



UFOP

Universidade Federal
de Ouro Preto



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO

Universidade Federal de Ouro Preto

Escola de Minas – Departamento de Engenharia Civil

Curso de Graduação em Engenharia Civil



Thainá Suzanne Alves Souza

**EVOLUÇÃO HISTÓRICA DA LEGISLAÇÃO BRASILEIRA E
DO ESTADO DE MINAS GERAIS RELACIONADO AO TEMA
DE DISPOSIÇÃO DE REJEITOS DE MINERAÇÃO EM
BARRAGENS**

Ouro Preto

2019

Evolução histórica da legislação brasileira e do estado de Minas Gerais
relacionado ao tema de disposição de rejeitos de mineração em barragens

Thainá Suzanne Alves Souza

Monografia de conclusão de curso
para obtenção do grau de Engenheiro
Civil na Universidade Federal de
Ouro Preto defendida e aprovada em
11 de dezembro de 2019 como parte
dos requisitos para a obtenção do
Grau de Engenheiro Civil.

Área de concentração: Barragens de rejeitos

Orientador: Prof. D.Sc. Lucas Deleon Ferreira - UFOP

Co-orientador: Prof^ª. M.Sc. Andressa Maris Rezende Oliveri - UFOP

Ouro Preto

2019

SISBIN - SISTEMA DE BIBLIOTECAS E INFORMAÇÃO

S729e Souza, Thaina Suzanne Alves .
Evolução histórica da legislação brasileira e do estado de Minas Gerais
relacionado ao tema de disposição de rejeitos de mineração em barragens.
[manuscrito] / Thaina Suzanne Alves Souza. - 2019.
94 f.: il.: color., gráf., tab..

Orientador: Prof. Dr. Lucas Deleon Ferreira.
Coorientadora: Profa. Ma. Andressa Maris Rezende Oliveri.
Monografia (Bacharelado). Universidade Federal de Ouro Preto. Escola de
Minas.

1. Direito de minas. 2. Barragens e açudes - Segurança. 3. Mineração a céu
aberto - Barragens de rejeitos. I. Ferreira, Lucas Deleon . II. Oliveri, Andressa Maris
Rezende . III. Universidade Federal de Ouro Preto. IV. Título.

CDU 624

Bibliotecário(a) Responsável: Maristela Sanches Lima Mesquita - CRB:1716

Evolução histórica da legislação brasileira e do estado de Minas Gerais relacionado
ao tema de disposição de rejeitos de mineração em barragens

Thainá Suzanne Alves Souza

Monografia de conclusão de curso para
obtenção do grau de Engenheiro Civil na
Universidade Federal de Ouro Preto
defendida e aprovada em 11 de dezembro
de 2019 como parte dos requisitos para a
obtenção do Grau de Engenheiro Civil.
Banca examinadora:



Orientador: Prof. D.Sc. Lucas Deleon Ferreira – UFOP

Co-orientador: Prof^a. M.Sc. Andressa Maris Rezende Oliveri – UFOP



Membro: Hernani Mota de Lima – UFOP



Membro: Prof^a. M.Sc. Bárbara Cristina Mendanha Reis – UFOP



Membro: Prof. M.Sc. Bruno de Oliveira Costa Couto – IFGoiano.

Desconfie do destino e acredite em você. Gaste mais horas realizando que sonhando, fazendo que planejando, vivendo que esperando porque, embora quem quase morre esteja vivo, quem quase vive já morreu.

(Sarah Westphal).

AGRADECIMENTOS

Agradeço em primeiro lugar a Deus, por ter me dado forças, determinação e aberto caminhos para que eu pudesse concluir este trabalho.

Agradeço também aos meus pais, Sinara e Marcos, e ao meu irmão, Marcos Eduardo, por tanta compreensão, amor, carinho e incentivo em todas as horas que eu precisava.

A Lucas e a Andressa, por toda ajuda e orientação, sem o apoio de vocês eu não teria realizado este trabalho.

A família Alves e Souza por sempre acreditarem no meu potencial, em especial aos meus avós Nina, Efigênio e Paula, por todas as orações e energias positivas enviadas.

A todos os meus amigos de Ouro Preto e as Amoras, por sempre acreditarem que seria possível eu chegar até onde cheguei.

A todos os meus colegas do PET Civil, que se fizeram presente em boa parte da minha jornada na engenharia civil na UFOP e que sem dúvida, foram a base para ter me tornado a profissional que eu me tornei hoje.

Agradeço também a Fundação Gorceix e a Tetra Tech por todo apoio e incentivo dado.

Um enorme obrigada aos profissionais que se disponibilizaram em me ajudar na realização deste trabalho por meio das entrevistas, serei eternamente grata.

RESUMO

A indústria da mineração é uma das principais fontes de renda do Brasil. Este empreendimento é gerador de resíduos e, consideráveis, impactos ambientais. Dentre estes resíduos destaca-se o rejeito de mineração, material resultante do processo de beneficiamento dos minerais. Atualmente, a principal forma de armazenamento dos rejeitos de mineração é por meio de barragens ou diques de contenção. Ocorreram nos últimos anos vários acidentes e incidentes com estas estruturas, o que levou o Brasil, e outros países do mundo, a discutirem e tomarem ações mais rígidas quanto à segurança de barragens de rejeito de mineração. Dentre essas ações, está a criação seguida de atualizações das legislações vinculadas a este tema. Desta maneira, este trabalho tem como tema central o estudo da evolução das legislações de segurança de barragens de rejeitos de mineração do Brasil e do estado de Minas Gerais. O estudo foi realizado a partir de uma pesquisa documental relacionada às legislações sobre o tema e por meio de entrevistas com 4 profissionais que trabalham com barragens de rejeitos. As entrevistas tinham o objetivo de analisar proposições estabelecidas em normativas recentemente publicadas, como parte da reação apresentada por órgãos governamentais após as rupturas das barragens de Fundão e Brumadinho. As perguntas das entrevistas tratavam-se dos aspectos técnicos relacionados às barragens com alteamento à montante e o seu descomissionamento ou descaracterização tratados, principalmente, nas resoluções nº 4 e nº 13 da ANM e a resolução 2784 da SEMAD/FEAM, ambas de 2019. Os resultados apontam que as atuais legislações se tornaram mais restritivas no sentido de proporcionar maior segurança às barragens de rejeito no país, faltando ainda adequações na gestão dos empreendedores e do governo público. Adicionalmente, é apontado que a forma como foi realizada a proibição da existência das barragens alteadas à montante no país, talvez seja um equívoco. Além disso, os atuais prazos para que o fechamento destas barragens ocorra devem ser revistos, pois provavelmente as datas atuais não serão factíveis.

Palavras-chaves: Legislação. Segurança de Barragem. Barragens de Rejeito de Mineração.

ABSTRACT

Mining is one of Brazil's main sources of income. This venture generates waste and considerable environmental impacts. Mining waste stands out among these leavings, which is the material resultant due to mining benefit. Currently, the main form of mining waste storage is by the use of dams or containment dikes. There have been several accidents and incidents with these structures in recent years, leading Brazil, and other countries around the world, to discuss and take even more severe actions regarding the safety of mining waste dams. Among these actions, there is the creation and update of laws linked with this issue. Therefore, this work has as its main theme the study of the evolution of the safety legislation of mining waste dams in Brazil and the state of Minas Gerais. The study was conducted from a documentary research related to the legislation on the subject and through interviews with four professionals who work with tailings dams. The interviews aimed to analyze some proposals established in recently published norms, as part of the reaction showed by governmental agencies after the Fundão and Brumadinho's dams ruptures. The interview questions were related to technical aspects related to upstream dams and their decommissioning or decharacterization, approached primarily in ANM Resolutions number 4 and 13 and SEMAD / FEAM Resolution 2784, both from 2019. The results indicate that the current legislation became more restrictive in order to provide more security to waste dams in the country, although there are still some adequate management left for entrepreneurs and public government. Additionally, it is pointed out that the way in which the existence of upstream dams are prohibit it may have been a mistake. Besides that, the actual deadlines for the shutdown of these dams must be reconsidered, once the actual data probably won't be doable.

Keywords: Legislation. Dam Safety. Tailings Dams.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Companhias mineradoras presentes no Brasil	6
Figura 2 - Incidentes em barragens de rejeitos.....	10
Figura 3 - Análise das causas de ruptura de barragens de rejeitos	11
Figura 4 – Perdas de vidas vs probabilidade de ruptura.....	13
Figura 5 – Características de uma barragem que a insere na PNSB	19

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Exemplos de casos de rupturas de barragens de rejeitos	8
Tabela 2 – Tabela utilizada para a classificação de barragem quanto à Categoria de Risco versus Dano Potencial Associado	23
Tabela 3 – Periodicidades determinadas pelo DNPM (Portaria DNPM nº416) para algumas atividades ligadas à segurança de barragens.....	24
Tabela 4 - Fatores de segurança para barragens de mineração	31
Tabela 5 - Critérios para classificação de barragens, DN nº 062/2002 (COPAM, 2002), Fator Altura e Volume	36
Tabela 6 - Critérios para classificação de barragens, DN nº 062/2002 (COPAM/2002) Fator Ocupação Humana a Jusante da Barragem.....	38
Tabela 7 - Critérios para classificação de barragens, DN nº 062/2002 (COPAM/2002) Fator Interesse Ambiental a Jusante da Barragem e Instalações a Jusante da Barragem	39
Tabela 8 - Sistema de Classificação de Barragem utilizando DN nº 062/2002 (COPAM/2002) e DN 87/2005 (COPAM, 2005)	42
Tabela 9 – Exigências da Lei 23291 para o processo de licenciamento ambiental de barragens	47
Tabela 10 – Perfil dos entrevistados.....	55

SUMÁRIO

Agradecimentos	VI
Resumo	VII
Abstract.....	VIII
Lista de Figuras	IX
Lista de Tabelas.....	X
Sumário	XI
1 Introdução	1
1.1 Objetivo	3
1.1.1 Objetivos Específicos	3
2 Revisão Bibliográfica.....	4
2.1 Contexto histórico das barragens de rejeitos.....	4
2.2 Atividade minerária em âmbito nacional	5
2.3 Disposição de rejeitos de mineração	6
2.4 Registro de acidentes de barragens de rejeito	7
2.5 Causas de rupturas de barragens de rejeitos.....	9
2.6 Aspectos de segurança de barragens	11
2.7 Panorama jurídico nacional relacionado à segurança de barragens	13
2.7.1 A inserção dos estudos dos impactos gerados pelas barragens no cenário jurídico brasileiro	14

2.7.2	Portaria DNPM n° 237, de 2001 (DNPM, 2001).....	14
2.7.3	Norma brasileira – ABNT NBR 13.028/2006 (ABNT, 2006).....	16
2.7.4	Lei Nacional 12.334, de 2010 (BRASIL, 2010).....	17
2.7.5	Resolução CNRH n° 143, de 2012 (BRASIL, 2012).....	20
2.7.6	Resolução CNRH n° 144, de 2012 (BRASIL, 2012).....	22
2.7.7	Portaria DNPM n° 416, de 2012 (DNPM, 2012).....	22
2.7.8	Portaria DNPM n° 526, de 2013 (DNPM, 2013).....	25
2.7.9	Portaria DNPM n° 14, de 2016 (DNPM, 2016).....	26
2.7.10	Portaria DNPM n° 70.389, de 2017 (DNPM, 2017).....	27
2.7.11	Norma brasileira – ABNT NBR 13.028/2017	30
2.7.12	Resolução ANM n° 4, de 2019 (ANM, 2019).....	32
2.7.13	Resolução n° 13, de 2019 (ANM, 2019).....	34
2.8	Panorama jurídico do estado de Minas Gerais relacionado à segurança barragens de rejeito	35
2.8.1	Deliberação Normativa COPAM n° 62, de 2002 (COPAM, 2002) ...	35
2.8.2	Lei n° 15.056, de 2004 (MINAS GERAIS, 2004).....	40
2.8.3	Deliberação Normativa COPAM n° 87, de 2005 (COPAM, 2005) ...	41
2.8.4	Deliberação Normativa COPAM n° 124, de 2008 (COPAM, 2008) .	43
2.8.5	Decreto Estadual 46.993, de 2016 (MINAS GERAIS, 2016).....	44
2.8.6	Lei 23291, de 2019 (MINAS GERAIS, 2019)	45
2.8.7	Resolução SEMAD/FEAM 2784, de 2019 (SEMAD & FEAM , 2019) 50	
2.8.8	Resolução SEMAD/FEAM 2833, de 2019 (SEMAD & FEAM, 2019) 51	
3	Metodologia.....	53

3.1	Entrevista e levantamento documental.....	53
3.2	Procedimentos e análise de dados.....	55
3.2.1	Pré-análise: primeira fase da análise de dados	56
3.2.2	Categorização dos dados: segunda fase da análise de dados	57
3.2.3	Tratamento dos resultados, a inferência e a interpretação: terceira fase da análise de dados	57
4	Resultados	58
	Legislações como asseguradoras da estabilidade de barragens construídas por qualquer método construtivo.....	58
4.1	58
4.2	Futuro das barragens de rejeito.....	62
5	Conclusão	67
	Referências.....	70
	APÊNDICE A – Termo de Compromisso Livre e Esclarecido (TCLE)	79
	APÊNDICE B – roteiro das entrevistas com os profissionais.....	80

1 INTRODUÇÃO

Segundo a Comissão Internacional de Grandes Barragens (ICOLD – *International Commission on Large Dams*), existem, no ano de 2019, mais de 58.000 barragens de grande porte no mundo, sendo a definição de barragem de grande porte aquelas que possuem altura de pelo menos 15 metros acima da fundação ou acima de 5 metros e com capacidade maior de que 3 milhões de metros cúbicos (ICOLD, 2019).

Mais da metade dessas barragens foram construídas nos últimos 60 anos devido a crescente necessidade de armazenamento de água pelo ser humano para diversos fins, como por exemplo a produção de energia elétrica, irrigação, abastecimento de água para uso humano e industrial. Segundo a Agência Nacional de Águas (ANA), foi principalmente a partir da metade do século passado que os avanços tecnológicos tornaram possível a construção de barragens de grandes dimensões (ANA, 2016).

Contudo, além de armazenamento de água, as barragens começaram a ser utilizadas para armazenamento de rejeitos de mineração, a fim de evitar que este material fosse lançado diretamente nos cursos d'água. No Brasil, as barragens de rejeito começaram a ser construídas por volta da década de 1930 (CBDB, 2011) e, desde então, são a principal forma de armazenamento de materiais provenientes da mineração.

Embora as barragens tenham trazido grandes vantagens para a sociedade, elas também geram preocupações devido aos grandes volumes e características físico-químicas dos materiais armazenados. Em caso de rompimento, há um acréscimo significativo de vazão em trânsito no seu trecho a jusante, gerando inundações em áreas extensas e aumento da velocidade de escoamento do material (ANA, 2016).

Devido ao potencial risco de rompimento de barragens, começou a ser discutido com maior ênfase no final da década de 1960, maneiras de aumentar a segurança de barragens através do monitoramento do seu comportamento, a reavaliação das barragens e vertedouros mais antigos, os efeitos do envelhecimento e os impactos ambientais (ICOLD, 2008). Desde então, muitos países criaram legislações

específicas de segurança de barragens, face à efetiva ocorrência de acidentes e incidentes.

No Brasil, a primeira norma regulamentadora voltada especificamente para barragens de rejeitos foi a Portaria nº 237, de 18 de outubro de 2001, (DNPM, 2001). Desde então, diversas normas foram sendo criadas a fim de melhorar a gestão da segurança de barragens em nível nacional. Dentre elas estão a Lei nº 12.334/2010 (BRASIL, 2010), Resoluções nº 143/2012 (BRASIL, 2012) e nº 144/2012 (BRASIL, 2012), Portarias nº 416/2012 (DNPM, 2012) e nº 526/2012 (DNPM, 2012), Portaria nº 14/2016 (DNPM, 2016), Portaria nº 70.389/2017 (DNPM, 2017), Resoluções nº 4/2019 (ANM, 2019) e nº 13/2019 (ANM, 2019).

No estado de Minas Gerais a discussão sobre a segurança de barragens de rejeito também se iniciou no ano de 2001, com a Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável (SEMAD), por meio da Fundação de Meio Ambiente (FEAM). Como resultado houve a publicação da Deliberação Normativa COPAM nº 62/2002, que constituiu o primeiro marco na legislação ambiental estadual que dispõe sobre os critérios de classificação de barragens de contenção de rejeitos, de resíduos e de reservatório de água (COPAM, 2002). Após isso, foram publicadas também a Lei nº 15.056/2004 (MINAS GERAIS, 2004), as Deliberações Normativas nº 87/2005 (COPAM, 2005) e 124/2008 (COPAM, 2008), Decreto estadual nº 46.993/2016 (MINAS GERAIS, 2016), a Lei estadual nº 23.291/2019 (MINAS GERAIS, 2019) e a Resolução nº 2784/2019 (SEMAD & FEAM, 2019).

Verifica-se que a publicação de novas normativas se intensifica a partir do ano de 2016, tendo como explicação os recentes acidentes envolvendo as rupturas das barragens de Fundão em 2015 no município de Marina e a barragem de Feijão ocorrida nesse ano na cidade de Brumadinho, ambas no estado de Minas Gerais. A análise deste conjunto de leis criadas recentemente, algumas com o intuito de apresentar uma resposta rápida à sociedade diante destes eventos, motivou a execução do presente trabalho. Nesse sentido, esse trabalho de conclusão de curso busca contribuir com a análise crítica destes documentos, apresentando evoluções e

pontos que necessitam de melhoria segundo o ponto de vista de especialistas que atuam diretamente com a temática de barragens de rejeito no país.

1.1 Objetivo

Discutir a legislação brasileira e mineira de segurança de barragens de rejeito de mineração no que se refere aos aspectos técnicos relacionados às barragens com alteamento à montante e o seu descomissionamento ou descaracterização por meio, principalmente, das resoluções nº 4 e nº 13 da ANM e a resolução 2784 da SEMAD/FEAM, ambas de 2019.

1.1.1 Objetivos Específicos

- i. Levantamento e descrição dos principais aspectos técnicos referentes às antigas e atuais legislações referentes à segurança de barragens de rejeito no Brasil e no estado de Minas Gerais;
- ii. Verificar, junto aos profissionais de diferentes áreas que trabalham diretamente com barragens de rejeitos, aspectos referentes ao descomissionamento e descaracterização das barragens alteadas à montante;
- iii. Compreender a percepção dos entrevistados sobre a atual situação do sistema de disposição de rejeitos frente às mudanças que as atuais legislações estão causando para o complexo minerário do país.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Contexto histórico das barragens de rejeitos

Segundo a Comissão Internacional de Grandes Barragens (ICOLD), as primeiras barragens foram construídas a mais de 2000 anos em alguns países da Ásia, ao longo do mediterrâneo e da América Central. Contudo, mesmo com o desaparecimento de várias, algumas ainda estão operacionais após 500 a 1000 anos de construção.

As barragens, desde cedo, eram utilizadas para a adaptação da civilização ao meio ambiente natural e à melhoria da qualidade de vida das populações. Suas principais funções eram a de irrigação e abastecimento de água em épocas de seca.

Os barramentos construídos no início do século XIX geralmente eram feitos transversalmente aos cursos de água. Consequentemente, quando chuvas fortes ocorriam, poucas dessas estruturas permaneciam estáveis. Nesta época, raramente existiam engenheiros especialistas no tema envolvidos nas fases de construção e operação (CBDB, 2004)

As barragens para o uso de disposição de rejeitos, começaram a ser construídas a partir da década de 1930, tendo como um dos seus objetivos principais evitar que os rejeitos fossem lançados diretamente em cursos de água, minimizando, assim, os impactos ambientais da atividade de mineração (CBDB, 2011).

O Comitê Brasileiro de Barragens (CBDB) aponta que as atividades minerárias por muitos anos descartaram seus resíduos diretamente na natureza sem nenhum controle ou preocupação ambiental (CBDB, 2011). Com o desenvolvimento tecnológico, tornou-se possível mineração de corpos com baixo teor mineral, o que culminou na produção ainda maior de resíduos pelas mineradoras. Dessa maneira, precedentes legais surgiram para trazer um fim à disposição descontrolada de rejeitos em várias partes do mundo.

Sendo assim, em 1930, as indústrias investiram nas primeiras barragens de contenção de rejeitos a fim de manter a atividade de mineração e a mitigação dos impactos ambientais.

De acordo com Ávila (2012), a partir da década de 1940, com o surgimento de equipamentos com alta capacidade de movimentação de terra, principalmente em minas a céu aberto, tornou-se possível a construção de barragens de contenção de rejeitos com técnicas de compactação e maior grau de segurança. Assim, na década de 1950, muitos dos princípios fundamentais da geotecnia já estavam sendo aplicados em obras de barragens de rejeitos (ÁVILA, 2012).

Durante os anos de 1970 e 1980, foram construídos grandes empreendimentos de barragens no Brasil, porém em sua grande maioria para usos múltiplos. Na década de 1970, foram elaborados e executados muitos projetos de barragens com ênfase para a geração de energia (Usinas Hidrelétricas de Sobradinho, Tucuruí, Itaipu e Balbina). E, com isso, diversos projetos de mineração se alavancaram nesta época com barragens de rejeitos de mineração inseridos neste contexto (NEVES, 2018).

No ano de 2019, a Agência Nacional de Águas (ANA) tem catalogado um total de 14.966 barragens (ANA, 2019) utilizadas para diversas finalidades no Brasil. Desse total, apenas 714 barragens são utilizadas para a disposição de rejeitos (ANM, 2019).

2.2 Atividade minerária em âmbito nacional

O Brasil possui várias jazidas de diversos minerais, tanto metálicos como não metálicos, já que apresenta grande diversidade geológica em seu território. De acordo com o Instituto Brasileiro de Mineração (IBRAM, 2015), as substâncias metálicas representaram, aproximadamente, 76% do valor total da produção comercializada brasileira, com destaque para o alumínio (bauxita), o cobre, o estanho (cassiterita), o ferro, o manganês, o nióbio, o níquel e o ouro que, juntos, corresponderam a 98,5% do valor da produção comercializada.

O Brasil, no ano de 2019, ocupa o quarto lugar em relação às reservas mundiais de minério de ferro, estimadas em 160 bilhões de toneladas, alcançando destas, cerca de 29 bilhões de toneladas (aproximadamente 18%) (IBRAM, 2015). Considerando as reservas em termos de ferro contido, o Brasil assume lugar de destaque no cenário internacional devido ao alto teor nos minérios hematita, predominante no Pará, e itabirito, predominante em Minas Gerais (IBRAM, 2015).

De acordo com IBRAM (2015), o Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM) apurou em 8.870 o número de empresas mineradoras no Brasil no ano de 2013, sendo divididas pelas regiões ilustradas na Figura 1 – Companhias mineradoras presentes no Brasil

Fonte: IBRAM (2015)

. Observa-se que a região sudeste possui a maioria das mineradoras, possuindo forte influência das grandes companhias, como a Anglo American, Vale, Kinross, Mineração Usiminas, Companhia Siderúrgica Nacional (CSN), dentre outras.



Figura 1 – Companhias mineradoras presentes no Brasil

Fonte: IBRAM (2015)

2.3 Disposição de rejeitos de mineração

Para extrair o elemento de interesse, principalmente os minerais metálicos, as mineradoras utilizam processos em que normalmente são adicionados produtos químicos e água. A polpa não aproveitável resultante desse processo, constituída de água e partículas sólidas com granulometrias variáveis, é chamada de rejeito (ICME, 1998). A disposição desses rejeitos constitui um grande problema ambiental, devido, principalmente, à exploração crescente de jazidas de baixos teores, o que resulta em elevados volumes de rejeitos gerados (ARAUJO, 2006).

Os rejeitos, além de não possuírem um valor econômico significativo associado, trazem uma preocupação para as empresas que precisam realizar a sua disposição e, para isso, procuram a combinação de fatores como: minimização dos impactos ambientais e menor custo para sua segurança e contenção.

Para dispor esses rejeitos, normalmente são construídas barragens. Elas são estruturas que têm a finalidade de reter partículas sólidas e água, as quais não são aproveitadas nos processos de beneficiamento de minério. Na maioria das vezes, estas apresentam grandes volumes de armazenamento, podendo conter elevado grau de toxicidade, além de partículas dissolvidas e em suspensão, metais pesados e reagentes químicos (LOZANO, 2006).

Nos últimos 30 anos, as técnicas de disposição de rejeitos têm evoluído constantemente, motivo este impulsionado por maior exigência dos órgãos ambientais, devido ao aumento significativo dos volumes gerados, à exaustão de áreas para a disposição, como também a maior dificuldade nas outorgas para utilização de água em processos de beneficiamento (RIBEIRO, 2015). Outro fator que contribuiu sobremaneira para a evolução das técnicas de disposição foi o histórico de acidentes com rupturas e vazamentos de rejeitos.

2.4 Registro de acidentes de barragens de rejeito

As barragens, como qualquer outra obra de engenharia, são sujeitas a falhas. Apesar da probabilidade de ocorrência de ruptura ser pequena, os danos causados podem ser catastróficos, principalmente se existirem comunidades, urbanas ou rurais, no vale a jusante (MACHADO, 2017). Além disso, algumas barragens possuem substâncias com alto índice de contaminação, que ao entrarem em contato com a natureza, podem destruir a fauna e flora local.

Em um conjunto de 18.401 minas, a taxa de ruptura de barragens de rejeitos, nos últimos cem anos, pode ser estimada em 1,2% (ICOLD, 2001). Azam & Li (2010) estimam que, para as barragens de água, esse valor seja muito menor, na casa de 0,01%. Muitos trabalhos apresentam estatísticas acerca de rupturas de barragens (e.g. ICOLD, 2008; Azam & Li, 2010; Rico *et al.*, 2008), analisando diferentes parâmetros de ruptura, como o tempo, altura da barragem, método construtivo ou

causa de instabilidades. Ressalta-se que muitas rupturas não possuem informações suficientes sobre o evento, como causa e/ou extensão do impacto no vale a jusante (ROCHA, 2015).

ICOLD (2001) enfatiza que a relutância dos proprietários das barragens em relatar acidentes ou incidentes ocorridos, é devido ao receio de sofrerem sanções, como a perda de licença de operação. A qualidade da base de dados em relação ao número de falhas de determinado país acaba por refletir a existência ou não de fiscalização e legislação relacionada à segurança de barragens.

Segundo Davies (2002), no período de 1970 a 2001, ocorreram no mundo, em média, pelo menos 2 a 5 acidentes com barragens por ano. Este resultado veio de um inventário de 3.500 barragens, resultando em uma probabilidade de falha anual de 1/700 a 1/1750 por barragem.

Blight *et al.* (2003) citam que, em anos recentes, aconteceram rupturas catastróficas de estruturas projetadas e controladas com cuidados. Na Tabela 1 estão listados alguns acidentes envolvendo barragens de rejeito, incluindo o ano do ocorrido, a localização, o número de óbitos e o tipo de minério explorado.

Tabela 1 - Exemplos de casos de rupturas de barragens de rejeitos

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

Fonte: adaptado de WISE, 2019

Em Minas Gerais, nas duas últimas décadas, houve seis acidentes com barragens de mineração com grande relevância, sendo o primeiro em 2001 na barragem identificada como “Cava1”, que armazenava rejeito de minério de ferro da empresa Mineração Rio Verde Ltda., localizada no município de Nova Lima/MG. Em Miraf, nos anos de 2006 e 2007, houve os acidentes com a barragem de rejeito de bauxita da empresa Mineração Rio Pomba Cataguases Ltda. Já em 2014, ocorreu o acidente na barragem de rejeitos de minério de ferro identificada como “B1” de responsabilidade da empresa Herculano, localizada no município de Itabirito/MG. Em 2015, ocorreu um dos maiores desastres ambientais da história de Minas Gerais que foi o rompimento da barragem “Fundão” da empresa Samarco Mineração S/A., localizada no município de Mariana/MG. E por último, ocorreu o acidente com a barragem 1 no município de Brumadinho/MG, em que deixou centenas de mortos em 2019 e é considerado como o segundo maior desastre do século (SOUZA, 2019) e o maior acidente de trabalho do Brasil (BRASIL B. N., 2019).

2.5 Causas de rupturas de barragens de rejeitos

Rico e colaboradores (2008), ao analisarem 147 incidentes em barragens de mineração, apontam um conjunto de causas, das quais se pode destacar a manutenção ineficiente das estruturas de drenagem, ausência de monitoramento contínuo e controle durante construção e operação, crescimento das barragens sem adequados procedimentos de segurança e a sobrecarga a partir de rejeitos de mineração. Também chamam a atenção para a falta de regulamentação sobre os critérios de projetos específicos. Combinada com políticas frágeis e instituições públicas de controle e prevenção desestruturadas, constitui cenário fértil para a ocorrência de desastres no Brasil, em que anormalidades são cotidianamente transformadas em normalidades.

A Figura 2 apresenta um gráfico que ilustra o número de incidentes envolvendo barragens de rejeitos, classificados pelo método construtivo e pela causa da ruptura.

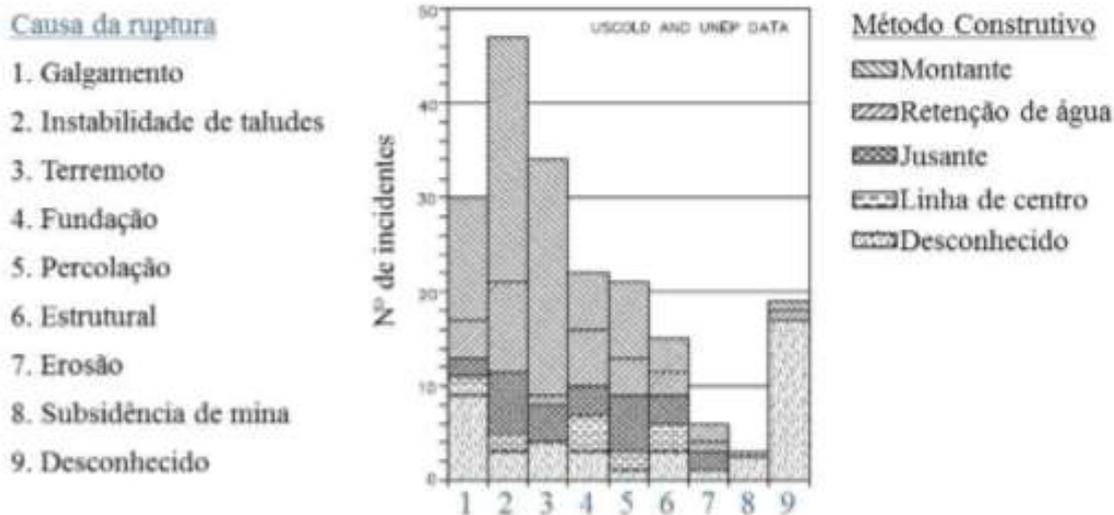


Figura 2 - Incidentes em barragens de rejeitos

Fonte: adaptado de ICOLD (2001)

Em maneira geral, pode-se observar que a principal causa de ruptura de barragens de rejeito é a instabilidade de taludes, seguido de terremotos e galgamento. Além disso, o método construtivo mais comum das barragens que se rompem é o de alçamento a montante.

A partir de alguns estudos, Blight (2010) determinou as principais causas de ruptura de barragens de rejeitos, como mostrado na Figura 3. Segundo o autor, a instabilidade de taludes é a principal causa da ruptura de taludes de barragens de contenção de rejeitos, tendo sido responsável por 22% do total de ocorrência de acidentes. Nas estatísticas acerca da ruptura de barragens de rejeitos, é difícil definir o que causou o acidente. Segundo o autor, já que o evento ocorre raramente, e de maneira isolada, seria mais interessante apresentar as informações em cadeia de eventos que resultam na falha da estrutura.

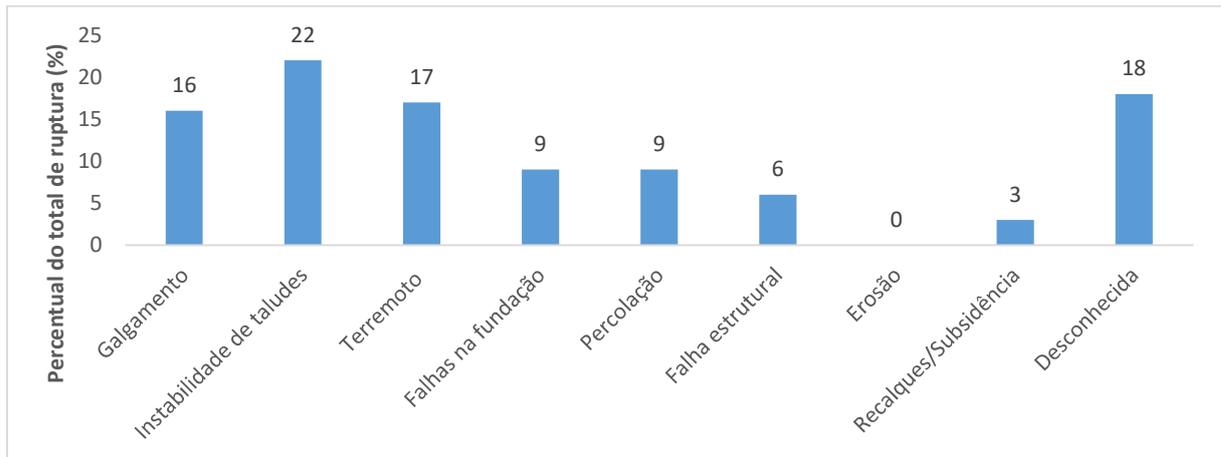


Figura 3 - Análise das causas de ruptura de barragens de rejeitos

Fonte: BLIGHT (2010)

Segundo Rocha (2015), um evento de ruptura de barragens traz perdas econômicas extremamente elevadas tanto para as mineradoras quanto para a sociedade, que sofre com as consequências diretas e indiretas do acidente. As principais consequências desse evento são as perdas de vidas, danos econômicos, ambientais e sociais e paralização temporária ou permanente da atividade do empreendedor. Desta maneira, o mais importante para se evitar esses incidentes seria o investimento em segurança dessas estruturas.

2.6 Aspectos de segurança de barragens

A segurança foi sempre um tema que mereceu uma atenção por parte de todas as entidades envolvidas no uso de barragens e com forte apelo do Comitê Internacional das Grandes Barragens (ICOLD). Este interesse mantém-se nas últimas décadas, devido a diversos fatores, entre os mais importantes:

- As grandes dimensões atingidas por um número significativo de barragens, com alturas máximas que, em algumas obras, ultrapassam 300m e, em cerca de uma centena delas, ultrapassam 150m (ICOLD, 1989);
- A deterioração por envelhecimento que começou a verificar-se em muitas barragens, uma vez que grande parte das obras existentes nos Estados Unidos da América (EUA) foi construída ainda na primeira metade do século XX e, as existentes na Europa, foram em grande parte construídas

nas décadas imediatamente a seguir à 2ª grande guerra (ICOLD, International Commission on Large Dams, 1989).

O início da legalização da segurança de barragens no mundo teve início no século passado. Países europeus e americanos tiveram suas legislações criadas em meados dos anos 1970 e 1990 e estas puderam ser detalhadas através de suas regulamentações posteriores de acordo com a característica de cada região (Paniago, 2019).

Nos Estados Unidos, o tema começou a ser tratado e regulamentado desde 1920, mas foi instrumentado anos depois com as agências federais, como o *U.S Army Corps of Engineers* (USACE) e o Departamento de Interior (USACE, 2011). No início do século XX, construiu-se diversas barragens e institucionalizou diversas normas de segurança durante este tempo (USACE, 2011). Em Portugal, foi publicado, em janeiro de 1990, o Decreto-Lei nº 11, o qual versava sobre a regulamentação geral e ampla de segurança de barragens no país (PORTUGAL, Decreto-Lei n. 11, 1990). Já em 1993, o citado país publicou um regulamento mais estrito, direcionado às pequenas barragens (PORTUGAL, 1993).

Segundo Fontenelle (2007), evoluções, tais como a do processo natural de envelhecimento das obras, ou a da tendência, frequentemente verificada, para a ocupação dos vales a jusante das barragens, bem como o aumento da percepção do risco associado a este tipo de estrutura, conduzem à maiores exigências de segurança de barragens. Estas se traduzem, nomeadamente, pelo estabelecimento e cumprimento de normas de operação e de programas de inspeção, observação, auscultação (monitoração) e manutenção (FONTENELLE, 2007). Como dizia o engenheiro francês André Coyne (apud CNPDM, 2005, p.1), que projetou mais de 70 barragens em 14 países, “*En matière des barrages c’est la sécurité ce que compte plus*”, o que traduzido para o português significa “em relação à barragens, a segurança é o que conta mais”.

A Figura 4, a seguir, conforme BOWLES *et al.* (1999), apresenta as diferentes formas de redução do risco para a segurança das pessoas em relação às medidas para a redução do risco à ruptura por galgamento nas cheias. O alteamento da

barragem resulta em uma diminuição do perigo de galgamento por cheias, no entanto, provoca um aumento do risco para as pessoas a jusante, devido ao aumento do volume armazenado. O reforço do talude a jusante auxilia na redução do perigo de ruptura, mas não diminui o dano potencial, inclusive, de perdas de vidas. Já a adoção de Planos de Ações Emergenciais (PAE) reduz as consequências de perdas de vidas, contudo, não diminui o perigo de ruptura da barragem. O mais interessante seria a aplicação das duas últimas medidas citadas: reforço do talude a jusante e o PAE.

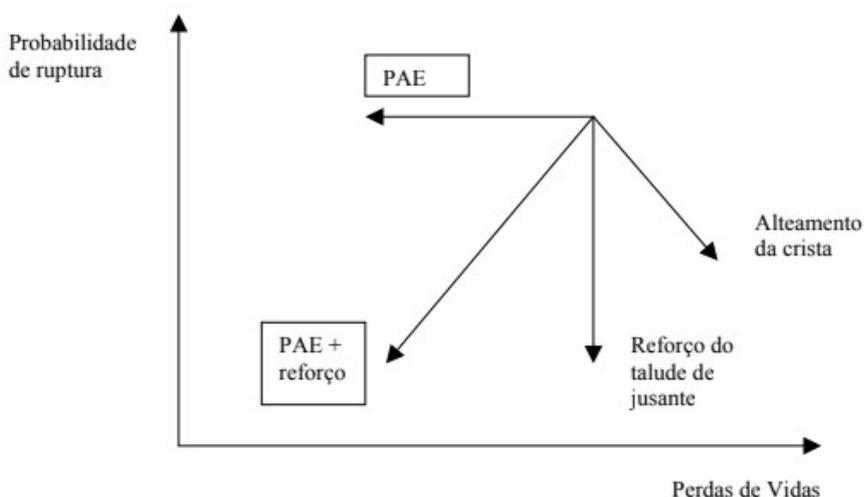


Figura 4 – Perdas de vidas vs probabilidade de ruptura

Fonte: BOWLES *et al.* (1999)

2.7 Panorama jurídico nacional relacionado à segurança de barragens

Neste item será apresentado um breve histórico das legislações brasileiras referente à segurança de barragens, levando em consideração, principalmente, as barragens de rejeito.

De forma geral, as Leis Nacionais são utilizadas como referência para os órgãos fiscalizadores. O órgão fiscalizador em foco deste trabalho é a Agência Nacional de Mineração (extinta DNPM), cuja função é fiscalizar as barragens de rejeito no Brasil. Além disso, o Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH) possui resoluções que são aplicáveis em conformidade com as Leis Nacionais para água e rejeitos.

2.7.1 A inserção dos estudos dos impactos gerados pelas barragens no cenário jurídico brasileiro

No ano de 1986 o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) publicou os primeiros termos relacionados aos impactos causados pelas barragens brasileiras no cenário jurídico do país por meio do art. 2º da Resolução 1 (CONAMA, 1986). Estes termos implementavam a necessidade do estudo de impacto ambiental e respectivo Relatório de Impacto Ambiental (RIMA) para o licenciamento de atividades modificadoras do meio ambiente. Contudo, esses estudos eram obrigatórios apenas para obras hidráulicas e para a exploração de recursos hídricos.

Em 1997, por meio da Resolução nº 237, o CONAMA apresentou definições importantes, que até o momento não existiam no Brasil, tais como: Licenciamento Ambiental, Licença Ambiental, Estudos Ambientais e Impacto Ambiental Regional (CONAMA, 1997). Desde então, as barragens e diques, além de outras atividades e empreendimentos listados no anexo 1 desta referida resolução, passaram a ser sujeitas ao licenciamento ambiental.

O licenciamento ambiental se tornando obrigatório, passa a ser exigido um apurado conhecimento técnico e obediência às criteriosas normas de segurança, que vão desde a elaboração do projeto à execução e manutenção das obras (MACHADO, 2007 apud PEDROSA, 2017, p.21). Isso obriga os empreendedores a terem maior cautela com relação à logística a ser utilizada tanto na execução como na manutenção do empreendimento. Desta forma, as companhias mineradoras passam a atuar de forma efetiva na fiscalização da sua segurança.

Somente em 2001 foi instaurada a primeira legislação específica para barragens de contenção de rejeitos no país, a Portaria do DNPM nº 237 que correspondia às Normas Reguladoras da Mineração (NRM), sendo a NRM 19 a norma específica para disposição de estéril, rejeitos e produtos.

2.7.2 Portaria DNPM nº 237, de 2001 (DNPM, 2001)

No Brasil, a primeira norma regulamentadora voltada especificamente para barragens de rejeitos foi a Portaria nº 237, decretada em 18 de outubro de 2001, pelo

então órgão regulamentador de barragens de rejeitos, Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM). Seu objetivo era conciliar o desenvolvimento da atividade mineral com a produtividade, minimizar os impactos ambientais decorrentes da atividade minerária bem como melhorar as condições de saúde e segurança no trabalho (DNPM, Portaria n° 237 de 18 de outubro de 2001- NRM, 2001).

Dentre as generalidades presentes nesta portaria, encontra-se a construção de dispositivos de drenagem interna em depósitos de rejeitos, de forma que não permitam a saturação do maciço. Além disso, a construção de depósitos de estéril, rejeitos e produtos devem ser precedidas de estudos geotécnicos, hidrológicos e hidrogeológicos.

Nesta portaria também está prevista a obrigatoriedade da presença de um profissional legalmente habilitado pelo CREA no planejamento e monitoramento das barragens. Em situações de risco grave e iminente de ruptura de barragens, as áreas de risco devem ser evacuadas, isoladas e o pessoal potencialmente afetado deve ser informado imediatamente. O fato é que a portaria não referencia as metodologias que serão utilizadas para identificar quais serão as áreas de riscos, bem como a maneira que as empresas deverão avisar a população afetada que a barragem sofreu ou está para sofrer um colapso em sua estrutura.

No caso de depósitos de rejeitos líquidos, a NRM 19 diz que no projeto técnico deve conter estudo que caracterize aspectos de alternativas sobre o local de disposição do barramento; impermeabilização da base, quando couber; caracterização do material retido no barramento e da sua construção; descrição do barramento e dimensionamento das obras componentes deste; avaliação dos impactos ambientais e medidas mitigadoras; monitoramento do barramento e efluentes; medidas de abandono do barramento e uso futuro e o cronograma físico e financeiro. No caso de alterações da geometria da barragem ou na metodologia de estocagem, esta não poderá ser realizada sem prévia comunicação ao Departamento Nacional de Produção Mineral.

2.7.3 Norma brasileira – ABNT NBR 13.028/2006 (ABNT, 2006)

A primeira versão da norma brasileira de barragens foi publicada em 1993, em esforço coordenado pelo DNPM, durante seminários do setor mineral promovidos pelo órgão (FRANCA, 2017). Por ser pioneira, a norma apresentava pontos questionáveis como terminologias inadequadas; incluía itens não relativos a projetos, como licenciamento ambiental; detinha de recomendações específicas sem a devida justificativa técnica e não explicava critérios mínimos de projeto, como tempo de recorrência e fator de segurança (FRANCA, 2017).

Desta maneira, em 2004 foi criado um grupo de trabalho, sob coordenação do Instituto Brasileiro de Mineração e o Comitê para a Normalização Internacional em Mineração, com participação de empresas de mineração, projetos/consultoria e universidades a fim de ser realizado a revisão das normas. Assim, em outubro de 2006 foi validada a norma 13.028 (FRANCA, 2017).

A NBR 13.028, de 2006, especifica os requisitos mínimos para elaboração e apresentação de projeto de barragens para disposição de rejeitos de beneficiamento, contenção de sedimentos e reservação de água, em mineração, visando atender as condições de segurança, operacionalidade, economia e desativação, minimizando os impactos ao meio ambiente (ABNT, 2006).

Uma das abordagens da referida norma são os estudos que devem ser feitos para caracterizar o projeto de barragem de rejeitos, que são: locais, hidrológicos e hidráulicos, geológicos e geotécnicos e sedimentológicos. Além disso, deve-se apresentar o resultado dos estudos de localização e o arranjo final do maciço da barragem, com seus acessos provisórios e definitivos, o posicionamento relativo do sistema extravasor, a curva elevação x volume do maciço da barragem, os sistemas de drenagem superficial e a metodologia de alteamento do maciço (ABNT, 2006).

Em relação ao projeto do maciço, a NBR define os fatores de segurança que devem ser considerados para análises de estabilidade, em que o fator de segurança mínimo para talude geral, talude montante e talude jusante é de 1,50, sendo que esse valor se refere a tensões efetivas (ABNT, 2006). Além disso, ao ser feito o projeto do sistema do extravasor, deve ser considerado a vazão efluente calculada para o tempo

mínimo de recorrência de 500 anos. Já para o projeto de drenagem superficial deve ser considerado as vazões calculadas para tempos mínimos de recorrência para dispositivos de pequenas vazões de 100 anos e dispositivos de grandes vazões de 500 anos.

Um dos temas que está em voga, e que de maneira superficial é abordado nesta NBR, é o plano de desativação das barragens. A NBR cita que a desativação da barragem é a integração ao meio ambiente e habilitação para novo uso da barragem e de seu reservatório, após o término da sua vida útil operacional. E o plano de desativação seria o conjunto de atividades necessárias para permitir a desativação da barragem (ABNT, 2006). No corpo do texto, a ABNT utiliza de recomendações para a construção das barragens, como por exemplo empregar materiais de construção que possam se integrar ao meio ambiente quando ocorrer a desativação, para que seja facilitada, no futuro, a desativação da estrutura.

Vale ressaltar que a apresentação do plano de desativação deve ser realizada sempre que o futuro da área da barragem estiver definido e/ou houver legislação específica (ABNT, 2006).

Dentre os documentos que devem constar anexos ao projeto da barragem estão: relatório das investigações geotécnicas de campo e de laboratório; todas as memórias de cálculo e critérios de projeto utilizados; planilha de quantidades e serviços das obras civis; especificações técnicas construtivas e o manual de operação da estrutura, incluindo procedimentos de inspeção de campo e monitoramento e atendimento a eventuais situações de emergência (ABNT, 2006).

2.7.4 Lei Nacional 12.334, de 2010 (BRASIL, 2010)

Em 2003 o Projeto de Lei 1.181 começou a ser debatido no Congresso Nacional com o objetivo de ser criada a Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB) para o Brasil. Contudo, somente em 2010 essa Política foi aprovada, ocorrendo a promulgação da Lei Nacional 12.334, de 20 de setembro de 2010.

A PNSB trata da acumulação de água para quaisquer usos, da disposição final ou temporária de rejeitos e da acumulação de resíduos industriais (BRASIL, Lei nº

12.334, 2010) e como toda Política do Governo Federal, tem seus objetivos e fundamentos para sua criação. É notório que sua criação objetivou garantir padrões de segurança, reduzir a possibilidade de acidentes, regulamentar ações e padrões, centralizar as informações sobre segurança de barragens e fomentar a cultura de segurança dentro do ambiente onde estão instaladas estas importantes estruturas (Neves, 2018).

É interessante ressaltar que toda a PNSB é fundamentada nos princípios da prevenção e precaução de sinistros em barragens, já que o dano causado por esse tipo de atividade costuma ser de grandes prejuízos econômicos, sociais e ambientais.

Segundo Farias (2019), o seu objetivo foi criar uma política e um sistema de integração das diversas entidades fiscalizadoras e dos diversos entes federativos no intuito de assegurar a integridade das barragens, de forma a proteger os seres humanos que delas dependem e que vivem ao seu entorno, além do próprio meio ambiente. Desta forma, um marco importante dessa lei foi a definição de que para barragens com fins de disposição de rejeitos provenientes das usinas de beneficiamento de minérios, a fiscalização caberia ao Departamento Nacional de Produção Mineral (PEDROSA, 2017).

Um outro ponto importante da Lei foi a delimitação de quais estruturas estariam ou não dentro da PNSB. Para que uma barragem se enquadre dentro da PNSB, ou seja, atenda a Lei nº 12.334/2010 em plenitude, ela deve apresentar pelo menos uma das quatro características estabelecidas a seguir:

- Altura do maciço, contada do ponto mais baixo da fundação à crista, maior ou igual a 15m (quinze metros), ou seja, a altura do barramento deve equivaler, no mínimo, a um prédio de 5 andares;
- Capacidade total do reservatório maior ou igual a 3.000.000m³ (três milhões de metros cúbicos), o que seria, aproximadamente, a 20 campos de futebol com profundidade média de 15 metros;
- Reservatório que contenha resíduos perigosos conforme normas técnicas aplicáveis;

- 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.

Observa-se que a lei não se preocupa somente com a segurança de barragens de grande porte, mas também com aquelas que armazenam resíduos perigosos e que possam provocar danos econômicos, sociais, ambientais ou perda de vidas. A Figura 5 mostra de forma ilustrativa as características de enquadramento de uma barragem à PNSB, como citado anteriormente:

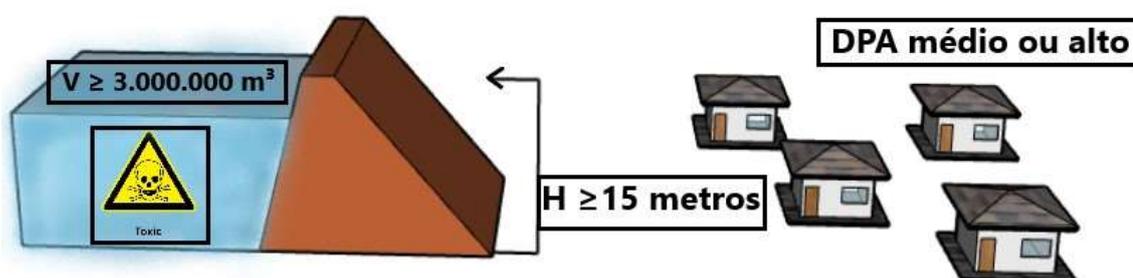


Figura 5 – Características de uma barragem que a insere na PNSB

Fonte: autora (2019)

Uma definição importante, presente no item III do art. 4º desta lei, expressa que o empreendedor é o responsável legal pela segurança da barragem, cabendo a ele o desenvolvimento de ações para garanti-la. Isso significa que o órgão público fiscalizador deve fiscalizar o cumprimento da política pelo empreendedor, entretanto a responsabilidade sobre qualquer tipo de falha recai sobre o proprietário da barragem.

A referida Lei, a partir dos arts. 16 e 17, atribuem as obrigações dos órgãos fiscalizadores e empreendedores, respectivamente. Uma das atribuições aos órgãos fiscalizadores é a manutenção do cadastro das barragens sob sua jurisdição ao Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens (SNISB), sistema que tem por objetivo coletar, armazenar, tratar, gerir e disponibilizar, para a sociedade, as informações relacionadas à segurança de barragens em todo o território nacional (BRASIL, 2010).

No que tange ao empreendedor da barragem, as principais obrigações são (BRASIL, Lei nº 12.334, 2010):

- Elaborar e atualizar o Plano de Segurança da Barragem, observadas as recomendações das inspeções e as revisões periódicas de segurança;
- Realizar as inspeções de segurança;
- Elaborar as revisões periódicas de segurança;
- Cadastrar e manter atualizadas as informações relativas à barragem junto ao seu órgão fiscalizador;
- Elaborar o Plano de Ação Emergencial - PAE, quando exigido.

O Plano de Ação Emergencial (PAE) é integrante do Plano de Segurança de Barragem e é obrigatório para as barragens classificadas com dano potencial alto e, poderá ser exigido também, para outras barragens quando o órgão fiscalizador julgar necessário (BRASIL, Lei nº 12.334, 2010). Ele é um documento formal, no qual estão identificadas as condições de emergência em potencial para a barragem. No citado plano, deve-se conter todas as orientações importantes para tomada de decisão no momento de emergência, permitindo entre outras medidas a notificação e o alerta antecipado, visando minimizar os danos materiais e ambientais como também as perdas de vidas.

Além da Lei nº 12.334/2012 (BRASIL, Lei nº 12.334, 2010) , fazem parte da Política Nacional de Segurança de Barragem a Resolução nº 143/2012 (BRASIL, 2012) e a Resolução nº 144/2012 (BRASIL, 2012), elaboradas pelo Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH), os quais serão tratados nos próximos tópicos.

2.7.5 Resolução CNRH nº 143, de 2012 (BRASIL, 2012)

Com o propósito de regulamentar o artigo 7º da Lei 12.334/2010, foi-se formado um grupo de trabalho no CNRH para as definições dos critérios gerais de classificação de barragens por categoria de risco, dano potencial associado e pelo seu volume, por meio da Resolução CNRH nº143, de 10 de julho de 2012.

Uma definição importante presente no art. 2º da Resolução nº 143 é a de dano potencial associado, o qual é dado como o dano que pode ocorrer devido a

rompimento, vazamento, infiltração no solo ou mau funcionamento de uma barragem, independentemente da sua probabilidade de ocorrência, podendo ser graduado de acordo com as perdas de vidas humanas e impactos sociais, econômicos e ambientais (BRASIL, 2012). A classificação da barragem quanto ao dano potencial, portanto, refere-se ao nível de impacto socioeconômico e ambiental que a barragem produzirá caso ela se rompa.

Para ser feita a classificação do DPA, normalmente é realizado o estudo de ruptura hipotética de barragens, também conhecido como *Dam Break*, para simular a mancha de inundação causada pelo rompimento da barragem. De posse da área potencialmente afetada sobreposta às fotos de satélite, a atividade consiste na identificação e contagem do número de moradias, infraestruturas e de serviços públicos e as áreas protegidas existentes dentro dessa área (ANA, 2016).

Esse levantamento de informações sobre ocupação a jusante da barragem deve ser aplicado à matriz de dano potencial associado, definida na Resolução nº 143/2012 do CNRH, aplicando-se pontuações de cada coluna (volume, potencial de perdas de vidas humanas, impactos ambientais e impacto socioeconômico) em função do número de estruturas identificadas. O somatório das pontuações de cada coluna corresponde à nota que é dada para o dano potencial associado, levando, assim, à sua classificação de acordo com as faixas de pontuação definidas na matriz (ANA, 2016).

Outra classificação que é estabelecida nesta resolução é quanto à categoria de risco, ou seja, as barragens serão classificadas de acordo com aspectos da própria barragem que possam influenciar na possibilidade de ocorrência de acidente.

A classificação se dá através da aplicação dos quadros da matriz de categoria de risco que se encontram na Resolução CNRH nº 143/2012. Para cada critério (definido em cada coluna) deve-se enquadrar a situação encontrada na barragem, aplicando-se a pontuação de cada célula (BRASIL, 2012). O somatório das pontuações de cada coluna nos 3 quadros que compõem a matriz de categoria de risco leva à pontuação total desse critério, que, por sua vez, por meio de faixas, leva a sua classificação final. Além disso, uma pontuação igual ou superior a 8 no quadro “Estado de Conservação”

leva a uma classificação como categoria de risco alto, independente da pontuação total. Isto porque os aspectos com pontuação superior a 8 descritos em “Estado de Conservação” correspondem a situações que impõem risco elevado à segurança da barragem (ANA, 2016).

Além disso, uma terceira classificação também se encontra presente na Resolução CNRH nº143 que é quanto ao volume de seu reservatório. Esta classificação determinará se o reservatório destinado à disposição de rejeito mineral e/ou resíduo industrial é muito pequeno, pequeno, médio, grande ou muito grande.

2.7.6 Resolução CNRH nº 144, de 2012 (BRASIL, 2012)

A Resolução CNRH nº144, de 10 de julho de 2012, teve por objetivo regulamentar o art. 20º da PNSB de 2010. Desta maneira, ela define as diretrizes para implementação da Política Nacional de Segurança de Barragens, a aplicação de seus instrumentos e a atuação do Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens.

A CNRH, nesta resolução, define que a periodicidade de atualização, o conteúdo mínimo e o nível de detalhamento dos Planos de Segurança de Barragens devem ser estabelecidos pelo órgão fiscalizador, em função da categoria de risco, dano potencial e seu volume. Após o recebimento do PSB, os órgãos fiscalizadores devem fornecer as informações sobre a barragem cadastrada à Agência Nacional de Águas (ANA), que irá elaborar anualmente o Relatório de Segurança de Barragens, que alimentará o SNISB.

2.7.7 Portaria DNPM nº 416, de 2012 (DNPM, 2012)

Como já dito neste trabalho, o Departamento Nacional de Produção Mineral foi o órgão selecionado para regulamentar e fiscalizar as barragens de contenção de rejeito no país. Sendo assim, após a promulgação da Lei Nacional nº 12.334/2010, este departamento foi obrigado a atender às exigências que a política nacional determinava a todos os órgãos fiscalizadores de barragens do Brasil.

Desta maneira, o DNPM publicou a portaria nº 416, em 2012, com o propósito de determinar as obrigações dos empreendedores, a fim de que o departamento

conseguisse cumprir com seus deveres. Um dos seus pontos principais foi a criação do Cadastro Nacional de Barragens de Mineração em que tais barragens seriam cadastradas diretamente no sistema do Relatório Anual de Lavra (RAL), disponível no site do DNPM na internet, juntamente com a declaração dos demais dados do empreendimento. Com isso, o empreendedor ficou obrigado a declarar todas as barragens de mineração em construção, em operação e desativadas sob sua responsabilidade.

De posse desses dados o DNPM, utilizando a Tabela 2, classifica as Barragens de Mineração, quanto à categoria de risco e dano potencial associado, em cinco níveis, sendo eles as classes A, B, C, D e E.

Tabela 2 – Tabela utilizada para a classificação de barragem quanto à Categoria de Risco versus Dano Potencial Associado

	DANO POTENCIAL ASSOCIADO		
CATEGORIA DE RISCO	ALTO	MÉDIO	BAIXO
ALTO	A	B	C
MÉDIO	B	C	D
BAIXO	C	D	E

Fonte: adaptado DNPM, 2012

De acordo o art. 7º da Portaria nº 416/2012 (DNPM, 2012), o Plano de Segurança da Barragem é instrumento da Política Nacional de Segurança de Barragens, de implementação obrigatória pelo empreendedor, cujo objetivo é auxiliá-lo na gestão da segurança da barragem. Esse plano é composto ordinariamente por quatro volumes, sendo:

- Volume I - Informações Gerais;
- Volume II - Planos e Procedimentos;
- Volume III - Registros e Controles;
- Volume IV - Revisão Periódica de Segurança de Barragem.

Somente quando o empreendimento apresentar Dano Potencial Associado Alto ou em qualquer caso, a critério do DNPM, o Plano de Segurança da Barragem deverá, ainda, ser composto pelo volume V, referente ao Plano de Ação de Emergência. Todas as barragens de mineração, construídas a partir da data de publicação desta portaria, deverá conter projeto ‘como construído’ – *as built*.

A PNSB também determinava que cada órgão fiscalizador deveria impor aos empreendedores a periodicidade de execução de algumas atividades ligada à Política de Segurança, dentre elas: o cadastro, classificação quando ao risco e DPA, revisão periódica, inspeções regulares e inspeções especiais. Desta maneira, a Tabela 3 a seguir mostra, de forma resumida, a periodicidade de cada tarefa estipulada pelo DNPM.

Tabela 3 – Periodicidades determinadas pelo DNPM (Portaria DNPM nº416) para algumas atividades ligadas à segurança de barragens

	Revisão Periódica de Segurança de Barragens *	Inspeções Regulares de Barragens	Inspeções Especiais de Barragens	Cadastro **	Classificação quanto ao Risco e ao Dano Potencial Associado ***
Periodicidade	classe A: a cada 5 (cinco) anos; classe B: a cada 5 (cinco) anos; classe C: a cada 7 (sete) anos; classe D: a cada 10 (dez) anos; classe E: a cada 10 (dez) anos.	Periodicidade máxima: 15 em 15 dias	Periodicidade máxima: 7 em 7 dias	As barragens deveriam ser cadastradas no RAL anualmente	A cada 5 anos
Observações	* A periodicidade da RPSB dependerá da classificação da barragem quando ao risco e DPA. Sempre que ocorrerem modificações estruturais, como alteamentos, ou modificações na classificação dos rejeitos depositados na barragem de mineração, o empreendedor ficará obrigado a executar nova Revisão Periódica de Segurança de Barragem. ** A atualização dos dados já cadastrados também será efetuada por meio da apresentação do RAL no prazo fixado pela Portaria DNPM nº 12, de 2011, ou mediante sua retificação. *** A classificação das barragens de mineração poderá ser atualizada, a qualquer tempo, em decorrência da alteração de suas características, características do rejeito depositado ou da ocupação do vale a jusante que requeiram a revisão da categoria de Risco ou do Dano Potencial Associado à barragem ou por quaisquer outros motivos a critério do DNPM				

Fonte: autora, 2019

A Revisão Periódica de Segurança de Barragem tem por objetivo verificar a condição geral de segurança da estrutura, considerando o atual estado da arte para os critérios de projeto, a atualização dos dados hidrológicos e as alterações das condições a montante e a jusante do barramento (SCHAPER, 2017).

As Inspeções de Segurança Regulares visam avaliar as condições físicas das partes integrantes da barragem, permitindo a identificação e o monitoramento de

anomalias que afetem potencialmente a sua estabilidade (SCHAPER, 2017). Como visto acima, o empreendedor deve realizar, quinzenalmente, ou em menor período, Inspeção de Segurança Regular de rotina na barragem sob sua responsabilidade, com o preenchimento de um *check-list*, denominado de Ficha de Inspeção Regular, a qual deverá ser inserida ao Plano de Segurança no Volume III - Registros e Controles. Além disso, deve ser realizada Inspeção Anual de Segurança Regular de Barragem até o dia 20 de setembro de cada ano, devendo ser elaborado o Relatório de Inspeção Regular da estrutura, preenchimento do Extrato de Inspeção de Segurança Regular e emissão, conforme Anexo IV-A da portaria em questão, da Declaração de Estabilidade da Barragem.

No que se refere às Inspeções de Segurança Especiais, elas deverão ser realizadas para avaliar as condições físicas das partes integrantes da estrutura, quando, durante a vistoria de rotina na barragem, for constatada anomalia que resulte em pontuação máxima, ou seja, 10 (dez) pontos, em qualquer coluna do quadro de Estado de Conservação referente à Categoria de Risco, conforme critérios de classificação estabelecidos na Resolução n.º 143, de 10 de julho de 2012, pelo Conselho Nacional de Recursos Hídricos, já citada anteriormente. As Inspeções de Segurança Regular e Especial de Barragem deverão ser efetuadas pela Equipe de Segurança da Barragem ou por empresa externa contratada pelo empreendedor, composta por profissionais treinados e capacitados (DNPM, 2012).

2.7.8 Portaria DNPM n° 526, de 2013 (DNPM, 2013)

A Portaria DNPM n°526 de 2013, no mesmo sentido que a n°416 de 2012, foi criada para regulamentar algumas obrigações determinadas pela PNSB aos empreendedores e aos órgãos fiscalizadores de barragens.

Para a elaboração desta Portaria, o DNPM teve que alterar a nomenclatura de PAE, que no cenário de segurança de barragens e de empresas que trabalham com situações de risco é consagrada como Plano de Ações Emergenciais, para PAEBM, Plano de Ações Emergenciais para Barragens de Mineração. Esta alteração se deve ao fato de que, no DNPM, a sigla PAE já fazia referência a outro Plano já consagrado

no órgão, que é o Plano de Aproveitamento Econômico de uma mina e caso fosse usada a sigla de PAE, confusões ocorreriam certamente (Neves, 2018).

Desta forma, esta Portaria estabelece a periodicidade de atualização e revisão, a qualificação do responsável técnico, o conteúdo mínimo e o nível de detalhamento do PAEBM, conforme art. 8º, 11 e 12 da Lei nº 12.334, de 20 de setembro de 2010, que estabelece a Política Nacional de Segurança de Barragens e art. 8º da Portaria nº 416, de 3 de setembro de 2012.

O PAEBM deve ser um documento técnico de fácil entendimento e elaborado pelo empreendedor. Devem ser identificadas as situações de emergência que possam pôr em risco a integridade da barragem, as ações imediatas necessárias e os agentes a serem notificados de tais ocorrências, com o objetivo de evitar ou minimizar danos com perdas de vida, às propriedades e às comunidades a jusante.

Alguns dos termos também definidos nesta portaria, e que está em discussão na sociedade devido aos últimos rompimentos de barragens no Brasil, são os níveis de emergência, que seriam:

Nível 1 – Foi detectada anomalia que resulte na pontuação máxima de 10 (dez) pontos em qualquer coluna do quadro de Estado de Conservação referente à Categoria de Risco da Barragem de Mineração, de acordo com o Anexo I da Resolução CNRH nº 143, de 2012 e Anexo IV da Portaria DNPM nº 416, de 2012, e para qualquer outra situação com potencial comprometimento de segurança da estrutura; Nível 2 – Quando o resultado das ações adotadas na anomalia referida no inciso I for classificado como "não extinto", de acordo com a definição do inciso X do art. 31 da Portaria DNPM nº 416, de 2012; Nível 3 – A ruptura é iminente ou está ocorrendo (DNPM, 2013, p.7).

2.7.9 Portaria DNPM nº 14, de 2016 (DNPM, 2016)

Em 15 de janeiro de 2016, dois meses após o rompimento da barragem da Samarco, em Mariana-MG, o DNPM publicou a Portaria nº 14. Neste sentido, o art. 1º da Portaria informa que os empreendedores que operam barragens de mineração inseridas na PNSB, conforme definidas no parágrafo único do art. 1º da Lei 12.334,

de 20.09.2002, deverão, em quinze dias, apresentar ao DNPM comprovante de entrega das cópias físicas do PAEBM.

Na hipótese de descumprimento do determinado acima, bem como em não tendo sido apresentada ao DNPM a Declaração de Condição de Estabilidade da Barragem, conforme exigido pelos arts. 19 e 25 da Portaria nº 416, de 2012, o empreendimento poderá sofrer a interdição provisória das atividades de acumulação de água ou de disposição final ou temporária de rejeitos de mineração, sem prejuízo da imposição das sanções administrativas cabíveis. Sendo regularizada a situação, nos termos do novo Ato Normativo, a medida de interdição será suspensa pelo DNPM.

2.7.10 Portaria DNPM nº 70.389, de 2017 (DNPM, 2017)

Com o objetivo de aprimorar e aperfeiçoar a legislação relacionada à segurança das barragens de mineração, o DNPM publicou, em maio de 2017, a Portaria nº 70.389. Com a publicação desta Portaria, ficou revogada a Portaria nº 416/2012 e a Portaria nº 526/2013, que versavam sobre o mesmo tema.

Com o novo normativo, o Departamento unifica em um só regulamento, todos os dispositivos legais imputados aos órgãos fiscalizadores a normatizar, quais sejam os artigos 8º, 9º, 10, 11 e 12 da Lei nº 12.334/2010, dando maior praticidade em seu manuseio além de aprimorar e refinar os dispositivos nela constantes (NEVES, 2017).

Desta forma, a seguir, cita-se as principais alterações feitas nesta portaria:

- O cadastro das barragens deixa ser feita pelo sistema RALWEB e passa a ser feito pelo próprio empreendedor através do Sistema Integrado de Gestão de Segurança de Barragens de Mineração (SIGBM). Os dados das barragens de mineração existentes, armazenados no sistema RALWEB do DNPM, serão importados pelo SIGBM, onde devem ser atualizados pelo empreendedor em até sessenta dias após a data do início da vigência desta Portaria;
- Possibilidade mais ágil de descadastrar uma barragem por fechamento ou descaracterização desta;

- Obrigatoriedade da elaboração do mapa de inundação simplificado para a realização da classificação quanto ao DPA para todas as barragens de rejeito, além da elaboração do mapa de inundação detalhado para as barragens de mineração obrigadas a fazerem o PSB.
- O empreendedor deve implementar sistema de monitoramento de segurança de barragem em até 24 meses após a data de início da vigência desta Portaria. O nível de complexidade do sistema de monitoramento dependerá da classificação em DPA da barragem de mineração. Para as barragens de mineração classificadas com DPA alto, existência de população a jusante com pontuação 10 e características técnicas com método construtivo contendo pontuação 10, o empreendedor é obrigado a manter monitoramento com acompanhamento em tempo integral adequado à complexidade da estrutura, sendo de sua responsabilidade a definição da tecnologia, dos instrumentos e dos processos de monitoramento.
- Obrigatoriedade de o empreendedor alertar a zona de autossalvamento (ZAS) com sirenes e outros equipamentos de alerta, e a zona de segurança secundária (ZSS) caso inquerido pelas Defesas Civas federais ou estaduais, sempre que ocorrerem situações de emergência em nível 3;
- Além do PAEBM ser obrigatório para as barragens classificadas com DPA alto, ele passa a ser obrigatório também para as barragens com DPA médio com existência de população a jusante ou com impacto ambiental atingindo pontuação 10 em seu quadro de classificação. Além disso, torna obrigatório o PSB de toda barragem de mineração construída antes da promulgação da Lei n.º 12.334 (BRASIL, 2010) que não tenha o projeto “as built”, ter o projeto “como está” – “as is”, no prazo máximo de dois anos, a partir da publicação dessa portaria.
- A periodicidade da Revisão Periódica de Segurança de Barragens, que era determinada entre 5, 7 e 10 foi modificada para 3, 5 ou 7 anos, a depender do DPA das barragens existentes. Contudo, a RPSB deve ser realizada sempre que ocorrer mudança na classe de rejeitos depositados ou quando

ocorrerem alteamentos. Para o caso de barragens de mineração alteadas continuamente, independente do DPA, a RPSB será executada a cada dois anos ou a cada 10 metros alteados, prevalecendo o que ocorrer antes, com prazo máximo de seis meses para a conclusão da citada Revisão;

- As Inspeções de Segurança Regulares, que tinham obrigatoriedade de ser elaborada anualmente, passa a ser semestral e os Extratos de Inspeção Regulares que eram enviados ao DNPM pelo RAL no ano subsequente, agora são enviados quinzenalmente via SIGBM, permitindo mais gerencia pelo órgão, sendo que o não envio de quatro extratos subsequentes ao DNPM ensejará a interdição da barragem de mineração;
- Inspeções de Segurança Especiais devem ser feitas diariamente sempre que encontradas anomalias de pontuação 10 no quadro de estado de conservação do normativo e enviadas via Extrato de Inspeção Especial ao DNPM pelo SIGBM, também, diariamente;
- Obrigatoriedade da elaboração, por parte dos empreendedores, de treinamentos internos, no máximo a cada seis meses, com seus colaboradores. Além disso, deve apoiar e participar de simulados de emergência realizados, em conjunto com prefeituras, organismos de defesa civil, equipe de segurança da barragem, demais empregados do empreendimento e a população compreendida na ZAS, devendo manter registros destas atividades no Volume V do PSB;
- Alteração nos quadros de classificação das barragens de mineração. Houve um pequeno aumento na pontuação referente às três faixas de classificação quanto a Categoria de Risco alto, médio e baixo. Outro ponto alterado em relação à Categoria de Risco foi a inclusão do item “como está” (*as is*), que é um projeto que retrata a situação atual da barragem, mesmo que essa não possua projetos anteriores. Além disso, houve também a inclusão dos fatores Método Construtivo e Auscultação para realizar a classificação das barragens de mineração em relação as suas características técnicas;

Neves (2017) diz que após mais de quatro anos da publicação da Portaria DNPM nº 416/2012 e três anos da publicação da Portaria DNPM nº 526/2013 o DNPM percebeu a necessidade de aperfeiçoar seus atos. Esta tendência de aprimorar seus normativos no sentido de elevar os índices de segurança das barragens não é apenas notada no DNPM ou, em maior escala, no Brasil, mas também em outros países e órgãos que detêm estas estruturas como itens estratégicos de sua economia (NEVES, 2017).

2.7.11 Norma brasileira – ABNT NBR 13.028/2017

Em fevereiro de 2015 foi proposta uma revisão à norma ABNT NBR 13.028/2006. O objetivo dessa revisão era a adequação da norma brasileira às normas internacionais e a legislação vigente, mais especificamente a Lei 12.334/2010 e seus desdobramentos. Sendo assim, foi criado um grupo de trabalho para dar início à essa revisão. Contudo, estes trabalhos tiveram uma paralização devido ao rompimento da barragem da Samarco, em 2015, e foram retomadas no início de 2017.

Em novembro do ano de 2017 a norma nº 13.028, de 2006, foi cancelada, sendo então regulamentada a NBR 13.028/2017. Os objetivos da norma de 2017 são os mesmos que os da norma de 2006, porém a atual está melhor redigida e completa, no que se refere às especificações técnicas.

Uma das principais mudanças de uma norma para a outra é o surgimento da dependência da escolha do tempo de retorno mínimo, a ser considerado para dimensionamento do sistema de extravasor, com o dano potencial da barragem. Além disso, várias definições novas foram incorporadas ou modificadas na norma, sendo elas: sólidos ou líquidos contaminantes; desativação de barragem; plano de fechamento da barragem; empilhamento drenado; cheia de projeto; período de retorno; borda livre e volume de espera.

Dentre as principais novidades da norma, se encontra os tópicos sobre a impermeabilização da barragem, caso armazene rejeitos perigosos (Classe I), e os estudos sísmicos, cujo objetivo é avaliar o potencial de sismicidade na área de implantação da barragem, com base em bibliografias, incluindo normas existentes e registros. Uma outra mudança importante se refere aos fatores de segurança mínimo,

uma vez que a Tabela 4 apresentada abaixo, foi criada e adicionada, separando os FS de acordo com a fase da barragem, o tipo de ruptura e de talude. Vale ressaltar que com a adição dos estudos sísmicos, houve o incremento do fator de segurança para a solicitação sísmica, com nível máximo do reservatório, como também visto na tabela.

Tabela 4 - Fatores de segurança para barragens de mineração

Fase	Tipo de ruptura	Talude	Fator de segurança mínimo
Final de construção ^a	Maciço e fundações	Montante e jusante	1,3
Operação com rede de fluxo em condição normal de operação, nível máximo do reservatório	Maciço e fundações	Jusante	1,5
Operação com rede de fluxo em condição extrema de operação, nível máximo do reservatório	Maciço e fundações	Jusante	1,3
Operação com rebaixamento rápido do nível d'água do reservatório	Maciço	Montante	1,1
Operação com rede de fluxo em condição normal	Maciço	Jusante	1,5
		Entre bermas	1,3
Solicitação sísmica, com nível máximo do reservatório	Maciço e fundações	Montante e jusante	1,1
^a Etapas sucessivas de barragens alteadas com rejeitos não podem ser analisadas com "final de construção", devendo atender aos fatores de segurança mínimos estabelecidos para as condições de operação.			

Fonte: ABNT NBR 13.028, 2017, p.11

2.7.12 Resolução ANM nº 4, de 2019 (ANM, 2019)

Em 26 de dezembro de 2017 foi promulgada a Lei nº 13.575 (BRASIL, 2017), a qual extinguiu o DNPM e criou a Agência Nacional de Mineração (ANM), “órgão integrante da Administração Pública federal indireta, submetida ao regime autárquico especial e vinculada ao Ministério de Minas e Energia” (BRASIL, 2017) . Segundo à Lei nº 13.575, de 26 de dezembro de 2017:

A ANM, no exercício de suas competências, observará e implementará as orientações e diretrizes fixadas no Decreto-Lei nº 227, de 28 de fevereiro de 1967 (Código de Mineração), em legislação correlata e nas políticas estabelecidas pelo Ministério de Minas e Energia, e terá como finalidade promover a gestão dos recursos minerais da União, bem como a regulação e a fiscalização das atividades para o aproveitamento dos recursos minerais no País (BRASIL, 2017).

Neste âmbito, a ANM publicou, em 15 de fevereiro de 2019, a Resolução nº4 que tinha por principal objetivo a criação de medidas reguladoras cautelares, dotadas de auto executoriedade, com vistas a reduzir risco real de novos incidentes de rompimento de barragem e a prevenir danos severos, assegurando a estabilidade de barragens de mineração, notadamente aquelas construídas ou alteadas pelo método denominado “a montante” ou por método declarado como desconhecido (ANM, 2019).

O documento elaborado pelo Comitê Internacional de Grandes Barragens ICOLD (1989) cita que a técnica de alteamento por montante foi aplicada na grande maioria das barragens construídas no passado. Soares (2010) menciona que método de alteamento por montante consiste, muitas vezes, em construção inicial de pequenos diques, sendo posteriormente lançado o rejeito no topo destes diques. O processo de alteamento ocorre com a parcela seca e segue uma sequência de deposição, constituindo camadas fofas com o próprio rejeito de elevada compressibilidade ICOLD (2001).

Entretanto, apesar de ser o método mais rentável, uma vez que maximiza o volume de armazenamento (BALLARD *et al.*, 2011), a configuração de montante expõe a barragem a riscos de rupturas devido à possibilidade de elevação da linha

freática e processos de liquefação, visto que o rejeito se encontra fofo e saturado (RIBEIRO, 2000).

Desta maneira, foi constatada pela ANM (2019) que este método não pode mais ser tolerado na atualidade, uma vez que crescem os registros de acidentes relacionados a este método construtivo, bem como se observa que várias destas estruturas já ultrapassam algumas dezenas de anos de vida útil. Além de terem sido alteadas ao longo dos anos, o que aumentou gradativamente a carga de rejeitos em suas bacias. Portanto, na resolução em curso é prevista a proibição do uso do método construtivo a montante, sendo que, em até 15 de agosto de 2021, o empreendedor deverá concluir o descomissionamento ou a descaracterização da barragem.

Também foi previsto que os empreendedores ficam proibidos de construir qualquer instalação que deva ser ocupada por pessoas ou barramento para armazenamento de efluente líquido nas ZAS, independente da forma de construção e alteamento da barragem. As obras dessa natureza já existentes deverão ser desativadas em até 15 de agosto de 2019, para as instalações, e 15 de agosto de 2020, para os barramentos.

Foi inserido que o fator de segurança para barragens com susceptibilidade ao fenômeno de liquefação deve ser superior a 1,3 para a análise não drenada, dando, desta maneira, mais rigor nas análises técnicas feitas pelos consultores externos e mais segurança à população a jusante. Ademais, todas as barragens de mineração devem ter sistemas automatizados de acionamento de sirenes nas ZAS, em local seguro e dotado de modo contra falhas em caso de rompimento da estrutura. Esta medida tem ligação com o fato de que no rompimento da barragem em Brumadinho, em janeiro de 2019, a sirene de alerta localizada na ZAS não tocou porque foi engolfada pela lama de rejeito.

Outro ponto importante desta resolução é o fato de que deverão ser implementadas ações para evitar o aporte de água nas barragens, bem como técnicas adequadas que minimizem a descarga de água de outra origem no reservatório.

Desta forma, segundo a ANM (2019), esta Resolução propõe algumas medidas que salvaguardarão a sociedade brasileira de possíveis rupturas destas estruturas a

montante, permitindo que a mineração continue tendo um papel vital para o desenvolvimento da sociedade e de tantos municípios mineradores presentes no país.

2.7.13 Resolução nº 13, de 2019 (ANM, 2019)

Em agosto deste ano a Agência Nacional de Mineração publicou a resolução nº 13 cujo objetivo é estabelecer 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.

Um dos principais pontos desta resolução é o aumento do prazo de desativação de barragens e instalações de convivência, pertencentes à empresa de mineração, localizadas em ZAS. Enquanto que na Resolução nº 4 de 2019 o prazo máximo de desativação de áreas de vivência é de 15 de agosto de 2019 e barramentos é 15 de agosto de 2020, na Resolução nº 13 esse tempo é dilatado para 12 de outubro de 2019 e 15 de agosto de 2022 respectivamente. Provavelmente este aumento do prazo se deve às dificuldades atuais que as empresas têm tido para cumprir os prazos dados pela ANM, principalmente no que se refere à descaracterização de uma barragem.

O Artigo 6º desta resolução faz uma complementação ao artigo 7º da Portaria DNPM nº 70.389, de 2017, uma vez que as barragens com DPA alto, possuindo ou não a existência de população a jusante com pontuação 10 e características técnicas com método construtivo contendo pontuação 10, devem implementar, até 15 de dezembro de 2020, sistema de monitoramento automatizado de instrumentação com acompanhamento em tempo real e período integral, seguindo os critérios definidos pelo projetista.

Outro prazo dilatado pela ANM é o para a instalação de sirenes de alerta nas ZAS dotados de modo contra falhas em caso de rompimento da estrutura, complementando os sistemas de acionamento manual no empreendimento e o remoto. Na Portaria nº 7 do DNPM o prazo máximo de instalação destas sirenes seria de maio de 2019, contudo, após a publicação da Resolução nº 13 este prazo passou a ser 15 de dezembro de 2020.

Além disso, as sirenes devem ser instaladas fora da área da mancha de inundação. Entretanto, para os casos em que a mancha de inundação seja demasiadamente larga ou em outros casos excepcionais em que não seja possível a instalação das sirenes fora da mancha de inundação, estas podem ser instaladas dentro da citada mancha desde que devidamente justificado pelo projetista no PAEBM.

2.8 Panorama jurídico do estado de Minas Gerais relacionado à segurança barragens de rejeito

Neste tópico será apresentada, de forma cronológica, as resoluções, decretos, deliberações e leis, no ponto de vista ambiental, que envolvem segurança de barragens de rejeitos aplicados ao estado de Minas Gerais.

No que diz respeito ao estado citado acima, as deliberações normativas do Conselho Estadual de Política Ambiental (COPAM) são aplicáveis à Fundação Estadual do Meio Ambiente (FEAM) para a regularização das barragens de rejeito localizadas no estado.

2.8.1 Deliberação Normativa COPAM nº 62, de 2002 (COPAM, 2002)

Após o rompimento da barragem denominada Cava 1, de responsabilidade da Mineração Rio Verde Ltda., localizada no município de Nova Lima - MG, houve uma repercussão social e ambiental sobre o acidente pelo fato de Minas Gerais ser um estado onde a atividade minerária é a base da sua economia (PEDROSA, 2017). Neste sentido, a Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Social (SEMAD), por meio da Fundação de Meio Ambiente (FEAM), iniciou em 2001 um importante debate sobre a gestão de barragens. Como resultado houve a publicação da Deliberação Normativa COPAM nº 62, em 17 de dezembro de 2002.

Esta Deliberação Normativa (DN) contemplava o sistema de cadastramento e classificação das barragens, sendo considerado, na época, um marco na legislação ambiental do estado de Minas Gerais. A classificação indicada nesta deliberação utiliza os critérios altura, volume, ocupação humana a jusante, interesse ambiental a jusante, instalações na área de jusante, estimando as consequências em relação ao

dano ambiental em caso de uma ruptura. De acordo com a classificação das barragens são estabelecidos prazos para realização de auditorias técnicas periódicas, que devem ser realizadas por consultor externo ao quadro de funcionários da empresa.

Os relatórios gerados nessas auditorias devem levantar as condições físicas e estruturais das barragens e atestar se elas apresentam condições seguras de estabilidade. Caso não apresentem, o relatório deve conter um plano de ações com prazo para implantação de melhorias, a fim de corrigir as falhas e garantir a estabilidade das estruturas (DUARTE, 2008).

Para esta deliberação, o porte de uma barragem é determinado pela sua altura e o porte de um reservatório é determinado pelo seu volume. Desta maneira, dependendo da altura do maciço, que a FEAM considera como a medida na maior seção transversal da barragem, calculando-se o desnível entre a cota da crista da barragem até a cota do pé do talude de jusante, e do volume de material, seja líquido ou sólido, disposto após a construção da barragem, a estrutura obterá uma pontuação entre 0 e 2, conforme mostrado na Tabela 5 que se segue.

Tabela 5 - Critérios para classificação de barragens, DN nº 062/2002 (COPAM, 2002), Fator Altura e Volume

Porte da barragem	Altura da Barragem (H)	Pontuação
Pequeno	$H < 15 \text{ m}$	0
Médio	$15 \leq H \leq 30$	1
Grande	$H > 30$	2
Porte do Reservatório	Volume do Reservatório (Vr)	Pontuação
Pequeno	$Vr < 500.000 \text{ m}^3$	0
Médio	$500.000 \leq Vr \leq 5.000.000 \text{ m}^3$	1
Grande	$Vr > 5.000.000 \text{ m}^3$	2

Fonte: adaptado COPAM, 2002

Como visto na tabela acima, o reservatório será considerado de pequeno porte caso o volume armazenado seja inferior a 500 mil m³, se o volume armazenado estiver entre 500 mil e 5 milhões de m³, o porte do reservatório será médio e de grande porte, caso o volume armazenado for maior que 5 milhões de m³. Segundo Pedrosa (2017) é importante observar que existe então um grande intervalo utilizado para classificar as barragens de grande porte, pois barragens com reservatórios entre 6 milhões de m³ e 60 milhões de m³, ou seja, dez vezes mais, recebem a mesma pontuação nesse critério.

Além dos fatores de altura e volume, a deliberação informava mais três critérios para a classificação de barragens de rejeitos, sendo:

- Ocupação humana a jusante da barragem;
- Interesse ambiental da área a jusante da barragem;
- Instalações na área a jusante da barragem.

De acordo com Pedrosa (2017), um dos critérios mais importantes consiste na ocupação humana a jusante da barragem, pois este critério está relacionado à perda de vidas humanas. Representado na Tabela 6, este fator será classificado como inexistente quando não existir habitações ocupando áreas a jusante da barragem e terá a pontuação 0. Caso não existam habitações ocupando áreas a jusante da barragem, mas existam passagens ou locais de permanência eventual de pessoas, o fator será classificado como eventual e com pontuação igual a 2. O fator será considerado elevado no caso de ocupação de pessoas a jusante ou de estocagem e resíduos classe I ou II, com pontuação igual a 3.

**Tabela 6 - Critérios para classificação de barragens, DN nº 062/2002
(COPAM/2002) Fator Ocupação Humana a Jusante da Barragem**

Ocupação humana a jusante da barragem	Pontuação
Inexistente	0
Eventual	2
Grande	3

Fonte: adaptado COPAM, 2002

Quanto à classificação do fator interesse ambiental da área a jusante da barragem, tem-se 3 níveis. O primeiro é denominado de Pouco Significativo, ou seja, a área a jusante da barragem não representa área de interesse ambiental relevante ou encontra-se totalmente descaracterizada de suas condições naturais, recebendo então a pontuação nula. O segundo é o chamado Significativo, o qual recebe a nota 1 e ocorre quando a área a jusante da barragem apresenta interesse ambiental relevante. Por último, têm-se o Elevado, cuja definição é quando a área a jusante da barragem apresenta interesse ambiental relevante e a barragem armazena rejeitos ou resíduos sólidos classificados como Classe I - Perigosos ou Classe II - Não Inertes, segundo a norma NBR 10.004 da ABNT, ou outra equivalente que vier sucedê-la, recebendo a pontuação 3.

No que se refere às instalações na área a jusante da barragem, também se tem 3 níveis de classificação, sendo eles:

- Inexistente: quando não existem quaisquer instalações na área a jusante da barragem e pontuação 0;
- Baixa concentração: quando existe pequena concentração de instalações residenciais, agrícolas, industriais ou de infraestrutura de relevância sócio-econômico-cultural na área a jusante da barragem, cuja pontuação é 1;

- Alta concentração: quando existe grande concentração de instalações residenciais, agrícolas, industriais ou de infraestrutura de grande relevância sócio-econômico-cultural na área a jusante da barragem, com pontuação 2.

A Tabela 7 retrata os dois últimos fatores de classificação de barragens citados e suas respectivas pontuações para cada nível.

Tabela 7 - Critérios para classificação de barragens, DN nº 062/2002 (COPAM/2002) Fator Interesse Ambiental a Jusante da Barragem e Instalações a Jusante da Barragem

Interesse Ambiental a jusante da barragem	Pontuação
Pouco significativo	0
Significativo	1
Elevado	3
Instalações a jusante da barragem	Pontuação
Inexistente	0
Baixa Concentração	1
Alta concentração	2

Fonte: adaptado COPAM, 2002

De posse do somatório das pontuações dos cinco parâmetros de classificação citados acima e presentes no Artigo 2º da deliberação normativa, as barragens devem ser classificadas em 3 categorias, sendo elas:

- Baixo potencial de dano ambiental - Classe I: quando o somatório dos valores for menor ou igual a dois;
- Médio potencial de dano ambiental - Classe II: quando o somatório dos valores for maior que dois e for menor ou igual a cinco;
- Alto potencial de dano ambiental - Classe III: quando o somatório dos valores for maior que cinco.

2.8.2 Lei nº 15.056, de 2004 (MINAS GERAIS, 2004)

A Lei nº 15.056, publicada em 31 de março de 2004, foi uma das diretrizes para verificação de segurança de barragens em Minas Gerais. Ela possui como foco específico a segurança de barragens de empreendimentos de resíduos tóxicos industriais e, segundo o grupo LEI.A (2016), “foi uma resposta do poder legislativo aos rompimentos de barragens em Nova Lima (2001) e em Cataguases (2003)”.

Nesta Lei fica definido que a realização de obra e a implantação de estrutura de barragem e de depósito de resíduos tóxicos industriais ficam condicionadas, sem prejuízo do licenciamento ambiental previsto em lei, à realização de projeto que contenha, no mínimo:

- estudo hidrológico e meteorológico com período de recorrência mínimo de cem anos e abrangência espacial relacionada com a bacia hidrográfica a montante do ponto de barramento;
- estudo geológico e geotécnico da área em que será implantada a obra;
- previsão de vertedor de fuga ou outro sistema de extravasamento capaz de escoar a vazão máxima de cheia sem comprometer a estabilidade da barragem ou de aterro;
- verificação da estabilidade da barragem ou de aterro quando submetidos às condições provocadas pelas cheias máximas, conforme os estudos hidrológicos;
- previsão de impermeabilização do fundo do lago de barragem destinada ao armazenamento de efluentes tóxicos e da base de depósito de resíduos tóxicos industriais.

O proprietário de barragem de cursos de água, ou o responsável legal, é obrigado a manter disponíveis para a fiscalização do órgão gestor de recursos hídricos o registro diário dos níveis mínimo e máximo de água e relatório técnico anual que ateste a segurança da barragem, firmado por profissional legalmente habilitado, registrado e sem débito no CREA-MG.

Sem muita explicação ou detalhamento, a Lei diz que as barragens serão classificadas de acordo com a altura do maciço, o volume do reservatório, a ocupação humana na área a jusante da barragem, o interesse ambiental da área a jusante da barragem e as instalações na área a jusante da barragem. Como pode ser observado, essas características condizem com as características definidas e detalhadas na Deliberação Normativa COPAM n° 62 de 2002.

O proprietário de depósito de resíduos tóxicos industriais, ou o responsável legal, é obrigado a manter disponíveis para a fiscalização dos órgãos gestores de recursos hídricos e de meio ambiente o registro diário dos níveis de águas subterrâneas localizadas sob o aterro, registro mensal dos parâmetros de qualidade das águas subterrâneas localizadas sob o aterro, registro mensal do volume e das características químicas e físicas dos rejeitos acumulados, registro mensal que demonstre a ausência de contaminação do solo e do lençol de água no entorno e sob a área ocupada pelos rejeitos e relatório técnico anual que ateste a segurança do depósito de resíduos tóxicos industriais, firmado por profissional legalmente habilitado, registrado e sem débito no CREA-MG.

A Lei n° 15.056 ficou em vigor até o princípio de 2019, pois, após o rompimento da barragem de rejeitos da empresa Vale em Brumadinho, foi publicada a Política Estadual de Segurança de Barragens que revogou a lei em questão.

2.8.3 Deliberação Normativa COPAM n° 87, de 2005 (COPAM, 2005)

Com o intuito de alterar e acrescentar informações à Deliberação Normativa COPAM 62°/2008, foi criada a Deliberação Normativa COPAM n° 87, em 17 de junho de 2005. Esta nova deliberação versava principalmente sobre a Periodicidade das Auditorias Externas de Segurança e a alteração ocorrida no critério de classificação de barragem ocupação humana a jusante.

No que se refere à ocupação humana a jusante da barragem, na deliberação de número 62 dizia que esta era dividida em três níveis, sendo eles Inexistente, Eventual e Grande. Já na deliberação em questão, passou de três para quatro níveis de classificação, sendo eles:

- Inexistente: não existem habitações na área a jusante da barragem, com pontuação nula;
- Eventual: significa que não existem habitações na área a jusante da barragem, mas existe estrada vicinal ou rodovia municipal ou estadual ou federal ou outro local e/ou empreendimento de permanência eventual de pessoas (exemplo: indústria, mina operante, planta de beneficiamento, escritórios, etc.), com pontuação 2;
- Existente: significa que existem habitações na área a jusante, portanto, vidas humanas poderão ser atingidas, sendo que a barragem armazena rejeitos ou resíduos sólidos classificados na Classe II B – Inertes, segundo a NBR 10.004/2004 da ABNT, cuja pontuação é 3;
- Grande: significa que existem habitações na área a jusante, portanto, vidas humanas poderão ser atingidas, com o agravante de que a barragem armazena rejeitos ou resíduos sólidos classificados como Classe I – Perigosos ou Classe II A - Não Inertes, segundo a NBR 10.004/2004 da ABNT002E, com a pontuação máxima de 4.

Portanto, a Tabela 8 mostra resumidamente os dois critérios técnicos e três critérios ambientais utilizados para classificar as barragens de acordo com a atualização feita pela DN nº 87/2005 (COPAM, 2005). Percebe-se que os números em parênteses se referem à pontuação dada à cada característica.

Tabela 8 - Sistema de Classificação de Barragem utilizando DN nº 062/2002 (COPAM/2002) e DN 87/2005 (COPAM, 2005)

Altura da Barragem (H)	Volume do Reservatório (Vr)	Ocupação humana a jusante da barragem	Interesse Ambiental a jusante da barragem	Instalações a jusante da barragem
H < 15 m (0)	Vr < 500.000 m ³ (0)	Inexistente (0)	Pouco significativo (0)	Inexistente (0)
15 ≤ H ≤ 30 (1)	500.000 ≤ Vr ≤ 5.000.000 m ³ (1)	Eventual (2)	Significativo (1)	Baixa Concentração (1)
H > 30 (2)	Vr > 5.000.000 m ³ (2)	Existente (3)	Elevado (3)	Alta concentração (2)
		Grande (4)		

Fonte: adaptado de DN nº 062/2002 (COPAM/2002) e DN 87/2005 (COPAM, 2005)

Outra alteração importante feita por esta deliberação foi a mudança do intervalo de pontuação para a Classificação das barragens. A barragem passa a ser de Classe

II quando o somatório dos valores for maior que dois e for menor ou igual a cinco (antes era quatro). Já para barragens de Classe III, o somatório dos valores deve ser maior que cinco, sendo antes o valor também de quatro.

Um dos complementos à deliberação nº62 pela deliberação nº 87 foi o Art. 7º que diz que todas as barragens devem sofrer Auditoria Técnica de Segurança, sendo que a periodicidade deve variar de acordo com a classificação da barragem:

- Barragens Classe III, auditoria a cada 1 ano;
- Barragens Classe II, auditoria a cada 2 anos;
- Barragens Classe I, auditoria a cada 3 anos.

Além disso, as Auditorias Técnicas de Segurança devem ser independentes, o que significa que devem ser feitas por profissionais externos ao quadro de funcionários da empresa, para garantir clareza e evitar conflito de interesses e executadas por especialistas em segurança de barragens.

Também foi definida a área a jusante da barragem (AJ), encontrada no Art. 4º desta deliberação, visando subsidiar o enquadramento nos critérios de classificação quanto ao potencial de dano ambiental estabelecidos na DNCOPAM N.º 62/2002.

Os responsáveis por empreendimentos industriais e minerários que possuem barragens de contenção de rejeitos, de resíduos e de reservatórios de água devem apresentar à FEAM o Cadastro de Barragem, por meio de formulário eletrônico disponível no Banco de Declarações Ambientais (BDA). O BDA permite ao usuário realizar o Cadastro de Barragem e emitir protocolo de envio que deverá ser mantido pelo responsável para fins de comprovação junto ao órgão ambiental. O cadastramento das barragens em Minas Gerais tem por objetivo promover a classificação quanto ao potencial de dano ambiental e a atualização sistemática das informações relativas às auditorias de segurança, visando à minimização da probabilidade da ocorrência de acidentes com danos ambientais.

2.8.4 Deliberação Normativa COPAM nº 124, de 2008 (COPAM, 2008)

A data limite estabelecida na Deliberação Normativa COPAM nº 87/2005 para que seja disponibilizado o Relatório de Auditoria Técnica de Segurança de barragens de

contenção de rejeitos, de resíduos e de reservatório de água em empreendimentos industriais e de mineração é o dia 6 de março de cada ano, conforme frequência definida em função do Potencial de Dano Ambiental de cada estrutura.

Contudo, como março é uma época chuvosa, esta data limite induzia a realização de auditorias de segurança de barragens no período chuvoso, podendo levar a obtenção de dados alterados em relação à saturação do solo ou existência de surgências de água nas estruturas, além de terem sido relatadas e identificadas dificuldades de acesso de técnicos às barragens, no período chuvoso, para realização de ensaios geotécnicos que subsidiam as auditorias.

Para resolver este problema, o COPAM publicou a Deliberação Normativa nº 124, o qual determina que o relatório de Auditoria Técnica de Segurança deve estar disponível no empreendimento para consulta durante as fiscalizações ambientais a partir do dia 1º de setembro do ano de sua elaboração e não mais 6 de março. Além disso, fica determinado que o empreendedor deverá apresentar à Fundação Estadual do Meio Ambiente (FEAM) a Declaração de Condição de Estabilidade, conforme modelo contido no Anexo I desta Deliberação Normativa, referente à última atualização do Relatório de Auditoria Técnica de Segurança, até o dia 10 de setembro de cada ano de sua elaboração.

2.8.5 Decreto Estadual 46.993, de 2016 (MINAS GERAIS, 2016)

Em 2 de maio de 2016, o Governo do Estado de Minas Gerais decretou o normativo nº 46.993 em que fica instituída a Auditoria Técnica Extraordinária de Segurança de Barragem. E deve ser realizada em todos os empreendimentos que fazem a disposição final ou temporária de rejeitos de mineração em barragens que utilizem ou tenham utilizado o método de alteamento para montante. Esta auditoria deve ser realizada por profissionais legalmente habilitados, especialistas em segurança de barragens, externos ao quadro de funcionários da empresa responsável pelo empreendimento, com as respectivas Anotações de Responsabilidade Técnica (ART).

Além disso, o empreendedor, ao final da Auditoria Técnica Extraordinária de Segurança de Barragem, deve apresentar Declaração Extraordinária de Condição de

Estabilidade, observados os requisitos técnicos a serem definidos em resolução conjunta da Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável e da Fundação Estadual do Meio Ambiente. A Auditoria Técnica Extraordinária de Segurança de Barragem deveria ficar disponível no empreendimento a partir de 1º de setembro de 2016, enquanto a Declaração Extraordinária de Condição de Estabilidade deveria ser inserida no Banco de Declarações Ambientais até 10 de setembro do mesmo ano.

A partir desta Auditoria, o responsável técnico pela barragem torna-se responsável por fazer o Plano de Ação para Adequação das Condições de Estabilidade e de Operação de Barragem, o qual deve conter medidas e ações emergenciais necessárias à minimização dos riscos de acidentes ou incidentes, ou seja, este profissional deve definir quais ações e medidas complementares deverão ser executadas, caso aquelas já implementadas ou em andamento não sejam suficientes para a garantia das condições de segurança do empreendimento.

2.8.6 Lei 23291, de 2019 (MINAS GERAIS, 2019)

Após o rompimento da barragem de Fundão da mineradora Samarco, em Mariana, a Comissão Extraordinária de Barragens da Assembleia Legislativa decidiu criar uma nova legislação para licenciamento e fiscalização de barragens de rejeito no estado e apresentou o Projeto de Lei nº 3676, de 2016, criado a partir da revisão de alguns projetos de lei que propunham, inclusive, “a proibição de utilização de barragens de rejeito” como o projeto de Lei nº 3.056 de 2015. O objetivo da proposta era propor diretrizes para a segurança de barragens e de depósitos de resíduos da mineração, e resultou na proibição da construção de novas barragens alteadas por montante..

A ele foram anexadas diversas outras propostas que tratavam do mesmo assunto. Entre elas, o Projeto de Lei nº 3695, surgido a partir de uma iniciativa da população, com o apoio da Associação Mineira do Ministério Público. Este projeto foi protocolado na Assembleia, em 2016, com cerca de 56 mil assinaturas em uma campanha chamada “Mar de lama nunca mais”.

Em 26 de fevereiro de 2019, o então projeto de lei foi publicado no Diário Oficial do Estado de Minas Gerais, se tornando a Lei nº 23.291/2019, 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, e com as Políticas Nacional e Estadual de Meio Ambiente e de Proteção e Defesa Civil.

Um dos primeiros conteúdos que chamam a atenção de quem lê a referida lei são as características que as barragens devem ter para se enquadrarem à política estadual de segurança de barragens, uma vez que elas se diferem quanto às características das barragens enquadradas à PNSB. Enquanto a política nacional define que as barragens devem conter altura do maciço maior ou igual a 15 metros e volume igual ou maior que 3 milhões de metros cúbicos, a política estadual define que as barragens devem ter altura maior ou igual a 10 metros e volume mínimo de um milhão de metros cúbicos.

Os órgãos e entidades do Sistema Estadual do Meio Ambiente e Recursos Hídricos (Sisema) ficam encarregados do licenciamento e fiscalização ambiental de barragens no estado. Eles manterão o cadastro das barragens instaladas em Minas Gerais e as classificará conforme seu potencial de dano ambiental observados os critérios gerais estabelecidos no âmbito da PNSB. Com isso, o Sisema deve elaborar e publicar anualmente inventário das barragens instaladas no Estado, contendo o resultado das auditorias técnicas de segurança dessas estruturas e a respectiva condição de estabilidade das barragens.

Além disso, a construção, instalação, funcionamento, ampliação e alteamento de barragens no Estado ficam dependentes de prévio licenciamento ambiental, na modalidade trifásica, que compreende a apresentação preliminar de Estudo de Impacto Ambiental (EIA) e o respectivo relatório de Impacto Ambiental (RIMA), e as etapas sucessivas de Licença Prévia (LP), Licença de Instalação (LI) e Licença de Operação (LO). Com isso, para obtenção de tais licenças, o empreendedor deve apresentar as seguintes informações mostradas na Tabela 9.

Tabela 9 – Exigências da Lei 23291 para o processo de licenciamento ambiental de barragens

Licença Prévia	Licença de Instalação	Licença de Operação
a) projeto conceitual na cota final prevista para a barragem, com respectiva Anotação de Responsabilidade Técnica – ART	a) projeto executivo na cota final prevista para a barragem, incluindo caracterização físico-química do conteúdo a ser disposto no reservatório, estudos geológico-geotécnicos da fundação, execução de sondagens e outras investigações de campo, coleta de amostras e execução de ensaios de laboratórios dos materiais de construção, estudos hidrológico-hidráulicos e plano de instrumentação, com as respectivas ARTs	a) estudos completos dos cenários de rupturas com mapas com a mancha de inundação
b) proposta de caução ambiental, estabelecida em regulamento, com o propósito de garantir a recuperação socioambiental para casos de sinistro e para desativação da barragem	b) plano de segurança da barragem contendo, além das exigências da PNSB, no mínimo, Plano de Ação de Emergência – PAE –, observado o disposto no art. 9º, análise de performance do sistema e previsão da execução periódica de auditorias técnicas de segurança	b) comprovação da implementação da caução ambiental a que se refere a alínea "b" do inciso I do caput, com a devida atualização
c) caracterização preliminar do conteúdo a ser disposto no reservatório da barragem	c) manual de operação da barragem, contendo, no mínimo, os procedimentos operacionais e de manutenção, a frequência, pelo menos quinzenal, de automonitoramento e os níveis de alerta e emergência da instrumentação instalada	c) projeto final da barragem como construído, contendo detalhadamente as interferências identificadas na fase de instalação
d) proposta de estudos e ações, acompanhada de cronograma, para o desenvolvimento progressivo de tecnologias alternativas, com a finalidade de substituição da disposição de rejeitos ou resíduos de mineração em barragens	d) laudo de revisão do projeto da barragem, elaborado por especialista independente, garantindo que todas as premissas do projeto foram verificadas e que o projeto atende aos padrões de segurança exigidos para os casos de barragens com médio e alto potencial de dano a jusante	d) versão atualizada do manual de operação da barragem a que se refere a alínea "c" do inciso II.
e) estudos sobre o risco geológico, estrutural e sísmico e estudos sobre o comportamento hidrogeológico das descontinuidades estruturais na área de influência do empreendimento	e) projeto de drenagem pluvial para chuvas decamilenares	
f) estudo conceitual de cenários de rupturas com mapas com a mancha de inundação	f) plano de desativação da barragem	

Fonte: adaptado de Minas Gerais, 2019.

Um outro ponto importante da referida lei é que o Sisema deve promover uma audiência pública antes da análise do pedido da LP com a presença do empreendedor, os cidadãos afetados direta ou indiretamente, residentes nos municípios situados na área da bacia hidrográfica onde se situa o empreendimento, os órgãos ou as entidades estaduais e municipais de proteção e defesa civil, as entidades e associações da sociedade civil, o Ministério Público do Estado de Minas Gerais, o Ministério Público Federal e a Assembleia Legislativa do Estado de Minas Gerais. Nesta audiência

pública deve ser reservado um espaço de fala para as mulheres, visando discutir os impactos específicos do empreendimento em suas vidas.

Ficam vedadas a acumulação ou disposição final ou temporária de rejeitos e resíduos industriais ou de mineração em barragens sempre que houver melhor técnica disponível, como também a concessão de licença ambiental para construção, instalação, ampliação ou alteamento de barragens, cujos estudos de cenários de rupturas seja identificada comunidade na zona de autossalvamento.

Nesta lei, seguindo a resolução nº4 da ANM, veta a concessão de licença ambiental para operação ou ampliação de barragens destinadas à acumulação ou disposição final ou temporária de rejeitos ou resíduos industriais ou de mineração que utilizem o método de alteamento a montante. O empreendedor responsável por barragem alteada pelo método a montante que está em operação promoverá, em no máximo 3 anos contados da data da publicação desta lei, a migração para tecnologia alternativa de acumulação ou disposição de rejeitos e a descaracterização das barragens, sendo barragem descaracterizada, considerado nesta Lei, aquela que não opera como estrutura de contenção de sedimentos ou rejeitos, não possuindo características de barragem, sendo destinada a outras finalidades.

O PSB deve ser atualizado pelo empreendedor, atendendo as exigências ou recomendações resultantes de cada inspeção, revisão, auditoria técnica de segurança ou auditoria técnica extraordinária de segurança. Além disso, a cada atualização da PSB o empreendedor deve entregar ao Sisema nova declaração de condição de estabilidade da barragem.

A auditoria técnica extraordinária de segurança, diferentemente do que era definido no Decreto nº 46.993 de 2016, citado neste trabalho, deve ser realizado pelo empreendedor em caso de evento imprevisto na operação da barragem ou de alteração nas características de sua estrutura, devendo ser entregue ao Sisema até no máximo 120 dias cotados da notificação da necessidade de tal auditoria.

Também fica instituído que caso o empreendedor não apresente a declaração de condição de estabilidade da barragem quando necessário ou quando o auditor independente não conclua pela estabilidade da barragem, o órgão ou a entidade

competente do Sisema determinará a suspensão imediata da operação da barragem até que se regularize a situação. Ademais, o órgão ou a entidade competente ao Sisema fará vistorias regulares, com periodicidade não máxima que um ano, nas barragens com potencial de dano ambiental alto, emitindo laudo técnico sobre o desenvolvimento das ações a cargo do empreendedor.

Nas disposições finais da Lei n° 23291, de 25 de fevereiro de 2019, discorre sobre as responsabilidades do empreendedor, sendo elas:

- O descumprimento do disposto nesta lei, por ação ou omissão, sujeita o infrator, pessoa física ou jurídica, às penalidades previstas no art. 16 da Lei n° 7.772 de 08.09.1980, sem prejuízo de outras sanções administrativas, civis e penais;
- Em caso de desastre decorrente do descumprimento do disposto nesta lei, o valor da multa administrativa poderá ser majorado em até mil vezes;
- Do valor das multas aplicadas pelo Estado em caso de infração às normas de proteção ao meio ambiente e aos recursos hídricos decorrentes de rompimento de barragem, 50% (cinquenta por cento) serão destinados aos municípios atingidos pelo rompimento;
- O empreendedor é responsável, independentemente da existência de culpa, pela reparação dos danos causados pela instalação e operação da barragem, bem como pelo seu mau funcionamento ou rompimento;
- Na ocorrência de acidente ou desastre, as ações recomendadas, a qualquer tempo, pelos órgãos ou pelas entidades competentes e os deslocamentos aéreos ou terrestres necessários serão custeados pelo empreendedor ou terão seus custos por ele ressarcidos, independentemente da indenização dos custos de licenciamento e das taxas de controle e fiscalização ambientais;
- As obrigações previstas nesta lei são consideradas de relevante interesse ambiental, e o seu descumprimento acarretará a suspensão imediata das licenças ambientais, independentemente de outras sanções civis, administrativas e penais.

2.8.7 Resolução SEMAD/FEAM 2784, de 2019 (SEMAD & FEAM , 2019)

Objetivando a regulamentação do caput e dos parágrafos do art. 13 da Lei nº 23.291, de 25 de fevereiro de 2019, que institui a Política Estadual de Segurança de Barragens, a SEMAD e a FEAM se uniram novamente para publicar a Resolução nº 2784, de 21 de março de 2019.

A resolução em questão determina que as barragens de rejeitos da mineração, inativas ou em operação, que utilizem ou que tenham utilizado o método de alteamento a montante, deverão ser descaracterizadas no prazo máximo de três anos, contados a partir da data de publicação da Lei nº 23.291, de 2019. Isso porque a lei estadual nº 23.291 de 2019 não determina o prazo máximo em que as barragens inativas devem ser descaracterizadas.

Até que seja cumprida a determinação de descaracterização, o empreendedor deverá realizar, semestralmente, auditoria técnica extraordinária de segurança de barragem, contendo todas as exigências do Decreto nº 46.993, de 2016, bem como da Resolução Semad/Feam nº 2.372, de 06 de maio de 2016, considerando, ainda, o projeto de descaracterização. Já a declaração de condição de estabilidade que deve ser entregue após a auditoria técnica extraordinária de segurança deverá ser encaminhada à FEAM nos períodos compreendidos entre 1º e 31 de março e entre 1º e 30 de setembro de cada ano.

Nesta resolução também fica definido que não apenas as barragens em operação que tenham utilizado o método de alteamento a montante devem apresentar à FEAM o cronograma contendo o planejamento de execução da descaracterização, no prazo de 90 dias, contados a partir da publicação da Lei nº 23.291, de 2019, mas também as barragens consideradas inativas e que tenham o método de alteamento a montante. Além disso, deve ser reforçado que apenas as barragens compreendidas dentro da política estadual de segurança de barragens, devem cumprir essas obrigações.

Fica criado comitê com vistas ao estabelecimento de diretrizes, premissas e termos de referência para a descaracterização de barragens que utilizem ou que tenham utilizado o método de alteamento a montante no Estado de Minas Gerais,

conforme previsto na legislação vigente. O referido comitê será composto por servidores do Sisema e especialistas com reconhecida experiência na área, sendo facultado ao comitê convidar outras instituições públicas e da sociedade civil que tenham relação com o tema, além disso poderá realizar reuniões públicas quando julgar necessário e seu trabalho será considerado de relevante interesse público.

Após a conclusão da descaracterização da barragem, fica previsto que o empreendedor deverá apresentar relatório à FEAM que, no prazo de 60 dias, deverá comunicar à ANM e verificar *in loco* o cumprimento das diretrizes e premissas da descaracterização, elaborando o respectivo relatório técnico, podendo contar com apoio de especialistas. Este relatório técnico e as providencias adotadas pela FEAM ficarão disponíveis em sítio eletrônico para consulta da sociedade civil e órgãos de controle.

Uma outra determinação desta resolução é que deverá ser priorizada a fiscalização ambiental em processos de licenciamento ambiental que contenham estruturas de disposição de rejeitos ou resíduos, que sejam considerados de alto potencial de dano ambiental (Classe III), conforme previsto na Deliberação Normativa do Copam n° 217, de 06 de dezembro de 2017.

Também fica estabelecido que a FEAM terá 90 dias, após a publicação da referida resolução, para apresentar à Câmara Normativa Recursal (CNR) do Copam a revisão, no que couber, das Deliberações Normativas Copam n° 62, de 17 de dezembro de 2002, n° 87, de 17 de junho de 2005, e n° 124, de 9 de outubro de 2008, deliberações estas que foram citadas neste trabalho.

2.8.8 Resolução SEMAD/FEAM 2833, de 2019 (SEMAD & FEAM, 2019)

Esta resolução foi publicada no diário executivo de Minas Gerais de no dia 27 de agosto de 2019, cujo principal objetivo seria estabelecer procedimento a ser seguido para o envio dos Relatórios resultantes das Auditorias Técnicas de Segurança de Barragens e Declaração de Condição de Estabilidade da barragem a partir do ano de 2019 (SEMAD & FEAM, 2019).

A resolução cita que o relatório resultante da Auditoria Técnica de Segurança, acompanhado das Anotações de Responsabilidade Técnica – ARTs – dos profissionais responsáveis, juntamente com a Declaração de Condição de Estabilidade da barragem, referentes ao ano de 2019, deverão ser apresentados à Fundação Estadual do Meio Ambiente (Feam), até 1º de setembro de 2019, em conformidade com a periodicidade definida no art. 17 da Lei nº 23.291, de 25 de fevereiro de 2019, de acordo com o Potencial de Dano Ambiental de cada estrutura (SEMAD & FEAM, 2019).

3 METODOLOGIA

Neste capítulo é exposta a metodologia adotada para a realização deste trabalho. Segundo Pinheiro (2010, p. 20), o método científico “É o conjunto de processos ou operações mentais que se deve empregar na investigação científica”.

3.1 Entrevista e levantamento documental

Para o desenvolvimento desta pesquisa, foram realizados o levantamento documental e a entrevista aberta. O levantamento documental teve como intuito fazer um inventário das legislações produzidas em âmbito estadual e federal, a respeito da segurança das barragens de rejeito de mineração. Além de compreender os aspectos técnicos constantes nestes documentos.

Já a entrevista, conforme Runeson e Host (2008), é muito importante como fonte de evidências e, de acordo com Seaman (1999 apud Da SILVA, et al., 2011), são comumente empregadas como técnicas de coletas de dados em pesquisas qualitativas.

Geralmente a entrevista é indicada para buscar informações sobre opiniões, concepções, expectativas, percepções sobre objetos ou fatos ou ainda para complementar informações sobre fatos ocorridos que não puderam ser observados pelo pesquisador, como acontecimentos históricos ou em pesquisa sobre história de vida, sempre lembrando que as informações coletadas são versões sobre fatos ou acontecimentos (MANZINI, 2004).

Segundo Pinheiro (2010), a entrevista serve para se obter informações do entrevistado sobre determinado assunto e podem ser classificadas como estruturadas ou não estruturadas. Queiroz (1988 apud DUARTE R., 2002) afirma que existe mais um tipo de entrevista denominada semiestruturada. Ela consiste em uma técnica de coleta de dados que supõe uma conversação continuada entre informante e pesquisador que deve ser dirigida por este de acordo com seus objetivos

Já a entrevista estruturada, conforme Gil (2008), é organizada a partir de perguntas previamente formuladas, fixas e ordenadas para todos os entrevistados. Boni e Quaresma (2005) apontam que entre as suas vantagens é a possibilidade de

resposta pelo entrevistado sem que o entrevistador esteja presente, além da comparação das respostas dos entrevistados.

No caso desta pesquisa, devido às dificuldades de se obter uma entrevista no modelo semiestruturado por questões relativas à agenda dos participantes e também pelo fato deles se sentirem mais confortáveis em responder às questões por escrito, o que os auxiliou no aprofundamento das respostas, utilizou-se a entrevista, denominada neste trabalho de entrevista aberta. Ela aproximou-se da entrevista estruturada, no entanto suas perguntas são todas abertas. Os entrevistados responderam às mesmas questões a partir de um formulário *online*. Foram formuladas um total de 5 questões, as quais podem ser observadas no Apêndice B.

Os profissionais foram convidados pelo orientador e pela autora via e-mail ou WhatsApp. Foram convidados 8 profissionais para responderem a entrevista, entretanto apenas 4 aceitaram o convite de participação. Posteriormente, os que aceitaram participar da pesquisa foram contatados pelo e-mail pessoal da autora com o link de acesso do Google Forms, plataforma em que seria respondida as perguntas. Também foi enviado, anexo, o termo de consentimento de participação da entrevista (Apêndice A), para ser assinado e reenviado à pesquisadora. Os participantes tiveram o prazo de duas semanas para responder as perguntas.

O Google Forms foi escolhido pela pesquisadora como ferramenta de realização da entrevista aberta, devido à escassa disponibilidade da maioria dos entrevistados em fazer a entrevista face a face. O formulário *online* permitiu que os entrevistados pudessem ir respondendo as questões conforme a disponibilidade de tempo, o que facilitou detalhamento das respostas, conforme apontaram os participantes desta pesquisa.

Os 4 entrevistados serão tratados neste trabalho com o termo Profissional mais um número (exemplo: Profissional 1, Profissional 2, Profissional 3 e Profissional 4) já que foi optado pela autora não revelar a identidade dos entrevistados. Na **tabela X** a seguir é mostrado o perfil de cada profissional entrevistado nesta pesquisa.

Tabela 10 – Perfil dos entrevistados

PROFISSIONAL	FORMAÇÃO	TEMPO DE FORMADO	TEMPO DE EXPERIÊNCIA PROFISSIONAL	ÁREA DE ATUAÇÃO PROFISSIONAL
Profissional 1	Engenharia Civil Mestrado em Geotecnia	15 anos	13 anos	Projetos de barragens, pilhas de estéril, pilhas de rejeito filtrado, gestão de segurança de barragens, análises de risco, projetos de descaracterização de barragens, planos de disposição de rejeitos
Profissional 2	Engenharia de Minas Mestrado em Engenharia Metalúrgica e de Minas Doutorado em Gerenciamento Ambiental	31 anos	31 anos	26 anos como professor do curso de Engenharia de Minas e 5 anos como engenheiro de Minas (operação e consultoria)
Profissional 3	Graduação em Direito, Mestrado em Sustentabilidade Mestrado em Direito da Mineração e Política Mineral	15 anos	15 anos	Advogado e professor
Profissional 4	Graduação em Engenharia de minas e Engenharia Civil Mestrado em Engenharia de Transportes e Infraestrutura de Transportes Doutorado em Geotecnia	9 anos	9 anos	Atuação em fechamento de Mina

Fonte: autora, 2019

3.2 Procedimentos e análise de dados

Para Fernandes (1991), a análise qualitativa se caracteriza por

buscar uma apreensão de significados na fala dos sujeitos, interligada ao contexto em que eles se inserem e delimitada pela abordagem conceitual (teoria) do pesquisador, trazendo à tona, na redação, uma sistematização baseada na qualidade, mesmo porque um trabalho desta natureza não tem a pretensão de atingir o limiar da representatividade (FERNANDES, 1991, p. 20).

Em virtude disso, este trabalho fundamentou-se no método qualitativo de análise de dados, denominado Análise de Conteúdo (BARDIN, 2011), como forma de conhecer as percepções dos sujeitos investigados sobre as legislações de barragens de rejeito de mineração.

Segundo Bardin (2011, p.15), a análise do conteúdo é um conjunto de instrumentos de cunho metodológico em constante aperfeiçoamento, que se aplicam a discursos (conteúdos e continentes) extremamente diversificados. Além disso, a autora também diz que nas pesquisas qualitativas, o referencial é a presença ou a ausência de características de um dado fragmento.

3.2.1 Pré-análise: primeira fase da análise de dados

Para Bardin (2011), existem três fases a serem realizadas para a análise de conteúdo de uma entrevista. A primeira delas é denominada pré-análise, em que o material deve ser organizado, formulam-se hipóteses e ou objetivos e elaboram-se indicadores que norteiam a interpretação final dos resultados (BARDIN, 2011). Contudo, segundo Santos (2012), é necessário observar algumas regras durante a fase de pré-análise, sendo elas

(i) exaustividade, sugere-se esgotar todo o assunto sem omissão de nenhuma parte; (ii) representatividade, preocupa-se com amostras que representem o universo; (iii) homogeneidade, nesse caso os dados devem referir-se ao mesmo tema, serem coletados por meio de técnicas iguais e indivíduos semelhantes; (iv) pertinência, é necessário que os documentos sejam adaptados aos objetivos da pesquisa; e (v) exclusividade, um elemento não deve ser classificado em mais de uma categoria (SANTOS, 2012, p. 3).

A hipótese trata-se de uma afirmação provisória que nos propomos a confirmar ou não, recorrendo aos procedimentos de análise (BARDIN, 2011). Dessa maneira, a hipótese “As legislações de barragens no Brasil tem sofrido alterações a cada rompimento no país. Contudo, como as suas modificações são normalmente feitas de modo rápido para que se diminua as críticas da sociedade para a inércia do governo perante o problema, sua eficácia em impedir que novos rompimentos aconteçam tem grandes chances de não atender o seu objetivo em garantir a segurança dessas estruturas no Brasil”, foi elaborada antes de se iniciar a coleta de dados através das entrevistas.

Após a realização das entrevistas, foram feitos recortes nas falas dos participantes a fim de encontrar características e contextos semelhantes, o que gerou os seguintes indicadores:

- 1) Segurança
- 2) Legislações
- 3) Agências regulamentadoras
- 4) Fechamento de barragem
- 5) Custo
- 6) Método construtivo

3.2.2 Categorização dos dados: segunda fase da análise de dados

A segunda fase é a exploração do material em que se codificam os dados, processo pelo qual os dados são transformados sistematicamente e agregados em unidades (BARDIN, 2011). Para Bardin (2011) *apud* Barbosa (2013), a codificação

corresponde a uma transformação – efectuada segundo regras precisas – dos dados em bruto do texto, transformação esta que, por recorte, agregação e enumeração, permite atingir uma representação do conteúdo, ou da sua expressão; susceptível de esclarecer o analista acerca das características do texto, que podem servir de índices (BARDIN, 2011, p. 129, *apud* BARBOSA, 2012, p. 45).

O processo de codificação dos dados restringe-se a escolha de unidades de registro, ou seja, é o recorte que se dará na pesquisa. Para Bardin (2011), uma unidade de registro significa uma unidade a se codificar, podendo esta ser um tema, uma palavra ou uma frase.

A etapa de categorização se deu nessa pesquisa pelo critério semântico a partir dos 6 indicadores mencionados por temas afins contribuindo para os surgimentos das seguintes categorias:

- Legislações como asseguradoras da estabilidade de barragens construídas por qualquer método construtivo (indicadores: segurança, legislações, agencias regulamentadoras e método construtivo);
- Futuro das barragens de rejeito (indicadores: custo e fechamento de barragem).

Acredita-se que essas categorias consigam abranger todos os indicadores criados na primeira fase da análise de dados. Dessa forma, este número de categorias é suficiente para esta pesquisa.

3.2.3 Tratamento dos resultados, a inferência e a interpretação: terceira fase da análise de dados

Já a terceira e última fase é denominada de tratamento dos resultados, inferências e interpretação. Segundo Bardin (2011), a inferência como técnica de tratamento de resultados é orientada por diversos polos de atenção, ou seja, polos de comunicação

(emissor receptor, mensagem e canal). Dessa maneira, tem-se a necessidade de se comparar enunciados e ações entre si, com intuito de averiguar possíveis unificações. Em contrapartida, quando os temas encontrados são diferentes, cabe ao pesquisador encontrar semelhanças que possam existir entre eles (SANTOS, 2012).

De acordo com Santos (2012) na fase de interpretação dos dados,

o pesquisador precisa retornar ao referencial teórico, procurando embasar as análises dando sentido à interpretação. Uma vez que, as interpretações pautadas em inferências buscam o que se esconde por trás dos significados das palavras para apresentarem, em profundidade, o discurso dos enunciados (SANTOS, 2012, p. 4).

Para tanto, dando continuidade à análise de dados, será realizada agora o terceiro polo cronológico que é o tratamento dos resultados, a inferência e a interpretação no tópico 4, denominado Resultados. Todos esses itens foram discutidos dentro das categorias “Legislações como asseguradoras da estabilidade de barragens construídas por qualquer método construtivo” e “Futuro das barragens de rejeito”.

4 RESULTADOS

4.1 Legislações como asseguradoras da estabilidade de barragens construídas por qualquer método construtivo

Essa categoria foi elaborada a partir da junção dos indicadores segurança, legislações, agências regulamentadoras e método construtivo. Dessa forma, serão discutidas as questões relacionadas aos principais aspectos técnicos referentes às legislações de segurança de barragens de rejeito no Brasil e no estado de Minas Gerais.

O principal objetivo dessa categoria é problematizar a atuação e assertividade das legislações de segurança de barragens de rejeito, a partir das opiniões dos profissionais entrevistados, bem como discutir em que pontos as normas necessitam de melhorias para garantir a estabilidade das estruturas, independente do seu método construtivo.

Foram citados pelos entrevistados algumas melhorias que as legislações deveriam sofrer.

De maneira geral, as exigências contidas nas referidas legislações abrangem os aspectos relevantes que devem ser exigidos dos empreendedores no que se refere a segurança de barragens. Um ponto que deve ser melhor avaliado refere-se às declarações de segurança de estabilidade (DCE), haja vista que a complexidade da segurança de uma barragem não pode ser simplificada por uma resposta binária (sim ou não) acerca da sua segurança. Neste sentido, um ponto que cabe melhor discussão e uma abordagem diferente referem-se às DCEs. (Profissional 1).

Para o Profissional 1 deveria ser melhor avaliado as declarações de condição de estabilidade (DCE), uma vez que a complexidade da segurança de uma barragem não pode ser simplificada por uma resposta binária (sim ou não) acerca da sua segurança.

Em 2019, como dito na Resolução Conjunta SEMAD/FEAM nº2.833 de 2019 (SEMAD & FEAM, 2019), a declaração de condição de estabilidade das barragens de rejeito, para o órgão regulamentador de Minas Gerais, deve ser encaminhada à sede da FEAM e, adicionalmente, apresentados em formato digital através de um formulário do Google Forms, em que anualmente o empreendedor deve preencher os dados da barragem (ex: altura, coordenadas geográficas, etc.) bem como postar o relatório de auditoria técnica de segurança e a declaração de condição de estabilidade.

Já em âmbito nacional, como previsto na Portaria DNPM 70.389 de 2017 (DNPM, 2017), no ano de elaboração deste trabalho, a Declaração de Condição de Estabilidade é elaborada pelo próprio empreendedor e precisa ser enviado à ANM duas vezes ao ano (março e setembro). Na primeira etapa, quem declara a DCE e atesta a estabilidade é o empreendedor, ou seja, o próprio dono da estrutura atesta se a barragem está estável ou não. Ele tem a opção de fazer na própria empresa ou contratar uma consultoria externa. Já na segunda entrega, a qual ocorre em setembro, a empresa é obrigada a contratar uma consultoria externa. Quando o empreendedor não entrega a DCE, o sistema gera automaticamente uma multa e a barragem é interditada (ANM, 2019).

Em outubro de 2019 a ANM interditou 38 barragens das 421 inseridas na Política Nacional de Segurança de Barragens que são obrigadas a entregar a DCE, sendo que 22 não atestaram a estabilidade e as outras 16 não enviaram a DCE até o prazo

estipulado. Dentre deste total, 27 barragens se encontram no estado de Minas Gerais (ANM, 2019).

O Profissional 2 também opina quais alterações devem existir para garantir a segurança das barragens de rejeito no país, como observado do excerto a seguir;

Fiscalização e melhoria em número e qualidade dos técnicos das agências (mineral e ambiental). Nossas legislações já são por demais restritivas. (Profissional 2).

Logo, para este profissional, as atuais legislações de segurança de barragens já se encontram muito restritivas, ou seja, não necessitam de alterações. Contudo, para o mesmo, é importante aumentar o número e qualidade dos técnicos das agências regulamentadoras (mineral e ambiental). Sua preocupação é factível, uma vez que após o rompimento de Brumadinho em 2019, a ANM informou publicamente que tinha apenas 35 funcionários para vistoriar todas as barragens do país e que o último concurso público para contratação de novos funcionários havia sido apenas em 2010 (RODRIGUES, 2019), o que demonstra a fragilidade e despreparo da Agência Nacional de Mineração em fiscalizar as centenas de barragens de rejeito espalhadas pelo país.

Já para o Profissional 3,

Entendo que as normas estão adequadas. Não vejo necessidade de criação de mais normas ou de imposição de mais restrições legais. Vejo espaço para a melhora da governança da gestão de barragens, ou seja, da forma como são tomadas as decisões, tanto do empreendedor como do Poder Público. Quando falo em governança, incluo normas de compliance empresarial, transparência de dados, articulação ágil entre empreendedor e ANM, revisão permanente de métodos técnicos, com aplicação imediata de melhores práticas. (Profissional 3).

Sendo assim, para o Profissional 3, mesmo que as legislações não necessitem ser alteradas, deve-se haver uma melhora no gerenciamento das barragens. Para Ávila (2019), mesmo que a gestão das barragens no Brasil se encontra falha, existem engenheiros qualificados o suficiente para cuidar bem do gerenciamento das barragens aqui existentes.

Para o Profissional 4, existem dois pontos em que as legislações merecem atenção. O primeiro seria a melhor discussão dos prazos dados aos empreendedores nas exigências existentes nas normas. O segundo ponto seria o início da discussão sobre como as estruturas descaracterizadas deverão ser tratadas após a conclusão das obras de descaracterização. Pois, de fato, este é um ponto que, até o presente momento, não foi abordado em nenhuma norma e, tampouco, é discutido entre os profissionais que trabalham com barragens. Uma vez que o foco principal neste momento é encontrar soluções viáveis para ser realizado a descaracterização das estruturas como previsto na Resolução nº4 da ANM (ANM, 2019) e na Resolução 2784 da SEMAD/FEAM (SEMAD & FEAM , 2019).

No que se refere a obrigatoriedade de desativação das barragens à montante, como prevista na Resolução nº 4 da ANM (ANM, 2019) e na Resolução 2784 da SEMAD/FEAM (SEMAD & FEAM , 2019), o Profissional 2 diz que “optou-se por matar todos os pacientes contaminados como forma de eliminar a doença”, o que não seria o mais adequado. Já os Profissionais 3 e 4 compartilham a mesma opinião em que podem existir barragens construídas à montante que sejam seguras a partir de um bom gerenciamento, bem como podem existir barragens construídas por outros métodos que não sejam bem administradas, conforme o excerto a seguir;

Ao longo da história há casos de ruptura de barragens alteadas por outros métodos que não o de montante. Na minha opinião optou-se por matar todos os pacientes contaminados como forma de eliminar a doença. Não é assim. Infelizmente, dado a extensão e magnitude dos dois desastres, optou-se por abolir o método e "descaracterizar" todas as barragens de montante. O correto seria cobrar maior investigação, pesquisa e soluções para aquelas que por ventura estejam de fato "contaminadas". Uma resposta rápida e para agradar "o povo" certamente não é a melhor. (Profissional 2).

É possível que haja barragens à montante seguras e bem geridas, como devem existir barragens construídas por outros métodos que não tão bem administradas. Essa é uma resposta que deve vir da engenharia. Acredito que devemos nos preocupar não só com o método de construção, mas com o método da obra em si: do material usado, do tipo de construção, da empresa contratada para construir. Não adianta banir um método e não aperfeiçoar os outros. O ideal seria um grupo de engenheiros qualificados ajudarem na montagem e permanente revisão de boas práticas de construção. (Profissional 3).

Não acredito que resolva, tendo em vista que existem outros modos de falha. Na minha opinião o problema maior não é o método em si, e sim a maneira que a gestão, operação e manutenção da estrutura tem sido praticadas no Brasil. (Profissional 4).

Diferente destes três entrevistados, o Profissional 1 acredita que a obrigatoriedade da desativação das barragens à montante “deverá reduzir significativamente os riscos associados a acidentes de barragens” no país. O mesmo é opinado pela Agência Nacional de Mineração, onde ela diz em uma nota explicativa publicada em fevereiro de 2019,

O histórico de acidentes recentes em barragens de mineração (Herculano Mineração, Samarco Mineração, *Mont Polley* (Canadá) e Vale S.A.) mostra que o modelo construtivo a montante era uma opção para o setor, largamente adotada entre as décadas de 70 e 90, onde proporcionava a edificação de barragens com menor custo ao empreendedor. Contudo, constata-se que este método não pode mais ser tolerado na atualidade, uma vez que crescem os registros de acidentes relacionados a este método construtivo, bem como se observa que várias destas estruturas já ultrapassam algumas dezenas de anos de vida útil, além de terem sido alteadas ao longo dos anos, o que aumentou paulatinamente a carga de rejeitos em suas bacias. (ANM, 2019).

4.2 Futuro das barragens de rejeito

Para a segunda categoria, foram utilizados os indicadores fechamento de barragens e custo. Portanto, serão tratadas as questões que envolvem o descomissionamento e descaracterização de barragens bem como as possíveis consequências e impactos econômicos para a mineração caso as barragens de rejeito um dia deixem de ser usadas.

Os termos descomissionamento e descaracterização de barragens foi dito pela primeira vez nas legislações de segurança de barragens através da Resolução ANM nº 4 (ANM, 2019), e desde então gerou algumas dúvidas quanto aos seus significados para os profissionais que trabalham diretamente com barragens de mineração. O Profissional 3 considera o surgimento das dúvidas um fato relevante já que não consegue identificar uma diferença clara entre os termos, sugerindo então a criação de um conceito legal e pragmático que viabilize a ação das empresas sem permitir uma discussão estéril.

Dessa maneira, tanto para o Profissional 2 quanto para o Profissional 4, os dois termos deveriam ser substituídos pela palavra “fechamento”, assim se evitaria as dúvidas recorrentes sobre o assunto.

na literatura técnica entende-se por fechamento de barragens à conclusão das etapas de desativação da estrutura e a reabilitação da área. Em inglês os termos adotados são o *tailings dam closure* que compreende a etapas de *decommissioning* e de *reclamation of the site*. Descomissionamento trata-se de um anglicismo aportuguesado já contemplado no Dicionário Dicio (dicionário de português contemporâneo e moderno, tem como significados: Ação de descomissionar, de tirar a comissão de algo ou de alguém. Retirada de alguém de um cargo ou função temporária para o qual foi nomeado: justiça determinou o descomissionamento do parlamentar. E, ação de dismantelar ou de desativar alguma coisa: descomissionamento de empresas falidas. (Profissional 2).

no entanto, considerando-se apenas os dois termos citados, entendo que descaracterização é a transformação da estrutura que atualmente é uma barragem de rejeito, em uma estrutura que não se comporte com tais características. Desse modo, em uma eventual falha da estrutura remanescente, os efeitos serão localizados, e, conseqüentemente os impactos serão menores. Descomissionamento, no meu entendimento, é uma etapa do fechamento de mina/barragem, que constitui a remoção da infraestrutura associada, que não terá função na área/estrutura remanescente. (Profissional 4).

Já o profissional 1 acredita que a Resolução nº13 (ANM, 2019), citada no referencial teórico desta pesquisa, possui uma definição bem esclarecedora do que é descomissionamento e descaracterização, e ainda completa

Especificamente sobre a descaracterização, entendo se tratar de medidas que permitam que a estrutura não apresente mais características de barragem (principalmente no que se refere a formação de lago), bem como que garantam a estabilidade física e química da estrutura remanescente. (Profissional 1).

Além disso, foi levantando a questão, com os entrevistados, sobre os prazos estipulados pelas normas brasileiras e estadual para o fim do descomissionamento e/ou descaracterização de barragens. Segundo o Profissional 3, é importante a norma impor um prazo máximo de execução destas atividades, para forçar as empresas a se organizarem e investirem em melhorias internas.

mas, ao mesmo tempo, deve prever uma brecha para casos complexos que, comprovadamente, precisarão de mais tempo. Por isso foi incluída a seguinte previsão na norma: Art. 17. A ANM poderá, a seu critério, em casos excepcionais e quando devidamente justificado pelo interessado, estabelecer prazos e obrigações distintas das previstas nesta Resolução, nos termos do art. 2º, inciso XI, da Lei 13.575, de 26 de dezembro de 2017. (Profissional 3).

Os prazos estipulados para a descaracterização são um grande desafio, haja vista a complexidade dessas obras... em alguns casos (dependendo da solução de descaracterização) existe uma possibilidade desses prazos não serem cumpridos. (Profissional 1).

Faltam empresas e profissionais para uma investigação e diagnóstico das barragens e para posterior elaboração de um plano de fechamento das barragens a ser protocolado até dezembro desse ano. Acredito que esse tempo será dilatado. Ademais, a operação do fechamento propriamente dito demandará mais tempo, principalmente para aquelas de maior porte e as de maior dificuldade devido ao risco envolvido. (Profissional 2).

Ainda que a Resolução nº13 da ANM tenha dilatado os prazos de descomissionamento/d Descaracterização de barragem estipulados pela Resolução nº4, percebe-se, pelas falas acima, que os Profissionais 1, 2 e 3 acreditam que certamente nem todas as barragens conseguirão cumprir os prazos uma vez que existem estruturas bem mais complexas que as outras e dessa forma demandarão mais tempo para que seu fechamento se finalize. Dessa forma, é esperado que em um futuro não muito distante outra resolução seja criada para novamente impor prazos factíveis para o fechamento dessas barragens.

Com base nos últimos acidentes de barragens no Brasil, ouviu-se falar sobre a possibilidade de as barragens de rejeito deixarem de serem usadas no país. Como falado no referencial teórico deste trabalho, a mineração equivale a aproximadamente 76% do valor total da produção brasileira comercializada (IBRAM, 2015), e para tanto, é muito importante que se faça um estudo profundo do impacto que essa proibição causaria na economia do país ao afetar diretamente o empreendimento minerário.

Caso seja proibido a utilização de barragens, o Profissional 4 afirma que haverá um impacto econômico negativo na mineração e que alguns empreendimentos deixariam de ser viáveis no momento. Contudo, ele não acredita que será o fim da

mineração brasileira uma vez que existem e são praticados outros tipos de disposição de rejeitos no país.

Na percepção do Profissional 4;

Considero que as barragens são uma forma de disposição de rejeito, e que a mesma deve ser avaliada como uma opção dentre outras, considerando-se suas vantagens e desvantagens, e principalmente, seu impacto no entorno. Caso seja definido que a melhor solução é a construção de uma barragem, a mesma deve ser executada, operada, mantida e, posteriormente fechada, dentro das melhores práticas da engenharia. No entanto, caso a utilização de barragens de rejeito seja proibida, acredito que haveria sim um impacto econômico negativo na mineração, e que talvez alguns empreendimentos não se tornassem mais viáveis no momento, por questões tecnológicas e financeiras. Mas não acho que seria o fim da mineração brasileira, dado que as outras soluções disponíveis são aplicáveis em muitos empreendimentos. (Profissional 4).

Já o Profissional 3 diz que mesmo com os avanços da tecnologia e a melhoria de processos ainda se demandaria muito tempo até que a mineração pudesse deixar de usar as barragens sem afetar a sua viabilidade financeira. Ele ainda sugere que seja criado linhas de crédito especiais para projetos de inovação, desoneração de investimentos em tecnologias e prioridade na análise de projetos inovadores, tanto pelo órgão ambiental quanto pela ANM.

O Profissional 1, dentro deste mesmo tema, infere que seja improvável que um empreendimento de mineração seja tecnicamente e economicamente viável sem nenhum tipo de barragem. Seu argumento é que a contenção de sedimentos das pilhas de estéril e reservação de água para o processo, como são utilizados atualmente, dificilmente deixarão de depender de barragens para tal. Porém, ele garante que a utilização de outros métodos para disposição, como desaguamento dos rejeitos a partir de filtragem pode ser uma alternativa para que se diminua o número de barragens de rejeito.

Já o Profissional 2 foi o mais otimista entre os quatro entrevistados. Segundo ele as mineradoras certamente sobreviveriam se fossem proibidas as barragens de rejeito no país, citando o seguinte exemplo;

A CSN por exemplo está na vanguarda da filtragem de rejeito. Precisa-se entretanto, investigação e pesquisas para se elaborar diretrizes técnicas de empilhamento de rejeito filtrado. Outra opção, é a disposição de rejeitos em pasta. Nesse último Geomin, foi perguntado sobre a disposição de rejeitos em pasta. Achei as respostas muito defensivas do ponto de vista geotécnico. Posso dizer que os "barragistas" ou geotécnicos de barragens não gostam da pasta...O empilhamento de rejeitos em pasta embute um ganho geotécnico importante na estrutura e os custos de fechamento são imensamente reduzidos. (Profissional 2).

Dessa forma, compreendemos que os resultados apontam que as atuais legislações se encontram restritivas o bastante para garantir a estabilidade das barragens no país, faltando apenas pequenas adequações na gestão das empresas mineradoras e do setor público. Além disso, no que se refere à obrigatoriedade de descaracterização das barragens à construídas pelo método à montante, os participantes, em sua maioria, acreditam que este não seria a melhor opção. Além disso, segundo os participantes, os prazos máximos estipulados pelas normas para que ocorra o fechamento das estruturas têm grandes chances de serem dilatados. Por fim, outro ponto que pode ser concluído é que atualmente os empreendimentos minerários ainda não conseguem sobreviver totalmente sem armazenar seus rejeitos em barragens.

5 CONCLUSÃO

Em consonância com o objetivo dessa pesquisa: discutir a legislação brasileira e mineira de segurança de barragens de rejeito de mineração, no que se refere aos aspectos técnicos relacionados às barragens com alteamento à montante e o seu descomissionamento ou descaracterização por meio principalmente das resoluções nº 4 e nº 13 da ANM e a resolução 2784 da SEMAD/FEAM, ambas de 2019; foram discutidas ao longo do texto questões relacionadas à segurança, legislações, agências regulamentadoras, fechamento de barragem, custo e métodos construtivos.

Como foi visto ao longo desta pesquisa, as legislações de barragens no Brasil e no estado de Minas Gerais têm sofrido algumas alterações à medida que foram ocorrendo acidentes/incidentes com barragens de rejeito no país.

Os relatos apresentados indicam que a maior parte dos entrevistados acredita que as atuais legislações conseguem abranger, de maneira geral, todos os aspectos que visam a garantia da segurança de barragens de rejeitos. Entretanto, observam que alguns pontos precisam ser discutidos como a forma com que a Declaração de Condição de Estabilidade (DCE) é feita, revisar os prazos de descomissionamento/d Descaracterização, a proposição de melhorias da gestão das barragens, aumentar o quadro de funcionários das agências regulamentadoras e iniciar os debates sobre como as estruturas descaracterizadas deverão ser tratadas, após a conclusão das obras de descaracterização.

Em relação à obrigatoriedade de descaracterização das barragens construídas pelo método à montante, como previsto na Resolução nº4 da ANM e a Resolução 2784 da SEMAD/FEAM, os participantes, em sua maioria, acreditam que este não seria o caminho correto a se seguir. Pelo fato de que da mesma maneira que existem barragens à montante que possam ser bem monitoradas e geridas, o que aumenta a sua estabilidade, também existem barragens sem alteamento, alteadas à jusante ou por linha de centro que são mal administradas e monitoradas, se tornando mais propícias ao rompimento.

O fato é que as barragens alteadas pelo método à montante merecem uma atenção especial frente às outras barragens sendo elas mais susceptíveis à acidentes/incidentes, conforme apresentado nos relatos históricos. Entretanto, proibir sua existência é uma maneira radical de tratar o problema. Sendo assim, não se deve cuidar da “doença”, deve-se cuidar da “saúde” das barragens, conforme aponta um dos entrevistados.

Adicionalmente, verifica-se o uso dos termos descomissionamento e descaracterização, resultantes do anglicismo destas palavras, ainda causam conflitos de entendimento sobre as ações recomendadas e mais assertivas a serem adotadas. Contudo, as percepções dos entrevistados convergiram para o entendimento de que o descomissionamento trata de uma etapa do fechamento da barragem, que constitui a remoção da infraestrutura associada, que não terá função na área/estrutura remanescente. Já a descaracterização é a transformação da estrutura que atualmente é uma barragem de rejeito, em uma estrutura que não se comporte com tais características, de forma que a estabilidade física e química da estrutura remanescente seja garantida. Desse modo, em uma eventual falha da estrutura, os efeitos serão localizados, e, conseqüentemente os impactos serão menores.

Além disso, no intuito de uniformizar o entendimento e procedimento a ser adotado, um dos entrevistados propõe que os conceitos de descomissionamento e descaracterização sejam substituídos por apenas “fechamento de barragens”. Assim se evitaria as dúvidas quanto às ações a serem tomadas com as barragens que se enquadram na obrigatoriedade de fechamento.

Ainda se tratando de descomissionamento e descaracterização, temos que os prazos máximos estipulados pelas normas para que ocorra o fechamento das estruturas têm grandes chances de serem novamente dilatados, como já foi feito com a publicação da Resolução nº 13 da ANM (ANM, 2019). Isso porque existem diversas estruturas no país que se enquadram na obrigatoriedade de fechamento, o que levaria muito tempo para que se conseguisse recursos humanos, econômicos e materiais suficientes para que se concluísse todas as obras em poucos anos.

Em outro ponto estudado nesta pesquisa, chegou-se à conclusão que atualmente os empreendimentos minerários ainda não conseguem sobreviver totalmente sem armazenar seus rejeitos em barragens. Muitas empresas minerárias, principalmente as de pequeno porte, deixariam de ser viáveis por sofrerem um grande impacto econômico caso as barragens de rejeito fossem proibidas no Brasil.

Contudo, as tecnologias e estudos geotécnicos caminham para que, no futuro, as barragens deixem de ser o principal método de armazenamento de rejeitos e dividam espaço com outros métodos de estocagem, como, por exemplo, o desaguamento dos rejeitos a partir de filtragem.

REFERÊNCIAS

- ABNT. NBR nº 13.028, de 2006. *Mineração – Elaboração e apresentação de projeto de barragens para disposição de rejeitos, contenção de sedimentos e reservação de água*. Brasil, 2006.
- ANA. *Manual de políticas e práticas de segurança de barragens para entidades fiscalizadoras*. Brasília, 2016.
- ANA. *Relatório anual sobre Segurança de Barragens*. Brasília, 2019.
- ANM. *Cai para 38 o número de barragens interditadas pela ANM*. Brasil, 2019. Disponível em: < <http://www.anm.gov.br/noticias/cai-para-38-o-numero-de-barragens-interditadas-pela-anm>>, Acesso em: 18 nov. 2019.
- ANM. *Cadastro Nacional de Barragens de Mineração*. Brasil, 2019. Disponível em: <<http://www.anm.gov.br/assuntos/barragens/arquivos-barragens/cadastro2019.jpg/view>>, Acesso em: 05 abr. 2019.
- ANM. *Segurança de barragens focada nas barragens construídas ou alteadas pelo método a montante, além de outras especificidades referentes*. Brasil, 2019. Disponível em: <<http://www.anm.gov.br/noticias/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: 20 mai. 2019.
- ANM. Resolução nº 4, de 15 de fevereiro de 2019. *Estabelece medidas regulatórias cautelares objetivando assegurar a estabilidade de barragens de mineração, notadamente aquelas construídas ou alteadas pelo método denominado "a montante" ou por método declarado como desconhecido*. Brasília, 2019.
- ARAUJO, C. B. *Contribuição ao estudo do comportamento de barragens de rejeito de mineração de ferro*. 2006. 134 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil), Faculdade de Engenharia Civil, COPPE/UFRJ. Rio de Janeiro, RJ, 2006.
- ÁVILA, J. *Barragens de rejeitos no Brasil*. Comitê brasileiro de barragens. Belo Horizonte, MG, 2012.

- AZAM, S.; LI, Q. *Tailings dam failures: a review of the last one hundred years*. Geotechnical News, v. 28, n. 4, p. 50-54, 2010.
- BALLARD, J.C. et al.. *Risks of Tailings Dam Failure*. Alemanha, 2011.
- BARDIN, L. *Análise de conteúdo*. São Paulo: Edições 70, 2011.229p.
- 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.
- BLIGHT, G. E. *Geotechnical engineering for mine waste storage facilities*. London: Taylor & Francis Group, 641 p. 2010.
- BOWLES, D. A.; T.F., G.; & CHAUHAN, S. *Understanding and Managing the Risks of Aging Dams; Principles and Case Studies*. Georgia, 1999.
- 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, 2010.
- BRASIL. Resolução CNRH nº144, de 10 de julho de 2012. *Estabelece diretrizes para implementação da Política Nacional de Segurança de Barragens, aplicação de seus instrumentos e atuação do Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens, em atendimento ao art. 20 da Lei nº 12.334, de 20 de setembro de 2010, que alterou o art. 35 da Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997*. Brasília, 2012.
- 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 nº 12.334, de 20 de setembro de 2010*. Brasília, 2012.
- BRASIL. Lei nº 13.575, de 26 de dezembro de 2017. *Cria a Agência Nacional de Mineração (ANM); extingue o Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM); altera as Leis nº 11.046, de 27 de dezembro de 2004, e 10.826, de*

22 de dezembro de 2003; e revoga a Lei nº 8.876, de 2 de maio de 1994, e dispositivos do Decreto-Lei nº 227, de 28 de fevereiro de 1967 (Código de Mineração). Brasília, 2017.

BRASIL, B. N. *Brumadinho pode ser maior acidente de trabalho do Brasil*. Brasil, 2019. Disponível em: <<https://noticias.r7.com/minas-gerais/brumadinho-pode-ser-maior-acidente-de-trabalho-do-brasil-28012019>>, Acesso em: 21 mai. 2019.

CBDB. *Comunicação pessoal, tratando de projeto de lei sobre segurança de barragens*. São Paulo, 2004.

CBDB. *A história das barragens no Brasil, Séculos XIX, XX e XXI: cinquenta anos do Comitê Brasileiro de Barragens*. Rio de Janeiro, 2011.

CNPGM. *Grupo de trabalho de análise de riscos em barragens. 1º Relatório de Progresso (INAG ed.)*, 1-1. Lisboa, 2005.

CONAMA. Resolução CONAMA Nº 001, de 23 de janeiro de 1986. Brasil, 1986.

CONAMA. Resolução Nº 237, de 19 de dezembro de 1997. Brasil, 1997.

COPAM. 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*. Brasil, 2002. Disponível em: <http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=5008#_ftn3>, Acesso em: 25 mai. 2019.

COPAM. Deliberação Normativa nº 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*. Brasil, 2005. Disponível em: <http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=8251#_ftn1>, Acesso em: 25 mai. 2019.

COPAM. Deliberação Normativa nº 124, de 15 de outubro de 2008. *Complementa a Deliberação Normativa COPAM No 87, de 06/09/2005, 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.* Brasil, 2008. Disponível em: <<https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwaj63y3rfiAhV1FLkGHWNFCXYQFjAAegQIAhAC&url=https%3A%2F%2Fsogi8.sogi.com.br%2FArquivo%2FModulo113.MRID109%2FRegistro34590%2Fdocumento%25201%2520-%2520delibera%25C3%25>>, Acesso em: 25 mai. 2019.

CORR, D. J., JUENGER, M., MONTEIRO, P., & BASTACKY, J. (2004). *Investigating entrained air voids and Portland cement hydration with low-temperature scanning electron microscopy.* Cement & Concrete Composites, p.1007–1012. 2004.

DAVIES, M. P. *Tailings impoundment failures: are geotechnical engineers listening?* Geotechnical News, Waste Geotechnics, p. 31-36. September, 2002.

DNPM. Portaria nº 237, de 18 de outubro de 2001. *Aprova as Normas Reguladoras de Mineração - NRM, de que trata o art. 97 do Decreto-lei nº 227, de 28 de fevereiro de 1967.* Brasília, 2001. Disponível em: <file:///C:/Users/thaina.souza/Downloads/PORTARIA_DIR_GERAL_DNPM_20011018_237.pdf>, Acesso em: 06 mai. 2019.

DNPM. Portaria DNPM nº 416, de 5 de setembro de 2012. *Cria o Cadastro Nacional de Barragens de Mineração e dispõe sobre o Plano de Segurança, Revisão Periódica de Segurança e Inspeções Regulares e Especiais de Segurança das Barragens de Mineração conforme a Lei nº 12.334, de 20 de setembro de 2010, que dispõe sobre a Política Nacional de Segurança de Barragens.* Brasília, 2012.

DNPM. Portaria nº 526, de 09 dezembro de 2013. *Estabelece a periodicidade de atualização e revisão, a qualificação do responsável técnico, o conteúdo mínimo e o nível de detalhamento do Plano de Ação de Emergência das*

Barragens de Mineração (PAEBM), conforme art. 8º, 11 e 12 da Lei nº 12.334, de 20 de setembro de 2010, que estabelece a Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB), e art. 8º da Portaria nº 416, de 3 de setembro de 2012. Brasília, 2013.

DNPM. Portaria nº 14, de 15 de janeiro de 2016. *Estabelece prazo para apresentação de comprovante de entrega das cópias físicas do Plano de Ação de Emergência de Barragem de Mineração (PAEBM) para as Prefeituras e Defesas Cíveis municipais e estaduais, conforme exigido pelo art. 7º da Portaria nº 526, de 2013, e dá outras providências.* Brasília, 2016. Disponível em: <<http://www.anm.gov.br/acesso-a-informacao/legislacao/portarias-do-diretor-geral-do-dnmp/portarias-do-diretor-geral/portaria-no-14-em-15-01-2016-do-diretor-geral-do-dnmp/view>>, Acesso em: 25 mai. 2019.

DNPM. 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 art. 8º, 9º, 10, 11 e 12 da Lei nº 12.334 de 20 de setembro de 2010, que estabelece a Política Nacional de Segurança de Barragens - PNSB.* Brasília, 2017.

DUARTE.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. 149 f. Dissertação (Escola de Engenharia), Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2008.

FARIAS, T. *Política Nacional de Segurança de Barragens.* Brasil, 2019. Disponível em: <<https://institutominere.com.br/blog/politica-nacional-de-seguranca-de-barragens>>, Acesso em: 25 abr. 2019.

- FONTENELLE, A. S. *Proposta metodológica de avaliação de riscos em barragens do nordeste brasileiro - estudo de caso: barragens do Estado do Ceará*. 2007. 213 f. Tese (Doutorado em Recursos Hídricos), Universidade Federal do Ceará, Centro de Tecnologia, Fortaleza, 2007.
- FRANCA, P. *As novas normas nbr abnt 13.028 e 13.029 e seus efeitos no setor mineral*. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MINERAÇÃO, 17., 2017, Belo Horizonte. Resumo As novas normas nbr abnt 13.028 e 13.029 e seus efeitos no setor mineral. Belo Horizonte: Exposibram, 2017 .
- IBRAM. *Informações Sobre a Economia Mineral Brasileira*. Brasil, 2015. Disponível em: <<http://www.ibram.org.br/sites/1300/1382/00005836.pdf>>, Acesso em: 25 mai. 2019.
- ICME. *An Introduction to Tailings. Case Studies on Tailings Management. International Council on Metals and the Environment (ICME)*. Ottawa, Canadá, 1998.
- ICOLD. *Tailings Dams Safety. Guidelines*. International Commission on Large Dams. 1989.
- ICOLD. *Tailing dams risk of dangerous occurrences: lessons learnt from practical experiences*. International Commission on Large Dams. Paris, France, 2001.
- ICOLD. *Tailings Dams. Risk of dangerous occurrences: lessons learnt from practical experiences*. International Commission on Large Dams. Bulletin 121. 144 p., Jaouhara, 2008.
- ICOLD. *The History of the World Register of Dams*. International Commission on Large Dams. 2019. Disponível em: <https://www.icold-cigb.org/GB/world_register/history.asp>, Acesso em: 26 set.2019.
- LOZANO, F. A. *Seleção de locais para barragens de rejeitos usando o método de análise hierárquica*. 2006. Dissertação de mestrado (Departamento de Engenharia de Estruturas e Fundações), Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2006.

- LUZ, A.B. SAMPAIO, A., FRANÇA, S. C. A. *Tratamento de Minérios*. 5.ed. Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 2010.
- MACHADO, N. C. *Retroanálise da propagação decorrente da ruptura da barragem do fundão com diferentes modelos numéricos e hipóteses de simulação*. 2017. Dissertação (Programa de pós-graduação em saneamento, meio ambiente e recursos hídricos), Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2017.
- 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&num=46993&comp=&ano=2016>>, Acesso em: 25 mai. 2019.
- NEVES, L. *DNPM publica Portaria nº 70.389 que modifica várias normas de Barragens de Mineração*. Brasil, 2017. Disponível em: <<https://institutominere.com.br/blog/dnpm-publica-portaria-70-389-modifica-varias-normas-barragens-mineracao>>, Acesso em: 16 mai. 2019.
- NEVES, L. P. *Segurança de Barragens – Legislação federal brasileira em segurança de barragens comentada*. Brasília, 2018.
- PANIAGO, L. *Panorama Mundial da regulamentação de Segurança de Barragens*. Brasil, 2019. Disponível em: <<https://institutominere.com.br/blog/panorama-mundial-da-regulamentacao-de-seguranca-de-barragens>>, Acesso em: 03 abr. 2019.
- PEDROSA, L. *Reavaliação do sistema de classificação de barragens realizado pelo DNPM*. 2017. 149 f. Dissertação (Mestrado acadêmico em engenharia geotécnica), Universidade Federal de Ouro Preto. Ouro Preto, 2017.
- PORTUGAL. Decreto-Lei n. 11, de 06 de janeiro de 1990. *Regulamento de Segurança de Barragens*. Série 1, n.5. (D. d. República, Ed.), Lisboa, 1990.
- PORTUGAL. Decreto-Lei n. 409, de 14 de dezembro de 1993. *Regulamento de Pequenas Barragens*. 290/93 Série IA. Lisboa, 1993.

- RIBEIRO, L. F. *Simulação Física do Processo de Formação dos Aterros Hidráulicos Aplicados a Barragens de Rejeitos*. 2000. Dissertação (Departamento de Engenharia Civil e Ambiental), Universidade Federal de Brasília. Brasília, 2000.
- RIBEIRO, V. Q. *Proposta de metodologia para avaliação de rupturas de estruturas de disposição de rejeitos*. 2015. Dissertação de Mestrado (Programa de Pós-Graduação Geotecnia e Transportes), Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2015.
- 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, M.; BENITO, G.; SALGUEIRO, A.; A., D.-H., & PEREIRA, H. *Reported tailings dam failures. A review of the european incidents in the worldwide context*. (Vol.152). *Journal of Hazardous Materials*. 2008.
- ROCHA, F. F. *Retroanálise da ruptura da barragem São Francisco – Miraí*. 2015. 200 f. Dissertação de Mestrado (Programa de Pós-Graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos), Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, Minas Gerais, 2015.
- RODRIGUES, L. *Acordo entre MPF e União prevê R\$ 42 milhões para fiscalizar barragens*, 2019. Disponível em: <<http://agenciabrasil.ebc.com.br/justica/noticia/2019-10/acordo-entre-mpf-e-uniao-preve-r-42-milhoes-para-fiscalizar-barragens>>, Acesso em: 18 nov. 2019.
- SANTOS, M.F. *Análise de conteúdo: a visão de Laurence Bardin*. *Revista Eletrônica de Educação*, São Carlos, SP: UFScar, v.6, no. 1, p.383-387, 2012.
- SCHAPER, D. d. *Instrumentos regulatórios aplicáveis a barragens de rejeitos – da concepção ao fechamento*. Seminário de Gestão de Riscos e Segurança de Barragens de Rejeitos, 2., 2017. Belo Horizonte, 2017.
- SEMAD & FEAM. Resolução conjunta nº 2.784, de 21 de março de 2019. *Determina a descaracterização de todas as barragens de contenção de rejeitos e resíduos, alteadas pelo método a montante, provenientes de atividades*

minerárias, existentes em Minas Gerais e dá outras providências. Belo Horizonte, 2019.

SOARES, Lindolfo. *Barragem de rejeito*. In: Luz, A. B. da; SAMPAIO, J. A.; FRANÇA, S. C. A. Tratamento de minérios. Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 2010. p. 831-896. .

SOUZA, J. F. *Brumadinho pode ser 2º maior desastre industrial do século e maior acidente de trabalho do Brasil*. Época. Brasil, 2019.

USACE. *Safety of Dams – Policy and Procedure Draft*. Engineering and Design. Washington DC. 2011.

WISE URANIUM PROJECT. *World Information Service on Energy*. [s.n]. Disponível em: <<http://www.wise-uranium.org/mdaf.html>. 2019>, Acesso em: 03 abr. 2019.

APÊNDICE A – TERMO DE COMPROMISSO LIVRE E ESCLARECIDO (TCLE)



Termo de Consentimento Livre e Esclarecido



Eu, _____, por intermédio do presente termo de consentimento livre e esclarecido, concordo plenamente em participar da pesquisa intitulada: “Evolução histórica da legislação brasileira e do estado de minas gerais relacionado ao tema de disposição de rejeitos de mineração em barragens” que discute a legislação brasileira e mineira de segurança de barragens de rejeito de mineração no que se refere ao seu impacto na conjuntura minerária do país e nos aspectos técnicos relacionados às barragens com alteamento à montante e o seu descomissionamento ou descaracterização.

Também estou ciente de que a pesquisa utilizará como instrumentos para a coleta de dados a entrevista. Sei que a participação na entrevista é voluntária e não me acarretará qualquer ônus.

Tenho conhecimento de que a pesquisa não provoca nenhum dano físico ou emocional, e que não há risco em participar dela. Concordo também que minha participação se dê a título gratuito, não recebendo, portanto, nenhum honorário ou gratificação referente à pesquisa, bem como não estou sujeito a custear despesas para a execução da mesma.

Concordo com a possibilidade das informações relacionadas ao estudo serem inspecionadas pelo orientador da pesquisa e pelos membros do Comitê de Ética em Pesquisa – CEP/UFOP, e que qualquer informação a ser divulgada em relatório ou publicação, deverá sê-lo de forma codificada, para que a confidencialidade seja mantida.

Assim sendo, acredito ter sido suficientemente informado (a) a respeito das informações explicadas para mim, descrevendo o estudo. Ficaram claros para mim os propósitos da pesquisa, os procedimentos a serem realizados, as garantias de confidencialidade e de esclarecimentos permanentes.

Ficou claro também que minha participação é isenta de despesas e que tenho garantia de acesso aos resultados e de esclarecer minhas dúvidas a qualquer tempo, concordando em participar, voluntariamente deste estudo.

_____, _____ de _____ de 2019.

Assinatura do Participante da Pesquisa

CPF:

Prof. Dr. Lucas Deleon Ferreira
Coordenar da Pesquisa

Thainá Suzanne Alves Souza
Graduanda-UFOP

APÊNDICE B – ROTEIRO DAS ENTREVISTAS COM OS PROFISSIONAIS

1. Ao longo dos anos percebemos que a legislação brasileira e mineira de segurança de barragens tem sofrido modificações e, conseqüentemente, melhoras. Este ano de 2019, após o rompimento da barragem de Brumadinho, tivemos avanços significativos das legislações com a promulgação das Resoluções nº 4 e 13 da ANM e a resolução 2784 da SEMAD/FEAM. **Dessa forma, na sua opinião, o que ainda precisa ser melhorado nas atuais legislações de segurança de barragens?**
2. Segundo ICOLD (2001) o método construtivo mais comum das barragens que se rompem é o de alteamento a montante. **Você acredita que a proibição da utilização de barragens à montante resolve o problema de ruptura de barragem de rejeito do Brasil?**
3. Uma dúvida que tem surgido para a maioria das empresas que trabalham com barragens é sobre a diferença entre descomissionamento e descaracterização. **O que você entende sobre descaracterização e descomissionamento? Quais são as principais diferenças entre os dois termos?**
4. A resolução nº 4 da ANM promulga o prazo máximo de 2 anos para a descaracterização de barragens de rejeito alteadas a montante, enquanto que na resolução 2784 SEMAD/FEAM este prazo é de 3 anos. Contudo, com a promulgação da resolução nº 13 da ANM em agosto deste ano, os prazos para a descaracterização passam a ser de 3 anos para barragens com volume de até 12 milhões de m³, 6 anos para barragens com volume entre 12 e 30 milhões de m³ e 8 anos para aquelas com acima de 30 milhões de m³. Apesar desta dilatação do prazo máximo para a descaracterização, **você acredita que as empresas conseguirão cumprir esse prazo frente à complexidade de se descaracterizar uma barragem de rejeito?**
5. No Brasil está ocorrendo a demonização das barragens de rejeito frente aos últimos episódios de rompimento. Dessa maneira, estamos vendo as empresas de mineração pensando em “migrar” para outras formas de depósito de rejeitos ao invés de barramentos. **Para você, qual seria o impacto na mineração brasileira se as barragens fossem deixadas de ser usadas? A mineração sobreviveria sem barramento?**