

Cenário das barragens de rejeito: conhecer para evitar novas catástrofes

Suiane Rodrigues Leão^I
Alvany Maria dos Santos Santiago^{II}

Resumo: A mineração é um dos setores básicos da economia do Brasil. Apesar da sua importância, a geração de rejeitos oriunda do beneficiamento é significativa, tornando-se um dos grandes problemas no setor. Os acidentes relacionados ao rompimento de barragens têm marcado a trajetória da exploração mineral. Assim, este estudo buscou apresentar o cenário atual das barragens de rejeitos, tendo como base as informações contidas no SIGBM. Observou-se o quantitativo de barragens inseridas na PNSB, categoria de risco, dano potencial, nível de emergência entre outros. A análise desses dados indica que Minas Gerais é o estado que apresenta a maior quantidade de barragens inseridas na PNSB, com CRI e DPA altos, com barragens construídas pelo método a montante e declaradas no nível 3 de emergência, necessitando assim de redobrada atenção e intervenção para garantir a sua segurança.

^I Universidade Federal do Vale do São Francisco, Petrolina, PE, Brasil.

^{II} Universidade Federal do Vale do São Francisco, Petrolina, PE, Brasil.

Palavras-chave: Mineração; barragem de rejeito; modelos construtivos; legislação; segurança de barragem.

São Paulo. Vol. 25, 2022

Artigo Original

DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1809-4422asoc20210066r1vu2022L2AO>

Introdução

Este estudo debruça-se sobre a problemática da atividade mineiro industrial relacionada à geração e disposição final do rejeito no processo de beneficiamento do minério. Diante dos diversos acidentes oriundos de rompimento de barragens, o tema de segurança de barragens é pauta, principalmente, após os trágicos episódios ocorrido em Mariana (MG), na barragem do Fundão no ano de 2015, e Brumadinho (MG) na barragem da Mina do Córrego do Feijão em 2019, proporcionando maior visibilidade e, conseqüentemente, mudanças com novas estratégias, bem como a adequação a política de segurança de barragem.

O Brasil possui importantes depósitos minerais, onde parte da sua reserva é expressiva quando comparada com o quantitativo das reservas mundiais. Proporcionando uma forte relação com a prospecção e aproveitamento dos seus recursos minerais, que contribui com valiosos insumos para o desenvolvimento da economia nacional, e ocupação territorial e da história nacional (FARIAS, 2002).

Segundo o Plano Nacional de Mineração (PNM) 2030, o setor mineral é a base para diversas cadeias produtivas (MNE, 2010). Este setor participa com 4,2% do Produto Interno Bruto (PIB) e 20% do total das exportações brasileiras, gerando um milhão de empregos diretos, o equivalente a 8% dos empregos da indústria. Dessa forma, contribuindo para o destaque internacional do Brasil como produtor de nióbio, minério de ferro, bauxita, manganês e vários outros bens minerais (MNE, 2010).

Assim, com a sua produção, o setor minerário possibilita a geração de volume significativo de massa do minério que é rejeitada no seu processo de beneficiamento (SOUZA JUNIOR; MOREIRA; HEINECK, 2018).

Deste modo, um dos grandes desafios presentes no setor mineral é a disposição do rejeito gerado na fase do beneficiamento de determinado minério, oriundo dos processos mecânicos ou químicos que realiza a separação do minério bruto em concentrado e rejeito.

Para dispor o rejeito gerado após o beneficiamento do minério, a indústria mineral (metalurgia) realiza o lançamento da polpa de rejeito - mistura de água e sólidos - em barragem de contenção, construídas com material compactado em etapa única ou em mais etapas de alteamento (CARDOZO; PIMENTA; ZINGANO, 2016).

Para Soares (2010), a construção da barragem pode se dar por meio de processos tradicionais, de terra compactada, por exemplo; pela utilização do próprio material resultante do beneficiamento; ou, ainda, com o estéril que são normalmente construídas em etapa única ou, eventualmente, em dois ou três alteamentos. Devendo o seu desenvolvimento se processar de forma contínua para possibilitar o acompanhamento dos resultados, possíveis modificações e melhoramento do projeto inicial. Dessa forma, todo o rejeito gerado na produção pode ser lançado e reaproveitado, de forma segura, minimizando os riscos de acidentes.

Porém, diversos acidentes marcaram a trajetória da exploração mineral na história nacional, relacionados ao rompimento de barragens de rejeitos minerários e, mesmo com o conhecimento da legislação e tecnologia diversas, as barragens continuam rompendo e

causando prejuízos sociais, ambientais e econômicos nas áreas atingidas. Em geral, Duarte (2008) explica que o fato das barragens não serem executadas de acordo com critérios técnicos adequados contribuiu para a ocorrência desses acidentes.

Os acidentes de rompimento de barragens decorrentes do rompimento ocorridos no Brasil, nos últimos anos (1986 □ 2019) endossam os riscos associados às falhas na construção, operacionalização e monitoramento das mesmas que ganharam destaque, sobretudo pelas mortes causadas e indesejáveis impactos negativos sobre o meio ambiente (THOMÉ; PASSINI, 2018).

Onde, dentre as diversas ocorrências destacam-se as rupturas que aconteceram em 2015, na barragem do Fundão da Samarco, no município de Mariana-MG, que provocou dezenove óbitos, dezenas de famílias desabrigadas, e danos incalculáveis ao meio ambiente da região, e em 2019, o rompimento da barragem da mina do Córrego do Feijão em Brumadinho, que registrou mais de 259 óbitos e 11 desaparecidos (TOLEDO, RIBEIRO, THOMÉ 2016, apud THOMÉ; PASSINI, 2018).

Segundo Guimarães (2018, p. 20), “os impactos ambientais e os riscos mais significativos para a indústria da mineração estão associados às barragens de rejeitos e depósitos de estéril”. Ademais, os acidentes decorrentes das rupturas de barragens de rejeito têm acontecido frequentemente e, em alguns casos, são causados por problemas relacionados à gestão de segurança (GUIMARÃES, 2018).

Para Carneiro (2018), o rompimento da barragem de rejeitos pode gerar impactos ambientais na qualidade e disponibilidade da água, vegetação ripária, fertilidade e microbiota do solo. Estes impactos são ocasionados tanto pelo acúmulo de sedimentos, quanto pela sua toxicidade, principalmente devido à presença de aminas, elevando o pH da água e do solo. Os impactos sobre a mata ciliar são passíveis de recuperação, desde que sejam utilizadas técnicas adequadas de contenção física e estabelecimento de vegetação que seja simultaneamente tolerante à toxicidade das aminas e capaz de promover a agregação do solo.

Segundo Freitas et al. (2019), no âmbito da Saúde Pública, um rompimento da barragem pode ocasionar três consequências, combinadas ou não entre si:

- (i) interrupção do funcionamento normal do cotidiano local ou regional, envolvendo perdas e prejuízos (materiais e culturais, econômicos e ambientais), bem como ampliação dos riscos, doenças e óbitos; (ii) sobrecarga das capacidades institucionais locais ou estaduais, superior a sua capacidade de atuação com uso de seus próprios recursos; e (iii) alteração dos contextos de produção de riscos e doenças, entre características preexistentes e novas, criados após o evento, resultando em uma sobreposição de condições de risco e danos ambientais e humanos nos territórios e populações afetados, possíveis de se prolongar por meses e anos.

Gomes (2017) já observava os efeitos não desejados decorrentes da mineração, tais como alterações ambientais, conflitos de uso do solo, depreciação de imóveis circunvizinhos

nhos, geração de áreas degradadas, transtornos ao tráfego urbano, entre outros.

Assim, a relevância do presente estudo parte da necessidade de uma reflexão sobre a prática adotada pelo setor mineiro industrial na gestão das suas barragens de contenção de rejeitos desde a sua concepção até o seu descomissionamento ou descaracterização na intenção de proporcionar melhor eficiência no processo de operacionalização e tomada de ações para atingir a eficácia em todas as etapas do gerenciamento do seu rejeito.

Partindo desse cenário, o objetivo deste estudo é a diagnosticar a situação atual das barragens de contenção de rejeitos no que tange às exigências da Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB), tendo como base as informações contidas no Sistema Integrado de Gestão em Segurança de Barragens de Mineração (SIGBM).

Barragens de contenção de rejeitos

No Brasil existem inúmeros barramentos de diversas dimensões e diferentes usos, tais como barragens de infraestrutura para acumulação de água, geração de energia, aterros ou diques para retenção de resíduos industriais, barragens de contenção de rejeitos de mineração, entre outros (DUARTE, 2008).

As barragens de contenção de rejeito podem ser definidas como uma estrutura de terra, construídas para conter os materiais resultantes do beneficiamento do minério, sendo executadas em estágios ao longo do tempo de operação de uma mina, na medida em que os rejeitos são gerados, que é depositado em forma de polpa, ou seja, uma mistura de sólidos e água (MATURANO RAFAEL, 2012).

O rejeito é um material sólido resultante da britagem, moagem e, eventualmente, do tratamento químico do minério, onde suas características variam de acordo com o tipo de mineral e de seu tratamento na planta de beneficiamento, que não possui maior valor econômico. Além disso, podem apresentar-se como um material de granulometria fina e de alta plasticidade, compostos de siltes e argilas, depositados sob forma de lama, ou formados por materiais não plásticos, (areias), que apresentam granulometria mais grossa e são denominados rejeitos granulares (ESPÓSITO, 2000; LOZANO, 2006).

A disposição do rejeito pode ser realizada em minas subterrâneas, em cavas exauridas, em pilhas, por empilhamento a seco (método "dry stacking"), por disposição em pasta ou em barragens de contenção de rejeitos. Assim, a definição de uma forma ou outro para a disposição dos rejeitos depende da natureza do processo de mineração adotado, das condições geológicas e topográficas da região, das propriedades mecânicas dos materiais e do poder de impacto ambiental do contaminante dos rejeitos (DUARTE, 2008).

Entretanto, as barragens de contenção de rejeitos ainda são as preferidas pelas mineradoras, já que podem ser construídas utilizando solos, estêreis ou até mesmo o próprio rejeito. (DUARTE, 2008).

Métodos construtivos

Conforme Carvalho et. al. (2018, p. 362), as estruturas de contenção de rejeitos são construídas levantando-se, inicialmente, um dique de partida. Esse dique, geralmente, é construído com solo de empréstimo, enquanto os alteamentos podem ser construídos com solo de empréstimo ou com rejeitos da própria mina. A construção de alteamentos permite aumentar o volume útil de deposição da bacia de rejeitos.

É importante destacar que o método de alteamento utilizado deve levar em consideração às características do projeto: topografia, hidrologia, geologia, tipos e propriedades do subsolo, granulometria e concentração dos rejeitos, velocidade de deposição, variação da capacidade de armazenamento do reservatório com o aumento da altura, disponibilidade de equipamentos de terraplanagem, compactação e equipes de controle (LUZ; SAMPAIO; FRANÇA, 2010).

Os alteamentos podem ser feitos de acordo com os seguintes métodos construtivos: (i) método a montante; (ii) método a jusante; e (iii) método da linha de centro (SOUZA JUNIOR; MOREIRA; HEINECK, 2018).

Além dos métodos citados, existe ainda o método em etapa única, que consiste na construção em um único dique, erguido de uma só vez e sem a necessidade de alteamento (ANM, 2020).

Método a montante

No método a montante, o maciço da obra se desloca para montante, aproveitando o próprio rejeito depositado como parte da estrutura de contenção. Os rejeitos são lançados a montante desde a crista do dique inicial, formando uma praia, a qual servirá como fundação para a construção do novo alteamento. Durante o lançamento dos rejeitos, a fração mais grossa é depositada próxima ao maciço, enquanto a fração mais fina (lamas) flui ou é lançada diretamente na lagoa de decantação. Contudo, Soares (2010) destaca que para o material lançado ser aproveitado como base no alteamento, o mesmo deverá conter de 40 a 60% de areia e baixa densidade de polpa, favorecendo a segregação granulométrica.

Conforme Carvalho et al. (2018), o método a montante tem como vantagens a simplicidade e o baixo custo de construção, porém está associado à maioria das rupturas em barragens de rejeitos em todo o mundo.

Método a jusante

No método a jusante faz necessária a construção de um dique inicial, impermeável, empregando-se normalmente material argiloso compactado, onde a linha do centro (eixo da barragem) se desloca a jusante durante os processos de alteamentos. O dique inicial deve possuir drenagem interna (filtro vertical e tapete drenante), além de ter seu talude de montante impermeabilizado com argila compactada ou mantas plásticas específicas para impermeabilização. Neste método somente os rejeitos grossos são utilizados no alteamento, e a barragem pode ser projetada para grandes alturas, incorporando sempre, neste alteamento, o sistema de impermeabilização e drenagem. Os rejeitos são hidrociclados,

e o underflow é lançado no talude de jusante sobre compactação e controle construtivo (SOARES, 2010).

Para Carvalho et al. (2018), o método a jusante é mais conservador que o método a montante e foi desenvolvido para reduzir os riscos de rompimento de barragens pelo efeito da liquefação, em zonas de atividade sísmica ou de movimentos decorrentes de explosões na área da mineração.

Método linha de centro

O método linha de centro trata-se de método intermediário entre o método a montante e o método a jusante. Inicialmente, é construído um dique de partida (dique inicial), e os rejeitos são lançados perifericamente a montante do mesmo, formando uma praia. O alteamento subsequente é realizado lançando-se os rejeitos sobre a praia anteriormente formada e sobre o talude de jusante do dique de partida. Neste processo, o eixo da crista do dique inicial e dos diques resultantes dos sucessivos alteamentos são coincidentes. Assim, o comportamento estrutural das barragens construídas por este método aproxima-se mais ao método de jusante (SOARES, 2010).

Conforme Carvalho et al. (2018), o método de linha de centro é uma solução intermediária entre os métodos a montante e a jusante. Tem maior estabilidade que a barragem alteada com o método a montante e não requer, porém, um volume de materiais tão grande como no alteamento com o método a jusante.

Legislação aplicável à segurança de barragens

Para Neves (2018, p. 10), a razão que levou o Brasil, a elaboração e aprovação da lei que estabelece a Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB), foi o reconhecimento do elevado nível de problemas de natureza organizacional, responsável pelo estado de abandono de várias barragens brasileiras a partir da vulnerabilidade nos projetos a construção e operação das estruturas existentes.

Diante deste cenário foi promulgada a Lei n.º 12.334 de 20 de setembro de 2010, que estabeleceu a PNSB destinadas à acumulação de água para quaisquer usos, à disposição final ou temporária de rejeitos e à acumulação de resíduos industriais, cria o Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens (SNISB), entre outras medidas. A fim de garantir os padrões de segurança, regulamentar, promover o monitoramento e acompanhar as ações de segurança empregadas pelos responsáveis pelas barragens, de maneira a reduzir a possibilidade de acidentes e suas consequências, em especial, junto à população potencialmente afetada e fomentar a cultura de segurança de barragens e gestão de riscos.

Por conseguinte, resoluções e portarias federais foram publicadas a fim de estabelecer critérios, diretrizes e prazos para o atendimento das exigências estabelecidas pela PNSB relacionados à gestão e segurança das barragens de contenção de rejeitos no Brasil. Estão listadas na sequência e organizadas no Quadro 01:

- Resolução Nº 13, de 8/08/2019: Estabelece medidas regulatórias objetivando

assegurar a estabilidade de barragens de mineração, notadamente aquelas construídas ou alteadas pelo método denominado “a montante” ou por método declarado como desconhecido e dá outras providências (BRASIL, p. 1, 2019).

- Portaria 70.389 da ANM, de 17/05/2017: Cria o Cadastro Nacional de Barragens de Mineração, o Sistema Integrado de Gestão em Segurança de Barragens de Mineração e estabelece a periodicidade de execução ou atualização, entre outros (BRASIL, p. 1, 2017).

- Resolução 144 do CNRH do Ministério do Meio Ambiente, de 10/07/2012: Estabelece diretrizes para implantação da Política Nacional de Segurança de Barragens, aplicação de seus instrumentos e atuação do SNISB (BRASIL, p. 1, 2012).

- Resolução 143 do CNRH do Ministério do Meio Ambiente, de 10/07/2012: Estabelece critérios gerais de classificação de barragens por categoria de risco, dano potencial associado e seu volume (BRASIL, p. 1, 2012).

- Resolução 91 da ANA, de 02/03/2012: Estabelece periodicidade, qualificação do responsável técnico, conteúdo mínimo e nível de detalhamento do Plano de Segurança da Barragem e da Revisão Periódica de Segurança da Barragem (BRASIL, p. 1, 2012).

Quadro 01: Legislação e atos que regem a Segurança de Barragens de mineração

Tipo de Legislação	Nº	Órgão Emissor
LEI	12.334 de 20/09/2010.	Presidência da República.
PORTARIA	70.389 de 17/05/2017.	Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM).
RESOLUÇÕES	13, de 08/08/2019.	Agência Nacional de Mineração (ANM).
	144 de 10/07/2012.	Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH).
	143 de 10/07/2012.	Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH).
	91 de 02/04/2012.	Agência Nacional de Águas (ANA)

Fonte: Elaborada pela autora.

A fiscalização da segurança da barragem consiste na verificação do cumprimento das obrigações legais previstas no PSB e na realização de inspeção nas estruturas físicas das barragens. Dessa forma, os órgãos responsáveis pela ação de fiscalizar a segurança das barragens, de acordo com a sua competência (BRASIL, 2010), são:

- 1) Agência Nacional de Águas (ANA), quando outorga o direito de uso dos recursos hídricos, observado o domínio do corpo hídrico, quando o objeto for de acumulação de água;
- 2) Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), quando autoriza ou registra o uso do potencial hidráulico, quando se tratar de uso preponderante para fins de geração hidrelétrica;
- 3) Agência Nacional de Mineração (ANM), quando regula e fiscaliza as atividades minerárias, para fins de disposição de rejeitos;
- 4) Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN), quando regula, licencia e fiscaliza a produção e o uso da energia nuclear, quando se tratar de disposição de rejeitos de minérios nucleares;
- 5) Órgãos gestores dos recursos hídricos, quando outorga o direito de uso dos recursos hídricos, observado o domínio do corpo hídrico, quando o objeto for de acumulação de água;
- 6) Órgãos licenciadores, quando concede a licença ambiental, para fins de disposição de resíduos industriais.

Vale salientar que os órgãos fiscalizadores devem dar ciência ao órgão de proteção e defesa civil das ações de fiscalização quando constatada a necessidade de adoção de medidas emergenciais relativas à segurança de barragens (BRASIL, 2010).

Diante das suas atribuições, a ANM publicou a Portaria nº 70.389, de 17/05/2017, que cria o Cadastro Nacional de Barragens de Mineração, o Sistema Integrado de Gestão em Segurança de Barragens de Mineração e estabelece a periodicidade de execução ou atualização, a qualificação dos responsáveis técnicos, o conteúdo mínimo e o nível de detalhamento do Plano de Segurança da Barragem, das Inspeções de Segurança Regular e Especial, da Revisão Periódica de Segurança de Barragem e do Plano de Ação de Emergência para Barragens de Mineração, conforme Lei nº 12.334/2010, que estabelece a PNSB (BRASIL, p. 1, 2017).

De acordo com os dispositivos da Portaria nº 70.389 (BRASIL, 2017), as barragens de mineração inseridas na PNSB devem apresentar, pelo menos, uma das seguintes características:

- a) altura do maciço, contada do ponto mais baixo da fundação à crista, maior ou igual a 15m;
- b) capacidade total do reservatório maior ou igual a 3.000.000m³;
- c) reservatório que contenha resíduos perigosos conforme normas técnicas aplicáveis;
- d) categoria de dano potencial associado (DPA), médio ou alto, em termos econômicos, sociais, ambientais ou de perda de vidas humanas, conforme definido no art. 6º.

Por sua vez, o DPA é definido como o dano que pode ocorrer devido ao rompimento ou mau funcionamento de uma barragem, independentemente da sua probabilidade de ocorrência (BRASIL, 2017, p. 5), podendo ser classificada em alto, médio e baixo levando em consideração o potencial de perdas de vidas humanas e dos impactos econômicos, sociais e ambientais decorrentes da ruptura da barragem (BRASIL,

2010). Tendo como base o aspecto atual e locacional da barragem, como: (i) o volume total do reservatório; (ii) a existência de população a jusante; (iii) impactos ambientais; e (iv) impactos socioeconômicos.

A identificação das barragens quanto à Categoria de Risco (CRI) dar-se-á de acordo com os aspectos que possam contribuir para ocorrência de um rompimento, considerando as características técnicas, o estado de conservação e o Plano de Segurança da Barragem (PSB), conforme Quadro 02 (BRASIL, 2017).

Quadro 02 - Classificação quanto à Categoria de Risco

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	ESTADO DE CONSERVAÇÃO	PSB
Altura do barramento	Confiabilidade das estruturas extravasoras	Existência de documentação de projeto da barragem
Comprimento do coroa-mento da barragem	Existência de perco-lação	Estrutura Organizacional E Quali-ficação dos Profissionais da Equipe Técnica de Segurança da Barragem
Vazão do Projeto	Deformação e recal-ques	Manual de Procedimentos de Inspe-ções de Segurança e Monitoramento
Método Construtivo	Deterioração dos taludes	Plano de Ação Emergencial (PAE) <input type="checkbox"/> quando exigido pelo órgão fiscaliza-dor.
Auscultação	Não apresenta descri-ção	Relatórios de Inspeção e Monito-ramento da Instrumentação e de Análise de Segurança

Fonte: Elaborado pela autora adaptado do BRASIL, 2017.

Em consonância com o art. 7º da Lei nº 12.334/2010, as barragens de contenção de rejeito são classificadas de acordo com o quadro de classificação quanto a CRI e ao DPA, nas classes A, B, C, D e E, onde A refere-se à estruturas de maior criticidade, que reduz gradativamente até a classe E, conforme Quadro 03 (BRASIL, 2017).

A classificação das barragens em classes tem como objetivo distingui-las em relação à sua abrangência e a frequência das ações de segurança necessárias, sendo uma ferramenta de planejamento de gestão, que diferencia a depender do órgão fiscalizador (ANM, 2020).

A Portaria nº 70.389/2017 ainda fornece ao empreendedor um direcionamento mais detalhado de como implantar o Plano de Ação de Emergência para Barragens de Mineração (PAEBM), devendo ser responsável pela: (i) sua atualização sempre que houver alguma mudança nos meios; (ii) promoção de treinamentos internos e participar de exercícios de simulação em conjunto com Prefeituras, Defesa Civil, população na Zona de Autossalvamento (ZAS), entre outros; (iii) fornecer aos organismos de defesa civil municipais os elementos necessários para a elaboração dos Planos de Contingência; (iv)

prestação de apoio técnico aos municípios nas ações de elaboração e desenvolvimento dos Planos de Contingência Municipais; (v) organização, em conjunto com a Defesa Civil, estratégias de alerta, comunicação e orientação à população potencialmente afetada na ZAS em situações de emergência; (vi) divulgação do PAEBM e assegurar seu conhecimento por parte de todos os envolvidos; e (vii) instalar sistemas de alerta, como sirenes, na ZAS (COSTA; GONÇALVES; FURTADO, 2019).

Conforme a Portaria nº 70.389/2017, o PAEBM consiste em um documento técnico elaborado pelo empreendedor, no qual devem ser identificadas as situações de emergência em potencial da barragem, estabelecendo as ações a serem executadas e a identificação dos agentes a serem notificados, com o objetivo de minimizar danos e perdas de vida (BRASIL, 2017). Vale ressaltar que todo PAEBM deve ser atualizado sempre que houver mudança: 1) nos cenários de emergência, 2) recursos disponíveis a serem utilizados nas situações de emergências e 3) atualização dos contatos e telefones do fluxograma de notificações. Ademais, a revisão acontecerá por circunstância da realização de cada RPSB que implicará na reavaliação dos alteamentos a jusante, dos impactos a ela associado e a atualização do mapa de inundação.

Assim, a RPSB tem como objetivo diagnosticar o estado geral de segurança da barragem, considerando o aspecto atual da barragem com relação aos parâmetros do projeto, a atualização de dados hidrológicos, as alterações das condições a montante e a jusante do empreendimento, e indicar as ações a serem adotadas pelo empreendedor para a manutenção da segurança. Tendo, como periodicidade máxima de revisão periódica o seu nível de DPA, seguindo o que determina o art. 15 da Portaria, sendo: (i) DPA alto: a cada 3 (três) anos; (ii) DPA médio: a cada 5 (três) anos; (iii) DPA baixo: a cada 7 (três) anos (BRASIL, 2017).

Ainda neste contexto, as barragens de contenção de rejeitos alteadas continuamente, independentes do nível do DPA, a RPSB será realizada a cada 2 (dois) anos ou a cada 10 (dez) metros de alteamento, prevalecendo o que ocorrer antes, com prazo máximo de seis meses para a conclusão da citada Revisão (BRASIL, 2017, p. 17).

Além das obrigações já mencionadas, o empreendedor tem o dever de realizar o cadastramento da barragem de mineração em construção, em operação e as desativadas que estão sob a sua responsabilidade, diretamente no SIGBM, integrando o Cadastro Nacional de Barragens de Mineração, conforme parágrafo único do art. 13 da Lei nº 12.334/2010 de acordo com a periodicidade expressa no art. 4º da Portaria nº 70.389 (BRASIL, 2017).

Devendo, ainda, encaminhar a ANM, a Declaração de Condição de Estabilidade da Barragem (DCE) com cópia da respectiva ART na forma do Anexo III, individualizada por barragem, semestralmente, entre os dias 1º e 31 de março e 1º e 30 de setembro (BRASIL, 2017).

Vale ressaltar que essa portaria delibera também sobre os casos de descadastramento por fechamento ou descaracterização de uma barragem de contenção de rejeito, ficando o empreendedor obrigado a apresentar à ANM, por meio do SIGBM, documento atestando o fechamento ou a descaracterização da citada estrutura (BRASIL, 2017).

Percursos Metodológico

Para o alcance do objetivo, foi realizada uma pesquisa com dados secundários, disponibilizado no módulo público externo do Sistema Integrado de Gestão de Barragem de Mineração (SIGBM), no site da Agência Nacional de Mineração (ANM), no período de 10 a 30 de novembro de 2020, referente aos aspectos exigidos pela Política Nacional de Segurança de Barragens - classificação, estatísticas e localização.

Com base nesses aspectos e nas características: 1) Inseridas na PNSB; 2) Método Construtivo; 3) Categoria de Risco (CRI); 4) Dano Potencial Associado (DPA); 5) Porte pelo volume; 6) Classe; 7) Necessidade de PAEBM; 8) Altura Máxima; 9) Nível de Emergência, os dados foram individualizados e organizados em planilhas eletrônicas e, posteriormente, apresentados em gráficos e tabelas, representando o quantitativo e percentual dessas características estruturais das barragens cadastradas no SNISB.

Antecedendo a essa etapa, foi realizada a pesquisa bibliográfica no Google acadêmico, Periódicos Capes, Banco de teses e dissertações da Capes, Scielo e sites de órgãos públicos, utilizando-se as palavras chaves: barragem de rejeito, mineração, rompimento de barragem e impactos ambientais. Adicionalmente à análise dos relatórios da ANM e a elaboração do marco teórico e base legal construído por meio de teses, dissertações, teses, artigos e legislações encontrados.

Ressalta-se que esta pesquisa foi aprovada pelo Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) da Universidade Federal do Vale do São Francisco (UNIVASF) sob o número 22348919.9.0000.5196 atendendo aos princípios éticos de pesquisa para as áreas de humanas e sociais, como consta também na Resolução 510/2016 (BRASIL, 2016).

Resultados e Discussões

Barragem de rejeitos tornou-se uma temática de grande visibilidade, gerando desafios e discussões visando à segurança dessas estruturas. Assim, a pesquisa apresenta o cenário atual das barragens de contenção de rejeitos no que tange às exigências da Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB), tendo como base as informações contidas no Sistema Integrado de Gestão em Segurança de Barragens de Mineração (SIGBM). Os dados estão organizados apresentando as barragens: 1) Inseridas na PNSB; 2) Método Construtivo; 3) Categoria de Risco (CRI); 4) Dano Potencial Associado (DPA); 5) Porte pelo volume; 6) Classe; 7) Necessidade de PAEBM; 8) Altura Máxima; 9) Nível de Emergência.

Barragens inseridas na PNSB - A partir dos dados obtidos no SIGBM, detectou-se que 860 barragens estão cadastradas no sistema, onde 436 estão inseridas na PNSB representando 51% do seu total, por apresentarem pelo menos uma das características previstas no parágrafo único do artigo 1º da Lei Federal 12.334/2010 e sua alteração, enquanto 424 barragens não estão inseridas na PNSB, totalizando 49%, por não apresentarem nenhuma das características elencadas no artigo citado.

O Quadro 03 demonstra a quantidade de barragens por Unidade Federativa, pos-

sibilitando a identificação dos estados com a maior presença de barragens inseridas ou não no PNSB cadastradas no sistema. São eles: Bahia, Minas Gerais, Mato Grosso, Pará e São Paulo, dentre as inseridas ou não na PNSB.

Quadro 03: Quantitativo Geral de Barragens inseridas ou não na PNSB por UF

UF	Inseridas na PNSB	Não inseridas na PNSB	Quantidade Geral de UF
AL	0	1	1
AM	8	7	15
AP	5	8	13
BA	14	61	75
GO	10	6	16
MA	1	2	3
MG	216	149	365
MS	6	12	18
MT	53	54	107
PA	70	35	105
PB	0	1	1
PI	0	2	2
PR	3	0	3
RJ	1	1	2
RO	11	24	35
RS	4	2	6
SC	11	3	14
SE	2	1	3
SP	20	50	70
TO	1	5	6

TOTAL	436	424	-
--------------	------------	------------	----------

Fonte: Adaptado pela autora do SIGBM (2020).

Ademais, pode-se observar que, dentre os estados citados, Minas Gerais apresentou um total de 365 barragens cadastradas no SNISB, onde 216 (25%) estão inseridas na PNSB e 149 (17%) não estão inseridas, correspondendo à maior concentração de barragens cadastradas (Quadro 03).

Barragens classificadas por Método Construtivo - A partir dos dados contidos no SNISB nota-se que uma parcela, significativa, de 51% do total de barragens cadastradas, foram desenvolvidas em etapa única (Quadro 4). Dentre os demais métodos construtivos, há um predomínio do alteamento a jusante que apresenta um total de 170 barragens, atingindo cerca de 20% do total das barragens cadastradas. O alteamento por linha de centro representa 9%, totalizando 80 barragens existentes. Quanto ao alteamento a montante ou desconhecido existem 64 barragens cadastradas que perfazem 7% do total. Existem, ainda, as barragens cadastradas que não estão preenchidas ou não informaram o método construtivo adotado que totaliza 106 (12%) barragens cadastradas.

Ainda referente às barragens e o seu método construtivo, o estado de Minas Gerais apresenta o maior quantitativo de barragens construídas nos diversos métodos construtivos. Vale ressaltar, ainda, que Minas Gerais deste total 46 barragens foram construídas no método de alteamento a montante, enquanto os demais estados apresentam no máximo cinco barragens construídas por este método (Quadro 04).

Quadro 04: Métodos construtivos por UF

UF	Etapa única	Alteamento a jusante	Alteamento por linha de centro	Alteamento a montante ou desconhecido	Não preenchidos	Total Geral de Barragens
AL	0	0	0	0	1	1
AM	14	1	0	0	0	15
AP	5	2	0	0	6	13
BA	13	24	27	3	8	75
GO	4	5	3	3	1	16
MA	1	0	1	0	1	3
MG	221	66	16	46	16	365
MS	16	0	1	1	0	18

MT	12	49	18	0	28	107
PA	70	14	9	5	7	105
PB	0	0	0	0	1	1
PI	0	0	0	0	2	2
PR	1	1	1	0	0	3
RJ	2	0	0	0	0	2
RO	19	0	0	0	15	34
RS	3	0	0	2	1	6
SC	13	0	0	0	1	14
SE	3	0	0	0	0	3
SP	38	7	4	4	17	70
TO	4	1	0	0	1	6
TO-TAL	439	170	80	64	106	859

Fonte: Adaptado pela autora do SIGBM (2020).

Barragens classificadas por Categoria de Risco (CRI) - No que se refere à categoria de risco, 324 delas são classificadas de baixo risco, perfazendo 74%. Porém, 50 barragens estão classificadas de alto risco, cerca de 11% do total, enquanto 62 são classificadas de médio risco, isso quer dizer 14%, levando em consideração os aspectos que possam influenciar na possibilidade da ocorrência de acidentes, tendo como base as características técnicas, o estado de conservação e o Plano de Segurança da Barragem, conforme previsto na Portaria nº 70.389/2017. De acordo com a classificação da Categoria de Risco das barragens cadastradas no SIGBM, pode-se observar que das 50 barragens classificadas com alto risco 43 estão localizadas em Minas Gerais.

Barragem classificadas por Dano Potencial Associado (DPA) - Em relação à classificação das barragens quanto ao dano potencial associado constatou-se que das 436 barragens inseridas na PNSB, cerca de 60% delas apresentam alto dano potencial associado, isso significa que 262 barragens possuem elevado poder de destruição caso ocorra um rompimento ou mau funcionamento dela, por causar perdas de vidas humanas, impactos sociais, econômicos e ambientais.

Os dados mostram ainda que 150 barragens com dano potencial associado alto, estão localizadas no estado de Minas Gerais.

Barragem classificadas por Porte por Volume - Considerando a capacidade dos reservatórios, nota-se que uma parcela, significativa, 61% do total de barragens, considerado porte muito pequeno; isso quer dizer, capacidade de volume ≤ 500 mil m^3 , enquanto 1%, das barragens são de grande porte por ter capacidade de 25 milhões a 50 milhões m^3 e 2% são muito grande, visto que possuem capacidade ≥ 50 milhões m^3 .

Vale ressaltar, que o estado de Minas Gerais concentra a maior quantidade de barragens classificadas como de grande e muito grande porte de volume, por apresentar 6 e 11 barragens, respectivamente, que podem acumular 25 milhões m^3 a ≥ 50 milhões m^3 de rejeito na sua estrutura.

Barragem classificada por Classe - A classificação das barragens quanto à sua classe obedece a sequência das letras A, B, C, D e E, seguindo a combinação da CRI e do DPA de cada barragem, conforme o Anexo I da Portaria nº 70.389/2017, onde [A] refere-se à estruturas de maior criticidade (vulnerabilidade) reduzindo gradativamente até a classe [E].

Os dados cadastrados no SIGBM mostram que cerca de 9% do total de barragens inseridas na PNSB possuem maior criticidade (vulnerabilidade), sendo classificadas como classe A. Enquanto 53% apresentam pequena redução de criticidade, passando para a classe B. Em seguida, 31% representam uma redução maior que as anteriores, indo para a classe C. Tendo ainda a classe D representando apenas 1% do total de barragens, reduzindo a sua criticidade gradativamente até a classe E que apresenta 6% do total de barragens, onde seu CRI e DPA apresentam baixa criticidade (Quadro 05).

Quadro 05: Quantitativo de Barragens por Classes

Classe	CRI	DPA	Quantidade de Barragens	Porcentagem %
A	Alto	Alto	40	9
B	Alto	Médio	229	53
	Médio	Alto		
	Baixo	Alto		
C	Alto	Baixo	135	31
	Médio	Médio		
	Baixo	Médio		
D	Médio	Baixo	6	1
E	Baixo	Baixo	26	6

Fonte: Adaptado pela autora do SIGBM (2020).

Barragem classificada por necessidade de PAEBM - O PAEBM deverá ser elaborado para todas as barragens com dano potencial associado alto, ou quando exigido pela ANM e, ainda, nas barragens com dano potencial associado médio, quando o fator [existência de população a jusante] atingir 10 pontos ou o item [impacto ambiental] atingir 10 pontos. Assim, o PAEBM integrará o PSB como [volume V], contemplando o

previsto no art. 12 da Lei nº 12.334/2010, conforme estabelecido no Anexo II da Portaria nº 70.389/2017.

Nota-se que cerca de 61% das barragens necessitam apresentar o PAEBM, enquanto 39% estão dispensadas.

Percebe-se que 272 barragens possuem, enquanto 32 barragens estão com PAEBM em fase de elaboração. Vale ressaltar, que para 109 barragens não é exigido pelo órgão fiscalizador a elaboração do PAEBM.

Atendendo o previsto no Art. 31 da Portaria nº 7.389/2017, os dados mostram que 249 empreendimentos apresentaram cópias físicas do PAEBM para as Prefeituras e aos organismos de Defesa Civil municipal e estadual, conforme gráfico representado abaixo.

Barragem classificada por Altura Máxima Atual - Quanto à altura máxima das barragens, como um aspecto determinante para a inserção da mesma na PNSB, conforme determinado no parágrafo único do Art. 1º da Lei nº 12.334/2010, pode-se observar que 532 barragens, perfazendo 62% apresentam altura abaixo de 15m. Enquanto 299 barragens (35%) possuem altura entre 15.01m a 60.01m. Tendo, ainda, as que não foram preenchidas, que somam 31 barragens representando 4% do total.

Barragem classificada por Nível de Emergência - Em relação ao nível de emergência das barragens, pode-se observar que a maioria expressiva das barragens cadastradas, cerca de 95%, são declaradas sem emergência. Porém, existem 4% das barragens classificadas como de nível 1, quando ocorre uma anomalia que resulte na pontuação máxima de 10 (dez) pontos em qualquer coluna do Quadro 3 do Anexo V, sendo assim iniciada a Inspeção de Segurança Regular (ISE). Enquanto, 1% das barragens cadastradas está no nível 2, visto que o resultado das ações adotadas na anomalia foi classificado como não controlado e tampouco extinto, necessitando de novas ISE e de novas intervenções a fim de eliminá-las. Tendo, ainda, 04 barragens que são classificadas como nível 3, quando a ruptura é iminente ou está ocorrendo.

Os dados possibilitam observar que as três barragens declaradas como de nível 3 estão localizadas no estado de Minas Gerais, assim, nenhum outro estado apresenta barragens nesse nível de emergência.

Fiscalização - Como o estudo é relacionado exclusivamente às barragens de mineração, tendo em vistas as atribuições da ANM definidas pela lei que estabeleceu a PNSB, a fiscalização e a implementação dos Planos de Segurança das Barragens de Mineração (PSBM) ficam a cargo dos membros da Gerência de Segurança de Barragens de Mineração (GSBM) da agência (ANM, 2020).

Dessa forma, de acordo com o Manual de Fiscalização para Barragens de Mineração (DNPM, 2014), a fiscalização das barragens de mineração é realizada em quatro fases.

A primeira etapa consiste na gestão remota (escritório) das informações inseridas

no SIGBM. Nesta etapa são levadas em consideração as informações, como autos de infração e interdição de ofício, alertas instantâneos em caso de possível situação anormal, a classificação com base no CRI e no DPA. Na segunda etapa realiza a programação das campanhas de vistorias utilizando o grau de prioridade verificada na primeira etapa. Na terceira etapa ocorre a fiscalização *in loco*, que é subdividida em duas etapas: 1) fase de análise documental, onde se verifica os volumes obrigatórios do PSB e do PAEBM, dentre outros fatores; 2) fase de campo, quando é realizada a inspeção visual de todos os componentes da barragem. Na quarta etapa o fiscal elabora relatório de vistoria, com a indicação de ações a serem tomadas por consequência da vistoria, com emissão de notificações com exigências ou, ainda, requisitadas interdições (DNPM, 20214).

Vale ressaltar que o ano de 2020, em decorrência da pandemia do COVID-19, e ainda em função da contratação de assessoria que visava aumentar o rigor técnico e a efetividade das fiscalizações provocou alteração no desenvolvimento das ações fiscalizatórias pela agência (ANM, 2021).

Por conseguinte, as vistorias tiveram uma redução, sendo realizadas, durante o ano de 2020, um total de 291 vistorias em 245 estruturas, o que correspondeu a 28% das 872 barragens cadastradas. Considerando as barragens inseridas na PNSB foram vistoriadas 221 estruturas, o que corresponde a 50,8% do total das barragens. No tocante à classificação da Categoria de Risco e Dano Potencial Associado, foram realizadas vistorias em 50 % das estruturas com CRI Baixo, 28 % Médio, 86 % Alto e 5 % das barragens que não estão inseridas na PNSB. Quanto ao DPA, os números são de 27% para DPA Baixo, 41% Médio e 61% Alto (ANM, 2021).

Diante da necessidade de retornar às estruturas anteriormente vistoriadas em decorrência de situações de emergência, pendências resultantes das próprias fiscalizações, denúncias ou solicitações dos órgãos de controle, a ANM realizou no ano passado 45 revistorias em 25 barragens, o que representou 18 % do total de estruturas fiscalizadas (ANM, 2021).

Considerações Finais

Este estudo trabalhou a problemática relacionada à geração e disposição final do rejeito produzido no beneficiamento do minério, referente à forma pela qual o setor executa a construção do projeto estrutural e respeita os critérios técnicos e monitoramentos adequados para evitar acidentes.

A análise dos dados mostrou a situação das barragens de contenção de rejeitos que, de 860 barragens cadastradas no sistema, 60% delas apresentam alto DPA, enquanto 11% são caracterizadas com alta CRI. Destas, barragens com DPA alto e alto risco de ocorrência de acidentes, estão localizadas no estado de Minas Gerais. Vale ressaltar, que o estado de Minas Gerais também apresenta a maior quantidade de barragens construída pelo método a montante, método este que atualmente está proibido a sua construção ou alteamento e, ainda apresenta as únicas barragens declaradas com Nível 3 de emergência. Dessa forma fica evidente a necessidade de fiscalizações rigorosas na gestão dessas barragens.

Tendo em vista a importância da ação fiscalizatória para garantir o cumprimento da legislação faz-se necessário aumentar o quantitativo de funcionários na ANM. Assim, o mapeamento e monitoramento dessas estruturas serão intensificados, a fim de garantir a sua estabilidade e reduzir o risco de ocorrer acidentes.

Para contribuir nesse sentido o Sistema Integrado de Gestão de Barragem de Mineração (SIGBM) é uma importante ferramenta de gestão das barragens de mineração, tanto para o órgão fiscalizador no que se refere há melhor planejamento e definição de estratégias para o acompanhamento dessas estruturas, como para o empreendedor que pode cadastrar a sua barragem e atualizar seus dados quando for necessário, e ainda para o público externo. Importante oportunidade para público externo obter informações técnicas específicas sobre as barragens, para compreender, participar, cobrar e fiscalizar.

Dessa forma, acredita ser necessário o aprofundamento das informações contidas no sistema, como a disponibilização do PSB, o mapa de inundação e gestão dos autos de infração e interdição relacionados à operação das barragens no SIGBM módulo público.

Assim, no que se refere às limitações deste estudo, ressalta-se que os dados analisados foram coletados até 30/11/2020 e como o Sistema Integrado de Gestão de Barragem de Mineração (SIGBM) apresenta atualização dinâmica, isso indica a necessidade de atualização dos dados. Assim, sugerimos estudos futuros que concentrem em diagnosticar a progressão das atualizações dos dados das barragens de mineração e sua contribuição para garantir a sua integridade.

Referências

AGÊNCIA NACIONAL DE MINERAÇÃO (ANM). Relatório anual de segurança de barragens de mineração, 2020. Disponível em: <https://www.gov.br/anm/pt-br/assuntos/barragens/relatorios-anuais-de-seguranca-da-barragens-de-mineracao-1/RelatorioAnual2020Final.pdf>. Acesso em: 01 dez. 2021.

AGÊNCIA NACIONAL DE MINERAÇÃO (ANM). Relatório anual de segurança de barragens de mineração, 2019. Disponível em: <http://www.anm.gov.br/assuntos/barragens/relatorios-anuais-de-seguranca-da-barragens-de-mineracao-1/relatorio-anual-gsbm-2019-v-final>, Acesso em: 04 maio 2020.

AGÊNCIA NACIONAL DE MINERAÇÃO (ANM). Nota Técnica - Resultado consolidado das declarações de condição de estabilidade. Março/2018. Disponível em: [file:///C:/Users/Propriet%C3%A1rio/Downloads/Nota%20tecnica%20do%20resultado%20da%20Declara%C3%A7%C3%A3o%20de%20Condi%C3%A7%C3%A3o%20de%20estabilidade%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/Propriet%C3%A1rio/Downloads/Nota%20tecnica%20do%20resultado%20da%20Declara%C3%A7%C3%A3o%20de%20Condi%C3%A7%C3%A3o%20de%20estabilidade%20(1).pdf). Acesso em: 05 maio 2019.

BRASIL. Lei nº 12.334, de 20 de setembro de 2010. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2010/Lei/L12334.htm. Acesso em: 01 fev. 2019

BRASIL. Resolução 91 da ANA, de 2 de abril de 2012. Disponível em: <http://arquivos.ana.gov.br/resolucoes/2012/91-2012.pdf>. Acesso em: 20 abr. 2019.

BRASIL. Resolução 143 do CNRH do Ministério do Meio Ambiente, de 10 de julho de 2012. Disponível em: <http://www.cnrh.gov.br/resolucoes/1922-resolucao-n-143-de-10-de-julho-de-2012/file>. Acesso em: 20 abr. 2019.

BRASIL. Resolução 144 do CNRH do Ministério do Meio Ambiente, de 10 de julho de 2012. Disponível em: https://sistemas.dnpm.gov.br/publicacao/mostra_imagem.asp?IDBancoArquivoArquivo=7234. Acesso em: 01 fev. 2019.

BRASIL. Portaria DNPM nº 70.389, de 17 de Maio de 2017. Disponível em: <http://www.anm.gov.br/dnpm/documentos/portaria-dnpm-n-70389-de-17-de-maio-de-2017-seguranca-de-barragens/view>. Acesso em: 01 fev. 2019.

BRASIL. Resolução nº 4, e 15 de fevereiro de 2019. Disponível em: http://www.in.gov.br/materia/-/asset_publisher/Kujrw0TZC2Mb/content/id/63799094/do1-2019-02-18-resolucao-n-4-de-15-de-fevereiro-de-2019-63799056. Acesso em: 05 abr. 2019.

CARDOZO, F. C. C.; PIMENTA, M. M.; ZINGANO, A. C. Métodos construtivos de barragens de rejeitos de mineração: uma revisão. *Holos*, ano 32, vol. 08, 2016.

CARNEIRO, G. S. G. *Estudo das causas, impactos e medidas corretivas do rompimento de uma barragem de rejeitos, usando o caso da barragem de Mariana – MG*. Uberlândia 2018.

CARVALHO, P. S. L.; MESQUITA, P. P. D.; REGIS, R. D. D.; MEIRELLIS, T. L. *Sustentabilidade socioambiental da mineração*. BNDES Setorial 47, p. 333-390, 2018.

COSTA, D. P.; GONÇALVES, G.; FURTADO, A. S. O. Proposta de implantação do plano de ação de emergência em ciclos. **Revista Brasileira de Engenharia de Barragens** □ Comitê Brasileiro de Barragens. ano v, n. 7, fev., 2019.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE PRODUÇÃO MINERAL (DNPM). **Manual de Fiscalização - Segurança de Barragens de Mineração**. Brasília, 2014. Disponível em: <https://www.gov.br/anm/pt-br/assuntos/arrecadacao/manuais/manual-de-parcelamentos-dos-creditos-do-dnpm>. Acesso em: 01 dez. 2021.

DUARTE, A. P. **Classificação das barragens de contenção de rejeitos de mineração e de resíduos industriais no estado de Minas Gerais em relação ao potencial de risco**. Dissertação do Programa de Pós-graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos da Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2008.

ESPÓSITO, T. J. **Metodologia probabilística e observacional aplicada a barragens de rejeito construídas por aterro hidráulico**. Tese de Doutorado em Geotecnia. Universidade de Brasília, 2000.

FREITAS, C. M., BARCELLOS C., HELLER L., LUZ Z. M. P. Desastres em barragens de mineração: lições do passado para reduzir riscos atuais e futuros. **Epidemiol. Serv. Saúde**, Brasília, 2019.

GUIMARÃES, J. I. **Impacto do rompimento de uma barragem de rejeitos de minério de ferro sobre a qualidade das águas superficiais**. Estudo de caso: Bacia do rio Doce. Dissertação do Programa de Pós-graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos da Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2018.

GOMES A. C. F. **Estudo de aproveitamento de rejeito de mineração**. Dissertação do programa de Pós-graduação em Engenharia Metalúrgica, Materiais e de Minas da Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2017.

LOZANO, F. A. E. **Seleção de locais para barragens de rejeitos usando o método de análise hierárquica**. Dissertação (Mestrado) □ Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Estruturas e Fundações. São Paulo, 2006.

MATURANO RAFAEL, H, M, A.. **Análise do Potencial de Liquefação de uma Barragem de Rejeito**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) □ Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2012.

SOARES, L. **Barragem de rejeitos**. Comunicação Técnica elaborada para o Livro Tratamento de Minérios, 5 ed □ Cap 19, p. 831 □ 896. Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 2010.

SOUZA JUNIOR, TE; MOREIRA, E. B.; HEINECK, K.S. Barragens de contenção de rejeitos de mineração no Brasil. **Holos**, ano 34, vol. 05, 2018.

THOMÉ, R., PASSINI, M. L. 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 - UNIOESTE/MCR** - v.18.

Suiane Rodrigues Leão

✉ suianer.leao@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7796-9720>

Submetido em: 29/06/2021

Aceito em: 31/06/2022

ASOC-2021-0066.R1

Alvany Maria dos Santos Santiago

✉ alvany.santiago@univasf.edu.br

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5869-4848>

Escenario de presas de relaves: saber evitar nuevas catástrofes

Suiane Rodrigues Leão
Alvany Maria dos Santos Santiago

Resumen: La minería es uno de los sectores básicos de la economía brasileña. A pesar de su importancia, la generación de relaves a partir del procesamiento es significativa, convirtiéndose en uno de los mayores problemas del sector. Los accidentes relacionados con la ruptura de presas han marcado la trayectoria de la exploración minera. Así, este estudio buscó presentar el escenario actual de las presas de relaves, con base en la información contenida en el SIGBM. Se observó el número de presas insertadas en el PNSB, categoría de riesgo, daño potencial, nivel de emergencia, entre otros. El análisis de estos datos indica que Minas Gerais es el estado con mayor número de presas insertadas en el PNSB, con alto CRI y DPA, con presas construidas por el método upstream y declaradas en nivel de emergencia 3, por lo que requieren atención e intervención adicionales para garantizar su seguridad.

São Paulo. Vol. 25, 2022

Artículo original

Palabras-clave: Minería, presa de relaves, modelos constructivos, legislación, seguridad de presas.

Tailings dam scenario: knowing to avoid new catastrophes

Suiane Rodrigues Leão
Alvany Maria dos Santos Santiago

Abstract: Mining is one of the key sectors of the Brazilian economy. However, despite its importance, tailings production is still significant and constitutes one of the greatest problems in this sector. Moreover, dam failure events have marked the history of the mining sector. From this perspective, this study aimed to assess the current scenario of tailings dams based on information contained in the SIGBM database. First, the number of dams included in the PNSB, their risk categories, potential damage, level of emergency, and other factors were observed. Then, data analysis indicated that Minas Gerais is the state with the largest number of dams included in the PNSB, with high CRI and DPA, dam construction by the upstream method, and dams classified as emergency level 3, thus requiring extra attention and interventions in order to ensure their safety.

São Paulo. Vol. 25, 2022

Original Article

Keywords: Mining; tailings dams; construction methods; regulations; dam safety.