



**CENTRO FEDERAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA DE MINAS GERAIS
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA AMBIENTAL
GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AMBIENTAL E SANITÁRIA**

**SEGURANÇA DE
BARRAGENS DE MINERAÇÃO NO ESTADO DE MINAS GERAIS: UM
COMPARATIVO ENTRE AS POLÍTICAS NACIONAL E ESTADUAL E SUAS
IMPLICAÇÕES**

GUSTAVO HENRIQUE PEIXOTO MARINHO

Belo Horizonte

2021

Gustavo Henrique Peixoto Marinho

**SEGURANÇA DE
BARRAGENS DE MINERAÇÃO NO ESTADO DE MINAS GERAIS: UM
COMPARATIVO ENTRE AS POLÍTICAS NACIONAL E ESTADUAL E SUAS
IMPLICAÇÕES**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado no Centro Federal de Educação tecnológica de Minas Gerais – CEFET-MG como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro Ambiental e Sanitarista.

Orientadora: Prof^a. Dra. Adriana Alves Pereira Wilken

Belo Horizonte

2021

GUSTAVO HENRIQUE PEIXOTO MARINHO

**SEGURANÇA DE BARRAGENS DE MINERAÇÃO NO ESTADO DE MINAS
GERAIS: UM COMPARATIVO ENTRE AS POLÍTICAS NACIONAL E ESTADUAL
E SUAS IMPLICAÇÕES**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro Ambiental e Sanitarista.

Aprovado em 13 de setembro de 2021.

Banca examinadora:

Prof^ª. Dr^ª. Adriana Alves Pereira Wilken – Presidente da Banca Examinadora
CEFET-MG – Orientador(a)

Prof. Dr. Evandro Carrusca de Oliveira - CEFET-MG

Prof. Dr. Carlos Wagner Gonçalves Andrade Coelho – CEFET-MG



Emitido em 13/09/2021

CÓPIA DE FOLHA DE ASSINATURAS Nº 1/2021 - CEAMS (11.51.05)

(Nº do Protocolo: NÃO PROTOCOLADO)

(Assinado digitalmente em 13/09/2021 11:59)

ADRIANA ALVES PEREIRA WILKEN
PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO
DCTA (11.55.03)
Matrícula: 1019686

(Assinado digitalmente em 15/09/2021 09:36)

CARLOS WAGNER GONCALVES ANDRADE
COELHO
PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO
DCTA (11.55.03)
Matrícula: 2145451

(Assinado digitalmente em 13/09/2021 19:57)

EVANDRO CARRUSCA DE OLIVEIRA
PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO
DCTA (11.55.03)
Matrícula: 2150490

Para verificar a autenticidade deste documento entre em <https://sig.cefetmg.br/documentos/> informando seu número:
1, ano: **2021**, tipo: **CÓPIA DE FOLHA DE ASSINATURAS**, data de emissão: **13/09/2021** e o código de
verificação: **90e9f87487**

RESUMO

MARINHO, GUSTAVO HENRIQUE PEIXOTO. **Barragens de mineração no estado de Minas Gerais: um comparativo entre as políticas nacional e estadual e suas implicações.** 2021. 39. Monografia (Graduação em Engenharia Ambiental e Sanitária) – Departamento de Ciência e Tecnologia Ambiental, Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2021.

O estado de Minas Gerais possui a sua própria Política Estadual de Segurança de Barragem (PESB) estabelecida pela Lei N° 23.291/2019, mas que também deve seguir as diretrizes da Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB) estabelecida pela Lei N° 12.334/2010. Um dos objetivos da PNSB é estimular a prevenção e reduzir a possibilidade de acidentes. Infelizmente, na prática, sua aplicação não garantiu, até o momento, que rupturas de barragens fossem registradas, o que levou o estado de Minas Gerais a publicar a PESB, na tentativa de aumentar o controle sobre essas estruturas. O objetivo deste trabalho foi avaliar os impactos na gestão de barragens minerárias no estado de Minas Gerais em função da implementação da PESB e da PNSB. Para isto, dois dos critérios do Art. 1° de ambas as políticas foram comparados: a capacidade total do reservatório e a altura do maciço. Verificou-se também o impacto da obrigatoriedade de descaracterização das barragens já existentes alteadas pelo método a montante. Para ampliar a análise, foi realizada uma simulação considerando a obrigatoriedade da descaracterização de todas as barragens já existentes e localizadas até 10 km a montante de alguma comunidade presente na região. Os dados foram coletados do Sistema Integrado de Gestão de Barragens de Mineração (SIGBM), disponibilizados eletronicamente pela Agência Nacional de Mineração (ANM), atualizados até o mês de junho de 2021. Também foi realizado o georeferenciamento de todas as barragens localizadas no Estado. Os resultados das comparações das políticas apresentaram elevada diferença, sendo que o critério de capacidade total do reservatório da PESB enquadrou 345 das 359 barragens localizadas no estado de Minas Gerais nos requisitos da política. Serão descaracterizadas um total de 45 barragens em todo o estado de Minas Gerais por terem sido construídas pelo método a montante, método que passou a ser proibido após a criação da PESB. Em uma análise geral os resultados mostram que os requisitos da PESB são mais restritivos que os PNSB. E a partir da simulação proposta no presente trabalho, no caso haja uma alteração na redação do Art. 12° da PESB e torne-se obrigatória a descaracterização das barragens existentes, além de apenas proibir a construção de novas ou ampliações dessas estruturas existentes localizadas a montante da Zona de Alto Salvamento (ZAS) dentro de 10 km da comunidade, 8 barragens devem ser descaracterizadas.

Palavras-chave: Barramentos; Legislação ambiental; Descomissionamento.

ABSTRACT

MARINO, GUSTAVO HENRIQUE PEIXOTO. Mining dams in the state of Minas Gerais: a comparison between national and state policies and their chances. 2021. 39. Undergraduate thesis (Environmental and Sanitary Engineering) - Department of Environmental Science and Technology, Federal Center of Technological Education of Minas Gerais, Belo Horizonte, 2021.

The state of Minas Gerais has its own State Dam Safety Policy (PESB) established by Law No. 23291/2019, but which must also follow the guidelines of the National Dam Safety Policy (PNSB) established by Law No. 12.334 /2010. One of the goals of the PNSB is to encourage prevention and reduce the possibility of accidents. Unfortunately, in practice, its application has not ensured, so far, that dam failures were recorded, which led the state of Minas Gerais to publish the PESB, in an attempt to increase control over these structures. The objective of this work was to evaluate the impacts on the management of mining dams in the state of Minas Gerais due to the implementation of PESB and PNSB. For this, two of the criteria of Art. 1 of both policies were compared: the total capacity of the reservoir and the height of the massif. It was also verified the impact of the obligatory de-characterization of the existing dams altered by the upstream method. To broaden the analysis, a simulation was carried out considering the obligatory decharacterization of all existing dams located up to 10 km upstream of any community present in the region. Data were collected from the Integrated Management System for Mining Dams (SIGBM), made available electronically by the National Mining Agency (ANM), updated until the month of June 2021. The georeferencing of all dams located in the State was also carried out. The results of the policy comparisons showed a high difference, with the PESB total reservoir capacity criterion meeting 345 of the 359 dams located in the state of Minas Gerais in the policy requirements. The results show us that the Law governing the PESB of 2019 is much more restrictive than the PNSB Law, having as consequences more drastic measures such as the prohibition of licensing for dams upstream of the Self-Rescue Zone (SRZ) present only in it. The results reinforce the importance of having more in-depth studies on the country's environmental policies, indicating the need for further studies on the assessment of PSB. And from the proposed simulation, in case there is a change in the wording of Article 12 of the PESB and it becomes mandatory to decharacterize the existing dams, in addition to just prohibiting the construction of new or expansions of these existing structures located upstream of the ZAS within 10 km of the community, dams must be decharacterized.

Keywords: Busbars; Environmental legislation; Decommissioning.

LISTA DE TABELAS

<u>Tabela 1: Exemplos de casos de rupturas de barragens de rejeitos no mundo.....</u>	16
<u>Tabela 2: Classificação das características das barragens de contenção de rejeitos de mineração de acordo com os aspectos das próprias barragens.....</u>	21
<u>Tabela 3: Diferenças entre o Art. 1º da Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB; Lei Federal Nº 12.334/2010) e Política Estadual de Segurança de Barragens (PESB; Lei Estadual Nº 23.291/2019).</u>	26
<u>Tabela 4: Barragens localizadas em Minas Gerais que se enquadram no critério da altura do maciço - Art.1º da Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB; Lei Federal Nº 12.334/2010) e Política Estadual de Segurança de Barragens (PESB; Lei Estadual Nº 23.291/2019).....</u>	31
<u>Tabela 5: Barragens localizadas em Minas Gerais que se enquadram no critério da capacidade total do reservatório - Art.1º da Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB; Lei Federal Nº 12.334/2010) e Política Estadual de Segurança de Barragens (PESB; Lei Estadual Nº 23.291/2019).</u>	32

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Localização de todas as barragens de mineração no estado de Minas Gerais.....	30
Figura 2: Barragens de mineração que devem ser descaracterizadas no estado de Minas Gerais	35
Figura 3: Forma de identificação de barragens a 10km de ZAS	36

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANA – Agência Nacional De Águas

ANM - Agência Nacional De Mineração

CEFET-MG – Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais

CF - Constituição Federal

FEAM – Fundação Estadual de Meio Ambiente de Minas Gerais

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

MG - Minas Gerais

PAEBM - Plano de Ação de Emergência para Barragens de Mineração

PSB - Política de Segurança de Barragens

PESB - Política Estadual de Segurança de Barragens

PNSB - Política Nacional de Segurança de Barragens

SIGBM - Sistema Integrado de Gestão de Barragens de Mineração

SIG – Sistema de Informações Geográficas

SNISB - Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens

ZAS - Zonas de Auto Salvamento

SEMAD - Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável

Sumário

1	<u>INTRODUÇÃO</u>	9
2	<u>OBJETIVOS</u>	13
2.1	<u>GERAL</u>	13
2.2	<u>ESPECÍFICOS</u>	13
3.	<u>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</u>	14
3.1	<u>Contexto histórico das barragens de rejeitos</u>	14
3.2	<u>Histórico de rompimentos de Barragens</u>	15
3.3	<u>Causas de rupturas de barragens de rejeitos minerários</u>	17
3.4	<u>Aspectos de segurança de barragens de rejeitos minerários</u>	18
3.5	<u>Gestão dos riscos de barragens de rejeito no Brasil</u>	18
3.5.1.	<u>Portaria DNPM n° 237, de 2001</u>	18
3.5.2.	<u>Lei Federal N° 12.334, de 2010</u>	19
3.5.3.	<u>Resolução CNRH n° 143, de 2012</u>	20
3.5.4.	<u>Portaria ANM n° 70.389, de 2017</u>	22
3.5.5.	<u>Resolução ANM n° 13, de 2019</u>	23
3.6	<u>Gestão dos riscos de barragens de rejeitos em Minas Gerais</u>	24
3.6.1.	<u>Deliberação Normativa COPAM n° 62, de 2002; Deliberação Normativa COPAM n° 87, de 2005; e Deliberação Normativa COPAM n° 124, de 2008</u>	24
3.6.2.	<u>Decreto Estadual n° 46.993, de 2016</u>	24
3.6.3.	<u>Lei Estadual n° 23.291, de 2019</u>	25
4.	<u>METODOLOGIA</u>	28
5.	<u>RESULTADOS E DISCUSSÕES</u>	30
6.	<u>CONCLUSÃO</u>	38
7.	<u>REFERÊNCIAS</u>	39

1 INTRODUÇÃO

Desde os primórdios da evolução humana, a exploração dos bens naturais foi e continua sendo o alicerce do crescimento econômico e do avanço do desenvolvimento tecnológico. Neste contexto, se faz necessária a utilização de diversas matérias primas em diferentes tipos de processos industriais (automobilismo, aviação, naval, alimentícia, etc.), que trazem consigo na maioria das vezes a geração de impactos significativos à saúde dos seres vivos e ao meio ambiente em geral, além de reduzir de forma severa os recursos naturais renováveis e principalmente os não renováveis (BORGES; REZENDE; PEREIRA, 2009).

No início dos tempos e durante muitos séculos, essa exploração de recursos naturais se dava de forma totalmente desenfreada e sem controle, sem haver qualquer restrição ambiental em praticamente quase todo o globo terrestre. Somente no século XIX passou-se a pensar que as ações antrópicas podem causar grandes danos ambientais irreparáveis e prejudicar de forma significativa toda a biota. Através destas percepções, as questões ambientais passaram a se tornar cada vez mais um tema de extrema importância nas políticas públicas dos países (JUNIOR; COSTA; ALVARENGA, 2017).

Desta forma, faz-se necessária a criação de normas para controlar a interferência humana no meio ambiente, estabelecendo-se certos padrões, considerados adequados para atender aos limites naturais impostos pela natureza. Assim busca-se minimizar os impactos das ações antrópicas no meio ambiente, tentando introduzir as questões de sustentabilidade, estabelecendo-se os laços do desenvolvimento tecnológico e da ecologia (JUNIOR; COSTA; ALVARENGA, 2017).

No Brasil, essas normatizações são amparadas pelo Art. 225 da Constituição Federal (CF) de 1988, que formaliza o dever, tanto do Poder Público como da sociedade, de respeitar e proteger o meio ambiente (BRASIL, 1988). No Brasil, o início dessa tratativa em relação ao meio ambiente a nível nacional se deu através da Lei nº 6.938 de 1981, que estabeleceu a Política Nacional de Meio Ambiente, envolvendo a participação de Municípios, Estados e do Governo Federal em relação à preservação, melhoria e recuperação da qualidade ambiental (BRASIL, 1981).

As barragens de mineração possuem como objetivo principal a contenção de rejeitos ou de sedimentos que são gerados a partir do processo de mineração. Algumas vezes estes elementos podem ser tóxicos e causar danos à saúde humana e à natureza se não tratados e contidos (ANM, 2019).

O Brasil, por ser um país que tem a sua economia fortemente ligada ao setor minerário, ao longo das últimas décadas, passou por um aumento expressivo no número de barragens em todo o seu território nacional. Com isso, tornou-se crescente a preocupação com a segurança desse tipo de estrutura. Nos últimos anos, grandes acidentes envolvendo barragens chamou a atenção do mundo todo para esse problema, haja vista que, quando ocorre falha nesse tipo de estrutura, normalmente as consequências incluem plantações dizimadas, áreas inundadas e a morte de populações e animais. Estes fatores deixam clara a importância de se gerenciar adequadamente as barragens e garantir a segurança e estabilidade dessas estruturas (FONTENELLE et al., 2017).

No ano de 2010 foi criada a Lei Federal N° 12.334, que teve como um dos seus objetivos aumentar a segurança e as fiscalizações das barragens, criando-se a Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB). A PNSB tem como objetivo garantir os padrões de segurança destinados à barramentos com acumulação de água para quaisquer usos, à disposição final ou temporária de rejeitos e à acumulação de resíduos industriais (BRASIL, 2010). A PNSB pode ser considerada um marco importante para o Brasil, pois até aquele momento em 2010, não existia uma legislação exclusivamente voltada para a segurança de barragens. A PNSB foi criada para tentar garantir certos padrões de segurança, regulamentar ações e padrões, reduzir a possibilidade de acidentes, fomentar a cultura de segurança dentro do ambiente próximos aos barramentos e centralizar as informações sobre segurança de barragens (BRASIL, 2010).

Apesar da criação da PNSB ser um marco importante no Brasil, diversos acidentes ambientais ocorreram após sua publicação no ano de 2010, como o rompimento da barragem de Fundão, localizada no município de Mariana, Minas Gerais no ano de 2015. A barragem, de propriedade da empresa Samarco Mineração S.A., liberou durante o rompimento aproximadamente 43,3 milhões de metros cúbicos de rejeitos de minério de ferro, água, lama e diversos outros materiais, causando diversos impactos ambientais em dois Estados (Minas Gerais e Espírito Santo), além de ter ocasionado um total de 19 óbitos (MAGLIANO; ANGELO, 2020).

A PNSB foi criada com a finalidade de garantir a segurança das barragens e evitar a ocorrência de acidentes. Mesmo após a ocorrência do acidente gravíssimo no ano de 2015, a Lei Federal N° 12.334/2010 não sofreu nenhuma mudança. Infelizmente, diversos outros acidentes de menor magnitude continuaram a ocorrer em todo o Brasil. No ano de 2017 houve um acidente no estado do Pará, onde o Ministério Público Estadual, juntamente com o Ministério Público Federal, indiciou a empresa norueguesa Norsk Hydro Alunorte, por

contaminar os afluentes e o solo, após vazamento de uma barragem após chuvas fortes na região, despejando nos rios do município de Barbacena resíduos e efluentes ligados ao processo de beneficiamento da bauxita (FONSECA, 2019).

Em 2019, novamente em Minas Gerais ocorreu outro rompimento catastrófico semelhante ao que ocorreu à barragem de Fundão em 2015, que trouxe como consequência diversos impactos ambientais e sociais. Desta vez, no município de Brumadinho, a barragem I, da empresa Vale, se rompeu e liberou aproximadamente 4 milhões de metros cúbicos de rejeitos de minério de ferro, água, lama e diversos outros materiais (MAGLIANO; ANGELO, 2020). Isto causou um grande impacto ambiental, levando a um total de 272 óbitos e 22 desaparecidos (COSTA et al., 2020).

Após o último acidente de grande escala em Brumadinho, em 2019, o estado de Minas Gerais, que possui mais de 40% de todas as barragens de mineração do Brasil (ANM, 2021), foi impulsionado a tomar medidas mais drásticas através de um projeto de iniciativa popular chamado “Mar de Lama Nunca Mais”. Desta forma, publicou-se a Lei Estadual nº 23.291, de 2019, que institui a Política Estadual de Segurança de Barragens (PESB), para ser implementada em conjunto com a PNSB. A Lei Estadual estabeleceu, entre outros pontos, que nenhuma empresa poderá obter licença ambiental para operação ou ampliação de barragens que utilizem o método a montante, ou seja, barragens cujos barramentos fossem construídos ou alteados sempre a montante sobre o rejeito já consolidado (CARDOZO; PIMENTA; ZINGANO, 2016). O método de alteamento a montante é classificado como o mais suscetível a rupturas e está associado a todos os rompimentos de grande impacto no estado de Minas Gerais desde o ano de 2001. A metade de todos os acidentes que envolveram barragens no final do século XX e início do século XXI envolveram estruturas alteadas a montante (THOMÉ; PASSINI, 2018).

A Lei Estadual nº 23.291/2019 trouxe mudanças significativas em relação à Lei Federal Nº 12.334/2010, como a obrigação de promover a descaracterização das barragens inativas de contenção de rejeitos ou resíduos que utilizam o método de alteamento a montante. A PESB definiu prazos para a descaracterização destes barramentos, e proibiu a concessão de licenciamento para instalações de barragens localizadas a montante da Zona de Alto Salvamento (ZAS) (MINAS GERAIS, 2019). A ZAS é a região a jusante da barragem que se considera não haver tempo suficiente para uma intervenção das autoridades competentes em caso de acidente, conforme mapa de inundação (BRASIL, 2010).

O poder legislativo brasileiro, diante do último cenário catastrófico envolvendo o rompimento da barragem de mineração em Brumadinho no ano de 2019, também decidiu agir. Com o objetivo de promover uma maior segurança das barragens, foi publicada, no ano de 2020, a Lei Federal nº 14.066, que altera a Lei Federal nº 12.334/2010, trazendo algumas semelhanças à Lei Estadual nº 23.291/2019. A partir de 2020, a PNSB passou a proibir também a concessão de licença ambiental para operação ou ampliação de barragens alteadas pelo método de construção a montante. Também vedou as instalações de barragens de mineração cujos estudos de cenários de ruptura identifiquem a existência de comunidades na ZAS. Além disso, uma barragem que não atender aos requisitos de segurança nos termos da legislação pertinente, deve ser recuperada, desativada ou descaracterizada. Além disso, a PNSB passou a obrigar a descaracterização de todas as barragens alteadas pelo método a montante até o ano de 2022, podendo esse prazo ser prorrogado mediante aprovação da autoridade licenciadora do Sistema Nacional do Meio Ambiente (SISNAMA) (BRASIL, 2010).

Como as mudanças na PNSB e a criação da PESB no estado de Minas Gerais são recentes, não há estudos relacionando os impactos econômicos, sociais e operacionais causados na gestão das barragens de mineração no Estado e principalmente se os requisitos impostos contribuem para aumentar a segurança das barragens. O método de alteamento de barragens a montante, que é o mais utilizado pelo setor minerário em todo o Brasil, é o que possui o menor custo, se comparado com os outros métodos de contenção de rejeitos existentes (CARDOZO; PIMENTA; ZINGANO, 2016). Com a mudança na PNSB e a criação da PESB, ainda não se sabe o impacto econômico e operacional para o setor minerário, uma vez que esse tipo de estrutura é o mais afetado por essas leis. Além disso, com a proibição da construção de qualquer tipo de barragens localizada à montante de ZAS no estado de Minas Gerias, ainda não se sabe qual será o impacto operacional que essa obrigação trará, já que se deve respeitar a distância de no mínimo 10 km da referida área (MINAS GERAIS, 2019).

2 OBJETIVOS

2.1 GERAL

Avaliar os impactos na gestão de barragens minerárias no estado de Minas Gerais em função da implementação da PESB (Lei Estadual N° 23.291/2019) e da PNSB (Lei Federal N° 12.334/2010, alterada pela Lei Federal N° 14.066/2020).

2.2 ESPECÍFICOS

- Descrever alguns aspectos da situação atual das barragens em Minas Gerais em relação aos seguintes requisitos estabelecidos pela PESB e PNSB: altura do maciço, capacidade total do reservatório e método de alteamento a montante;
- Discutir se os requisitos impostos pela PESB e PNSB são suficientes para aumentar a segurança das barragens no estado de Minas Gerais.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Contexto histórico das barragens de rejeitos

A definição clara sobre o conceito de barragem dificilmente é abordada na literatura, apesar deste conceito estar implícito na literatura geral sobre barragens (AGUIAR, 2014). A Lei Federal 12.334/2010 define em seu artigo 2º, inciso I, que barragem é “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, 2010).

Antigamente, informações sobre construção de barragens não eram documentadas. A maioria dos registros existentes sobre barragens começaram a ser realizadas somente após o ano de 1.000 a.C. A principal fonte de informações sobre barragens anteriores ao ano 1.000 a.C. é oriunda do Egito, pois é o país que possui maior acervo de registros sobre projetos de engenharia daquela época. Acidentes envolvendo barragens são tão antigos quanto suas construções. O primeiro acidente envolvendo barragem que se tem conhecimento foi a Sadd el Kafara, no antigo Egito (AGUIAR, 2014).

Antigamente as barragens eram utilizadas como forma de adaptação da civilização ao meio ambiente natural e pela busca na melhoria da qualidade de vida da sociedade. Na antiguidade, as principais funções das barragens eram para o abastecimento de água em períodos de seca e para agricultura (SOUZA, 2019).

Até meados da década de 30 os equipamentos existentes para movimentação de terras não eram acessíveis para a construção das barragens. Inicialmente era construído um dique de terra preenchido com rejeitos hidráulmente depositados e depois era incrementado por pequenas bermas (DUARTE, 2008).

A partir do ano de 1940, com o avanço da tecnologia no setor minerário, surgiram equipamentos com alta capacidade de movimentação de terra, principalmente para minas a céu aberto. Desta forma, tornou-se possível a construção de barragens com a finalidade de contenção de rejeitos, a partir de técnicas com maior nível de segurança. Diversos princípios da geotecnia também passaram a ser aplicados a partir do ano de 1950 (DUARTE, 2008).

No ano de 1965, ocorreram diversos rompimentos de barragens no Chile ocasionados por um terremoto, o que chamou a atenção e foi considerado um fator chave para o incentivo na pesquisa sobre as causas de rupturas. Entre as décadas de 70 e 80, já se possuía bastante entendimento sobre os aspectos técnicos das barragens, que eram bem controlados pelos projetistas. Durante os últimos 30 anos, os aspectos ambientais passaram a ter elevada

importância. Os focos das construções passaram a ser na estabilidade física e econômica das barragens, levando em consideração também os mecanismos de transportes de contaminantes e o potencial dano ambiental (DUARTE, 2008).

3.2 Histórico de rompimentos de Barragens

Os projetos de engenharia estão sujeitos a falhas, e as barragens de mineração não são uma exceção. Para estes projetos existem uma margem de segurança elevada, mas, apesar disso, pode ocorrer o rompimento, e os danos são catastróficos, tanto para o meio ambiente quanto para alguma comunidade próxima da estrutura (BLIGHT; FOURIE, 2003).

Geralmente as barragens podem conter, além do próprio elemento de interesse, outras substâncias altamente tóxicas para o ser humano e o meio ambiente, que podem estar associadas ao minério de interesse que foi beneficiado. Diversos trabalhos apresentam dados estatísticos, levando-se em conta parâmetros, como o tempo, método de construção, altura da barragem e motivos de instabilidades (RICO et al., 2008). Infelizmente, para muitos dos rompimentos que ocorreram ao longo dos anos, não são encontradas informações completas sobre os acidentes ou os motivos que levaram às suas ocorrências (ROCHA, 2015).

No ano de 1986, no município de Itabirito/MG ocorreu o rompimento da barragem de rejeitos da Mina de Fernandinho, e teve como consequência o óbito de sete pessoas. Para o Brasil e principalmente para o estado de Minas Gerais, no início do século XXI, ficou evidente o que uma ruptura de uma grande barragem pode trazer como consequência, impactos negativos sobre o meio ambiente e a perda de vidas humanas. No distrito de Nova Lima/MG, Sebastião de Águas Claras, uma barragem ao se romper no ano de 2001, ocasionou a morte de cinco operários, atingiu mais de quarenta e três hectares de vegetação e seis quilômetros do leito do córrego Taquaras (TOLEDO; RIBEIRO; THOMÉ, 2016).

Em Miraf, região da Zona da Mata mineira, no ano de 2007, houve a ruptura de mais uma estrutura de contenção de rejeito mineral. Mil e duzentas casas e quatro mil moradores foram atingidos pelo rejeito liberado. No ano de 2014, também em no Estado de Minas Gerais, operários mineiros, que estavam realizando uma manutenção no talude de uma barragem de rejeitos que já se encontrava desativada, foram soterrados após o rompimento da estrutura (TOLEDO; RIBEIRO; THOMÉ, 2016).

Ainda em Minas Gerais ocorreram os acidentes mais recentes de grande magnitude do Brasil. No ano de 2015, ocorreu o desastre da Barragem de Fundão. A metade de todos os acidentes que envolveram barragens no final do século XX e início do século XXI envolveram estruturas alteadas a montante. Em razão desta constatação em Minas Gerais houve a suspensão

temporária, do licenciamento ambiental para novas barragens que seriam alteadas pelo método a montante. Essa determinação tinha como princípio preventivo, adequar a atividade mineraria no Brasil para padrões técnicos mais rigorosos e socioambientalmente mais seguros (TOLEDO; RIBEIRO; THOMÉ, 2016).

Mas devido ao rompimento da barragem B1 da Vale, localizada em Brumadinho – MG, no ano de 2019 ter sido catástrofe, como consequência causou um grande impacto ambiental e levou a óbito mais de 200 pessoas, impulsionando a criação da PESB regulamentada pela Lei Estadual 23.291/2019, que impôs definitivamente a proibição do licenciamento ambiental para novas barragens que seriam alteadas pelo método a montante. E posteriormente a nível nacional foi alterada a PNSB no ano de 2020, impondo esse mesmo regulamento.

Blight e Fourie (2003) citam que aconteceram rupturas catastróficas de barragens projetadas e controladas. Na Tabela 1 estão listados alguns dos acidentes de maiores magnitudes do mundo nos últimos 30 anos, que envolveram barragens de rejeitos, com as informações sobre o ano do acontecimento, a localização, o número de óbitos e o tipo de minério explorado.

Tabela 1: Exemplos de casos de rupturas de barragens de rejeitos no mundo.

Ano	Localização	Nº de óbitos e desaparecidos	Tipo de Minério
1994	Merriespruit, África do Sul	17 mortos e 0 desaparecidos	Ouro
2001	Sebastião das Águas Claras (Nova Lima, MG, Brasil)	2 mortos e 3 desaparecidos	Ferro
2007	Miraí, MG, Brasil	-	Bauxita
2010	Kolontár, Hungria	10 mortos e 0 desaparecidos	Bauxita
2014	Mount Polley mine, Canadá	10 mortos e 0 desaparecidos	Bauxita
2014	Herculano (Itabirito, MG, Brasil)	2 mortos e 1 desaparecidos	Ferro
2015	Barragem Fundão (Mariana, MG, Brasil)	18 mortos e 1 desaparecidos	Ferro
2016	Dahegou Village, China	-	Bauxita
2017	Tonglvshan Mine, Hubei province, China	2 mortos e 1 desaparecidos	Cobre, ouro, prata, ferro
2019	Mina Corrego do Feijão (Brumadinho, MG, Brasil)	217 mortos e 84 desaparecidos	Ferro

Fonte: adaptado de WUP, 2021.

3.3 Causas de rupturas de barragens de rejeitos minerários

De um total de 147 acidentes envolvendo barragens de mineração, foram evidenciados diversos fatores que poderiam provocar o rompimento dos barramentos. Dentre esses fatores destacam-se a falta de manutenção na estrutura de drenagem, a ausência de controle e monitoramento contínuo durante e depois do processo de construção e operação, ampliação das barragens sem os procedimentos de segurança adequados e a sobrecarga ocasionada pelos rejeitos de mineração (RICO et al., 2008).

Os principais motivos que causam esses acidentes estão relacionados com a perda de compreensão dos fatores que controlam a segurança das operações, ou seja, a falta ou as falhas no monitoramento e na instrumentação. São poucos os casos de eventos que ocorrem que não são previsíveis ou que são causados por condições climáticas incontrolláveis (como terremotos, etc.), uma vez que as tecnologias de hoje permitem ter a previsão desses eventos e suas magnitudes (DUARTE, 2008).

As probabilidades da ocorrência de uma falha são baixas, porém quando esses acidentes ocorrem as consequências costumam ser catastróficas para o ambiente a jusante e para as comunidades locais. O risco imposto por uma barragem de contenção de rejeitos é definido a partir do seu local de instalação, e depende de diversos fatores como, por exemplo, do projeto, da construção e manutenção da barragem, das condições de precipitação, das características das rochas subjacentes e da ocorrência de atividades sísmica na área. Por isso, uma análise profunda da área deve ser feita e cada aspecto deve receber a sua devida atenção, de modo a prevenir falhas e acidentes (DUARTE, 2008).

Normalmente as rupturas de barragens ocorrem onde um ou mais aspectos da construção/operação e do projeto são deficientes. Diversas rupturas ocorrem como resultados de requerimentos do projeto que foram incompatíveis com as práticas operacionais, ou vice e versa. Isso nos deixa claro que as rupturas podem ocorrer quando um projeto que foi mal elaborado é acompanhado de práticas operacionais inadequadas (WAGENER et al., 1998).

Barragens alteadas a montante para finalidade de contenção de rejeito está entre os modelos mais comuns adotados no Brasil. O método de alteamento é utilizado para ampliar a capacidade total das barragens já que consiste na sobreposição de camadas de rejeito, está classificado como um dos métodos que possuem o custo mais baixo para os empreendimentos (THOMÉ; PASSINI, 2018).

Porem infelizmente é apontado como o mais suscetível a rupturas dentre todos os métodos existentes, e está relacionado a todos os grandes acidentes no Estado de Minas Gerias que envolveram barragens de contenção de rejeito (THOMÉ; PASSINI, 2018).

3.4 Aspectos de segurança de barragens de rejeitos minerários

O século passado marcou o início da legalização de segurança de barragens no mundo. Países americanos e europeus criaram suas legislações sobre segurança de barragens entre os anos de 1970 e 1990, e estas foram detalhadas através de suas regulamentações elaboradas posteriormente de acordo com as características presentes em cada região (PANIAGO, 2015).

A segurança de barragens nos Estados Unidos começou a ser tratada e regulamentada desde ano de 1920, mas foi instrumentada anos depois com as agências federais, como o *U.S. Army Corps of Engineers* (USACE) e o Departamento de Interior. Durante o século XX, nos Estados Unidos da América (EUA), construiu-se diversas barragens e institucionalizou-se diversas normas relacionadas à segurança das barragens (USACE, 2011).

Vários acidentes relacionados a rompimento de barragens no mundo foram documentados, como os acidentes mais antigos que envolveram as barragens de St. Francis em Los Angeles e Teton em Fremont County, ambas nos EUA. E mesmo após esses acidentes outros aconteceram ao redor do mundo, mesmo em países considerados de 1º mundo e com políticas severas de segurança de barragens (RICO et al., 2008).

3.5 Gestão dos riscos de barragens de rejeito no Brasil

Neste item é abordado um histórico sobre as principais regulamentações das legislações brasileiras relacionadas à segurança de barragens, levando-se em consideração os principais destaques e a ordem cronológica.

3.5.1. Portaria DNPM n° 237, de 2001

A Portaria DNPM n° 237 foi regulamentada em 18 de outubro de 2001 pelo então órgão regulador, Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM). Esta Portaria aprova as Normas Reguladoras de Mineração (NRM), atendendo assim ao disposto no Art. 97 do Código de Mineração (DNPM, 2001; BRASIL, 2020). Dentre as NRM aprovadas pela Portaria n° 237/2001, a NRM – 19 trata sobre a disposição de estéril, rejeitos e produtos.

A NRM - 19 determinou que em situação de risco grave e iminente de ruptura de barragens, e as áreas de risco devem ser evacuadas. A referida NRM também determinou que

deve constar no projeto técnico alternativas de local para a disposição do barramento, dimensionamento e descrição do barramento. E no caso de alterações da geometria da barragem ou na metodologia de estocagem, esta não poderá ser realizada sem prévia comunicação ao DNPM (DNPM, 2001).

3.5.2. Lei Federal N° 12.334, de 2010

Com o objetivo de criar a PNSB para o Brasil, em 2003, o Projeto de Lei 1.181 começou a ser debatido no Congresso Nacional. No entanto, somente no ano de 2010 a Política foi aprovada, com a Lei N° 12.334, de 20 de setembro de 2010 (SOUZA, 2019). Em setembro de 2020 foi sancionada a Lei Federal N° 14.066, que altera a Lei Federal n° 12.334/2010, mas não a revoga (BRASIL, 2020).

A PNSB foi criada para tentar garantir certos padrões de segurança, regulamentar ações e padrões, reduzir a possibilidade de acidentes, fomentar a cultura de segurança dentro do ambiente próximos aos barramentos e centralizar as informações sobre segurança de barragens (BRASIL, 2010).

Um ponto importante da Lei Federal N° 12.334/2010 foi a definição dos tipos de estruturas que devem atender aos requisitos da PNSB. De acordo com seu Art.1º, Parágrafo único, a Lei N° 12.334/2010 aplica-se a barragens que apresentam pelo menos uma das seguintes características (BRASIL, 2010):

- “Altura do maciço, medida do encontro do pé do talude de jusante com o nível do solo até a crista de coroamento do barramento, maior ou igual a 15 (quinze) metros”;
- “Capacidade total do reservatório maior ou igual a 3.000.000m³ (três milhões de metros cúbicos) ”;
- “Reservatório que contenha resíduos perigosos conforme normas técnicas aplicáveis ”;
- “Categoria de dano potencial associado médio ou alto, em termos econômicos, sociais, ambientais ou de perda de vidas humanas, conforme definido no art. 7º desta Lei”;

- “Categoria de risco alto, a critério do órgão fiscalizador, conforme definido no art. 7º desta Lei”.

Um dos fundamentos da PNSB é a segurança da barragem, que deve ser considerada ao longo de toda sua vida útil, incluindo as fases de planejamento, projeto, construção, primeiro enchimento e primeiro vertimento, operação, desativação, descaracterização e usos futuros (BRASIL, 2010). Nos artigos 16 e 17, a referida Lei atribui as obrigações dos empreendimentos e dos órgãos fiscalizadores. Uma das atribuições dos órgãos competentes é a manutenção do cadastro das barragens no Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens (SNISB), sistema cuja função é coletar, armazenar, tratar, gerir e disponibilizar, para a sociedade, as informações relacionadas à segurança de barragens em todo o território nacional (BRASIL, 2010).

Outro fundamento da Política é o papel do empreendedor como responsável legal pela segurança da barragem, pelos danos decorrentes de seu rompimento, vazamento ou mau funcionamento e, independentemente da existência de culpa, pela reparação desses danos (BRASIL, 2010). O empreendedor tem a responsabilidade por qualquer falha que possa ocorrer na estrutura da barragem e é totalmente responsável por prover os recursos necessários, mesmo em caso de acidentes e desastres (BRASIL, 2010). Também é obrigação do empreendedor realizar as inspeções de segurança, elaborar e atualizar o Plano de Segurança da Barragem, elaborar o Plano de Ação Emergencial (PAE), quando exigido e elaborar as revisões periódicas de segurança. O órgão fiscalizador, por sua vez, deve manter o cadastro das barragens sob sua jurisdição, exigir do empreendedor a anotação de responsabilidade técnica (ART), exigir do empreendedor o cadastramento das barragens e cumprir as recomendações contidas nos relatórios de segurança (BRASIL, 2010).

Em 2020, a PNSB estabeleceu o prazo 25 de fevereiro de 2022 para que as empresas empreendedoras concluíssem a descaracterização das barragens construídas ou alteadas pelo método a montante. Além disto, a PNSB proibiu a concessão de licenciamento para a construção de barragens alteadas pelo método a montante em todo o país (BRASIL, 2010).

3.5.3. Resolução CNRH nº 143, de 2012

O Art. 7º da PNSB determina que o Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH) estabelecerá os critérios gerais para a classificação das barragens, por categoria de risco, por dano potencial associado e pelo seu volume (BRASIL, 2012). Além disto, de acordo com o Art.

7º da PNSB, a categoria de risco será classificada como alto, médio ou baixo de acordo com as características técnicas da barragem, do método construtivo, da idade do empreendimento, do estado de conservação e do atendimento ao PSB. Por outro lado, a classificação por categoria de dano potencial associado à barragem em alto, médio ou baixo será feita em função do potencial de perdas de vidas humanas e dos impactos econômicos, sociais e ambientais no caso de ruptura da barragem (BRASIL, 2012).

A resolução CNRH nº 143/2012 define que quanto a categoria de risco, as barragens serão classificadas de acordo com os aspectos da própria barragem que possam influenciar na possibilidade de ocorrência de acidentes, levando-se em conta os seguintes critérios gerais conforme Tabela 2 (BRASIL, 2012):

Tabela 2: Classificação das características das barragens de contenção de rejeitos de mineração de acordo com os aspectos das próprias barragens.

Dano Potencial Associado	Volume de seu reservatório	Características técnicas
<ul style="list-style-type: none"> • Existência de população a jusante com potencial de perda de vidas humanas; • Existência de infraestrutura ou serviços; • Existência de áreas protegidas definidas em legislação; • Natureza dos rejeitos ou resíduos armazenados; • Volume. 	<ul style="list-style-type: none"> • Muito pequeno: reservatório com volume total inferior ou igual a 500 mil metros cúbicos; • Pequena: reservatório com volume total superior a 500 mil metros cúbicos e inferior ou igual a 5 milhões de metros cúbicos; • Média: reservatório com volume total superior a 5 milhões de metros cúbicos e inferior ou igual a 25 milhões de metros cúbicos; • Grande: reservatório com volume total superior a 25 milhões e inferior ou igual a 50 milhões de metros cúbicos; • Muito grande: reservatório com volume total superior a 	<ul style="list-style-type: none"> • Altura do barramento; • Tipo de barragem quanto ao material de construção; • Tipo de fundação da barragem; • Idade da barragem; • Tempo de recorrência da vazão de projeto do vertedouro; • Comprimento do coroamento da barragem.

	50 milhões de metros cúbicos.	
--	-------------------------------	--

Fonte: Brasil, 2012.

3.5.4. Portaria ANM n° 70.389, de 2017

Com o intuito de melhorar a gestão de segurança de barragens, a Agência Nacional de Mineração (ANM) publicou a Portaria n° 70.389/2017, que revogou a Portaria n° 416/2012 e a Portaria n° 526/2013, que versavam sobre o mesmo tema (BRASIL, 2017).

Com a nova Portaria, o ANM unificou em um só regulamento todos os dispositivos legais imputados aos órgãos fiscalizadores a normatizar, sobre os artigos 8°, 9°, 10°, 11° e 12° da PNSB, dando maior praticidade em sua aplicação (BRASIL, 2017). A referida Portaria impõe que as barragens de mineração deverão ser cadastradas pelo empreendedor, diretamente no Sistema Integrado de Gestão de Segurança de Barragens de Mineração (SIGBM), integrando o Cadastro Nacional de Barragens de Mineração. O empreendedor também deve realizar o cadastro de todas as barragens de mineração em construção, em operação e desativadas sob sua responsabilidade, conforme definição do parágrafo único do art.13° da Lei n° 12.334/2010 (BRASIL, 2017).

A Portaria ANM n° 70.389/2017 também define que o cadastramento das barragens de mineração novas deve ser feito pelo empreendedor, por meio do SIGBM, e o cadastramento deverá ocorrer antes do início do primeiro enchimento. As alterações dos dados cadastrados pelo empreendedor no SIGBM podem ser feitas a qualquer momento, desde que seja solicitada à ANM (BRASIL,2017).

Essa Portaria também definiu que as barragens de mineração serão classificadas pela ANM em consonância com o art. 7° da Lei n° 12.334/2010, de acordo com o quadro de classificação quanto a Categoria de Risco e ao Dano Potencial Associado, nas classes A, B, C, D e E.

A referida Portaria também definiu que é obrigação do empreendedor realizar a elaboração do mapa de inundação para auxílio na classificação referente ao Dano Potencial Associado (DPA) de todas as suas barragens de mineração, individualmente e implementar o sistema de monitoramento de segurança de barragem (BRASIL, 2017).

No Art. 8° da presente Portaria foi definido que o PSB é um instrumento da Política Nacional de Segurança de Barragens, que possui a implementação obrigatória pelo empreendedor, e tem como objetivo auxiliar na gestão da segurança da barragem. As barragens de mineração de empreendimentos sem previsão de retorno das operações e em situação de

abandono, deveram ser desativadas ou recuperadas pelo responsável, que comunicará ao órgão fiscalizador as providências adotadas nos termos do art. 18 dessa Portaria (BRASIL, 2017).

A referida Portaria também define em seu Art. 22º que o empreendedor deve encaminhar a ANM, por meio do SIGBM, uma Declaração de Condição de Estabilidade da Barragem acompanhada da cópia da ART do responsável, individualizada por barragem, semestralmente, entre os dias 1º e 31 de março e 1º e 30 de setembro. A referida resolução traz em seu Anexo V critérios de classificação de barragens de mineração para serem utilizados de maneira em conjunto com a os critérios estabelecidos na Resolução CNRH nº 143/2012 (BRASIL, 2012; BRASIL,2017)

3.5.5. Resolução ANM nº 13, de 2019

Levando em conta o histórico recente de rompimentos de barragens de mineração no Brasil, notadamente da Barragem B1 da Mina Retiro do Sapecado, em 2014, em Itabirito/MG; da Barragem de Fundão da Mina Germano, em 2015, no município de Mariana/MG; e da Barragem B1, da mina Córrego do Feijão, em 2019, em Brumadinho/MG (ANM, 2019b). Sendo que todas eram alteadas pelo método a montante, no dia 15 de fevereiro de 2019, a ANM publicou a Resolução nº 4/2019, e posteriormente no mesmo ano a ANM publicou a Resolução nº 13/2019, no dia 8 de agosto de 2019, que substituiu a Resolução nº4/2019. A nova Resolução possui como objetivos a criação de mediadas regulatórias cautelares para reduzir o risco real de novos rompimentos de barragens, tentar assegurar a estabilidade das barragens de mineração com foco naquelas que foram construídas através do método a montante ou por método declarado como desconhecido (ANM, 2019).

No Art. 2º da Resolução ANM nº 13 fica proibida a utilização o método de construção ou alteamento de barragens de mineração denominado "a montante" em todo o território nacional. Outro aspecto importante é definido no Art. 3º onde fica definido que os empreendedores responsáveis por barragens de mineração que estão inseridas nos critérios da Lei nº 12.334/2010, independentemente do método construtivo adotado, ficam proibidos de manter ou construir barragens na ZAS (ANM, 2019b).

Na referida Resolução em seu Art. 8º, com o objetivo de reduzir ou eliminar o risco de rompimento das barragens construídas ou alteadas pelo método a montante ou por método desconhecido (classificação adotada pela ANM), em especial por liquefação, o empreendedor deverá realizar o projeto técnico de descomissionamento ou descaracterização da estrutura,

concluir obras de reforço na barragem a jusante e até o ano de 2021 concluir o descomissionamento ou descaracterização (ANM, 2019b).

3.6 Gestão dos riscos de barragens de rejeitos em Minas Gerais

Neste item será abordado um histórico sobre as principais regulamentações no estado de Minas Gerais referentes à segurança de barragens, levando-se em consideração os principais destaques e a ordem cronológica.

3.6.1. Deliberação Normativa COPAM n° 62, de 2002; Deliberação Normativa COPAM n° 87, de 2005; e Deliberação Normativa COPAM n° 124, de 2008

A Deliberação Normativa (DN) do Conselho Estadual de Política Ambiental (COPAM) n° 62/2002, estabeleceu o cadastramento e a classificação das barragens no Estado. A classificação utilizada nessa DN é composta pelos critérios de altura, volume, ocupação humana a jusante, instalação na área a jusante da barragem, interesse ambiental a jusante da barragem, que serviriam como base para estimar as consequências no caso de haver uma ruptura de barragem (COPAM, 2002).

A referida DN definiu o porte da barragem e porte do reservatório. O porte de uma barragem é determinado pela sua altura e o porte de um reservatório é determinado pelo seu volume (COPAM, 2002).

O Art. 2° da referida DN definiu os parâmetros para a classificação de uma barragem (COPAM, 2002). Em 17 de junho de 2005 foi publicada a Deliberação Normativa COPAM n° 87, que trata sobre a periodicidade das auditorias externas de segurança e também sobre a alteração no critério de classificação de barragens que envolvesse área onde existia a ocupação humana a jusante dela (COPAM, 2005).

3.6.2. Decreto Estadual n° 46.993, de 2016

No ano seguinte ao desastre da barragem de Fundão, pertencente à Samarco, o governo do estado de Minas Gerais publicou o Decreto Estadual n° 46.993/2016, que instituiu a Auditoria Técnica Extraordinária de Segurança de Barragem. Este decreto determina que todos os empreendimentos que possuem barragens alteadas pelo método a montante, seja para disposição final ou temporária, devem ser auditadas através de uma Auditoria Técnica Extraordinária de Segurança de Barragem (MINAS GERAIS, 2016).

De acordo com esse Decreto, a Auditoria Técnica Extraordinária de Segurança de Barragem deve ser realizada por profissionais legalmente habilitados, especialistas em segurança de barragens, que devem ser externos ao quadro de funcionários da empresa.

O Plano de Ação tem como finalidade Adequação das Condições de Estabilidade e de Operação de Barragem, deverá conter as medidas e ações emergenciais necessárias para minimizar os riscos de acidentes ou incidentes, sob a orientação de profissional tecnicamente habilitado em gerenciamento e operação de barragens de rejeitos (MINAS GERAIS, 2016).

O Decreto Estadual nº 46.993/2016 definiu que a partir do resultado da Auditoria Técnica Extraordinária de Segurança de Barragem o órgão ambiental competente pode realizar novas Auditorias Técnicas se julgar necessário, suspender ou reduzir as atividades da barragem ou do empreendimento minerário e se julgar necessário impor a desativação da barragem (MINAS GERAIS, 2016).

3.6.3. Lei Estadual nº 23.291, de 2019

No ano de 2016 surgiu um Projeto de Lei Estadual impulsionado por iniciativa da população, principalmente mineira e fortalecida com o apoio da Associação Mineira do Ministério Público. Este projeto foi protocolado na Assembleia Legislativa em 2016, com cerca de 56 mil assinaturas, com uma campanha que ficou conhecida como “Mar de Lama Nunca Mais” (SOUZA, 2019).

Em 26 fevereiro do ano de 2019 foi publicada a Lei Estadual nº 23.291 que institui a Política Estadual de Segurança de Barragens, a ser implementada de forma articulada com a Política Nacional de Segurança de Barragens, estabelecida pela Lei Federal nº 12.334, de 2010 (MINAS GERAIS, 2019).

A PESB adota critérios de enquadramentos semelhantes à PNSB para determinar quais estruturas farão parte da PESB. As duas políticas diferem nos valores da altura do maciço e da capacidade total. A PESB e PNSB para os barramentos que se enquadram nos critérios definidos no seu Art.1º ela cria uma série de obrigações ao empreendedor que administra essas estruturas, conforme Tabela 3 (BRASIL, 2010; MINAS GERAIS, 2019):

Tabela 3: Diferenças entre o Art. 1º da Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB; Lei Federal Nº 12.334/2010) e Política Estadual de Segurança de Barragens (PESB; Lei Estadual Nº 23.291/2019).

	Lei Nº 12.334 - PNSB - 2010	Lei Estadual Nº 23.291 PESB - MG - 2019
I - altura do maciço	Maior ou igual a 15 (quinze) metros	Maior ou igual a 10 (dez) metros
II - capacidade total	maior ou igual a 3.000.000m ³ (três milhões de metros cúbicos)	maior ou igual a 1.000.000m ³ (um milhão de metros cúbicos)

Fonte: Adaptado de PNSB e PESB, 2021.

Segundo a PESB, os órgãos e entidades que compõem o Sistema Estadual do Meio Ambiente e Recursos Hídricos (Sisema) ficam responsáveis pelo licenciamento e fiscalização ambiental de barragens no estado de Minas Gerais. Os cadastros dos barramentos continuam a ser realizados pelos órgãos do estado de Minas Gerais, mas a classificação conforme o seu potencial de dano ambiental continuará a seguir os critérios estabelecidos pela PNSB (MINAS GERAIS, 2019). Dessa forma, o Sisema deve elaborar e publicar anualmente o inventário das barragens instaladas no estado de Minas Gerais, fornecendo os resultados das auditorias técnicas de segurança dessas estruturas e a condição de estabilidade das barragens (MINAS GERAIS, 2019).

De acordo com a PESB, ficarão vedadas a acumulação ou a disposição final ou temporária de rejeitos e resíduos industriais ou de mineração em barragens de qualquer forma de alteamento, sempre que houver a possibilidade de aplicação de uma melhor técnica. Além disso, a concessão de licença ambiental para construção, instalação, ampliação ou alteamento de barragens, cujos estudos de cenários de rupturas sejam identificados comunidades na ZAS, ficam proibidos. A PESB vedou a concessão de licenciamento ambiental para a operação ou ampliação de barragens destinadas à acumulação temporária ou disposição final de rejeitos de resíduos industriais ou de mineração para estruturas que utilizem do método de alteamento a montante (MINAS GERAIS, 2019).

A referida lei também obrigou o empreendedor responsável por barragem alteada pelo método a montante realizar a descaracterização das barragens, em até 3 anos a contar da data da publicação da desta lei. Fica instituído que caso o empreendedor não apresente a declaração de condição de estabilidade da estrutura ou quando o auditor concluir que a estrutura não está estabilizada, o órgão ou entidade competente do Sisema deverá determinar a suspensão imediata da barragem até que se regularize a estrutura. O órgão ou entidade competente ao Sisema fará vistorias regulares, com periodicidade não superior a um ano (MINAS GERAIS, 2019).

4. METODOLOGIA

No presente trabalho foram utilizados os dados do Sistema Integrado de Gestão de Barragens de Mineração (SIGBM), disponibilizados eletronicamente pela ANM (ANM, 2021), de todas as barragens de mineração do Brasil, atualizados até o mês de junho de 2021. Os dados presentes nesse sistema são: identificação do barramento, empreendedor, coordenadas geográficas, município, altura atual do barramento em metros, volume atual do barramento em metros cúbicos, método construtivo, categoria de risco, DPA, classe, nível de emergencial do barramento e se a estrutura se enquadra em alguns dos critérios estabelecidos no Art. 1º da PNSB ou não.

Os dados disponibilizados no site foram utilizados para comparação do Art. 1º, Parágrafo Único, das PNSB e a PESB. Esse artigo trata da altura do maciço e da capacidade total do reservatório, que são os dois critérios que possuem limites diferentes entre essas duas leis (Tabela 3). Além disso, informações sobre o método construtivo das barragens também foram utilizadas. As outras variáveis disponibilizadas na planilha da ANM não foram utilizadas nesta monografia, já que são iguais nas duas leis (BRASIL, 2010; MINAS GERAIS, 2019).

Os dados referentes à altura do maciço e à capacidade total dos reservatórios foram carregados no software ArcGIS 10.4, onde foi realizado o georeferenciamento de todas as barragens do estado de Minas Gerais a partir das coordenadas fornecidas pelo próprio banco de dados do SIGBM público da ANM (ANM, 2021). Esse procedimento foi realizado através da opção extração de dados em planilha do Excel .xls (extensão do Microsoft Excel). O sistema de coordenadas adotado no software ArcGIS 10.4 foi o próprio fornecido pela planilha do SIGBM (presente em graus, minutos e segundos). Dessa forma, com a planilha georeferenciada e aberta no ArcGIS 10.4, foi feita a exportação dos dados para um arquivo padrão de extensão .shp (shapefile) de trabalho do referido software.

Posteriormente, no software ArcGIS 10.4, foi aplicado um filtro para identificar apenas as estruturas que estão presentes no estado de Minas Gerais, com a finalidade de se quantificar o número total de barragens localizadas nesse Estado. Além disto, foi feita a exportação direta de todas as barragens presentes neste Estado através de um filtro disponibilizado no próprio site do SIGBM. Esse número total de barragens foi utilizado com a finalidade de verificar as diferenças entre os requisitos impostos pelo inciso I e II do Art. 1º da PESB e PNSB. Dessa forma, foi levantado o número de barragens que possuem a altura do maciço maior ou igual a 10 m (requisito da PESB) e o número de barragens que possuem altura do maciço maior ou igual a 15m (requisito da PNSB) (BRASIL, 2010; MINAS GERAIS, 2019).

Posteriormente, foi levantado o número de barragens com capacidade total do reservatório maior ou igual a 1.000.000 m³ (requisito da PESB) e o número de barragens que possuem capacidade total do reservatório maior ou igual a 3.000.000 m³ (requisito da PNSB) (BRASIL, 2010; MINAS GERAIS, 2019). Por último, foi gerada uma tabela comparando os resultados das restrições impostas pela PNSB e pela PESB nas barragens localizadas no estado de Minas Gerais.

O levantamento do número de barragens de mineração construídas ou alteadas pelo método a montante, no estado de Minas Gerais, foi realizado. Tanto a PNSB quanto a PESB determinam que esse tipo de barragem deve ser descaracterizado.

Foram utilizados os dados fornecidos pela ANM sobre o método construtivo de todas as barragens mineração presentes no Brasil, para posterior identificação daquelas localizadas no estado de Minas Gerais e que foram construídas ou alteadas pelo método a montante utilizando o software ArcGIS 10.4. E para se confirmar os valores quantitativos das barragens encontradas, foi utilizado um filtro fornecido pelo site do SIGBM igual aos mencionados em etapas anteriores.

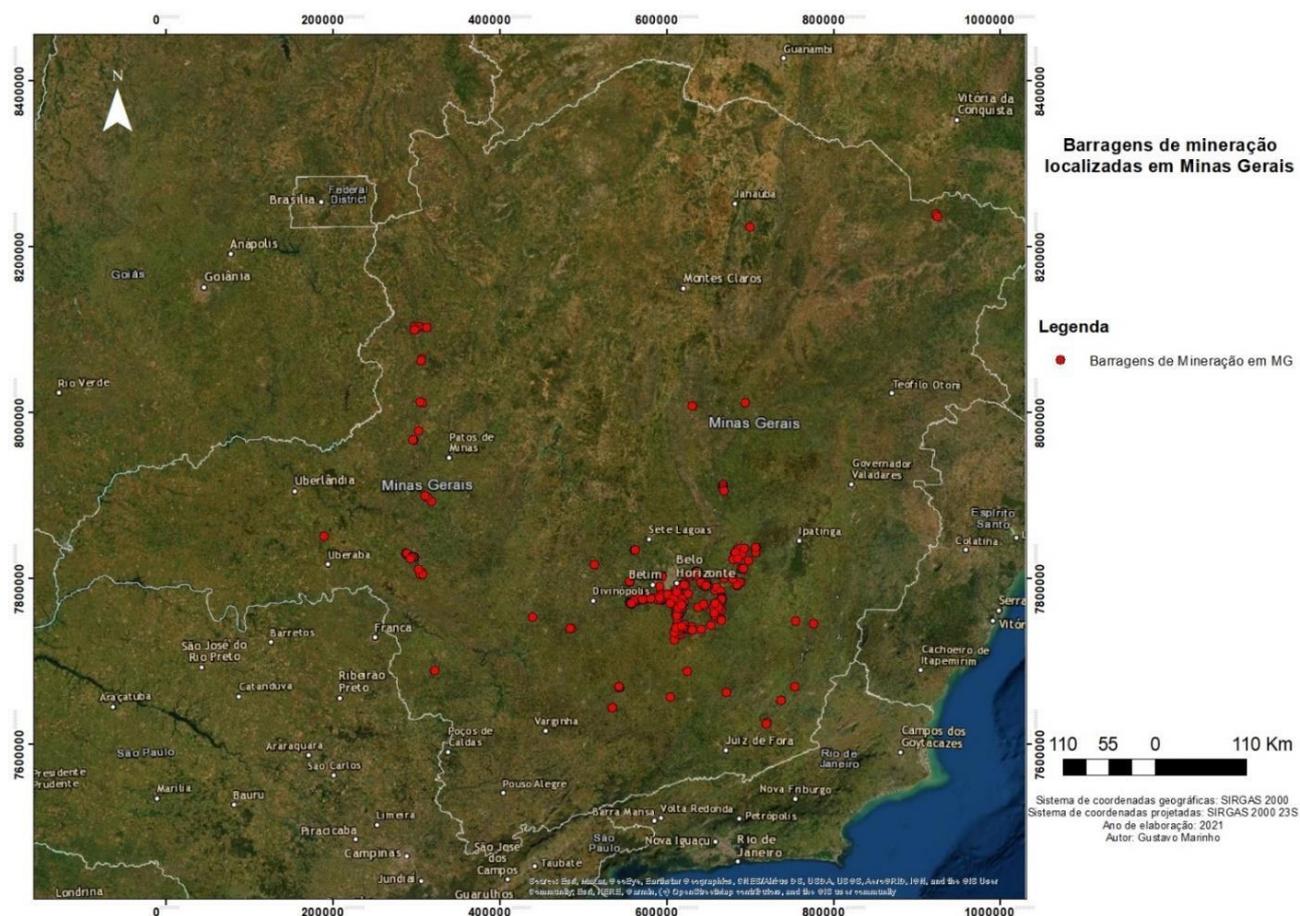
Para ampliar a análise, foi realizada uma simulação considerando uma possível alteração do 12º Art. da PESB. Esta alteração exigiria a obrigatoriedade da descaracterização de todas as barragens já existentes e localizadas até 10 km a montante de alguma comunidade presente na região.

Para essa simulação foi utilizado o Software ArcGIS 10.4 com o shape gerado a partir dos dados utilizados anteriormente fornecidos pelo SIGBM. Foi criada uma poligonal a partir das coordenadas fornecidas pelo banco de dados da ANM, respeitando os 10 km para cada uma das estruturas localizadas na área de ZAS. A partir da utilização das ferramentas de geoprocessamento do ArcGIS 10.4 foi possível criar essa área com raio de 10km a partir da localização exata da barragem cadastrada na ANM. Para se identificar com precisão as comunidades que poderiam estar dentro do raio de 10km, foram inseridas imagens de satélite que mostram todos os municípios do estado de Minas Gerais fornecidos pelo próprio ArcGIS 10.4. Esse método foi realizado respeitando o sistema de coordenadas (Sirgas 2000) como padrão durante todo o processo, para não haver deslocamento das estruturas ou da imagem de satélite e o shape de todos os limites municipais do estado de Minas Gerais fornecido pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Foi identificado em todo o estado de Minas Gerais um total de 359 barragens de mineração. Deste total, mais de 250 estão localizadas próximas ao município de Belo Horizonte. A localização dessas barragens em todo o Estado pode ser visualizada na Figura 1.

Figura 1: Localização de todas as barragens de mineração no estado de Minas Gerais.



Fonte: Adaptado de SIGBM, 2021.

O número total de barragens que se enquadram no critério de altura do maciço do Art. 1º de ambas as Políticas de Segurança de Barragens podem ser vistos na Tabela 4.

Tabela 4: Barragens localizadas em Minas Gerais que se enquadram no critério da altura do maciço - Art.1º da Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB; Lei Federal Nº 12.334/2010) e Política Estadual de Segurança de Barragens (PESB; Lei Estadual Nº 23.291/2019).

	Lei Federal Nº 12.334 - PNSB -2010	Lei Estadual de Minas Gerais Nº 23.291 - PESB - 2019
Altura do maciço	maior ou igual a 15m	maior ou igual a 10m
Total de barragens	177	237

Fonte: Adaptado de SIGBM, 2021.

Os resultados indicam que, em relação à altura do maciço, no estado de Minas Gerais, 237 barragens devem atender aos requisitos da PESB. Isto corresponde a um acréscimo de 60 barragens ao número de estruturas que devem atender aos requisitos da PNSB (Tabela 4). A PESB demanda uma série de obrigações que em teoria objetivam aumentar a segurança dessas estruturas, conferindo maior proteção para a sociedade e ao meio ambiente. Todas essas 60 estruturas adicionais também devem ser auditadas de modo a verificar se estão atendendo a todos os critérios impostos na PESB. Todas as barragens que se enquadraram na PNSB devido ao critério da altura do maciço também se enquadraram na PESB (BRASIL, 2010; MINAS GERAIS, 2019).

No estado de Minas Gerais, a Fundação de Meio Ambiente (FEAM) é o órgão responsável definido pela Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável (SEMAD), sendo que a nível Federal a ANM é a responsável por gerir as barragens de mineração e fazer a intermediação entre o governo e as empresas do setor minerários. A realização das auditorias é feita por estes órgãos ou através da contratação de uma empresa externa especializada, para que se possa comprovar que as barragens atendem aos critérios estabelecidos na PSB que se enquadraram (BRASIL, 2010; MINAS GERAIS, 2019).

A partir dos resultados obtidos com relação à capacidade total do reservatório, no estado de Minas Gerais, conclui-se que devem atender aos requisitos da PESB um total de 345 barragens de mineração. Isto corresponde a um acréscimo de 165 barragens ao número total de estruturas que devem atender aos requisitos da PNSB (Tabela 5).

A Tabela 5 mostra o número de barragens que se enquadraram no critério de capacidade total do reservatório.

Tabela 5: Barragens localizadas em Minas Gerais que se enquadram no critério da capacidade total do reservatório - Art.1º da Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB; Lei Federal Nº 12.334/2010) e Política Estadual de Segurança de Barragens (PESB; Lei Estadual Nº 23.291/2019).

	Lei Federal Nº 12.334 - PNSB -2010	Lei Estadual de Minas Gerais Nº 23.291 - PESB - 2019
Capacidade total do reservatório	maior ou igual a 3.000.000m ³	maior ou igual a 1.000.000m ³
Total de barragens	180	345

Fonte: Adaptado de SIGBM, 2021.

A partir dos resultados apresentados com relação aos dois critérios mencionados anteriormente de ambas as políticas de segurança de barragem, o que causará um maior impacto na gestão das barragens do setor minerário é a capacidade total do reservatório (BRASIL, 2010; MINAS GERAIS, 2019).

A partir da análise de todos os resultados obtidos dos dois critérios explorados do Art. 1º e incisos I e II de ambas as políticas, apenas uma das barragens que foi identificada a partir da altura do maciço da PESB não se enquadrou dentro das 345 barragens identificadas pelo critério de capacidade total do reservatório da PESB. Essa barragem, que completa o número total de 346 barragens que serão monitoradas por uma PSB, é a denominada Califórnia, que se encontra no município de Salto da Divisa e pertence à empresa Nacional de Grafite LTDA. Desta forma, o quantitativo de barragens que se enquadrou na política de segurança de barragens é 346.

A partir destes resultados nota-se que a PESB implicará numa série de obrigações socioambientais que visam aumentar a segurança dessas estruturas trazendo maior proteção para a sociedade e ao meio ambiente (BRASIL, 2010; MINAS GERAIS, 2019).

Os critérios estabelecidos no Art. 1º, em cada um dos seus incisos, nas duas políticas, são alguns dos pré-requisitos para se determinar se uma barragem deve seguir uma gestão e atender aos requisitos de segurança estabelecidos seja pela PESB ou pela PNSB. As políticas têm o objetivo de instruir e estabelecer critérios de monitoramentos para que os riscos de ocorrências de acidentes sejam o menor possível (BRASIL, 2010; MINAS GERAIS, 2019). A maioria dos impactos causados no caso de ocorrer uma ruptura de barragem é de difícil recuperação ou até mesmo impossível.

A rigorosidade ambiental e social imposta nessas políticas que possuem o foco em barragens é uma das formas específicas de se promover a proteção das vidas e dos patrimônios ambientais próximos desses empreendimentos (BRASIL, 2010; MINAS GERAIS, 2019). Apesar de todos os benefícios apontados até o momento, existem diversas falhas na gestão e controle das políticas pelos órgãos responsáveis (MOURA, 2016).

Silva, E. (2020) e Silva, M. (2020), apontam que as principais causas que levam ao colapso ou ao comprometimento da estrutura das barragens, são: localização ou projeto inadequado, operação negligenciada, projeto de construção que possa ocasionar o comprometimento da estabilidade da estrutura ao longo do tempo. Tanto em nível nacional como internacional são vários os responsáveis envolvidos na questão das seguranças de barragens, incluindo instituições não governamentais e governamentais.

Para Silva, E. (2020) e Silva, M. (2020), acredita-se que a PNSB estabeleceu instrumentos para a gestão do risco de rompimento das estruturas e definiu um conjunto de atribuições e responsabilidades. Mesmo após nove anos desde que a PNSB entrou em vigor, sua implementação ainda não é efetiva e sua administração possui competências que envolve diversos órgãos federais, estaduais e municipais.

Para Moura (2016), a política ambiental brasileira passou nos últimos anos por avanços, mas ainda possui sérias dificuldades em medir esse avanço, por não haver mecanismos de avaliação bem estruturados. E por não haver essa definição concreta, as respostas que se obtém das políticas de segurança de barragens mostram-se imprecisas ou parciais. O estado de Minas Gerais também possui problemas semelhantes. Desde antes da publicação da PESB, o Estado já possuía diversos instrumentos de política ambiental. Porém, desde anos atrás, as informações geradas já eram escassas quanto ao seu desempenho ambiental (BRAGA, 2021).

No ano de 2011 a FEAM publicou um relatório contendo um Índice de Desempenho da Política Ambiental do estado de Minas Gerais, calculado a partir de indicadores ambientais medidos até o ano de 2009, levando em consideração a eficiência da gestão das políticas ambiental no Estado que envolviam também de certa forma a segurança de barragens de mineração. Apesar do relatório levar em consideração temas intimamente ligados com as barragens minerárias como água, ar, solo, biodiversidade, socioeconômica e institucional, o índice é restrito a poucas variáveis o que pode não caracterizar, o desempenho ambiental real, de maneira satisfatória, e, portanto, da política de segurança de barragens (BRAGA, 2021).

Após o ano de 2011 não houve mais nenhuma publicação de outros dados referentes aos indicadores ambientais ou de relatórios, o que indica uma descontinuidade nesta análise de desempenho (FEAM, 2011). Por existir essa escassez de informação, os órgãos responsáveis

passam por dificuldades em questões de implementação e aperfeiçoamento das políticas (BRAGA, 2021).

O estabelecimento de medidas que obriguem empresas que necessitem da construção de barragens, em seus usos diversos, que cumpram completamente as normas estabelecidas tem sido um grande desafio em todo o país (SILVA, E., 2020; SILVA, M., 2020).

As grandes nações bem desenvolvidas como Canadá, Estados Unidos da América (EUA) e a Austrália foram as pioneiras a criarem uma normatização sobre segurança de barragens. O Brasil, apesar de possuir a atividade minerária como uma de suas atividades econômicas principais, somente estabeleceu uma Lei similar apenas no ano de 2010, com a PNSB (SILVA, E., 2020; SILVA, M., 2020).

A PNSB foi estabelecida para ser considerada em todo o processo que envolve a construção de uma barragem, desde a criação até o descomissionamento e seus usos futuros, além de estabelecer quais ações emergenciais e preventivas devem ser aplicadas para as barragens que se enquadram em alguns dos critérios do Art. 1º da PNSB (SILVA, E., 2020; SILVA, M., 2020).

Outro ponto de destaque que a PNSB trouxe é que o empreendedor possui a responsabilidade da segurança da barragem, em todos os pontos que envolve o mecanismo de controle social e dos potenciais efeitos socioambientais (SILVA, E., 2020; SILVA, M., 2020).

Para Braga (2021), apesar das políticas atuais de segurança de barragem estarem bem formuladas, possuem pontos de falhas críticos, como a falta de acompanhamento sistemático da melhoria da qualidade ambiental; a ausência de monitoramento constante dos dados ambientais; e sistemas inconsistentes, que se restringem à controles administrativos.

A Agência Nacional de Águas (ANA) é responsável por fazer um relatório de segurança de barragens. O último relatório, realizado no ano de 2018, contém dados que levam à reflexão da efetividade da implantação da PNSB (Silva, E., 2020; Silva, M., 2020).

A revisão periódica e o plano de segurança foram regulamentados por 65% de todos os órgãos fiscalizadores, 51% realizaram inspeções especiais, 62,5% realizaram inspeções regulares e apenas 45% apresentaram plano de ação emergencial, conforme obrigatoriedade estabelecida nos Art. 11º e Art 12º da PNSB (Silva, E., 2020; Silva, M., 2020).

Segundo Silva, E. (2020); Silva, M. (2020), existem 41 órgãos que possuem algum tipo de responsabilidades ligados a PNSB em todo o território brasileiro e um levantamento realizado no ano de 2017 pela ANA, foi apontado que 8 destes órgãos não tinha ainda sequer regulamentado a PNSB, ponto crucial para que os empreendedores saibam como proceder com suas barragens para que possa atender a Lei.

Segundo Braga (2021), uma barragem que se enquadre em algum dos critérios do Art 1º das políticas de segurança de barragem deve seguir os princípios da prioridade para as ações de prevenção, fiscalização e monitoramento, pelos órgãos e pelas entidades ambientais estaduais. Dar preferência às normas mais protetivas ao meio ambiente e às comunidades.

A partir da publicação da PESB, ficou proibida a concessão de licenciamento de barragens construídas ou alteadas pelo método a montante no estado de Minas Gerais (MINAS GERAIS, 2019). Também passou a ser obrigatória a descaracterização de todas as barragens existentes dentro do limite do Estado que foram construídas ou alteadas por esse método (MINAS GERAIS, 2019). A partir do ano de 2020, com a publicação da Lei que alterou a PNSB, esse mesmo princípio foi aplicado em todo o território brasileiro (BRASIL, 2010).

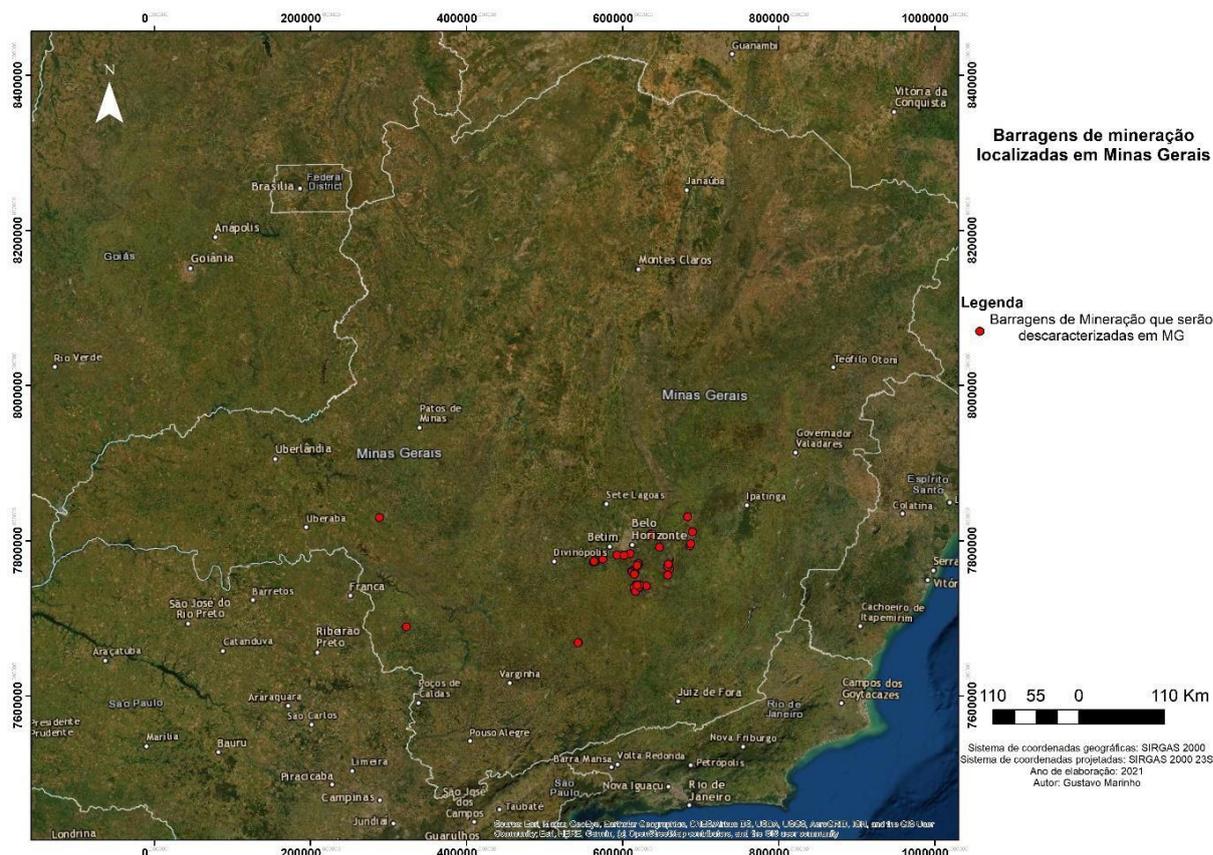
No estado de Minas Gerais, os empreendedores devem descaracterizar todas as barragens construídas ou alteadas pelo método a montante, em um prazo máximo de 3 anos, a partir da publicação da PESB (MINAS GERAIS, 2019). Até o mês de agosto do ano de 2021 não houve nenhuma alteração neste prazo tanto na PESB como na PNSB.

A proibição do licenciamento ambiental de barragens alteadas ou construídas pelo método a montante a partir da publicação da PESB no ano de 2019 trouxe um impacto muito grande e surpreendente para quem atua no setor minerário no estado de Minas Gerais. Pois este é o método construtivo mais comum no Estado e existem opiniões controversas. Muitos dos profissionais que defendem a não proibição deste método alegam que o método em si não é o mais importante, mas sim a construção adequada e a devida manutenção periódica durante toda a vida útil e após esse término da vida útil do empreendimento (SOUZA, 2019).

Souza (2019) realizou algumas entrevistas com profissionais da área minerária a respeito desta temática e alguns chegaram a mesma conclusão de que acabar com as barragens alteadas pelo método a montante seria o mesmo que “matar todos os pacientes contaminados como forma de eliminar a doença”.

No estado de Minas Gerais, a partir da análise dos resultados do SIGBM e dos resultados gerados pelo Software ArcGIS 10.4, um total de 45 barragens deverão ser descaracterizadas, por terem sido construídas pelo método a montante (Figura 2).

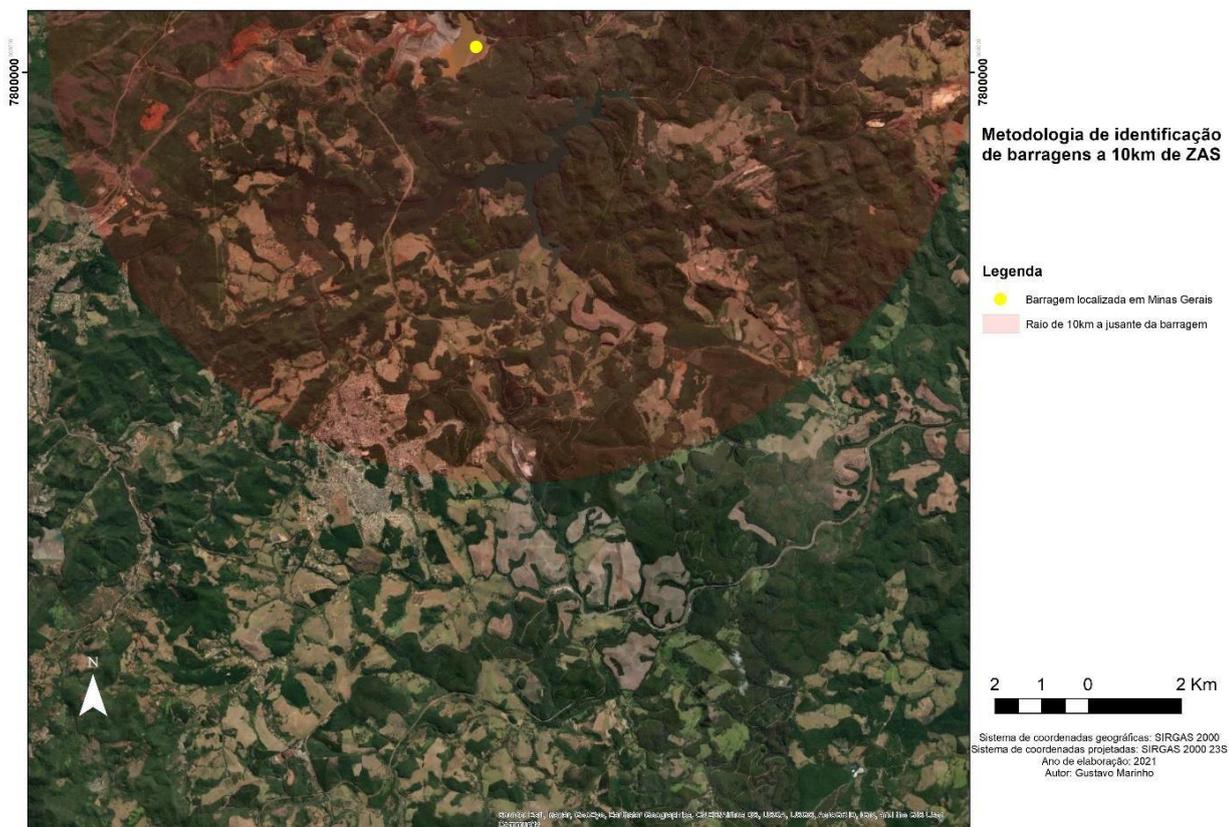
Figura 2: Barragens de mineração que devem ser descaracterizadas no estado de Minas Gerais.



Fonte: Adaptado de SIGBM, 2021.

A PESB possui a seguinte redação em seu Art.12º: “Art. 12º – Fica vedada a concessão de licença ambiental para construção, instalação, ampliação ou alteamento de barragem em cujos estudos de cenários de rupturas seja identificada comunidade na zona de autossalvamento” (MINAS GERAIS, 2019). Ou seja, essa restrição se aplica, na prática, a barragens novas ou ampliação de barragens existentes. Não há, na lei, até o momento, a obrigatoriedade de descaracterizar as barragens existentes nessa condição. Um levantamento foi realizado para avaliar uma possível mudança no Art. 12º da PESB. Ou seja, caso fosse obrigatória a descaracterização de todas as barragens já existentes em cujos estudos de cenários de rupturas tenham comunidade localizadas até 10 km à jusante da barragem (ao longo do curso do vale). A Figura 3 mostra a aplicação do método de identificação utilizado no qual o raio amarelo representa o limite dos 10km e os pontos vermelhos as respectivas localizações de algumas das barragens do Estado.

Figura 3: Forma de identificação de barragens a 10km de ZAS.



Fonte: Autor, 2021.

A partir da análise dos resultados obtidos do software ArcGIS foram identificadas 10 barragens localizadas a montante da área de ZAS que estão dentro da área de 10 km. Deste total, 2 das barragens já fazem parte do grupo das 45 barragens que já devem ser descaracterizadas por terem sido construídas ou alteadas pelo método a montante. Esse resultado nos mostra que a mudança no referido artigo seria importante, pois da mesma forma que a legislação atualmente "enxerga" como perigosa a presença de novas barragens dentro desta área de 10km, para as barragens existentes deveria se ter a mesma preocupação e ser obrigatória a sua descaracterização a partir do mesmo argumento de não haver tempo hábil para uma possível evacuação em caso de ruptura.

6. CONCLUSÃO

A publicação da PNSB no ano de 2010 trouxe um impacto positivo para o setor minerário brasileiro, por ser uma legislação específica de segurança de barragens. Ela trata de barragens de acumulação de rejeitos para quaisquer usos, como a disposição final ou temporária de rejeitos, com o objetivo de aumentar a segurança deste tipo de estrutura.

Mesmo com a criação da PNSB, acidentes de grandes magnitudes continuaram a ocorrer. O estado de Minas Gerais, por ser um dos Estados que apresenta relevância no setor minerário, decidiu publicar a sua própria política, intitulada PESB, também com o objetivo de aumentar a segurança da população e do meio ambiente. As PSB têm um potencial de instituir mudanças significativas no cenário de gestão de barragens no Brasil.

A PESB enquadra um número maior de barragens em Minas Gerais do que a PNSB. O critério da PESB de capacidade total do reservatório é o que inclui um número maior de barragens nos requisitos das PSB (345), número mais expressivo que o critério de altura do maciço, que inclui apenas 237 estruturas.

A PESB fez com que das 359 barragens existentes no Estado, 346 passassem a seguir as diretrizes de segurança impostas em uma PSB no Brasil. A política estadual continua sendo a Lei mais rígida nas questões de segurança de barragens, mesmo após a atualização da PNSB no ano de 2020. Em todos os critérios abordados neste trabalho, a PESB atingiu um maior número de barragens quando comparada com a PNSB. Outro ponto importante apresentado pelas PSB foi a proibição de construção de barragens a montante da área de ZAS a menos de 10km, por julgar não haver tempo suficiente para o auto salvamento em caso de rompimento.

A delimitação desta distância 10km pode ser considerada um grande avanço. Além da distância, outros fatores importantes devem ser levados em conta, como a declividade da região, condições do vale, uso e ocupação do solo, etc. A obrigatoriedade da descaracterização das barragens já existentes que estejam dentro deste critério seria importante, pois a situação de risco se aplica a todas as barragens, e não apenas às novas.

Com relação às duas políticas, outro marco foi a proibição de alteamento ou construção de barragens a montante. Apesar do método construtivo não ser considerado como a fonte única e principal dos problemas de ruptura de barragens minerárias existem outros fatores que foram apontados como mais críticos como a falta de fiscalização adequada, monitoramento adequado e de manutenção adequada da estrutura. Independentemente do método adotado da construção da barragem, se não houver manutenção periódica adequada pode ocorrer um desastre.

A proposta do levantamento trouxe um resultado que pode ser considerado importante, já que propõe a descaracterização de 8 novas barragens que poderiam ser consideradas como

de “risco” por estarem se enquadrando nos critérios estabelecidos atualmente no do Art. 12º dentro da PESB de 2019.

Estudos futuros, englobando mais aspectos das duas PSB podem complementar os resultados obtidos neste trabalho, de forma que podem caracterizar de modo mais abrangente os impactos da PESB e da PNSB para os órgãos públicos responsáveis, setor minerário e a sociedade civil.

7. REFERÊNCIAS

AGUIAR, D. P. O. **Contribuição ao estudo do Índice de Segurança de Barragens – ISB**. 2014. 166 f. Dissertação (Mestrado em Concentração em Recursos Hídricos, Energéticos e Ambientais) - Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo da UNICAMP, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2014.

ANM. Agência Nacional de Mineração. **Classificação de Barragens de Mineração**. Disponível em: <https://app.anm.gov.br/SIGBM/Publico/Estatistica>. Acesso em: 20 jan. 2021.

ANM. Agência Nacional de Mineração. **Relatório anual de segurança de barragens de mineração 2019**. 2020.

ANM. Agência Nacional de Mineração. **Portaria Nº 70.389, de 17 de maio de 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, 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, [...]. Brasília, 2017. Disponível em: <https://www.gov.br/anm/pt-br/assuntos/barragens/portaria-dnpm-no-70-389-de-17-de-maio-de-2017>. Acesso em: 20 mar. 2021.

ANM. Agência Nacional de Mineração. **Resolução nº 13, de 8 de agosto de 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. Brasília, 2019. Disponível em: <https://www.in.gov.br/web/dou/-/resolucao-n-13-de-8-de-agosto-de-2019-210037027>. Acesso em: 20 mar. 2021.

ANM. Agência Nacional de Mineração. **Segurança de barragens focada nas barragens construídas ou alteadas pelo método a montante, além de outras especificidades referentes**. Disponível em: [https://www.gov.br/anm/pt-br/assuntos/noticias/2019/nota-explicativa-sobre-tema-de-seguranca-de-barragens-focado-nas-barragens-construidas-ou-](https://www.gov.br/anm/pt-br/assuntos/noticias/2019/nota-explicativa-sobre-tema-de-seguranca-de-barragens-focado-nas-barragens-construidas-ou)

alteadas-pelo-metodo-a-montante-alem-de-outras-especificidades-referentes. Acesso em: 29 jun. 2021.

BLIGHT G.E., FOURIE, A.B. **A review of catastrophic flow failures of deposits of mine waste and municipal refuse**. University of Wiatersand, Johannesburg, South Africa. 17p. 2003.

BORGES, L. A. C; REZENDE, J. L. P; PEREIRA, J. A. A. **Evolução da legislação ambiental no Brasil**. Revista em Agronegócios e Meio Ambiente, Maringá, v.2, n.3, p. 447-466, set. /dez. 2009.

BRAGA, M. C. R. **Mudanças de política ambiental motivadas por catástrofes: lições dos rompimentos de duas barragens de rejeitos no Brasil**. 2021. 156 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental – Área de concentração: Meio Ambiente) – Escola de Engenharia, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2021.

BRASIL. **Resolução CNRH N° 143, de 10 de julho de 2012**. Estabelece critérios gerais de classificação de barragens por categoria de risco, dano potencial associado e pelo seu volume, em atendimento ao art. 7° da Lei n° 12.334, de 20 de setembro de 2010. Brasília, 2012.

Disponível em:

https://sistemas.anm.gov.br/publicacao/mostra_imagem.asp?IDBancoArquivoArquivo=7231.

Acesso em: 20 mar. 2021.

BRASIL. [Constituição (1988)]. **Constituição da República Federativa do Brasil de 1988**.

Brasília, DF: Presidência da República, [2017]. Disponível em:

http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Constituicao/Constituicao.htm. Acesso em: 12 jan. 2021.

BRASIL. **Lei n° 6.938, de 31 de Agosto de 1981**. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências.

Brasília, DF: Presidência da República, [2006]. Disponível em:

http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l6938.htm. Acesso em: 11 jan. 2021.

BRASIL. **Lei Nº 12.334, De 20 De Setembro De 2010.** Estabelece a Política Nacional de Segurança de Barragens destinadas à acumulação de água para quaisquer usos, à disposição final ou temporária de rejeitos e à acumulação de resíduos industriais, [...]. Brasília, DF: Presidência da República, [2020]. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2010/Lei/L12334.htm. Acesso em: 11 jan. 2021.

BRASIL. **Decreto-Lei nº 227, de 28 de fevereiro de 1967.** Dá nova redação ao Decreto-lei nº 1.985, de 29 de janeiro de 1940. (Código de Minas). Brasília, DF: Presidência da República, [2020]. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto-lei/del0227.htm. Acesso em: 31 mar. 2021.

BRASIL. **Lei Nº 14.066, De 30 De Setembro De 2020.** Altera a Lei nº 12.334, de 20 de setembro de 2010, que estabelece a Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB), a Lei nº 7.797, de 10 de julho de 1989, que cria o Fundo Nacional do Meio Ambiente (FNMA), a Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997, que institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, e o Decreto-Lei nº 227, de 28 de fevereiro de 1967 (Código de Mineração). Brasília, DF: Presidência da República, 2020. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2020/lei/L14066.htm. Acesso em: 11 jan. 2021.

CARDOZO, F. A. C; PIMENTA, M. M; ZINGANO, A. C. Métodos construtivos de barragens de rejeitos de mineração – uma revisão. **HOLOS**, v. 08, p.77-85, 2016. DUARTE, P. A. **Classificação das barragens de contenção de rejeitos de mineração e de resíduos industriais no estado de Minas Gerais em relação ao potencial de risco.** 2008. 130 f. Dissertação (Mestrado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos) - Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2008.

COPAM. Conselho Estadual de Política Ambiental. **Deliberação Normativa nº 62, de 17 de dezembro de 2002.** Dispõe sobre critérios de classificação de barragens de contenção de rejeitos, de resíduos e de reservatório de água em empreendimentos industriais e de mineração no Estado de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2002. Disponível em: http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=5008#_ftn3. Acesso em: 22 mar. 2021.

COPAM. Conselho Estadual de Política Ambiental. **Deliberação Normativa n° 87, de 17 de junho de 2005**. Altera e complementa a Deliberação Normativa COPAM N.º 62, de 17/12/2002, que dispõe sobre critérios de classificação de barragens de contenção de rejeitos, de resíduos e de reservatório de água em empreendimentos industriais e de mineração no Estado de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2005. Disponível em:http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=8251#_ftn1. Acesso em: 22 mar. 2021.

COSTA, G. B. R. LAU, G. R.; SILVA, C. F.; MANTEL, M. B. C.; PERES, M. M. C.; LUNA, T. N. S. S.; SILVA, P. N.; **Rompimento da barragem em Brumadinho: um relato de experiência sobre os debates no processo de desastres**. SAÚDE DEBATE, v. 44, n. especial 2, p.377-387, 2020.

DNPM. Departamento Nacional de Produção Mineral. **Portaria n° 237, de 18 de outubro de 2001**. Aprova as Normas Reguladoras de Mineração - NRM, de que trata o art. 97 do Decreto-lei n° 227, de 28 de fevereiro de 1967. Brasília, 2001. Disponível em: <https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=182620>. Acesso em: 20 mar. 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**. 2008. 130 f. Dissertação (Mestrado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos) – Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2008.

FEAM. Indicadores Ambientais 2009 - Índice de desempenho da política ambiental para o Estado de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2011. Disponível em: <http://www.meioambiente.mg.gov.br/images/stories/indicadores/2009/indicadores-ambientais-2009-publicado-junho-2011.pdf>. Acesso em: 10 ago. 2021.

FONSECA, D. D. F. **Panorama das barragens de rejeito mineral dos estados do Pará e Amapá**. 2019. 66 f. Dissertação (Mestrado em Gestão de Riscos e Desastres Naturais na Amazônia) - Instituto de Geociências, Universidade Federal do Pará, Belém, 2019.

FONTENELLE, A. S. **Proposta metodológica de avaliação de riscos em barragens do**

nordeste brasileiro - estudo de caso: barragens do Estado do Ceará. 2007. 213f.

Dissertação (Doutorado em Recursos Hídricos) - Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2007.

FONTENELLE, M. C; FONTENELLE, A. S; MATOS , Y. M. P; MONTEIRO, F. F.

Avaliações de risco em barragens: estudo de caso da barragem malcozinhado no nordeste brasileiro. **Revista Eletrônica de Engenharia Civil**, Goiânia, v. 14, n. 1, p.25-42, ago. 2017.

JUNIOR, L.S; COSTA. D. R. T. R; ALVARENGA. M. I.N. Análise das normas ambientais federais e estaduais (MG e SC) referentes a empreendimentos de mineração. **RAEGA - O Espaço Geográfico em Análise**. v. 42, p. 54-71, 2017.

MACHADO, N. C. **Retroanálise da propagação decorrente da ruptura da barragem dofundão com diferentes modelos numéricos e hipóteses de simulação.** 2017. 188 f.

Dissertação (Pós-graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos) – Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2017.

MAGLIANO, M.M; ANGELO. H. The lack of economic environmental damage valuation - a critical review of Fundão disaster. **CERNE**, v. 26, n. 1, p.75-87, 2020.

MINAS GERAIS. **Decreto Estadual 46.993, de 02 de maio de 2016.** Institui a Auditoria Técnica Extraordinária de Segurança de Barragem e dá outras providências. Belo Horizonte, 2016. Disponível em:

<https://www.almg.gov.br/consulte/legislacao/completa/completa.html?tipo=D>

EC&num=46993&comp=&ano=2016. Acesso em: 23 mar. 2021.

MINAS GERAIS. **Lei N° 23.291, De 25 De Fevereiro De 2019.** Institui A Política Estadual De Segurança De Barragens. Belo Horizonte, MG, 2019. Disponível em:

<https://www.almg.gov.br/consulte/legislacao/completa/completa.html?tipo=LEI&num=23291&comp=&ano=2019>. Acesso em: 23 jan. 2021.

MOURA, A. M. M. DE. Governança Ambiental no Brasil: instituições, atores e políticas públicas. Brasília: Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada, 2016.

NEVES, L. **DNPM publica Portaria nº 70.389 que modifica várias normas de Barragens de Mineração**. Belo Horizonte, 19 mai. 2017. Disponível em: <https://institutominere.com.br/blog/dnpm-publica-portaria-70-389-modifica-varias-normas-barragens-mineracao>. Acesso em: 20 mri. 2021.

PANIAGO, L. **Panorama Mundial da regulamentação de Segurança de Barragens**. Belo Horizonte, 06 nov. 2015. Disponível em: <https://institutominere.com.br/blog/panorama-mundial-da-regulamentacao-de-seguranca-de-barragens>. Acesso em: 22 mar. 2021.

RICO, A. M.; BENITO, G.; DÍEZ-HERRERO, A. Floods from Tailings Dam Failures. **Journal of Hazardous Materials**, v. 154, n 2, p. 79-87, 2008.

RICO, A. M.; BENITO, G.; SALGUEIRO, A.; A., D.-H., & PEREIRA, H. Reported tailings dam failures. A review of the European incidents in the worldwide context. **Journal of Hazardous Materials**, v152, n2, p. 846-852, 2008.

ROCHA, F. F. **Retro análise da ruptura da barragem São Francisco – Miraí**. 2015. 200 f. Dissertação (Mestrado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos) - Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, Minas Gerais, 2015.

SILVA, E.L; SILVA. M.A. Segurança de barragens e os riscos potenciais à saúde pública. **SAÚDE DEBATE**, v. 44, n. especial 2, p.242-261, 2020.

SOUZA, T. S. A. **Evolução histórica da legislação brasileira e do estado de Minas Gerais relacionado ao tema de disposição de rejeitos de mineração em barragens**. 2019. 94 f. TCC (Graduação em Engenharia Civil) – Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2019.

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**, Marechal Cândido Rondon, v. 18, n. 34, p.49-65, 2018.

TOLEDO, A. P; RIBEIRO, J. C. J; THOMÉ, R. **Acidentes com barragens de rejeitos da mineração e o princípio da prevenção: de Trento (Itália) a Mariana (Brasil)**. Rio de Janeiro: Lumen Juris, 2016.

USACE. U.S. Army Corps of Engineers. **Safety of Dams – Policy and Procedure Draft. Engineering and Design**. Washington DC. 2011.

VIEIRA, L. M. S. **Análise dos mecanismos físicos de instabilidade de corpo humano para definição de zonas de risco constante no plano de ações emergenciais de barragens. Estudo de caso: barragem de Santa Helena – BA**. 2018. 135 f. Dissertação (Mestrado em Meio Ambiente, Águas e Saneamento) - Escola Politécnica, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2018.

WAGENER, F. M.; CRAIG, H. J.; BLIGHT, G.; McPHAIL, G.; WILLIAMS, A. A. B.; STRYDOM, J. H. **The Merriespruit tailings dam failure – a review**. In: PROCEEDINGS, TAILINGS AND MINE WASTE, n5, p. 925-952,1998.

WUP. In: Wise Uranium Project. **World Information Service on Energy**. Disponível em: <http://www.wise-uranium.org/mdaf.html>. Acesso em: 14 mar. 2021.