de Belém (IBGE, 2019). A cerca de 25 km da sede municipal de Parauapebas localiza-se o Núcleo Urbano de Carajás, vila construída pela empresa Vale para moradia dos funcionários da empresa e familiares. O município de Canaã dos Carajás apresenta área de 3.146,821 km<sup>2</sup> e população estimada de 37.085 pessoas (IBGE, 2019).

Esses municípios despontam no cenário nacional e internacional pela produção do minério de ferro dentro da Província Mineral de Carajás, umas das regiões geologicamente mais ricas do mundo, que apresenta minério de ferro de alta qualidade, além de manganês, cobre, ouro, paládio, platina e níquel, distribuídos em uma área de aproximadamente 40.000 km<sup>2</sup> (Matabla et al., 2019).

A empresa Vale lidera a produção de minério de ferro no país, atualmente opera nas unidades de Serra Norte, Serra Leste e Serra Sul na região de Carajás, onde o minério de ferro produzido é exportado por um sistema que integra minas, usinas, ferrovia e porto. As operações da Vale no sudeste paraense tiveram início em 1985 na unidade Serra Norte, no município de Parauapebas, que apresenta a maior mina de minério de ferro a céu aberto do mundo, com alto teor de minério ferro e mínima concentração de contaminantes dentro do Complexo Ferro Carajás (Vale, 2020). A unidade Serra Leste, no

município de Curionópolis, entrou em operação em 2014, aumentando a produção do Complexo Ferro Carajás, sendo a única unidade que não há nenhuma barragem de mineração de ferro cadastrada pela ANM.

Na unidade Serra Sul, no município de Canaã dos Carajás, ocorre desde o ano de 2016 a produção de minério de ferro no Complexo S11D Eliezer Batista, maior complexo minerador da história da Vale, o qual utiliza soluções tecnológicas inovadoras na extração do minério de ferro, com maior eficiência e impactos reduzidos no meio ambiente e nas comunidades (Matabla et al., 2019).

### **3.2 Coleta de dados**

Este artigo trata-se de um estudo de caso realizado através de pesquisa bibliográfica, análise da legislação brasileira vigente de segurança de barragens e de dados secundários das barragens de mineração de ferro existentes no estado do Pará, disponibilizados por órgãos oficiais brasileiros. O Sistema Integrado de Gestão de Barragens de Mineração – módulo público externo (SIGBM- Público) da ANM foi a principal fonte de dados consultada para obtenção de informações específicas de cada barragem analisada (data-base 28 de dezembro de 2020). Este sistema visa uma maior transparência da gestão de segurança de barragens de mineração no país, permite a todo cidadão, consultar a localização, os dados técnicos e a classificação das barragens de mineração, os quais são atualizados em tempo real (ANM, 2020).

Por meio dos dados obtidos no SIGBM - Público, foram identificados o número de barragens de mineração de ferro situadas no estado do Pará, sua localização, método construtivo, a fase da vida útil em que se encontram – construção, operação ou inativa, a classificação quanto a categoria de risco e dano potencial associado, volume do reservatório, dentre outras informações fundamentais para a caracterização e análise de segurança dessas estruturas.

### **3.3 Análise de dados**

No Brasil, a classificação das barragens é um instrumento fundamental da Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB), a qual permite a identificação das estruturas que apresentam os maiores riscos e danos socioambientais, permitindo uma maior cobrança quanto a segurança e fiscalização dessas barragens, bem como a promoção de ações e medidas que visem a prevenção, o controle e a mitigação desses riscos. O Conselho Nacional de Recurso Hídricos (CNRH) estabeleceu através da Resolução nº 143, de 10 de julho de 2012, os critérios gerais de classificação de barragens por categoria de risco, dano potencial associado e volume do reservatório, utilizados atualmente pela ANM na classificação das barragens de mineração inseridas na PNSB (ANM, 2017).

A classificação da barragem pela ANM quanto a Categoria de Risco (CRI) em alto, médio ou baixo considera os aspectos que possam influenciar na possibilidade de ocorrência de acidente ou desastre, como as características técnicas, os métodos construtivos, o estado de conservação e idade do empreendimento, e o atendimento ao Plano de Segurança da Barragem (PSB). A classificação por categoria de Dano Potencial Associado (DPA) em alto, médio ou baixo será feita em função do potencial de perdas de vidas humanas e dos impactos econômicos, sociais e ambientais decorrentes do rompimento, vazamento, infiltração no solo ou mau funcionamento de uma barragem, independentemente da sua probabilidade de ocorrência, a qual considera o volume total do reservatório, a existência de população a jusante e o impacto ambiental e socioeconômico associado (Brasil, 2010). Esta metodologia de classificação de barragens de mineração adotada pela ANM é realizada com base nas informações enviadas pelas empresas mineradoras ao SIGBM – versão minerador e/ou através da coleta de dados in loco dos fiscais desta entidade reguladora nos empreendimentos minerários (ANM, 2017).

As barragens de mineração inseridas na PNSB são classificadas pela ANM nas classes A, B, C, D e E quanto à CRI e DPA, conforme o Quadro 2. Esta classificação funciona como uma ferramenta de planejamento e gestão, estabelece prioridades de atuação do órgão fiscalizador, onde as barragens inseridas na PNSB que apresentam CRI e DPA alto,

pertencentes a classe A, necessitam de maior controle e fiscalização. Enquanto que as barragens classificadas com CRI e DPA baixo, pertencentes a classe E, são consideradas de menor prioridade. A atualização desta classificação é efetuada a cada 5 anos pela ANM ou em menor tempo de acordo com seu critério (ANM, 2017).

**Quadro 2.** Classes das barragens de mineração da ANM.

Categoria de Risco - CRI	Dano Potencial Associado - DPA		
	ALTO	MÉDIO	BAIXO
ALTO	A	B	C
MÉDIO	B	C	D
BAIXO	B	C	E

Fonte: ANM (2017).

Os dados coletados no sistema da ANM foram organizados em um banco de dados no software Excel 2016 para elaboração de figuras e tabelas. Os mapas de localização e classificação das barragens, foram realizadas em ambiente de Sistema de Informação Geográfica – SIG, nos softwares ArcGis 10.5 e Google Earth Pro, projetados no Sistema de Coordenadas Geográficas - DATUM SIRGAS 2000.

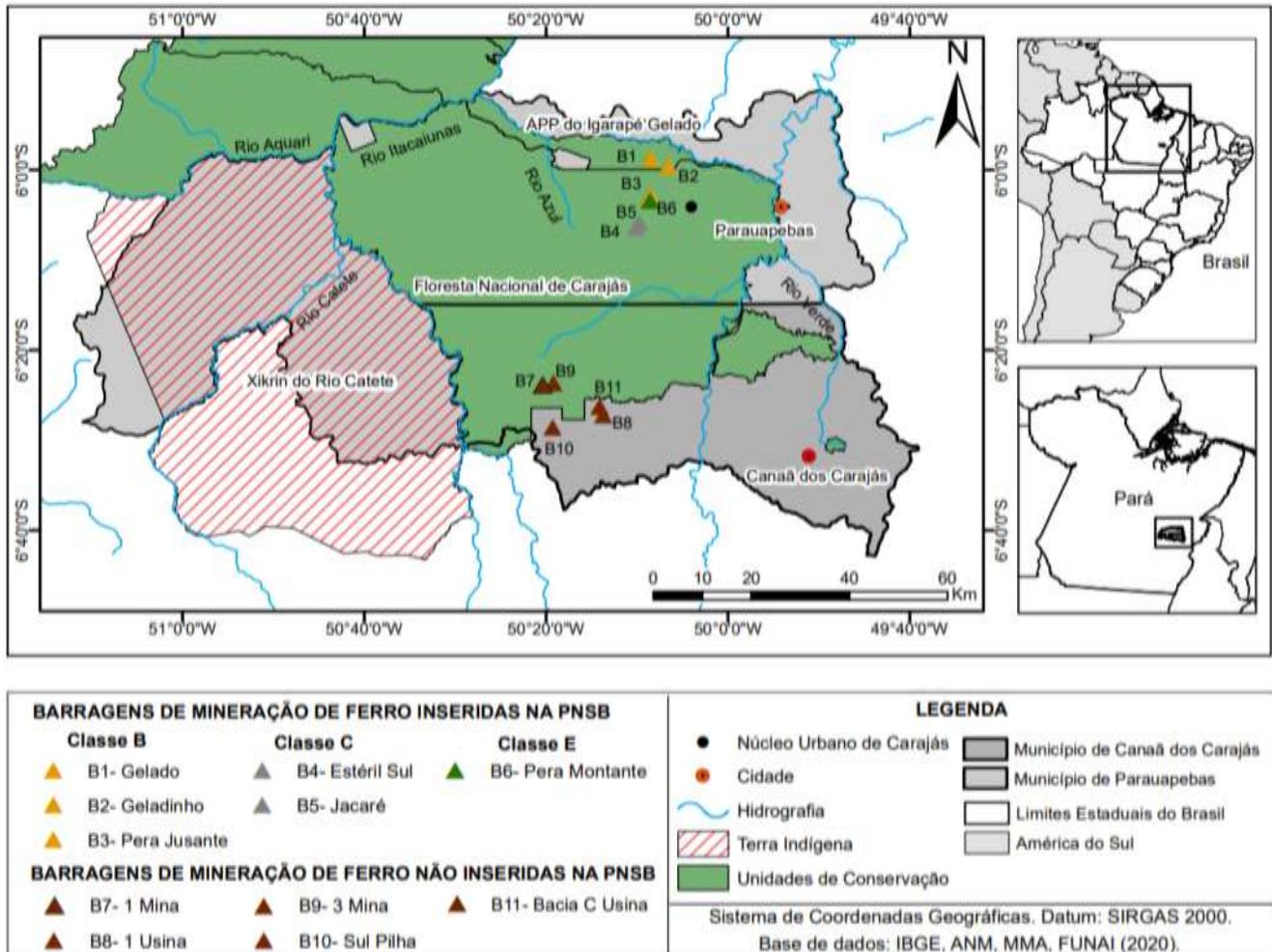
#### 4. Resultados e Discussão

Atualmente, existem onze barragens de mineração de ferro cadastradas pela ANM no estado do Pará, seis situadas no município de Parauapebas (B1 a B6) e cinco no município de Canaã dos Carajás (B7 a B11), todas de responsabilidade da empresa Vale S/A (Figura 3). A maioria dessas estruturas encontram-se inseridas em Unidades de Conservação (UC) de Uso Sustentável, como a Área de Proteção Ambiental (APA) do Igarapé Gelado, na Zona Rural do município de Parauapebas, e a Floresta Nacional de Carajás, uma das regiões mais ricas do Brasil e do mundo em biodiversidade, que é preservada e fiscalizada pelo Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio) em parceria com a Vale.

As barragens de mineração do Gelado e Geladinho foram construídas à montante da cidade de Parauapebas, nos afluentes do Rio Itacaiúnas, sendo necessário analisar os riscos dessas estruturas e mensurar os impactos ambientais e socioeconômicos no caso de ruptura, e a verificar as medidas realizadas para minimizar os riscos de acidentes e para adequação dos planos de contingência pela empresa responsável.

A classificação de cada barragem de mineração de ferro situadas no estado do Pará é apresentada na Tabela 1.

**Figura 3.** Localização das barragens de mineração de ferro cadastradas pela ANM no estado do Pará.



Fonte: Autores (2020).

**Tabela 1.** Classificação das barragens de mineração de ferro analisadas segundo a ANM.

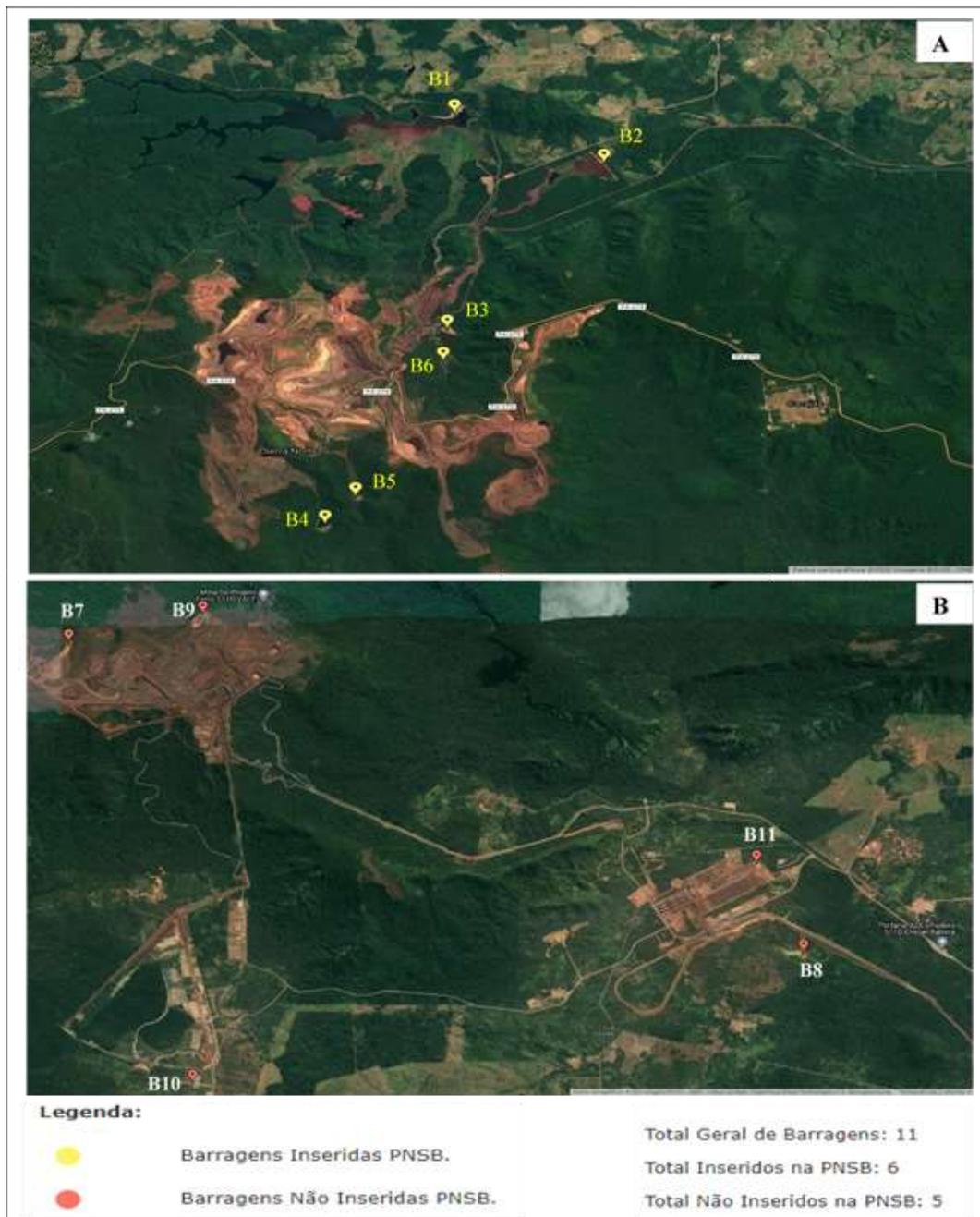
Nome da Barragem	Inserida na PNSB	Categoria de Risco	Dano Potencial Associado	Classe	Necessita PAEBM
<b>B1- Gelado</b>	Sim	Baixo	Alto	B	Sim
<b>B2- Geladinho</b>	Sim	Baixo	Alto	B	Sim
<b>B3- Pera Jusante</b>	Sim	Baixo	Alto	B	Sim
<b>B4- Estéril Sul</b>	Sim	Baixo	Médio	C	Não
<b>B5- Jacaré</b>	Sim	Baixo	Médio	C	Não
<b>B6- Pera Montante</b>	Sim	Baixo	Baixo	E	Não
<b>B7- 1 Mina</b>	Não				Não
<b>B8- 1 Usina</b>	Não				Não
<b>B9- 3 Mina</b>	Não		Não se aplica		Não
<b>B10- Sul Pilha</b>	Não				Não
<b>B11- Bacia C Usina</b>	Não				Não

Fonte: SIGBM Público/ANM (dezembro/2020).

Em Parauapebas, todas as estruturas estão enquadradas na PNSB, apresentando Categoria de Risco (CRI) baixo, entretanto, as barragens do Gelado, Geladinho e da Pera Jusante apresentam Dano Potencial Associado (DPA) alto, sendo classificadas na classe B, exigindo uma maior fiscalização e a obrigatoriedade de apresentar um Plano de Ação de Emergência de Barragens de Mineração (PAEBM). Em Canaã dos Carajás, todas as estruturas não se enquadram em nenhum dos critérios estabelecidos na PNSB, portanto, são aquelas que apresentam os menores riscos e danos potenciais associados.

As barragens de mineração analisadas encontram-se dentro de grandes projetos de mineração da Vale (Figura 4), as estruturas B1-B6 no Complexo Ferro Carajás em Parauapebas (Figura 4.A), e B7-B11 no Complexo S11D Eliezer Batista, em Canaã dos Carajás (Figura 4.B).

**Figura 4.** Barragens de mineração de minério de ferro do Complexo de Carajás (A) e do Complexo S11D Eliezer Batista (B).



Fonte: SIGBM Público – ANM (2020).

No Complexo Ferro Carajás, após a fase de lavra, o minério passa pelas operações de beneficiamento de britagem, moagem e peneiramento, logo após o produto final é transportado em vagões através da Estrada de Ferro Carajás até o Terminal Marítimo Ponta da Madeira, em São Luís no Maranhão, onde é exportado em navios (Vale, 2020).

No Complexo S11D Eliezer Batista, o minério de ferro apresenta o alto teor de 67,7%, este projeto adota tecnologias sustentáveis que possibilitam uma operação de maior eficiência e menor impacto ao meio ambiente, já que todo o processo de beneficiamento do minério de ferro é feito a umidade natural dispensando o uso da água, reduzindo em 93% o consumo de água na mina. A alta qualidade do produto elimina o uso de barragens de rejeitos, pois onde os resíduos contêm ultrafino de minério com alto teor de ferro que não é descartado, podendo ser incorporado à produção (Vale, 2020).

#### 4.1 Caracterização Técnica das Barragens de mineração de ferro em Parauapebas

As principais características técnicas das barragens de mineração de ferro do Complexo Ferro Carajás em Parauapebas são descritas na Tabela 2, todas encontram-se em operação, sendo construídas com o objetivo principal de contenção de sedimentos, portanto, desobrigadas de informar sobre o tipo de rejeito armazenado, exceto a barragem do Gelado, sendo alimentada principalmente por rejeitos de minério de ferro (com teor de 63%) oriundo da Usina de Beneficiamento de Carajás, apresenta atualmente a maior área do reservatório, dentro do igarapé Gelado.

**Tabela 2.** Características Técnicas das Barragens de mineração de ferro em Parauapebas.

Nome da Barragem	Gelado	Geladinho	Pera Jusante	Estéril Sul	Jacaré	Pera Montante
<b>Situação Operacional</b>	Em operação	Em operação	Em operação	Em operação	Em operação	Em operação
<b>Vida útil prevista (anos)</b>	14	14	14	14	12	14
<b>Altura Atual (m)</b>	34,00	24,00	46,00	25,00	32,80	30,00
<b>Comprimento da crista atual (m)</b>	991,00	1.193,00	370,00	140,00	373,00	165,00
<b>Área do reservatório (m<sup>2</sup>)</b>	13.409.280,00	1.125.616,00	343.330,00	60.000,00	16.000,00	600.000,00
<b>Método Construtivo</b>	Alteamento a jusante	Etapa Única				
<b>Tipo de Barragem</b>	Terra Homogênea	Terra Homogênea	Terra Homogênea	Terra Homogênea	Terra Homogênea	Terra Homogênea

Fonte: SIGBM Público/ANM (dezembro/2020).

Essas barragens não possuem manta impermeabilizante, e seu método construtivo é o de etapa única, com exceção da barragem do Gelado, que apresenta método construtivo de alteamento a jusante, o que requer maiores controles, possuindo um dique selante. Nas barragens existe instrumentação testada e calibrada, sem necessidade de reparos e de acordo com o projeto técnico.

Em relação ao Estado de Conservação, a última Revisão Periódica de Segurança de Barragem realizada pelo empreendedor nos dias 14 e 15 de dezembro de 2020 determinou que essas barragens apresentam as estruturas civis bem mantidas e em operação normal ou sem necessidade de estruturas extravasoras, não existem deformações e recalques com

potencial de comprometimento da segurança da estrutura, e nem deterioração de taludes e paramentos. Quanto a percolação, as barragens do Gelado, Estéril Sul e Jacaré encontram-se com umidade ou surgência nas áreas de jusante, paramentos, taludes e ombreiras estáveis e monitorados, enquanto as demais a percolação é totalmente controlada pelo sistema de drenagem. A Declaração de Condição de Estabilidade (DCE) referente a Campanha de Entrega de Setembro, foi entregue no dia 28/09/20, atestando a estabilidade dessas barragens.

Quanto ao atendimento ao Plano de Segurança (PSB), todas as barragens possuem projeto executivo ou “como construído”, exceto a de Jacaré que possui projeto executivo e “como construído” o mais recomendado pela ANM. O empreendimento apresenta unidade administrativa com manuais de procedimentos para inspeção, monitoramento e operação, com profissional técnico qualificado responsável pela segurança da barragem, que emitem regularmente relatórios de inspeção e monitoramento com base na instrumentação e de Análise de Segurança.

De acordo com a legislação, o PAEBM é exigido apenas para as barragens do Gelado, Geladinho e Pera Jusante, que apresentam DPA alto, portanto, verificou-se que estes documentos foram elaborados pelo empreendedor e suas cópias físicas já foram entregues para as Prefeituras e Defesas Cíveis municipais e estaduais.

#### 4.2 Caracterização Técnica das Barragens de mineração de ferro em Canaã dos Carajás

As principais características técnicas das barragens de mineração de ferro situadas no Complexo S11D Eliezer Batista em Canaã dos Carajás são descritas na Tabela 3. Por se tratar de um projeto inaugurado recentemente as barragens apresentam dimensões menores que não se enquadram na PNSB, portanto, de acordo com a legislação de segurança de barragens são menos cobradas pelos órgãos fiscalizadores.

**Tabela 3.** Características Técnicas das Barragens de mineração de ferro em Canaã dos Carajás.

Nome da Barragem	1 Mina	1 Usina	3 Mina	Sul Pilha	Bacia C Usina
<b>Situação Operacional</b>	Em operação	Em operação	Em operação	Em operação	Em operação
<b>Vida útil prevista (anos)</b>	42	42	42	42	42
<b>Altura Atual (m)</b>	8,5	8,5	14,61	12,00	7,30
<b>Comprimento da crista atual (m)</b>	108,43	136,00	185,75	557,78	211,00
<b>Área do reservatório (m<sup>2</sup>)</b>	42.599,34	57.026,20	36.885,11	135.998,56	10.480,00
<b>Método Construtivo</b>	Etapa Única	Etapa Única	Etapa Única	Etapa Única	Etapa Única
<b>Tipo de Barragem</b>	Enrocamento	Terra Homogênea	Enrocamento	Enrocamento	Terra Homogênea

Fonte: SIGBM Público/ANM (dezembro/2020).

Todas as barragens encontram-se em operação, sendo construída por etapa única, apresentam instrumentação testada e calibrada, sem necessidade de reparos e de acordo com o projeto técnico. Algumas configuram maciços de enrocamento os quais permitem a percolação da água, mas com a propriedade de reter finos como as barragens 1 Mina, 3 Mina e Sul Pilha. Além disso, nenhuma dessas barragens apresenta finalidade de contenção de rejeitos devido este grande projeto da Vale realizar o beneficiamento a seco do minério de ferro, o que elimina os rejeitos, as barragens foram construídas para contenção de sedimentos gerados na área da mina e regularização das vazões afluentes para captação de água.

Estas barragens não se enquadram na PNSB, estando desobrigadas legalmente de preencher as informações quanto ao Estado de Conservação, Plano de Segurança de Barragens e de entregar Declarações da Condição de Estabilidade.

#### 4.3 Caracterização quanto ao Dano Potencial Associado (DPA)

A classificação quanto ao DPA das barragens de mineração de ferro analisadas encontra-se na Tabela 4. As estruturas com maior volume atual do reservatório são: B1- Gelado (volume muito grande), B2- Geladinho (volume médio) e B3- Pera Jusante (volume pequeno), estas barragens apresentam os maiores potenciais de danos ambientais e socioeconômicos em caso de sinistro, visto que a jusante existe núcleos populacionais ocupando permanentemente a área afetada, recursos hídricos importantes assim como floresta com grande biodiversidade.

**Tabela 4.** Caracterização quanto ao Dano Potencial Associado (DPA) das barragens de mineração de ferro do estado do Pará.

Barragem de Mineração	Volume do Projeto (m <sup>3</sup> )	Volume atual do Reservatório (m <sup>3</sup> )	Existência de população a jusante	Impacto ambiental	Impacto sócio-econômico	DPA
<b>B1- Gelado</b>	163.391.056,49	141.187.217,00	Existente (501- 1000 pessoas afetadas)	Significativo	Alto	ALTO
<b>B2- Geladinho</b>	8.520.610,00	6.544.459,00	Existente (1- 100 pessoas afetadas)	Significativo	Alto	ALTO
<b>B3- Pera Jusante</b>	5.798.774,00	4.402.573,00	Existente (1- 100 pessoas afetadas)	Significativo	Médio	ALTO
<b>B4- Estéril Sul</b>	1.710.841,00	1.710.841,00	Inexistente	Significativo	Inexistente	MÉDIO
<b>B5- Jacaré</b>	681.816,00	681.816,00	Inexistente	Significativo	Inexistente	MÉDIO
<b>B6- Pera Montante</b>	713.313,00	641.566,00	Pouco Frequente	Pouco Significativo	Inexistente	BAIXO
<b>B7- 1 Mina</b>	149.653,00	188.680,72	Inexistente	Pouco Significativo	Inexistente	-
<b>B8- 1 Usina</b>	34.000,00	34.000,00	Inexistente	Pouco Significativo	Inexistente	-
<b>B9- 3 Mina</b>	141.737,00	165.320,00	Inexistente	Pouco Significativo	Inexistente	-
<b>B10- Sul Pilha</b>	501.453,87	496.059,42	Inexistente	Pouco Significativo	Inexistente	-
<b>B11- Bacia C Usina</b>	30.114,00	30.114,00	Inexistente	Pouco Significativo	Inexistente	-

Fonte: SIGBM público/ANM (dezembro/2020).

A barragem do Gelado apresenta o maior número de pessoas que podem ser afetadas em caso de rompimento, seguida pelas barragens do Geladinho e Pera Jusante, o que reforça os maiores riscos à vida oriundos dessas barragens. Não existem pessoas ocupando permanentemente à jusante da barragem Pera Montante, mas existe uma estrada vicinal de uso local que constitui um risco à população. Nas demais barragens não existem pessoas residentes ou transitando na área afetada a jusante.

As barragens de mineração de ferro analisadas armazenam resíduos Classe II B - Inertes, segundo a NBR 10004/2004 da ABNT, em Parauapebas estas estruturas apresentam impacto ambiental significativo, devido apresentarem a jusante área de interesse ambiental relevante ou áreas protegidas em legislação específica, com exceção da Pera Montante que apresenta impacto ambiental pouco significativo, assim como as barragens de mineração situadas em Canaã de Carajás, as quais não encontram-se inseridas na PNSB.

O impacto socioeconômico relacionado as barragens do Gelado e Geladinho é alto, pois existe alta concentração de

instalações residenciais, agrícolas, industriais ou de infraestrutura de relevância sócio-econômico-cultural na área afetada a jusante dessas barragens. A barragem Pera Jusante apresenta médio impacto socioeconômico, devido existir moderada concentração de instalações, e nas demais barragens este impacto é inexistente, visto que não existem quaisquer instalações na área afetada a jusante dessas estruturas.

As barragens que não se inserem na PNSB não são classificadas quanto a DPA por apresentam menos riscos, como volume classificado como muito pequeno, resíduo inerte, ausência de pessoas morando a jusante, impactos ambientais pouco significativos e impactos socioeconômicos inexistente.

#### **4.4 Análise da Gestão de Segurança de Barragens de Mineração**

Todas as barragens de mineração do Complexo de Carajás, no município de Parauapebas, apresentam CRI baixo, entretanto, a barragem do Gelado, do Geladinho e da Pera Jusante encontram-se na classe B (CRI baixo e DPA alto), portanto, requerem maior controle por parte da empresa responsável e dos órgãos fiscalizadores, a fim de garantir os padrões de segurança estabelecidos na legislação. Sendo que a barragem do Gelado apresenta os maiores riscos de ruptura devido seu método construtivo (alçamento a jusante) e volume classificado como muito grande ( $\geq 50$  milhões  $m^3$ ) (Fonseca, 2019).

As barragens de mineração que romperam em Minas Gerais, também estavam classificadas com CRI baixa, o que gera dúvidas sobre a confiabilidade nas informações contidas neste sistema, onde os próprios empreendedores são responsáveis pelo cadastramento e atualização dessas informações (Laurino, Preto & Ferreira Junior, 2020). Portanto, a equipe de gestão de segurança de barragens da mineração da ANM deve exigir do responsável legal medidas que visem minimizar o risco de acidentes, como reduzir o nível de efluentes nos reservatórios, ou a realização de estudos para a redução do aporte de água.

A empresa responsável pela segurança das barragens analisadas tem cumprido os requisitos e os protocolos exigidos pelo sistema da ANM. Em conformidade com Portaria ANM n.º 70.389/ 2017, a empresa Vale apresentou o PAEBM exigido por lei, e adotou as medidas preventivas de segurança na região de Carajás, como a instalação de sirene, colocação de placas de Ponto de Encontro e da Rota de Fuga e realizou simulados de evacuação de emergência (Vale, 2020).

No entanto, esses fatos somados aos desastres históricos aumentaram a insegurança da população que reside no entorno desses grandes projetos de mineração. Portanto, torna-se importante o diálogo e interação tanto de representantes da empresa quanto do poder público com a população que reside e trabalha em áreas próximas a esses projetos de mineração. A população deve ter conhecimento do PAEBM e realizar treinamentos para saber o que fazer em caso de emergência, independente do grau de risco de rompimento das estruturas.

A ANM tem cumprido um papel fundamental na gestão das barragens de mineração no Brasil. O SIGBM- Público é um avanço importante na transparência de dados dessas estruturas, que disponibiliza a sociedade dados de barragens em território brasileiro, a sua classificação, características e fornece informações sobre o cumprimento da legislação. No entanto, há uma ausência de informações sobre relatórios de vistorias e inspeções nas barragens de mineração, incluindo o acesso a documentos técnicos exigido por lei, como o PAEBM de cada barragem.

Além disso, a ANM não possui número de servidores suficientes para fazer uma fiscalização efetiva de todas as barragens de mineração existente nos país, deste modo, é necessário aumentar a quantidade de fiscais capacitados para o monitoramento das barragens em todas as fases, desde o projeto até sua operação e pós fechamento, a fim de verificar se os protocolos de segurança estão sendo seguidos, e avaliar se o PAEBM elaborado pelas empresas mineradoras é adequado.

## **5. Considerações Finais**

A exploração de minério de ferro no estado do Pará tem menos de 50 anos, portanto, as barragens de mineração são mais jovens, apresentam menor volume de reservatório e métodos construtivos mais seguros do que das barragens que romperam em Minas Gerais. As

barragens do Gelado, Geladinho e Pera Jusante situadas no Complexo de Carajás em Parauapebas, são as mais críticas e requerem um maior controle por parte da empresa Vale e maior fiscalização da ANM, afim de salvaguardar a população e o meio ambiente à jusante dessas estruturas. Portanto, torna-se necessário verificar constantemente as condições de cada estrutura e adotar todas as medidas possíveis para garantir sua segurança.

Os imensuráveis danos ambientais e socioeconômicos, ocasionados pelos acidentes envolvendo barragens de mineração em Minas Gerais, revelaram a necessidade de mudanças na legislação brasileira e na gestão das empresas mineradoras, como a criação de setor destinado a gestão de risco de barragens. Além disso, ressaltou a importância da adoção de métodos sustentáveis que evitem a construção de novas barragens ou a elevação das existentes, e o reaproveitamento dos rejeitos de minério de ferro armazenados nessas estruturas.

A mineradora Vale tem adotado diferentes soluções e tecnologias para processamento do minério, a exemplo da pelotização, processo de agregação dos finos de minério de ferro oriundos das usinas de beneficiamento, que anteriormente seria descartado, e o processamento a seco do minério de ferro realizado no Complexo S11D Eliezer Batista em Canaã dos Carajás, que também está sendo implementado nas operações do Complexo Ferro Carajás em Parauapebas, que elimina o uso de barragem com finalidade de contenção de rejeitos.

Os órgãos fiscalizadores devem trabalhar em conjunto com as empresas mineradoras para minimizar os riscos nas operações que envolvem barragens, através de políticas, estudos e ações voltadas à segurança dessas estruturas no país. O Estado deve ter controle do que está sendo licenciado, monitorar regularmente as barragens, que devem se encontrar em conformidade com os documentos apresentados no licenciamento, a fim de garantir a proteção do meio ambiente e das pessoas que vivem nos entornos desses empreendimentos.

Diante do exposto, recomenda-se como trabalhos futuros a análise de segurança de outras barragens de mineração situadas no estado do Pará, como aquelas que armazenam minério de bauxita e caulim, devido apresentarem grandes volumes de produção e por estarem associadas a diversos vazamentos de rejeitos, que causaram grandes impactos socioambientais, sobretudo no município de Barcarena. Além disso, é necessário analisar se a metodologia adotada pelos órgãos fiscalizadores para classificação, monitoramento e controle dessas estruturas é eficaz, e se as barragens de mineração estão sendo utilizadas da forma mais segura possível na região.

## Referências

- Andrade, L. C. R. (2018). Barragens de Rejeitos da Mineração de Ferro: Panorama Geral Brasileiro e Avaliação de Impactos Associados. *Revista de Ciências Exatas e Tecnologia*, 13(13), 29-37. <https://doi.org/10.17921/1890-1793.2018v13n13p29-37>
- Agência Nacional de Mineração (ANM). (2017). *Portaria nº 70.389, de 17 de maio de 2017*. Cria o Cadastro Nacional de Barragens de Mineração - CNBM, o Sistema Integrado de Gestão em Segurança de Barragens de Mineração – SIGBM. <https://www.gov.br/anm/pt-br/assuntos/barragens/portaria-dnpm-no-70-389-de-17-de-maio-de-2017>.
- Agência Nacional de Mineração (ANM). (2019). *Resolução nº 13, de 8 de agosto de 2019*. Estabelece medidas regulatórias objetivando assegurar a estabilidade de barragens de mineração. <https://www.gov.br/anm/pt-br/assuntos/barragens/resolucao-anm-no-13-de-8-de-agosto-de-2019.pdf>
- Agência Nacional de Mineração (ANM). (2020). *SIGBM - Sistema Integrado de Gestão de Barragens de Mineração - versão pública*. <https://app.anm.gov.br/sigbm/publico>.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). (2017). *NBR 13028: mineração - elaboração e apresentação de projeto de barragens para disposição de rejeitos, contenção de sedimentos e reservação de água - requisitos*. Rio de Janeiro, p. 16.
- Brasil. *Lei nº 12.334, de 20 de setembro de 2010*. Estabelece a Política Nacional de Segurança de Barragens e cria o Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens. [https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2010/lei/112334.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/112334.htm)
- Brasil. *Lei nº 14.066, de 30 de setembro de 2020*. Altera a Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB), a lei que cria o Fundo Nacional do Meio Ambiente (FNMA), a Política Nacional de Recursos Hídricos e o Código de Mineração. [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_Ato2019-2022/2020/Lei/L14066.htm#art2](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2019-2022/2020/Lei/L14066.htm#art2).
- Fonseca, D. D. F. (2019). *Panorama das barragens de rejeito mineral dos Estados do Pará e Amapá*. Orientador(a): Prof. Dr. Claudio Fabian Szlafsztain. p. 65. Dissertação de Mestrado - Programa de Pós-Graduação em Gestão de Risco e Desastre na Amazônia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Pará, Belém.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). (2019). *Estimativas da população residente nos municípios brasileiros com data de referência em 1º de julho de 2019*. [https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/media/com\\_mediaibge/arquivos/7d410669a4ae85faf4e8c3a0a0c649c7.pdf](https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/media/com_mediaibge/arquivos/7d410669a4ae85faf4e8c3a0a0c649c7.pdf).

Instituto Brasileiro de Mineração (IBRAM). (2016). *Gestão e Manejo de Rejeitos da Mineração*. Brasília, p. 128. <http://www.ibram.org.br/sites/1300/1382/00006222.pdf>.

Laurino, B., Preto, C. T. & Ferreira Junior, C. (2020). Análise do acidente em Brumadinho/Minas Gerais: Utilização de rejeitos de barragens na construção civil. *Brazilian Journal of Natural Sciences*, 3 (1), 231. <https://doi.org/10.31415/bjns.v3i1.86>

Matlaba, V. J., Maneschy, M. C., Santos, J. F. & Mota, J. A. (2019). Socioeconomic dynamics of a mining town in Amazon: a case study from Canaã dos Carajás, Brazil. *Mineral Economics*, 32, 75–90. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13563-018-0159-6>

Ministério de Minas e Energia (MME). (2020). *Boletim do Setor Mineral*. 32. [http://www.mme.gov.br/documents/27431/0/Boletim\\_SGM+13.06.2020.pdf/f0d87052-a2e3-8585-d75a-df956f8f2573](http://www.mme.gov.br/documents/27431/0/Boletim_SGM+13.06.2020.pdf/f0d87052-a2e3-8585-d75a-df956f8f2573).

Reis, M. O., Moura, A. C. M. B., Cota, G. E. M. & Magalhães Junior, A. P. (2020). Panorama dos rompimentos de barragens de rejeitos de minério no mundo. *Caderno de Geografia*, 30(61), 368 – 390. <https://doi.org/10.5752/P.2318-2962.2020v30n61p368>

Sindicato das Indústrias Minerárias do Estado do Pará (SIMINERAL). (2019). *8º Anuário Mineral do Pará*. p. 65. [http://simineral.org.br/pdf/anuarios/8-desktop\\_pt-br.pdf](http://simineral.org.br/pdf/anuarios/8-desktop_pt-br.pdf)

Souza Junior, T. F., Moreira, E. B. & Heineck, K. H. (2018). Barragens de contenção de rejeitos de mineração no Brasil. *HOLOS*, 34 (5), 1 – 39. <https://doi.org/10.15628/holos.2018.7423>

Thomé R. & Passini, M. L. (2018). Barragens de rejeitos de mineração: Características do método de alteamento para montante que fundamentaram a suspensão de sua utilização em Minas Gerais. *Ciências Sociais Aplicadas em Revista – Paraná*, 18(34), 49 - 65.

Vale. (2020). *Vale no Pará*. <http://www.vale.com/hotsite/PT/Paginas/vale-conhecer/Vale-visitas/para/Home.aspx>