



**FACULDADE EVANGÉLICA DE GOIANÉSIA
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL**

**ELISMAN SEMAI SILVA DE LACERDA FILHO
MÔNICA SILVA DOS REIS**

**A IMPORTÂNCIA DO MONITORAMENTO E CONTROLE
DE BARRAGENS EM MINERADORAS**

PUBLICAÇÃO N°: 6

**GOIANÉSIA / GO
2020**



**ELISMAN SEMAI SILVA DE LACERDA FILHO
MÔNICA SILVA DOS REIS**

**A IMPORTÂNCIA DO MONITORAMENTO E CONTROLE
DE BARRAGENS EM MINERADORAS**

PUBLICAÇÃO N°: 6

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO SUBMETIDO AO
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL DA FACEG.**

**ORIENTADOR: BRUNO ISMAEL OLIVEIRA CARDOSO
MAIA**

GOIANÉSIA / GO: 2020

FICHA CATALOGRÁFICA

FILHO, ELISMAN SEMAIS SILVA DE LACERDA
REIS, MÔNICA SILVA

A importância do monitoramento e controle de barragens em mineradoras, 2020, 54 p., 210 X 297 mm (ENC/FACEG, Bacharel, Engenharia Civil, 2020).

TCC – FACEG – FACULDADE EVANGÉLICA DE GOIANÉSIA

Curso de Engenharia Civil.

1. Riscos	2. Rejeitos
3. Integridades	4. Estabilidade
I. ENC/FACEG	II. A importância do monitoramento e controle de barragens em mineradoras

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

FILHO, E. S. S. L.; REIS, M. S. A importância do monitoramento e controle de barragens em mineradoras. TCC, Curso de Engenharia Civil, Faculdade Evangélica de Goianésia, GO, 55 p. 2020.

CESSÃO DE DIREITOS

NOME DO AUTORES: Elisman Semai Silva de Lacerda Filho e Mônica Silva dos Reis

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO: A importância do monitoramento e controle de barragens em mineradoras.

GRAU: Bacharel em Engenharia Civil ANO: 2020

É concedida à Unievangélica a permissão para reproduzir cópias deste TCC e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte deste TCC pode ser reproduzida sem a autorização por escrito do autor.

Elisman Semai Silva de Lacerda Filho
Rua Jerivá Qd 15 Lt 24 Parque das
Palmeiras
76380-082 - Goianésia/GO - Brasil

Mônica Silva dos Reis
Rua 42 nº359, Dona Fiúca
76387-033 – Goianésia/GO - Brasil

**ELISMAN SEMAI SILVA DE LACERDA FILHO
MÔNICA SILVA DOS REIS**

**A IMPORTÂNCIA DO MONITORAMENTO E CONTROLE
DE BARRAGENS EM MINERADORAS**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO SUBMETIDO AO CURSO DE
ENGENHARIA CIVIL DA FACEG COMO PARTE DOS REQUISITOS
NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE BACHAREL.**

APROVADO POR:

**BRUNO ISMAEL OLIVEIRA CARDOSO MAIA, Especialista (FACEG)
(ORIENTADOR)**

**IVANDRO JOSÉ DE FREITAS ROCHA, Mestre (FACEG)
(EXAMINADOR INTERNO)**

**LUANA DE LIMA LOPES, Mestre (FACEG)
(EXAMINADOR INTERNO)**

DATA: GOIANÉSIA/GO, 14 de DEZEMBRO de 2020.

Dedicamos este trabalho primeiramente a Deus, em segundo aos nossos pais: Elisman e Hilda (Elisman) e; Simone (Mônica); e a todos nossos familiares, amigos e aos professores que nos ajudaram até aqui.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por me dar perseverança ao longo da minha vida.

Agradeço aos meus pais Hilda Gonçalves e Elisman Lacerda pelo apoio e incentivo, esta é a base das minhas conquistas.

A amizade de minha irmã Bárbara e meu foco quando sempre preciso.

Para meu orientador Prof. Bruno que fez contribuições valiosas ao longo do processo.

Ao Prof. Ivandro, Professora Luana e Professor Eduardo, agradeço pela ajuda e por terem auxiliado a somar nos meus conhecimentos.

Todos os dos alunos da graduação que sempre estiveram em espírito de cooperação para enfrentar os inúmeros desafios que enfrentamos juntos.

Também gostaria de agradecer à FACEG e todo seu corpo docente e funcionários pelo compromisso com a qualidade do ensino e desempenho excepcional.

AGRADECIMENTOS

Neste espaço, eu Mônica, expresso os meus mais sinceros agradecimentos, sem nenhuma preocupação com critérios de normas, do meu modo.

A Deus, primeiramente, principalmente pelo maior privilégio que é existir e sem ele não teria força para concluir todas essas etapas.

Em segundo, a minha mãe Simone, que sempre me incentivou a melhorar e a lutar pelos meus desejos e por me ensinar que o mais importante é investir em minha educação visando o retorno em prosperidade e alegria, a ela quem sempre recorro em meus momentos de desespero e que me faz sentir a pessoa mais importante desse mundo. Obrigada.

Aos meus irmãos, Elvis e João Pedro, obrigada por estarem presentes nesse momento.

Aos meus amigos, agradeço principalmente ao Igor, Isabella, Isadora, Felipe e Thays, que sempre me incentivaram, alguns até assumiram algumas das minhas responsabilidades.

Ao meu orientador e amigo, Prof. Bruno, pela orientação e pela oportunidade em crescer como pessoa e profissional. Agradeço pela compreensão ao longo desse período.

Ao Prof. Eduardo, ao Prof. Ivandro e a Prof. Luana, agradeço pela ajuda e por terem contribuído em meu aperfeiçoamento técnico.

No mais, agradeço a todos que de forma direta ou indireta, sempre estiveram ao meu lado. Obrigada.

“Somos assim: sonhamos com o voo, mas tememos a altura. Para voar é preciso ter coragem para enfrentar o terror do vazio. Porque é só no vazio que o voo acontece. O vazio é o espaço da liberdade, a ausência de certezas. Mas é isso o que tememos: o não ter certezas. Por isso trocamos o voo por gaiolas. As gaiolas são o lugar onde as certezas moram.”

Fiódor Dostoievski

RESUMO

O projeto de uma barragem está ligado a um enorme empreendimento que apresenta diferentes níveis de complexidade em função da finalidade para a qual vai ser construída. Este tipo de estrutura tem associado um elevado grau de risco devido aos impactos promovidos em caso de rompimento, com potencial de consequências catastróficas para o meio ambiente, para as populações vizinhas e para a economia. A ausência de monitoramento, muitas vezes por excesso de confiança, a omissão de documentação técnica, a escassez de procedimentos de segurança e plano de emergência, assim como a reduzida fiscalização de barragens, em todas as suas fases, desde o projeto até à operação, são causas relevantes para aumentar o risco de segurança. Este trabalho tem, desta forma, a finalidade de contribuir para um melhor conhecimento deste tipo de estrutura e riscos associados e apresentar ferramentas que sejam de simples aplicação mas que tragam um contributo na melhoria do monitoramento e controle de integridade em barragens, percebendo manifestações patológicas, condições físicas das partes integrantes da estrutura, para perceber e verificar se os valores medidos estão dentro dos parâmetros técnicos normais para cada tipo de estrutura. Em razão do enorme potencial de risco que as barragens estão sujeitas é indicado monitoramento constante para que se possa evitar grandes desastres, por esse motivo, o monitoramento e o controle dessas estruturas toma grande importância, quando se diz respeito a construção de barragens. Em função dos recentes acidentes de barragens no Brasil que ocasionaram perdas ambientais, econômicas e humanas, essas poderiam ter sido evitadas através de implantações de metodologias de monitoramento, como plano de seguranças de barragens e planos de ações emergenciais.

Palavras-chave: risco; integridade; rejeitos; estabilidade.

ABSTRACT

The design of a dam is linked to a huge undertaking that presents different levels of complexity depending on the purpose for which it will be built. This type of structure has associated a high degree of risk due to the impacts promoted in the event of a rupture, with the potential for catastrophic consequences for the environment, for the neighboring populations and for the economy. The absence of monitoring, often due to overconfidence, the omission of technical documentation, the scarcity of safety procedures and emergency plans, as well as the reduced inspection of dams, in all its phases, from the project to the operation, are relevant causes for increasing security risk. This work, therefore, aims to contribute to a better understanding of this type of structure and associated risks and to present tools that are simple to apply but that contribute to improving the monitoring and control of integrity in dams, realizing pathological manifestations, physical conditions of the integral parts of the structure, to perceive and verify that the measured values are within the normal technical parameters for each type of structure. Due to the enormous risk potential that the dams are subject to, constant monitoring is indicated in order to avoid major disasters. For this reason, the monitoring and control of these structures becomes very important when it comes to the construction of dams. Due to the recent dam accidents in Brazil that caused huge environmental, economic and human losses, these could have been avoided through the implementation of monitoring methodologies, such as dam safety plans and emergency action plans.

Keywords: risk, integrity, waste, stability.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Inundação de residências na Zona Rural em Mirai atingida pela barragem de Rejeitos da Mineradora Rio Pomba Cataguases Ltda.....	2
Figura 2 – Barragem de Fundão após o rompimento	3
Figura 3 – Distrito de Bento Rodriguês após o desastre.....	3
Figura 4 - Barragem de Rejeitos.....	7
Figura 5 - Sistema de Classificação de consequências de ruptura de Barragens	15
Figura 6 - Esquema geral do sistema de segurança integrada aplicado ao conjunto Barragens-vale.....	16
Figura 7 - Frequência de reavaliações de Segurança de Barragens.....	17
Figura 8 - Fluxograma de notificação.....	25

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Comparação dos métodos de Alteamto	13
Tabela 2 - Níveis de Emergência.....	26

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

- ABMS – Associação Brasileira de Mecânica dos solos e Engenharia Geotécnica
- ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas
- ANA – Agência Nacional de Águas.
- CMB – Comissão Mundial de Barragens
- CBDB – Comitê Brasileiro de Barragens
- CETEM – Centro de Tecnologia Mineral
- CNRH – Conselho Nacional de Recursos Hídricos
- DNPM – Departamento Nacional de Produção Mineral
- FACEG – Faculdade Evangélica de Goianésia
- IBAMA – Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
- ICOLD – Comissão Internacional de Grandes Barragens
- MMA – Ministério do Meio Ambiente
- NBR – Norma Técnica
- ONU – Organização das nações unidas
- PAE – Plano de Ação Emergencial
- PAEBM – Plano de ação emergencial das barragens de mineração
- PNSB – Plano Nacional de Segurança de Barragens
- PSB – Plano de Segurança de Barragens
- RSB – Relatório de Segurança de Barragens
- SISNAMA – Sistema Nacional do Meio Ambiente
- SNISB – Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens

LISTA DE SÍMBOLOS

V_{areia} – Volume de Areia (m^3)

V_{lama} – Volume de Lama (m^3)

SUMÁRIO

RESUMO	i
1 INTRODUÇÃO	1
1.1 JUSTIFICATIVA	4
1.2 OBJETIVOS	5
1.2.1 Objetivo Geral	5
1.2.2 Objetivos Específicos	5
2 REFERENCIAL TEÓRICO	6
2.1 BARRAGENS DE REJEITOS.....	6
2.1.1 Histórico e casos de Incidentes e Acidentes de Barragens em Mineradoras	7
2.1.1.1 Barragem de Contenção de Rejeitos da Mina de Fernandinho (1986)	8
2.1.1.2 Barragem de contenção de rejeitos do Pico de São Luiz (1986)	8
2.1.1.4 Barragem de Fundão (2015)	8
2.1.1.5 Mina da Ultrafértil S/A (2004):	8
2.1.1.6 Barragem de Brumadinho	9
2.1.2 Tipos de Barragens de Rejeitos em Mineradoras	9
2.1.3 Patologias em Barragens de Rejeitos	13
2.2 CLASSIFICAÇÃO DAS CONSEQUÊNCIAS DE RUPTURA DE BARRAGENS	14
2.2.1 Avaliação de Riscos em Barragens.....	15
2.2.2 Segurança de Barragens.....	17
2.3 LEGISLAÇÃO DE SEGURANÇA DE BARRAGENS.....	18
2.3.1 Lei 12.334/2010 – Política Nacional de Segurança de Barragens	18
2.4 RESOLUÇÃO CNRH Nº 143, 10 DE JULHO DE 2012.....	19
2.4.1 Lei 14.066/2020 – Política Nacional de Segurança de Barragens	19
2.4.2 Plano de Segurança de Barragens – PSB.....	20
2.5 PLANO DE AÇÃO EMERGENCIAL - PAE.....	20
2.5.1 Requisitos para a criação do Plano de Ação Emergencial - PAE.....	22
2.5.2 Plano Documental	23
2.5.3 Níveis de Emergência.....	25

2.5.4 Prováveis Ocorrências	27
2.5.5 Aviso da População	27
2.5.6 Ações Emergênciais	28
2.5.7 Revisão do Plano de Ação	29
3 METODOLOGIA	30
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	31
5 CONCLUSÃO	33
REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFICAS	34
APENDICE I - CHECKLIST	38

1 INTRODUÇÃO

As barragens são estruturas que vêm sendo construídas há séculos, evoluindo na sua complexidade. Segundo a Comissão Mundial de Barragens (2000), inicialmente estas eram utilizadas apenas para controle de inundações e represar águas, fornecendo água para consumo humano, para uso industrial e para irrigação. Para além desses usos, hoje as barragens/reservatórios são usadas para a produção de energia e também para a retenção de resíduos e rejeitos de indústrias. Cita ainda, que à medida que a população e economia foram crescendo, o número deste tipo de construções foi também aumentando.

No Brasil, resultado do seu grande potencial para produção de energia, a construção de barragens nas últimas décadas, tem tido um crescimento substancial, exemplo disso é o Rio Amazonas, “que apresenta 40,5% de todo potencial hidrelétrico nacional” (TANUS, 2018). Assim, com o aumento das construções devem ser estudados os meios de proteção para possíveis acidentes que se derivaram de falhas não sanadas.

Isso implica na realização de atividades voltadas para a gestão de risco, que compreende a utilização do resultado obtido na análise de risco que tem por objetivo a identificação dos modos de acidente e risco potencial envolvido...(MEDEIROS, 2010, p. 66).

Entende-se assim, que as barragens desempenham um papel social e econômico significativo, mas, por outro lado, possuem um enorme potencial de impacto negativo, em função do perigo e risco associados, possibilitando o abalo ao meio ambiente, especialmente quando elas não são adequadamente elaboradas, projetadas, construídas, operadas ou mantidas.

[...] é importante lembrar que, em todas as fases da vida de uma barragem, o risco está presente e a segurança deve ser sempre considerada, ou seja, a inexistência de risco zero mesmo com todas as medidas preventivas adotadas (MEDEIROS, 2010, p. 66).

Deste modo, a realização de estudos, avaliações e análises de risco são fundamentais para se definirem estratégias e se implementarem planos de ação de forma a eliminar os riscos e, não sendo possível a eliminação, tentar mitigar. Simultaneamente, planos de monitoramento e controle precisam ser implementados com o objetivo de atuar prontamente sempre que forem percebidas possíveis eventualidades de onde resultarão falhas ou até mesmo colapso. O Relatório de Segurança de Barragens - RSB 2017, que foi criado pela Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico - ANA, evidencia que o Brasil, em geral, reporta quatro acidentes

e dez incidentes com barragens por ano. No entanto existe a possibilidade de terem ocorrido mais acidentes ou incidentes que não foram reportados à ANA e aos fiscais.

A falta de consciência e percepção ao risco sobre o assunto, vem sido demonstrado, infelizmente, da pior forma possível, com os acidentes ocorridos nos últimos anos. São exemplos as recentes rupturas de barragem em mineradoras que ocasionaram grande número de perdas humanas, ambientais e econômicas. No dia 10 de janeiro do ano de 2007, ocorreu o rompimento da barragem de rejeitos das atividades de bauxita na Mineradora Rio Pomba Cataguases LTDA (Figura 1), com um enorme deslizamento de lama. Este vazamento atingiu cidades nos estados de Minas gerais (SISEMA, 2014).

Figura 1 – Inundação de residências na Zona Rural em Mirai atingida pela barragem de Rejeitos da Mineradora Rio Pomba Cataguases Ltda.



Fonte: SISEMA (2014).

Em 5 de novembro de 2015 ocorreu um outro rompimento na barragem do Fundão, pertencente ao complexo minerário de Germano, da empresa Samarco Mineração S.A, no Município de Mariana no Estado de Minas Gerais. Segundo o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA, 2015) a barragem continha cerca de 50 milhões de m³ de rejeitos de mineração de ferro, tendo 34 milhões de m³ desses rejeitos sido lançados ao meio ambiente, e 16 milhões restantes sendo carreados, aos poucos, causando o

desastre ambiental e ocasionando a destruição do povoado de Bento Rodrigues com um resultado de 19 mortes.

O Ministério do Meio Ambiente, no ano de 2015, determinou à Samarco a execução e implementação de ações de monitoramentos contínuos e completos dos ambientes afetados, planos de recuperação, planos de gerenciamentos do material a ser removido dos rios de água doce afetados, novos sistemas de governanças e de estruturas e gerenciamentos (IBAMA, 2015). Abaixo a Figura 2 apresenta a Barragem de Fundão após o seu rompimento e a Figura 3 apresenta a destruição do Distrito de Bento Rodrigues após o desastre.

Figura 2 – Barragem de Fundão após o rompimento



Fonte: (IBAMA, 2015).

Figura 3 – Distrito de Bento Rodrigues após o desastre



Fonte: (IBAMA, 2015).

A segurança de barragens tem inúmeros fatores específicos, tais como a alteração nas características dos seus materiais com aumento de sua idade, as variações de temperatura, para além dos acontecimentos climáticos inesperados como chuvas intensas, terremotos etc. Os motivos de rompimento de uma barragem podem ter os mais variados motivos, até pelos vários tipos de barragens e as diversas soluções estruturais que dependem da função para a qual a barragem está sendo implementada.

Resultado dos vários eventos catastróficos ocorridos e conseqüente preocupação para este tipo de estrutura, a fiscalização vem aumentando por parte dos órgãos competentes para a segurança de barragens. Naturalmente, a implementação de medidas para melhoria da segurança exige, cada vez mais atenção e investimentos de entidades responsáveis, pois as barragens, principalmente as de rejeito, são estruturas que vão sendo ampliadas conforme aumenta o volume de rejeito e também vão envelhecendo, com custos de manutenção cada vez maiores (CMB, 2000).

1.1 JUSTIFICATIVA

Os acontecimentos retratados na introdução sobre os acidentes com barragens, demonstram a importância do monitoramento das estruturas como uma garantia que as medições realizadas estejam dentro de valores normais e, portanto, não existam risco de falha, neste caso, rompimento, permitindo atuar atempadamente numa manutenção ou reparo. De acordo com o Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens (SNISB), o monitoramento de barragens não é obrigatório pela Lei 12.334/2010 (BRASIL, 2010), que ampara e dita temas que precisam ser abordados e colocados em prática, assegurando a integridade das barragens, bem como resguardando a vida dos cidadãos que delas justapõem-se. Isto inclui planejamento, projeto, construção e suas fases de operação.

Neste trabalho haverá o entendimento de que, a ausência do cumprimento do protocolo, exigido pelo ente federativo, tem levantado considerável preocupação em relação à segurança de barragens. Apesar do crescente número de acidentes que envolvem as barragens nos últimos tempos e com os grandes danos que foram causados ao meio ambiente, fez com que as autoridades se atentassem para uma melhor fiscalização e análise de segurança sobre essas construções. A Lei 12.334/2010 estabelece diretrizes para verificação da segurança de barragens de cursos de água para quaisquer fins e para aterros de contenção de resíduos líquidos industriais (MONTEIRO, 2003).

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo Geral

O principal objetivo deste trabalho é responder à pergunta: Por qual motivo têm ocorrido incidentes e acidentes tão graves em barragens e o que se pode fazer para aumentar a segurança destas estruturas? Para isso, pretende-se realizar um levantamento bibliográfico sobre as boas práticas de inspeção e manutenção deste tipo de estrutura e, assim, criar um plano compilado com roteiro básico de inspeções e *checklist* que permita auxiliar no monitoramento das estruturas de barragens e assim contribuir para o aumento da segurança.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Estudar a legislação e normas atualmente existentes sobre o tema;
- Estudar as patologias comuns em estruturas de barragens, suas causas e impactos;
- Pesquisar sobre as investigações realizadas em alguns acidentes ocorridos, que resultaram em fatalidades;
- Entender o que vem sendo desenvolvido pelas empresas para atender às emergências;
- *Checklist*

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Será feita uma revisão teórica da literatura sobre segurança, monitoramento e controle de barragens. O estudo de Barragens de rejeitos (item 2.1) aliado à leitura e compreensão de suas classificações de consequências (item 2.2) avaliações de riscos, avaliações de segurança das barragens, e maior compreensão da legislação (item 2.3) e resoluções (item 2.4), pretende contribuir para o alcance do objetivo principal deste trabalho, que é realizar um básico roteiro de inspeções e *checklist* que nos permita auxiliar no monitoramento das estruturas de barragens.

2.1 BARRAGENS DE REJEITOS

Em geral, o corpo de uma barragem está sujeito a duas restrições fundamentais em sua construção: não ser solúvel em água e não se decompor. Praticamente, qualquer tipo de solo serve para a construção de uma barragem e para cada tipo de solo existem normas específicas (TIBAU, 1984). Machado (2007) refere que as barragens de rejeitos são estruturas construídas pelas empresas de minério para que se possa reunir e armazenar rejeitos produzidos em larga escala, no seu processo de beneficiamento. Samarco Mineração S/A (2016) complementa que uma barragem de rejeito é uma estrutura construída para depósito de rejeitos.

Em um documento postado pela Samarco Mineração S/A (2016) refere-se que as barragens de mineração funcionam como uma barreira, onde podem ser depositados os rejeitos, e na medida que os rejeitos são depositados, sua parte sólida se acomoda no fundo desta estrutura e a água localizada na parte superior é drenada e tratada, sendo uma parte reutilizada no processo e outra parte devolvida ao meio ambiente. Na Figura 4 mostra um exemplo de barragem de rejeitos.

Figura 4 - Barragem de Rejeitos



Fonte: (ABMS, 2018).

2.1.1 Histórico e casos de Incidentes e Acidentes de Barragens em Mineradoras

Em 2001, a Comissão Internacional de Grandes Barragens (ICOLD) publicou um relatório apresentando uma relação de 221 registros dos casos de falhas em barragens de rejeitos em diversos países do mundo, listando as principais causas de rompimento de barragens de rejeitos. Grande parte desses rompimentos foram causados por problemas de fundação, capacidade inadequada dos vertedouros, instabilidade dos taludes, falta de controle de erosão e deficiência no controle de inspeção pós-operação. “Todas as causas de acidentes estão associadas a problemas operacionais que envolvem a presença de água” (MACHADO; AZEEZ, 2018, p.2).

Segundo dados de Machado e Azeez (2018) desde 1984 já ocorreram pelo menos 9 rompimentos de barragens no Brasil, sendo que 6 deles ocorreram no Estado de Minas Gerais. Para evitar esses acidentes, o Brasil conta com uma legislação específica que trata sobre barragens. Aprovada em 2010, a Lei nº 12.334 (BRASIL, 2010) estabelece a política Nacional de Segurança de Barragens. Além da criação desta Lei, outras portarias também visam a segurança das barragens de rejeitos no país, como a Portaria 416/2012 que criou o Cadastro Nacional de Barragens de Mineração, a Resolução nº 143 que estabeleceu os critérios gerais de classificação de barragens e a Portaria n. 526/2013 que trata dos detalhes do Plano de Ação de Emergência das Barragens de Mineração (PAEBM).

No entanto, apesar da vasta legislação brasileira, esta não se mostrou suficiente para impedir grandes desastres ocorridos no Brasil. Nesse sentido, apresentam-se, na sequência, alguns acidentes que ocorreram em barragens de contenção de rejeitos, no qual são observados danos materiais ocasionados e associados à perda de vidas humanas e destruição ao meio ambiente.

2.1.1.1 Barragem de Contenção de Rejeitos da Mina de Fernandinho (1986)

Rompimento da barragem ocorrido em maio de 1986, no município de Itabirito (Minas Gerais). Em seu rompimento, a barragem de contenção de minério de ferro tinha um volume estimado de 350.000 m³, 40 metros de altura e estava sendo alteada pelo método a montante. A ruptura ocorreu inicialmente na ombreira direita da estrutura, originando logo após o colapso total do maciço, envolvendo o lago do reservatório, e levando máquinas e operadores que trabalhavam no local (PARRA e LASMAR, 1987). Sua causa de ruptura se deu por liquefação, deixando 4 vítimas (CETEM, 2010).

2.1.1.2 Barragem de contenção de rejeitos do Pico de São Luiz (1986)

Este acidente ocorreu no dia 2 de outubro de 1986, em Itabirito (Minas Gerais), os autores relatam que não ocorreu nenhuma morte, mas enormes danos ao meio ambiente (PARRA e RAMOS, 1987). Foi causada através de solapamento do pé do aterro e entubamento, sua lama chegou a fluir até 10 km a jusante (CETEM, 2010).

2.1.1.4 Barragem de Fundão (2015)

Esse acidente ocorreu em Mariana, Minas Gerais, deixando 19 vítimas, despejando cerca de 62 milhões de m³ de lama, contaminação do Rio Doce, causando danos a fauna e a flora, as causas apontadas pelo seu rompimento foi o erro de operação e a negligência no monitoramento da barragem (SOARES, 2010).

2.1.1.5 Mina da Ultrafértil S/A (2004):

Esse incidente ocorreu na cidade de Catalão, Goiás, onde lama e rejeitos atingiram 7 km da área rural do município, ocasionando destruição ao meio ambiente, a principal causa de

seu rompimento foi a negligência no seu monitoramento e controle da barragem (SOARES, 2010).

2.1.1.6 Barragem de Brumadinho

O rompimento desta barragem ocorreu em Minas Gerais, esse acidente ocorreu em uma barragem a montante que permite a ampliação para cima do dique usando o próprio rejeito como fundação. Este é um dos tipos de construção de barragens mais utilizado no Brasil, por ser considerado de mais baixo custo, mas se caracteriza por ser mais instável e suscetível a acidentes (PASSARINHO, 2019).

O Relatório de Análise de Acidente de trabalho (2019) relatou que em seu rompimento resultaram 249 mortes confirmadas e 21 pessoas desaparecidas. As principais causas apontadas para o rompimento desta barragem, segundo especialistas, foi a súbita e rápida perda de resistência dos rejeitos, fenômeno conhecido como liquefação estática, e deformações da estrutura da barragem. Outras causas associadas foram também detectadas como a redução da resistência em determinadas áreas da estrutura devido à infiltração de água da chuva (PASSARINHO, 2019). Especialistas da Nações Unidas (ONU) já tinham alertado vários países do mundo sobre os riscos de barragens a Montante, principalmente em países como o Brasil, com clima úmido e chuvas constantes em alguns períodos do ano, provocando infiltração de alto risco neste tipo de barragem.

De acordo com a Agência Nacional das Águas e Saneamento Básico (ANA), no Brasil existem aproximadamente 790 barragens de rejeito de mineração de um total de 24 mil barragens, a maioria de pequeno porte. Todas estas barragens são categorizadas com base no risco de rompimento e no potencial impacto que causarão nas comunidades próximas e no meio ambiente em caso de rompimento (ANA, 2020).

Apesar de ser considerado um dos maiores desastres com barragens de rejeitos no Brasil, e com uma legislação que abarca e exige várias ações de segurança, algumas dessas ações precisam ser revistas e intensificadas em questão de sua fiscalização e no monitoramento e controle das barragens de rejeitos, para que futuros acidentes sejam evitados, como este que ocorreu em Brumadinho, Minas Gerais.

2.1.2 Tipos de Barragens de Rejeitos em Mineradoras

A NBR 13208:2007 apresenta os requisitos mínimos para elaboração e construção de projetos de barragens de mineração, incluindo as barragens de rejeitos, visando atender às condições de segurança, operacionalidade, economicidade e desativação, minimizando os possíveis impactos ambientais que podem ser causados por estes rejeitos. Esta norma conceitua barragem de rejeitos como um represamento ou dique utilizado para fins de contenção, acumulação ou decantação de rejeito de mineração ou descarga de sedimentos provenientes de atividades de mineração (ABNT, 2007).

A construção de uma barragem de rejeitos deve ser concebida considerando inicialmente a capacidade de retenção de rejeitos para um período de lavra de no máximo três anos. Depois desse período, podem ser desenvolvidos alteamentos, ou seja, aterros que também podem ser construídos com materiais de empréstimo, estéreis, por deposição hidráulica ou por hidrociclonagem (SOUZA JÚNIOR, HEINECK, 2018). Para Tomé e Passini (2018) o aproveitamento de minérios de baixo teor aumenta a quantidade de rejeitos produzida em relação à massa de alimentação da usina.

Quanto aos métodos construtivos, embora a NBR 13208 faça menção apenas aos métodos construtivos tradicionais (Montante, Linha de Centro e Jusante), outras alternativas também são indicadas na construção das barragens de rejeitos, como o Método Misto que utiliza as técnicas de Método Jusante com o Montante, chamado também de Método de Linha de Centro Modificado (SOUZA JÚNIOR, HEINECK, 2018).

A prática mais usual na construção das barragens de rejeito é a utilização do próprio rejeito para realização do aterro de contenção. Dessa forma, inicia-se a construção de uma pequena barragem de terra compactada ou de enrocamento, e nas fases seguintes, faz-se o alteamento com a utilização da técnica de aterro hidráulico (SOUZA JÚNIOR, HEINECK, 2018).

O aterramento pode ser realizado a partir de três tipos de procedimentos: Montante, Jusante e Linha de Centro. A escolha do método deve levar em consideração alguns aspectos como topografia, hidrologia, geologia, propriedades do subsolo, granulometria e concentração de rejeitos, velocidade de deposição e variação da capacidade de armazenamento do reservatório com o aumento da altura (SOUZA JÚNIOR, HEINECK, 2018).

As técnicas para construção da barragem de aterro hidráulico fundamentam-se na construção capaz de represar o rejeito da usina de beneficiamento de forma segura, pois à medida que a polpa é despejada para montante dessa barragem, as partículas presentes no rejeito tendem a assentar no fundo da barragem. No entanto, em razão de uma diferença na velocidade de decantação dos rejeitos sólidos em suspensão, aqueles de maior granulometria tendem a se

acumular nas proximidades do ponto de descarga, formando praias, enquanto os sólidos mais finos são carregados pelo fluxo da água.

Soares (2010) destacou que as mineradoras num primeiro momento, criam uma barragem inicial ou aterro, capaz de suportar entre dois e três anos de produção, conforme citado também por Souza Júnior e Heineck (2018). Após esse período, caso haja necessidade, o volume disponível para acolher os rejeitos pode ser aumentado através da técnica conhecida como alteamento.

O método de alteamento para Montante consiste na construção de diques sobre as praias formadas pelos sólidos mais finos, deslocando o eixo da obra em direção a montante. Esse método, segundo Soares (2010) é caracterizado pelo menor custo de construção, maior velocidade de alteamento e pouca utilização de equipamento de terraplanagem e menor mão de obra. Porém, esse método apresenta algumas desvantagens, como, menor segurança, sobretudo devido à capacidade de liquefação da massa de rejeitos saturada e em virtude da proximidade da linha freática ao talude de jusante, ocasionando o fenômeno de entubamento, ou seja, quando a água é capaz de atravessar determinadas regiões do talude e aparecer a montante da estrutura, enfraquecendo-a.

Outro método utilizado nas técnicas de alteamento denomina-se linha de Jusante. Sua principal característica, segundo Soares (2010) é que este método permite o deslocamento do eixo de construção na direção oposta ao do lago de decantação. Dessa forma, o dique deve ser dotado de drenagem interna, ou seja, um filtro vertical e tapete drenante, além da impermeabilização do talude a montante com argila ou materiais sintéticos.

Sabbo, Assis e Berterquini (2017) chamam a atenção para o fato de que essa técnica necessita de maiores volumes de material para construção, apresentando maiores custos associados ao processo de ciclonagem ou ao empréstimo de material, além disso, a área ocupada pelo sistema de contenção de rejeitos é maior, devido ao progresso da estrutura para jusante em função do acréscimo da altura. Este método apresenta algumas vantagens como maior segurança, menor probabilidade de entubamento e de rupturas horizontais, em consequência da maior resistência ao cisalhamento, maior resistência a vibrações provocadas por sismos naturais e vibrações em razão do emprego de explosivos.

Por outro lado, as desvantagens são custos mais elevado, maior volume de material a ser movimentado e compactado, e menor velocidade e alteamento da barragem. Além disso, essa técnica não possibilita a proteção com cobertura vegetal e tampouco drenagem superficial durante a fase construtiva devido à superposição dos rejeitos no talude jusante (SOARES, 2010).

Para Soares (2010) o método de Linha de Centro consiste na utilização de uma técnica intermediária que faz a junção do método para Jusante com o custo e velocidade do alteamento para Montante. Neste método, as construções subsequentes são executadas em parte sobre a praia formada pela deposição de rejeitos, em parte sobre o talude de jusante do alteamento anterior, mantendo-se o alinhamento do eixo em relação à barragem inicial.

Segundo Soares (2010) esse método se caracteriza pela facilidade de construção, mas pela inconveniência de apresentar uma área a montante passível de escorregamento e de não permitir adequação da superfície de talude a jusante com cobertura vegetal e drenagem superficial, além de necessariamente exigir a utilização de hidroclones. Este método pode ser considerado uma solução intermediária entre os dois métodos anteriormente descritos, alteamento a Montante e alteamento a Jusante.

Para Soares (2010) todo e qualquer tipo de barragem de rejeitos deve atender as exigências da legislação ambiental e de segurança, além de inserir-se como parte integrante do processo produtivo, atendendo as necessidades de recuperação e introdução da água no circuito da mina e da usina em concentração.

Para uma melhor compreensão sobre os três tipos de alteamento de barragens, a Tabela 01 traz uma comparação sobre esses métodos, destacando suas vantagens e desvantagens.

Tabela 1 - Comparação dos métodos de Alçamento

Método	Vantagens	Desvantagens	Observações
Jusante	-Menor probabilidade de ruptura interna. -Superfície provável de ruptura passando sempre ao longo de material resistente e compactado. -Abatimento da linha freática, uma vez que se impõe um sistema de drenagem.	-Custo mais elevado. -Menor aproveitamento da área disponível. -Maior volume de material compactado.	-O alçamento pode ser realizado com o próprio rejeito. No entanto, é mais comum o uso de materiais provenientes de áreas de empréstimo.
Montante	-Menor custo. -Maior velocidade de construção -Melhor aproveitamento da área - Menor vazão V_{areia} / V_{lama} -Não existe erosão eólica e hidráulica nos taludes.	-Superfície freática elevada. -Maior risco de ruptura por <i>piping</i> . -Superfície provável de ruptura passando pelo material de baixa resistência ao cisalhamento. -Dificuldade de implementação de sistema de drenagem eficiente.	-Aterro hidráulico com o próprio rejeito bombeado. -Diques geralmente construídos com o rejeito escavado na periferia do lago.
Linha de Centro	-Economia de espaço físico -Menor volume de material compactado -Drenagem interna eficiente.	-Possibilidade de ocorrência de fissuras no corpo da barragem. -Maior risco de ruptura por <i>piping</i> -Dificuldade de implementação de sistema de drenagem eficiente.	-Caso particular do método à jusante

Fonte: Soares, 2010, adaptado pelos autores

2.1.3 Patologias em Barragens de Rejeitos

Conforme a Resolução ANA 742/2011 anomalia é qualquer deficiência, irregularidade, anormalidade ou deformação que possa afetar a segurança de uma barragem, isso sendo a curto ou a longo prazo. Sendo assim, anomalias ou patologias são qualquer

comportamento anormal na estrutura, que possa alertar a necessidade da realização de uma ação para que a barragem volte ao seu normal.

Segundo DUARTE (2008), o fato de não ter encontrado anomalias durante um prolongado período não necessariamente, significa uma prova de segurança. Barragens de rejeitos possuem dois significativos riscos potenciais a longo prazo: risco de poluição e riscos de falhas nas estruturas.

Alguns eventos da natureza, como inundações, terremotos ou deslizamentos adicionam incertezas e riscos a longo prazo. É necessário identificar os problemas que contribuem ao risco e considerar estratégias em longo prazo da gestão de risco em uma barragem de contenção de rejeitos (DUARTE, 2008).

De acordo com (MACHADO, 2007) barragens de rejeitos estão sujeitas a deformações e deslocamentos em suas estruturas, isso em virtude da sua natureza e suas dimensões. Cita, que deformações podem ser identificadas por recalques excessivos, trincas na crista das barragens ou em seus taludes.

A Agência Nacional de Águas e Saneamento (ANA, 2020) cita que barragens são suscetíveis a efeitos de deteriorações que são causadas por problemas externos e internos. A ocorrência de só um tipo de anomalia já poderia causar danos ao corpo da barragem, porém dependendo de seu tipo, causa ou localização poderia afetar sua parte operacional, e não estrutural, com isso comprometendo a sua segurança.

Quando acontecem anomalias em uma estrutura, há uma mudança na geometria interna do seu corpo, formando alterações em sua forma e estrutura. Essas deformações ocorrem durante a vida útil da barragem, ocorrendo em seu corpo de diversas formas, como fissurações ou trincas, surgências, infiltrações, erosões internas, degradações em sua fundação, deterioração do aterro e perda de aderência na estrutura (MACHADO, 2007).

2.2 CLASSIFICAÇÃO DAS CONSEQUÊNCIAS DE RUPTURA DE BARRAGENS

De acordo com o Manual de segurança e inspeção de barragens (2002) o processo de classificação de barragens tem de ser de acordo com as consequências de sua ruptura, sendo elas: Muito Alta; Alta; Baixa; Muito Baixa. Cada estrutura é classificada separadamente. A tabela representada na Figura 5 mostra um sistema de classificação que é baseado no potencial de perdas de vidas e em danos econômicos que podem ser associados ao nível de ruptura da barragem (BARBOSA, 2002).

Figura 5 - Sistema de Classificação de consequências de ruptura de Barragens**CLASSIFICAÇÃO DA CONSEQUÊNCIA DE RUPTURA DE BARRAGENS****POTENCIAL CONSEQUÊNCIA INCREMENTAL DA RUPTURA^(a)**

CONSEQUÊNCIA DE RUPTURA	PERDA DE VIDAS	ECONÔMICO, SOCIAL E DANOS AMBIENTAIS
Muito alta	Significativa	Dano excessivo ^(a)
Alta	Alguma	Dano substancial
Baixa	Nenhuma	Dano moderado
Muito baixa	Nenhuma	Dano mínimo

(a) - os critérios de classificação de categorias de danos econômicos, sociais e ambientais devem ser baseados nas consequências das perdas em relação a região afetada.

Fonte: Guia básico segurança de barragens (CBDB, 2001).

2.2.1 Avaliação de Riscos em Barragens

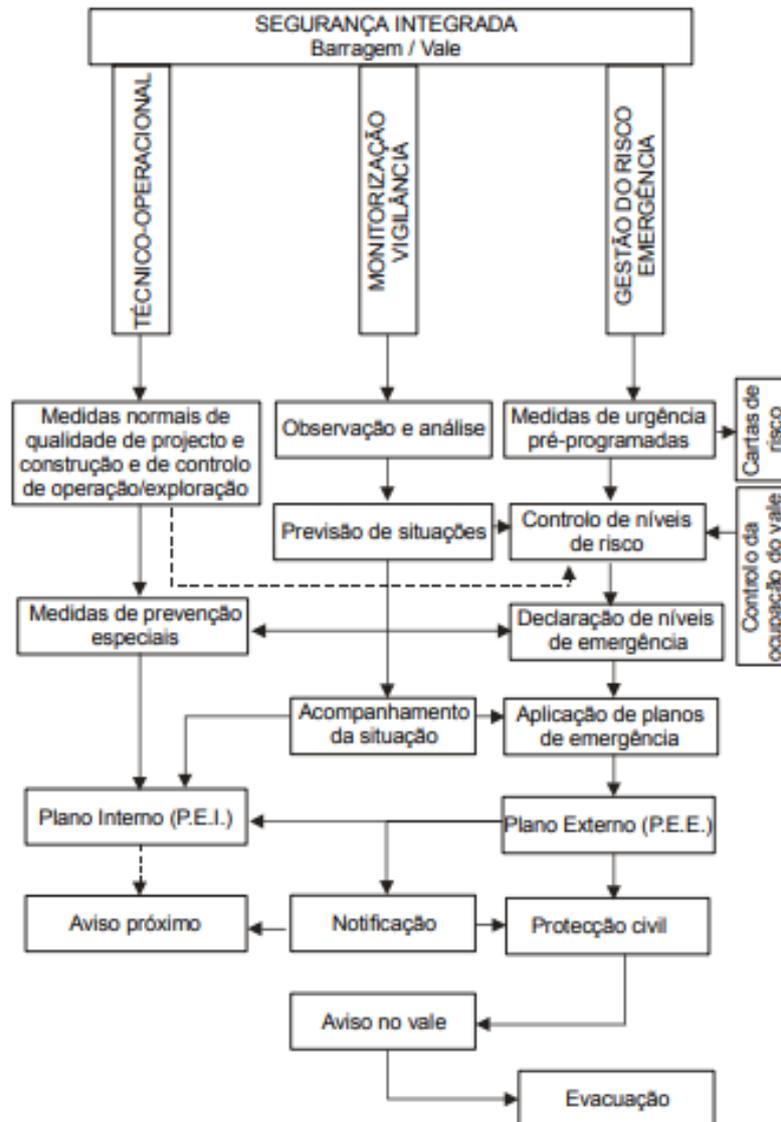
A ideia do sistema de segurança integrado, criado para controle de segurança de barragens, baseia-se em três pilares: O técnico-Operacional (T-O); Monitoramento-Vigilância (M-V) e Gestão do Risco-Emergência (G-E). Estes pilares são importantes quando se fala de segurança na construção de uma barragem e um acrescenta o outro (ALMEIDA, 2001).

O pilar técnico-operacional é assimilado como medidas de controle de segurança estrutural, hidráulica e operacional que são aconselhadas a serem utilizadas nas suas fases de projeto, construção, análise e descomissionamento, tudo isso de acordo com os critérios e normas técnicas que estão vigentes (ALMEIDA, 2001).

O pilar de monitoramento-vigilância se entende como as medidas de observação ou monitoramento estrutural e hidráulico, em especial devem ser tomadas medidas de vigilância. Isto inclui os sistemas de inspeção, detecção, previsão e análise direcionados para prevenir a curto, médio e longo prazo as emergências e controle de eventuais situações de crise. Por último o pilar de gestão de risco e de emergência se considera como execução e preparo de medidas para conter os riscos e dar respostas a inesperados acidentes ou até mesmo incidentes que podem ocorrer em uma barragem (ALMEIDA, 2001).

Este sistema deve conter devidamente os três pilares, tendo em vista o objetivo principal que é controle e a segurança do sistema de barragens para que possa garantir a proteção dessas da forma mais eficiente possível. (ALMEIDA, 2010), como demonstra a Figura 6.

Figura 6 - Esquema geral do sistema de segurança integrada aplicado ao conjunto Barragens-vale



Fonte: (ALMEIDA, 2001).

Os dois primeiros pilares do sistema de segurança são os responsáveis pela construção, controle da segurança da estrutura, pela hidráulica, sua parte operacional, monitoramento, observação, análise da obra, prevenindo situações que podem causar riscos e sendo importante o acompanhamento da situação e medidas de prevenções especiais. O terceiro pilar trata tanto como as medidas de identificações de riscos, controle de qualquer acidente que não pode ser previsto, avaliação e aplicações de planos de emergências. É certo dizer que o monitoramento e a gestão de riscos devem andar juntos para que a obra tenha um bom desempenho.

Um dos deveres da engenharia é evitar que ocorram acidentes em obras que estão sendo feitas, neste caso, as barragens. Em decorrência disso, é bom aplicar boas práticas de

execução, construção e exploração, incluindo a segurança e a necessidade repetitiva de avaliar o seu projeto. No decorrer da construção é importante que o projetista analise os riscos que surgirão durante a execução da obra, e com isso, os tente diminuir e até mesmo eliminar. O projeto já deve prever ações de emergência.

2.2.2 Segurança de Barragens

Uma barragem segura é aquela cujo funcionamento satisfaz as exigências de comportamento necessário para evitar acidentes ou incidentes que possam ser estruturais, econômicos e sociais (BARBOSA, 2002).

Um rompimento de uma barragem pode liberar um grande volume de água ou lama, formando uma enorme onda de inundação que pode vir a causar danos irreversíveis à população e ao meio ambiente. A segurança de uma barragem pode ser definida através de correções e monitoramento de quaisquer que sejam as deficiências que podem ser previstas ou que são constatadas, através de uma operação segura, manutenção regular, inspeções, e medidas de preparações adequadas de emergência (BARBOSA, 2002).

Deve-se prever reavaliações de segurança que devem ser realizadas em intervalos de tempo que sejam regulares em barragens e suas estruturas (Figura 7), na medida em que as consequências das rupturas vão mudando, como por exemplo, devido as alterações no uso de terra a jusante (BARBOSA, 2002).

Figura 7 - Frequência de reavaliações de Segurança de Barragens

CONSEQÜÊNCIA DE RUPTURA	PERÍODO ENTRE REAVALIAÇÕES
Muito Alta	5 anos
Alta	7 anos
Baixa	10 anos
Muito Baixa	10 anos

Fonte: (BARBOSA, 2002)

A reavaliação de segurança de uma barragem é uma análise sistêmica de segurança, através de inspeções em estruturas, análise do seu desempenho e uma verificação dos seus registros originais de seu projeto de construção, para assegurar que sejam obedecidos os critérios vigentes (BARBOSA, 2002). Essas avaliações devem ser feitas por engenheiros e geólogos que acima de tudo estejam qualificados para o papel, que tenham conhecimento e

experiências em projetos, construções, análises de desempenhos e operações de barragens. É de total importância dar uma atenção especial aquelas que apresentem suspeitas de deficiências em suas estruturas.

2.3 LEGISLAÇÃO DE SEGURANÇA DE BARRAGENS

De acordo com o CBDB - Comitê Brasileiro de Barragens a regulamentação de seguranças de barragens foi criada a Lei 12.334/2010 (BRASIL, 2010) - Política Nacional de Segurança de Barragens, esta tem a finalidade de estabelecer diretrizes para que possam ser garantidos meios necessários para sua segurança e de suas estruturas, e também contribuir para o alcance de esforços na expectativa de capacitar profissionais para a uma melhor tarefa de implementação das leis.

O CBDB (2001) ressalta que as informações e retomadas sobre os procedimentos de prevenções contra acidentes e incidentes que são ocorridos através de problemas técnicos ou operacionais ligados as barragens, devem ser disponibilizados para a comunidade e toda população, seguindo sempre uma maior transparência a favor deles.

De acordo com o artigo 15 da lei 12.334/2010 (BRASIL, 2010), a PNSB deve estabelecer programas de educação e comunicação sobre seguranças de barragens com o intuito de deixar a população consciente dos riscos e da importância que se tem o monitoramento e a segurança em barragens, com isso seguir medidas adotadas pela lei.

2.3.1 Lei 12.334/2010 – Política Nacional de Segurança de Barragens

Diante do artigo 3º da Política Nacional de Segurança de Barragens os objetivos desta lei é garantir o monitoramento e a observância dos padrões de segurança de barragens de uma maneira que possa reduzir a possibilidade de riscos e acidentes e também suas consequências. Importante regulamentar as ações de segurança que vão sendo adotadas nas suas fases de planejamento do projeto, construção, primeiro enchimento, operação e desativação. A Lei 12.334/2010 (BRASIL, 2010) da Política Nacional de Segurança de Barragens em seu Art. 3º, inciso III, destaca que se deve promover monitoramentos e acompanhamentos das ações de segurança empregadas pelos responsáveis das barragens.

Essa lei estabelece para que o empreendedor da barragem promova os recursos necessários à garantia da segurança de uma barragem de forma ampla. Submete também a ele adotar procedimentos para gestões de riscos, definindo conjuntos de ações para aplicações de

medidas para prevenção, controle e diminuição de qualquer que sejam os riscos (MEDEIROS, 2010).

De forma resumida MEDEIROS (2010) diz que a gestão de risco compreende a utilização de um resultado obtido em uma análise de risco feita em uma barragem que tem por objetivo identificar os modos de acidentes e incidentes e riscos potenciais que estão sendo envolvidos ou até mesmo um processo para determinar o que pode dar errado e como. Tudo isso envolve avaliação de riscos, controle, desenvolvimentos de soluções, visando reduzir fatores de riscos. Diante disso para que se possa implementar essas providências são necessárias regulamentações e conhecimento de leis, para que se possa classificar por categoria de risco e danos potenciais estas estruturas.

2.4 RESOLUÇÃO CNRH Nº 143, 10 DE JULHO DE 2012

De acordo com a resolução CNRH 143/2012 (BRASIL, 2012), esta lei estabelece critérios de classificação de barragens pela sua categoria de risco, o seu dano potencial associado e pelo seu volume do reservatório, para atender o art. 7º da lei nº 12.224/2010. Segundo a CNRH (2012), em relação a categoria de risco são considerados aspectos referentes as suas características técnicas, ao seu estado de conservação da barragem e do plano de segurança de barragens. Já em relação ao seu dano potencial associado, pode se dizer que este representa uma avaliação o volume de rejeitos que há no reservatório de uma barragem, seus impactos sociais, ambientais e econômicos.

A CNRH (2012) dita ainda que o plano de segurança de barragens avalia a situação do projeto da barragem, em função da sua estrutura organizacional e da qualificação do corpo técnico, cria manuais e procedimentos para inspeções e monitoramentos da instrumentação e da sua análise de segurança.

2.4.1 Lei 14.066/2020 – Política Nacional de Segurança de Barragens

A Lei Nº 14.066, de 30 de setembro de 2020 altera alguns dispositivos da Lei citada acima (12.334/2010 da Política Nacional de Segurança de Barragens). De acordo com o Senado Notícias (2020) esta lei estabelece a proibição de construção de barragens a Montante, como as que foram usadas em Brumadinho e Mariana, cita ainda que todas as barragens que foram confeccionadas dessa forma devem ser desativadas até o dia 25 de fevereiro de 2022, podendo

esse prazo sofrer alterações em razões de motivos técnicos, desde que a decisão de cada estrutura, seja referenciada pelo Sistema Nacional do Meio Ambiente (SISNAMA).

Segundo o artigo 4º inciso II da referida lei, deve-se definir procedimentos emergenciais, tais como informações e estímulos que tenham a participação direta e indireta da população em ações preventivas e emergenciais, implantando a elaboração e implantação do Plano de Ação Emergencial (PAE) e acesso a todo conteúdo.

Conforme artigo 8º § 3º desta lei, o empreendedor deve manter o Plano de Segurança da barragem sempre atualizado e operacional até que ocorra a desativação ou descomissionamento da estrutura. O inciso 4º relata que o PAE deve estar disponível e acessível antes mesmo de seu início de operação, para a equipe responsável pela operação e gestão da estrutura e ao órgão fiscalizador, e ser inserido no Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens (SNISB).

2.4.2 Plano de Segurança de Barragens – PSB

Segundo a DNPM (2018) o plano de segurança de barragens é um instrumento da Política Nacional de Segurança de barragens (PNSB) de implantação obrigatória pelo empreendedor, seu principal objetivo é auxiliá-lo na gestão de segurança de barragem. Este plano deve ser elaborado até o início de sua operação, e deve estar disponível no próprio local da barragem, no caso de inexistência de escritórios locais, ele deve estar disponível no local mais próximo da implantação da barragem (DNPM, 2018).

2.5 PLANO DE AÇÃO EMERGENCIAL - PAE

Um plano de ação de emergência de barragens de mineração caracteriza-se por um conjunto sistematizado de ações, atribuindo a todos os sujeitos a responsabilidade devida nos casos de iminente rompimento de uma barragem. Além disso, o PAE descreve os procedimentos de segurança previstos em todos os seus estágios, desde o planejamento até sua desativação, caso seja necessário para minimizar os riscos e consequências do rompimento da barragem para a população (DNPM, 2018).

Um Plano de Ação de Emergência para Barragens de Mineração (PAEBM) aborda os principais requisitos para as ações emergenciais baseadas na Lei Federal n. 12.334/2010, que instituiu a Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB) e a Portaria n. 70.389/2017,

que instituiu o Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM) e estabeleceu as normas para desenvolvimento do PAEBM.

O desenvolvimento de ação de emergência para barragens parte da exigência constitucional, em seu artigo 225, que determina que “[...] aquele que explorar os recursos minerais fica obrigado a recuperar o meio ambiente degradado, de acordo com a resolução técnica exigida pelo órgão público competente, na forma da lei” (BRASIL, 1988) e da Lei nº 12.334/2010, que instituiu a Política Nacional de Segurança para Barragens (BRASIL, 2010) e das Resoluções CNRH 143 e 144, publicadas em 2012, que estabeleceram critérios gerais de classificação de barragens por categoria de risco, dano potencial associado e pelo volume do reservatório.

De acordo com a Política Nacional de Segurança para Barragens, a responsabilidade pela fiscalização dos barramentos de rejeitos de mineração é do Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM) e do Ministério de Minas e Energia. De acordo com essa legislação brasileira, a responsabilidade pela fiscalização das barragens se divide em quatro grupos e conforme a finalidade da barragem.

Estes grupos são: barragens para geração de energia, fiscalizadas pela Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel); para contenção de rejeitos minerais, fiscalizadas pelo DNPM; barragens para contenção de rejeitos industriais, sob responsabilidade do Instituto Ambiente dos Recursos Naturais Renováveis (Ibama), além de órgãos estaduais e as de usos múltiplos, sob fiscalização da Agência Nacional das Águas e Saneamento Básico (ANA) ou de órgãos gestores estaduais de recursos hídricos (BRASIL, 2016).

É preciso destacar que as inspeções de segurança regular, conforme determina o artigo 9 da Lei nº 12.334/2010 devem ter a sua periodicidade, a qualificação da equipe responsável, o conteúdo mínimo e o nível de detalhamento pelo órgão fiscalizador em função da categoria de risco e de dano potencial associada à barragem. Além disso, as entidades fiscalizadoras devem detalhar as demais partes do Plano de Segurança para Barragem, conforme determina o artigo 8 da referida Lei. Portanto, os vários órgãos envolvidos na fiscalização das barragens devem enviar as informações previstas na Lei para que disponibilize as informações à comunidade (BRASIL, 2016).

Segundo o DNPM, considera-se iniciada a situação de emergência quando for observada uma situação que possa comprometer a segurança da barragem a qualquer momento, for observado mau funcionamento de dispositivos de descarga que propicie inundação de área a jusante a qualquer momento, for constatada a qualquer momento, anomalia que resulte na

pontuação maior ou igual a 10 pontos na matriz de estado de conservação referente a categoria de risco de barragem.

Segundo o art. 9º §1º e 2º da Portaria 70.389/2017 de 19 de maio de 2017, o PAEBM será elaborado para os seguintes tipos de barragens:

Art. 9, §1º - Quando se tratar de barragens com DPA alto, ou quando exigido pelo DNPM, o PSB deverá, ainda, ser composto pelo Volume V da portaria 70.389, referente ao PAEBM (BRASIL, 2017, Art. 9º).

Art. 9, §2º - Para as barragens com DPA médio, nos termos do Anexo V da portaria 70.389, quando o item “existência de população a jusante” atingir 10 pontos ou o item “impacto ambiental” atingir 10 pontos, o PSB deverá, também, ser composto pelo Volume V da portaria 70.389, referente ao PAEBM (BRASIL, 2017, Art. 9º).

A Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB) Lei Federal nº 12.334/2010 estabelece que:

Art. 2, III - segurança de barragem: condição que vise a manter a sua integridade estrutural e operacional e a preservação da vida, da saúde, da propriedade e do meio ambiente (BRASIL, 2010, Art. 2º, III).

Art. 11 O órgão fiscalizador poderá determinar a elaboração de PAE em função da categoria de risco e do dano potencial associado à barragem, devendo exigí-lo sempre para a barragem classificada como de dano potencial associado ALTO (BRASIL, 2010, Art. 11).

2.5.1 Requisitos para a criação do Plano de Ação Emergencial - PAE

O Plano de ação emergencial deverá conter os seguintes requisitos:

Empreendedor da Barragem: O Empreendedor é o agente privado ou governamental que explora a barragem para benefício próprio ou da coletividade. Durante uma situação de emergência o Empreendedor tem como funções principais declarar situação de emergência e executar as ações descritas no Plano; executar as ações e notificações previstas nos fluxogramas

de ação; notificar a defesa civil estadual, municipal e nacional, as prefeituras envolvidas, os órgãos ambientais competentes; emitir a declaração de encerramento de emergência de acordo com o modelo recomendado pela Portaria 70.389/2018 (BRASIL, 2018), além de providenciar a elaboração do relatório de causas e consequências do evento emergencial em nível 4, conforme artigo 40 desta mesma portaria.

Coordenador: Ao coordenador do Plano de Ação é exigida a responsabilidade pelos equipamentos, materiais e mão-de-obra que deverão ser utilizados nas ações corretivas ou emergenciais. Portanto, deve ser um profissional treinado e capacitado para o desempenho de suas funções. Dentre suas principais responsabilidades estão o conhecimento pleno do conteúdo do Plano de Ação, para que possa orientar, acompanhar e dar suporte no desenvolvimento dos procedimentos operacionais do Plano de Ação; comunicar ao Empreendedor, por meio de declaração de início de situação de emergência, a ocorrência e classificação da mesma, quanto ao nível de emergência.

Outras equipes internas: Várias equipes internas são responsáveis por algum tipo de ação numa situação de emergência, como a equipe de geotecnia; operação e manutenção; meio ambiente e segurança; comunicação; jurídico e recursos humanos, além da equipe da defesa civil que é a responsável por atuar de acordo com as prerrogativas definidas pela Lei n. 12.608/2012, além de atuar conforme definido em seu plano de contingência, nas ações de evacuação e direcionamento da população para os abrigos temporários para que permaneçam em segurança.

2.5.2 Plano Documental

O plano documental é um conjunto de informações com documentos necessários para que um Plano de Ação seja colocado em prática, onde se pode delimitar características para a criação de um plano de ação, caracterizando-se por informações sobre a estrutura da empresa proprietária (gerencial, administrativa e financeira) além de detalhes da estrutura de apoio local e regional, como a defesa civil, autoridades e órgãos públicos. Após a coleta destas informações é recomendável o desenvolvimento do fluxograma de comunicação de emergência.

Lima (2016) propõe o desenvolvimento de um fluxograma de notificação que deve ser elaborado de forma hierárquica, sintetizando os procedimentos que deverão ser executados para cada condição de emergência.

Neste fluxograma deve constar quem deve ser comunicado, em que ordem e quais as expectativas das ações de intervenção, por parte dos órgãos fiscalizadores. O fluxograma deve

ser de fácil leitura e interpretação, escrito com linguagem clara, concisa e precisa, de modo que facilite a comunicação interna e externa abrangendo os responsáveis pela operação da barragem.

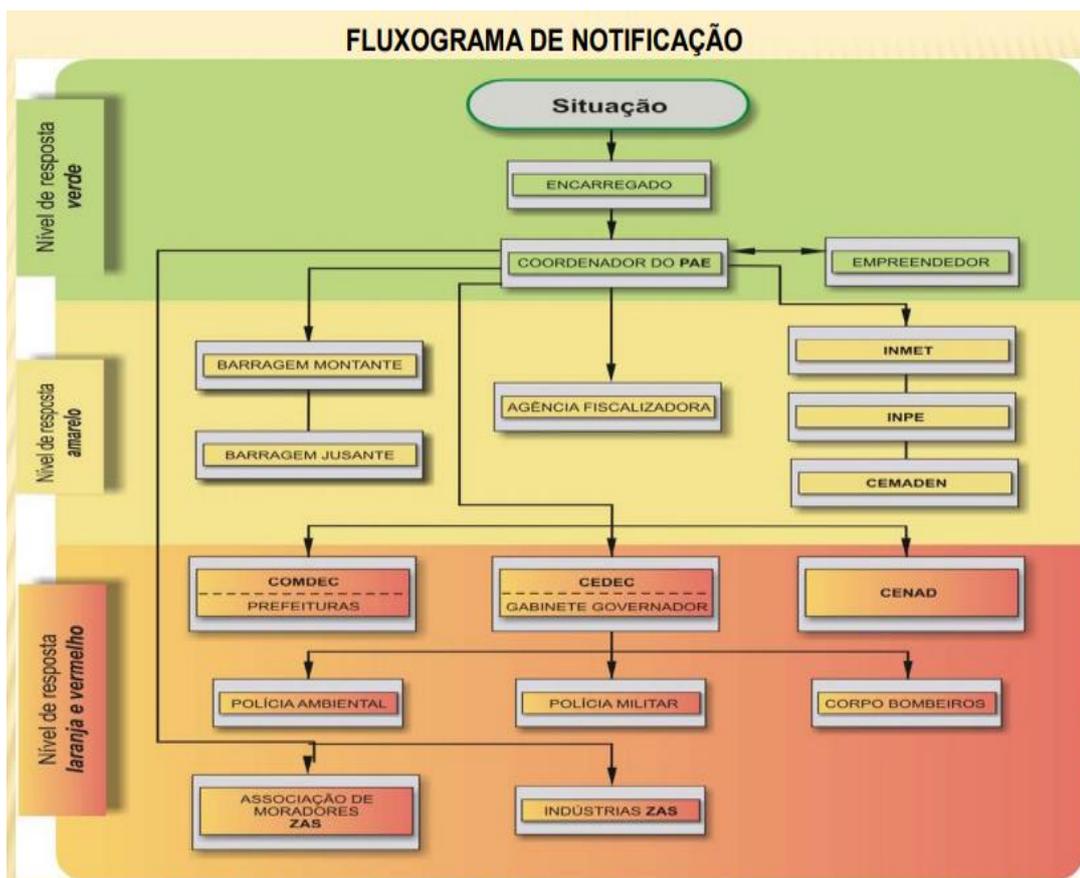
O fluxograma ilustra qual deve ser a ordem de notificação a ser seguida pelo coordenador do Plano de Ação Emergencial (PAE) juntamente com a equipe de notificação, em caso de alerta ou emergência. As notificações se iniciam pelo contato telefônico, caso o contato não esteja disponível, recomenda-se falar com o substituto ou deixar recado para entrar em contato com o empreendedor. Após a notificação a ação esperada é que os órgãos se dirijam até a barragem para avaliar a situação.

No caso do Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM), esse irá avaliar as causas da ruptura ou indicar ações que possam ser tomadas, caso a barragem esteja em ruptura parcial, para que não ocorra a progressão. A Defesa Civil e Corpo de Bombeiros ficarão responsáveis pelo auxílio população a jusante e avaliar a necessidade de se acionar a Defesa Civil na esfera estadual.

Outros documentos também são necessários como:

- Estudo de inundação: estudo realizado capaz de caracterizar adequadamente os possíveis cenários que podem ocorrer em virtude de uma eventual ruptura da Barragem, onde os métodos para tal estudo deve ser explicitado no PAEBM, sendo de responsabilidade do empreendedor;
- Mapa de inundação: produto do estudo de cenários, compreendendo a delimitação geográfica, georreferenciada das áreas potencialmente afetadas por uma eventual ruptura da Barragem e possíveis cenários associados. Este objetiva facilitar a notificação eficiente e a evacuação de áreas afetadas por esta situação. Deve mostrar, em gráficos e mapas georreferenciados, as áreas inundadas, explicitando os tempos de viagem para a frente de onda e inundações em locais críticos.
- Matriz de Categoria de Risco e Dano Potencial Associado: Matriz que relaciona a classificação de Categoria Risco e Dano Potencial Associado, com objetivo de estabelecer a abrangência do Plano de Segurança de Barragem e periodicidade da Revisão Periódica de Segurança da Barragem;

Figura 8 - Fluxograma de notificação



Fonte: (Brasil, 2017).

A figura 8 exemplifica as ações de notificação necessárias no caso de alerta ou emergência. No desenvolvimento do fluxograma devem ser consideradas as características de cada barragem, suas particularidades, localidades, dentre outros requisitos que possam contribuir para notificação dos indivíduos e responsáveis pelo alerta da população em risco.

Enfim, a importância do fluxograma está no fato de que oferece uma sistematização das informações que cada sujeito envolvido na situação de alerta e emergência deve emitir ou receber visando o reconhecimento das suas responsabilidades num iminente perigo de rompimento da barragem.

2.5.3 Níveis de Emergência

De acordo com a Portaria nº 70.389/2017 (BRASIL, 2017) do DNPM, as situações de emergência são classificadas em níveis e cores. As ações previstas nos níveis garantem uma probabilidade de ocorrência de acidentes reduzida, além disso, numa emergência, a execução das ações descritas na Tabela 2, dependem de alguns fatores, como o livre e rápido acesso dos

responsáveis ao local de emergência, treinamento para operação dos equipamentos, avaliação das condições operacionais e procedimentos de alerta, além de intervenções de emergência considerados essenciais.

Tabela 2 - Níveis de Emergência

Níveis de Emergência	
Nível 1 (normal)	Não foram encontradas anomalias (ou ocorrências excepcionais) ou as anomalias encontradas não comprometem a segurança da barragem, mas devem ser controladas e monitoradas conforme frequência estabelecida pela equipe do Plano de Ação de Emergência.
Nível 2 (Atenção)	As anomalias encontradas não comprometem a segurança da barragem, a curto prazo, mas devem ser controladas, monitoradas ou reparadas.
Nível 3 (Alerta)	As anomalias encontradas representam riscos à segurança da barragem, devendo ser tomadas algumas providências para a eliminação do problema. É necessário a notificação da Defesa Civil e Prefeituras Municipais.
Nível 4 (Emergência)	As anomalias encontradas representam riscos de ruptura iminente, devendo ser tomadas medidas de prevenção e de redução dos danos materiais e humanos decorrentes de uma eventual ruptura da barragem. É necessário acionar a Defesa Civil, DNPM, e Prefeituras Municipais.

Fonte: Brasil (2017).

Estes níveis de emergência fazem parte de um contexto maior de abordagem de redução de riscos nas barragens que incluem melhoria constante nas estruturas, melhoria nas inspeções, monitoramentos e manutenções periódicas. Nos níveis de perigo e atenção, se as ações esperadas forem suficientes e a situação de emergência for considerada encerrada é necessário que o responsável pelo Plano de Ação de Emergência elabore e encaminhe a declaração de encerramento da emergência, seguido do relatório final do encerramento de emergência aos órgãos fiscalizadores. Também é necessário fornecer o parecer final com as causas da ocorrência da anomalia e as ações corretivas que serão tomadas para que não ocorra a mesma situação novamente (FONSECA, 2018).

Nos níveis de alerta e emergência, caso tenha ocorrido ou não a ruptura da barragem, é necessária a elaboração e encaminhamento aos órgãos fiscalizadores de declaração de encerramento de emergência e o relatório final de encerramento de emergência, com descrição das principais causas de ocorrência da anomalia e devidas ações corretivas que serão tomadas para que se evitem problemas futuros.

2.5.4 Prováveis Ocorrências

Sabendo que estas situações podem variar de acordo com as características da barragem em estudo, segundo o DNPM, devem ser consideradas as seguintes ocorrências:

- Eventos anormais naturais, exteriores à barragem, como: tempestades, sismos, cheias provocadas por precipitações intensas ou até mesmo por ruptura de barragens a montante, bem como por ondas induzidas pelo deslizamento de encostas no reservatório;
- Eventos excepcionais provocadas pelo homem, exteriores à barragem, como: atos de guerra ou sabotagem;
- Circunstâncias anômalas de comportamento que derivam de deteriorações no corpo da barragem e/ou em sua fundação, nos órgãos extravasores e seu equipamento de operação (eventos internos); e que são consequências das características da estrutura e do seu estado de manutenção, podendo incluir valores excessivos de variáveis tais como as variações do volume do concreto ou as alterações de natureza físico-química das propriedades dos materiais;
- Outras situações internas à barragem relacionadas com a exploração e operação da barragem que derivam da operação dos respectivos órgãos extravasores, ou ainda situações que podem ocorrer nas instalações da barragem, tais como incêndios, inundações e atos de vandalismo;

2.5.5 Aviso da População

A população deve ser notificada caso a barragem esteja com nível de ruptura de risco nível 3 (alerta) e nível 4 (emergência). O método mais recomendado para alertar a população sobre perigo eminente de acidente em barragem é a sirene, pois é audível a longa distância e de fácil instalação em qualquer parte do município no qual a barragem está instalada. Outros equipamentos que poderão ser utilizados são o rádio, internet, telefone e megafones informando à população como proceder em eminente perigo ou acidente na barragem (FONSECA, 2018).

Segundo Fonseca (2018), para que o sistema de aviso tenha êxito é necessário que o Plano de Ação de Emergência de Barragens seja apresentado à população para que ela compreenda os avisos sonoros, inclusive as crianças. Nos municípios onde há barragens, esse sistema de aviso e alerta deve ser permanente, o equipamento deve passar por manutenção preventiva e sempre em bom estado de funcionamento.

A população deve ser esclarecida quanto:

- Ponto de Encontro: Local seguro, previamente estabelecido pelo empreendedor, para o qual deverá se deslocar uma população após o acionamento de um sistema de alarmes numa emergência;
- População Vulnerável da Zona de Autos salvamento: População residente ou instalada temporariamente dentro da Zona de Autos salvamento;
- Rota de Fuga: Caminho pré-definido e aprovado pela Defesa Civil a ser percorrido pela população após o acionamento de um sistema de alarme numa emergência, visando se deslocar para um Ponto de Encontro;
- Simulado: treinamento prático que tem por função permitir que a população e agentes envolvidos diretamente no Plano de Contingência da ZAS tomem conhecimento das ações previstas e sejam treinados em como proceder caso haja uma situação de emergência real.

2.5.6 Ações Emergenciais

O Empreendedor fica obrigado a elaborar sob a coordenação da Defesa Civil, o Plano de Contingência na Zona de Autossalvamento (PCZAS).

O PCZAS deve ser elaborado para as zonas urbanas e rurais onde existam populações habitando temporária ou permanentemente finalizando-se nos Pontos de Encontro, locais onde a responsabilidade pela segurança dos cidadãos ficará a cargo das Defesas Civis.

Dentre as principais ações emergenciais estão:

- Alojamento das pessoas desabrigadas, providenciando a alimentação, disciplina do alojamento e organização; prover transporte para as pessoas que estão sendo evacuadas e seus itens pessoais;
- Organizar as equipes responsáveis pela remoção dos desabrigados, busca e salvamento e reabilitação das edificações atingidas;
- Providenciar atendimento médico e de primeiros socorros nos pontos de encontro e demais áreas de recepção;
- Reestabelecer o trânsito e controlar os acessos às áreas atingidas;
- Garantir a segurança das áreas a serem evacuadas;
- Prever comunicação com os órgãos responsáveis pelo reestabelecimento dos serviços essenciais como comunicações, energia e água potável;
- Organizar o recebimento, armazenamento e distribuição dos doativos aos necessitados;

- Avaliar os danos e realizar levantamentos e vistorias em áreas atingidas pela inundação;
- Adquirir todos os materiais necessários, priorizando medicamentos e alimentação;
- Divulgar informações ao público;
- Coordenar voluntários;
- Promover o salvamento de animais domésticos dos desabrigados;
- Registrar todos os desalojados e controlar o seu retorno;
- Prever o manejo de mortos;
- Prover auxílio psicológico às vítimas dos desastres.

2.5.7 Revisão do Plano de Ação

O Plano de Ação de Emergência para Barragens deve ser revisado periodicamente, conforme o artigo 33 da Portaria do DNPM n. 70.389/2017, por equipe técnica treinada e capacitada. Esta revisão se faz necessária a cada três anos ou em caso de ocorrência de alterações nas condições estruturais da barragem, como alteamento, assoreamento do reservatório, implantação de estrutura para fechamento. Além disso, recomenda-se que estas alterações sejam informadas aos responsáveis internos e externos e à população.

3 METODOLOGIA

O presente trabalho buscou amparo legal acerca do tema na Portaria 70.389/2017 de 19 de maio de 2017 que determina a criação do Cadastro Nacional de Barragens de Mineração e os regularizam, bem como na Lei Federal n. 12.334/2010, que estabelece a Política Nacional de Segurança de Barragens.

Através da metodologia qualitativa se analisou o estudo por meio de verificações de bibliografias, pesquisas de informações, órgãos regulamentares e leis sobre o assunto de barragens e seus efeitos. Bem como, a pesquisa descritiva com a coleta de dados e informações alcançada e foco na investigação da segurança das barragens em mineradoras; foram analisados e verificados os principais pontos de criação de um Plano de Ação Emergencial (PAE) e a importância da prevenção de acidentes em barragens, relacionando fatores com a indispensabilidade da prevenção e correção de possíveis falhas.

Assim, o trabalho visa realizar um levantamento bibliográfico sobre as boas práticas de inspeção e manutenção deste tipo de estrutura e, assim, criar um plano compilado com roteiro básico de inspeções e *checklist* que permita auxiliar no monitoramento das estruturas de barragens e assim contribuir para o aumento da segurança. Pretende-se também estudar a legislação e normas atualmente existentes sobre o tema, além de patologias comuns em estruturas de barragens, suas causas e impactos; pesquisar sobre as investigações realizadas em alguns acidentes ocorridos, que resultaram em fatalidades; e entender o que vem sendo desenvolvido pelas empresas para atender as emergências.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na ampla legislação Brasileira sobre ações de emergências que devem ser adotadas para as barragens, há vários responsáveis que têm como atribuições ajudar na proteção da população. O principal documento denominado pela Política Nacional de Segurança de Barragens, exige que o responsável pelo empreendimento desenvolva um plano de ação detalhado, visando orientar, caso aconteça rompimento.

O sistema nacional de informações sobre segurança de barragens (SNISB) sustenta que a manutenção de barragens não é algo opcional, pois uma vez que o ato da manutenção seja negligenciado, compromete a própria barragem e a partir disso, apresenta riscos a seres humanos e ao meio ambiente. Deve-se levar em conta o material utilizado para sua construção, bem como a quantidade de tempo em que uma barragem tenha sido edificada, para que não haja dúvidas sobre a inspeção da estrutura, levando em consideração que existem critérios que devem ser obedecidos, como a manutenção periódica, regida legalmente. A inspeção deve ser feita por geólogos e engenheiros, desde que tenham legitimidade para tal, visto que é preciso considerar as averiguações que dizem respeito ao registro original da construção da barragem, análise de desempenho etc.

Tudo isso engloba a máxima de que uma obra desta proporção precisa de fiscalização assídua, porque é conhecido que, uma barragem que apresenta mácula na sua estrutura, é indispensável que se dê atenção especial para que nenhuma catástrofe venha acometer os seus arredores e por óbvio, a própria construção. O grande objetivo da fiscalização é assegurar a contínua avaliação do que já está em pleno funcionamento. Em outras palavras, é preciso obliterar qualquer iminência de acidente no que tange às estruturas da barragem, por isso, propósito de monitoramento e controle são obrigatoriamente solicitados quando se há uma obra a vista.

Este trabalho apresentou exemplos de acidentes, quase irreversíveis para o meio ambiente e perdas significativas para pessoas que viviam próximas às barragens. É importante entender que existe legislação específica que trata de fomentar a aplicação dos requisitos para que se inicie a obra, e para que esta tenha durabilidade depois de terminada. Por assim ser, o que ocorre é que em muitas situações, o indivíduo competente para determinada atividade de fiscalização ou monitoramento, age com desatenção e minimização do problema em voga, culminando assim, na instabilidade e por fim, seu rompimento.

Para construção de uma barragem, há certos parâmetros a serem considerados, de modo que até mesmo antes da construção, os requisitos que antecedem a edificação da obra

precisam estar em perfeito cumprimento para que posteriormente, não seja comprometida por uma estruturação fraca e com funcionamento breve. O CBDB - Comitê Brasileiro de Barragens, a regulamentação de seguranças de barragens, ressalta que as informações e retomadas sobre os procedimentos de prevenções contra acidentes e incidentes que são ocorridos através de problemas técnicos ou operacionais ligados as barragens, devem ser disponibilizados para a população, escolhendo sempre a transparência e cordialidade com os habitantes da região da construção.

A Portaria 70.389 de 19 de maio de 2017 e a Lei Federal nº 12.334/2010 da Política Nacional de Segurança de Barragens tem como objetivo a proteção, segurança, monitoramento e controle na construção de barragens de mineração. Por fim, esta portaria ainda permanece objetivando contribuir para um melhor conhecimento deste tipo de estrutura e riscos associados, bem como apresentar ferramentas que sejam de simples aplicação, que, sobretudo, tragam contribuição na melhoria da integridade das barragens, com a criação de um miniplano e pontos que se constam em um PAE - Plano de Ação Emergencial (p.39) com *checklist*, apresentando registros necessários para contribuição nas construções de barragens de mineração.

5 CONCLUSÃO

Este trabalho mostrou através de referenciais teóricos como os acidentes em barragens tem levantado uma atenção renovada nos anos recentes.

Faz-se necessário que o monitoramento e controle de Barragens tenham determinados níveis de periodicidade para que se possa prever anomalias e deformações na estrutura da barragem.

Ainda que existam planos de ações emergenciais e técnicas de controle e monitoramento ainda se depara com casos de rupturas de barragens de rejeitos. Atualmente os níveis de barragens tem aumentado consideravelmente. Estas estruturas necessitam de manuais de segurança e planos de procedimentos para emergências. A segurança de Barragens e seu monitoramento e controle é um tema de máxima importância para o setor de mineração, onde se deve ter a consciência da necessidade da prevenção de acidentes.

Todas as legislações presentes neste trabalho mostram que atenção, cuidado e perícia no momento de início da obra até a sua consumação, são indispensáveis de modo que, uma barragem só será considerada funcional e fora de riscos, se atender às exigências que dão parâmetro a regularidade de sua edificação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, A. B. **Emergências e Gestão do Risco**. Curso de operação e segurança de barragens. 2001.

Antunes, R. Brum, RENATA. OLIVEIRA, Roberta. **Zona da Mata ainda se recupera de rompimento de barragem há 9 anos**. G1, São Paulo, 07 outubro 2015. Disponível em: <<http://g1.globo.com/mg/zona-da-mata/noticia/2015/11/zona-da-mata-ainda-se-recupera-de-rompimento-de-barragem-ha-9-anos.html>>. Acesso em: 19 maio 2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13208:2007**. Disponível em: <<http://www.abntcatalogo.com.br/norma.aspx?ID=003224>>. Acesso em 10 jun. 2020.

ANA. Agência Nacional de Águas. **Relatório de Segurança de Barragens 2017**. Brasília, 2018. Disponível em: <<https://www.ana.gov.br/noticias/45-barragens-preocupam-orgaos-fiscalizadores-aponta-relatorio-de-seguranca-de-barragens-elaborado-pela-ana/rsb-2017.pdf/view>>. Acesso em 06 jun. 2020.

BARBOSA, L. **Manual de Segurança e Inspeção de Barragens**. Brasília: Ministério da Integração Nacional, 2002.

ABMS. Associação Brasileira de Mecânica dos solos e Engenharia Geotécnica. **Barragens de Rejeitos**. Disponível em: <<https://www.abms.com.br/seminario-barragens-de-rejeitos-liceos-aprendidas-sera-realizado-pela-puc-rio-no-dia-13-de-marco/>>; Acesso em 27 nov. 2020.

BRASIL. ANA - Agência Nacional de Águas e Saneamento. Resolução nº 742, de 17 de outubro de 2011. Estabelece a periodicidade, qualificação da equipe responsável, conteúdo mínimo e nível de detalhamento das inspeções de segurança regulares de barragem, conforme artigo 9º da Lei nº 12.334, de 20 de setembro de 2010.

BRASIL. Agência Nacional das Águas. **Legislação e monitoramento das barragens de rejeito no Brasil**. 2020. Disponível em: <http://www.ana.gov.br/artigos/fiscalizacao_monitoramento_barragens_de_rejeitos_no_brasil>. Acesso em 11 jun. 2020.

BRASIL. CNRH – Conselho Nacional de Recursos Hídricos. Resolução nº 143, de 10 de julho de 2012. Estabelece Critérios Gerais de Classificação de Barragens por Categoria de Risco, Dano Potencial Associado e pelo Volume do Reservatório, em Atendimento ao Artigo 7º da Lei nº 12.334, de 20 de setembro de 2010.

BRASIL. **Constituição Federal do Brasil**. Brasília: Gráfica do Senado, 1988. Portaria n. 70.389/2017. DNPM. Disponível em: <<http://www.sistemas.anm.gov.br/dnpm/site/adm/default.aspx/pdf>>. Acesso em: 09 nov. 2020.

BRASIL. Lei nº 12.334, de 21 de setembro de 2010. Diário Oficial da União, Poder Legislativo, Brasília, DF, 20 de set. 2020. Seção 1, p. 1. Disponível em: <<https://pesquisa.in.gov.br/imprensa/jsp/visualiza/index.jsp?jornal=1&pagina=1&data=21/09/2010&totalArquivos=120>>. Acesso em: 30/05/2020.

BRASIL. Lei nº 14.066, de 30 de setembro de 2020. **Diário Oficial da União, Poder**

Legislativo, Brasília, DF, 01 out. 2020. Seção 1, p. 3. Disponível em: <<https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/lei-n-14.066-de-30-de-setembro-de-2020-280529982>>. Acesso em: 30/09/2020.

BRASIL. Guia de revisão periódica de segurança de barragem. Brasília, **manual do empreendedor sobre segurança de barragens**, v. 3, 2016. Disponível em: <http://www.ana.gov.br/arquivos/institucional/sge/CEDOC/Catalogo/2016/ManualdoEmpreedorsobreSegurancadeBarragens_Vol3.pdf>. Acesso em: 03 nov. 2020.

BRASIL. Portaria nº 70.389, de 17 de maio de 2017. **Diário Oficial da União, Ministério de Minas e Energia/DEPARTAMENTO NACIONAL DE PRODUÇÃO MINERAL**, Brasília, DF, 10 mai. 2017. Seção 1, p.68. Disponível em: <https://www.in.gov.br/materia/-/asset_publisher/Kujrw0TZC2Mb/content/id/20222904/do1-2017-05-19-portaria-n-70-389-de-17-de-maio-de-2017-20222835>. Acesso em: 30/09/2020.

LUZ, A. B.; SAMPAIO, J. A.; FRANÇA, S. C. A. **BARRAGENS DE REJEITOS**. 5º Edição. Capítulo 19. CETEM, p. 883-84, 2010. Disponível em: <<http://mineralis.cetem.gov.br:8080/bitstream/cetem/769/1/CCL00410010.pdf>>. Acessado em: 15/08/2020.

CMB. COMISSÃO MUNDIAL DE BARRAGENS. **Barragens e Desenvolvimento: Um Novo Modelo para Tomada de Decisões - Um Sumário**. Brasil. novembro, 2000. Disponível em: <https://www2.mppa.mp.br/sistemas/gcsubsites/upload/41/cmb_sumario.pdf>; Acesso em 05 abril 2020.

COMISSÃO BRASILEIRA DE BARRAGENS. Legislação de Segurança de Barragens: Um breve histórico e desafios. Rio de Janeiro. Relatório. CBDB.

Comitê Brasileiro de Barragens (Brasil); Núcleo Regional de São Paulo. **Guia Básico de Segurança de Barragens**. São Paulo, SP: 2001. Disponível em: <<https://docplayer.com.br/2842418-Guia-basico-de-seguranca-de-barragens-guia-basico-de-seguranca-de-barragens.html>>. Acesso em: 26 abr. 2020.

DUARTE, A. P. **CLASSIFICAÇÃO DAS BARRAGENS DE CONTENÇÃO DE REJEITOS DE MINERAÇÃO E DE RESÍDUOS INDUSTRIAIS NO ESTADO DE MINAS GERAIS EM RELAÇÃO AO POTENCIAL DE RISCO**. Dissertação - Universidade Federal do Minas Gerais. Minas Gerais, 2008.

FONSECA, Vinícius Nunes de Paula. **Proposições para auxiliar a elaboração de um plano de ação emergencial para a barragem de Chapéu de D'Uvas**. 2018. Monografia (Graduação em Engenharia Ambiental e Sanitária) Universidade Federal de Juiz de Fora, 2018.

Fundações e obras geotécnicas. Campinas, SP, 2009. Quadrimestral. ISSN 2178-0668.

IBAMA. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos recursos Naturais Renováveis. **Laudo Técnico Preliminar**. Disponível em: <https://www.ibama.gov.br/phocadownload/barragemdefundao/laudos/laudo_tecnico_preliminar_Ibama.pdf>; Acesso em 01 dez. 2020.

Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. **Rompimento da Barragem de Rejeito do Fundão**. IBAMA. Brasília, 2015.

LIMA, Carlos Santos. **Desenvolvimento de um plano de ação emergencial para barragens ou diques com dano potencial associado alto alicerçado na legislação específica do Departamento Nacional de Produção Mineral com foco na região carbonífera Sul Catarinense**. Revista de Mineração, São Paulo, v.1, n.5, 2016.

LINDQUIST, L.N. **Instrumentação de barragens: curso de especialização em barragens**. Ouro Preto: UFMG, 1989.

MACHADO, W. G. **Monitoramento de barragens de contenção de rejeitos da mineração**. 2007. 155 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mineral), Departamento de Engenharia de Minas e de Petróleo, USP, São Paulo, SP.

MACHADO, Lucas Vasconcelos Teani; AZEEZ, Dopo Gdadebo. **Incidentes e acidente em barragens**. Anais do 7º Simpósio de Gestão Ambiental e Biodiversidade, Rio de Janeiro, v.1, n.1, 2018. Disponível em: <http://www.itr.ufrj.br/sigabi/wpcontent/uploads/7_sigabi/VASCONCELOS_LUCAS_355A_358.pdf>. Acesso em 11 jun. 2020.

MEDEIROS, C. H. **O RISCO DA CLASSIFICAÇÃO DE BARRAGENS POR CATEGORIA DE RISCO, COM BASE EM MÉTODO DE PONDERAÇÃO DE FATORES**. Rudder: Revista Fundações e Obras geotécnicas, São Paulo, ano 2, n. 15, p. 66-70. 2010.

Mineradora Rio Pomba é interditada definitivamente. G1, São Paulo, 12 janeiro 2007. Disponível em: <<http://g1.globo.com/Noticias/Brasil/0,,AA1418269-5598,00.html>>. Acesso em: 19 maio 2020.

PARRA, P.C.; LASMAR, N.T. **Ruptura da Barragem de Rejeitos da Mina de Fernandinho**. In: Simpósio sobre Barragens de Rejeitos e Disposição de Resíduos Industriais e de Mineração, I. Anais... Rio de Janeiro, pp.423-443, Rio de Janeiro, 1987.

PARRA, P.C.; RAMOS, V.J. **Ruptura, Recuperação e Estabilização de Barragem de Rejeitos da Mina do Pico São Luiz**. In: Simpósio sobre Barragens de Rejeitos e Disposição de Resíduos Industriais e de Mineração, II. Anais, Rio de Janeiro, pp.445-462, Rio de Janeiro, 1987.

PASSARINHO, N. **Tragédia com barragem da Vale em Brumadinho pode ser a pior no mundo em 3 décadas**. 2019. Disponível em: <<http://www.bbc.com/portuguese/brasil-47034499>>. Acesso em 11 jun. 2020.

SABBO, Gabriela Rodrigues; ASSIS, Milena Maria Graciano; BERTERQUINI, Aline Botini Tavares. Barragens de retenção de rejeitos de mineração. **Revista Engenharia em Ação**, Araçatuba, v.2, n.1, 2017.

Samarco. **O que é uma barragem**. Disponível em: <<https://www.samarco.com/wp-content/uploads/2016/08/o-que-e-uma-barragem.pdf>>. Acesso em: 16, mar. 2020.

SOARES, Lindolfo. **Tratamento de minérios: barragens de rejeito**. 5.ed. Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 2010.

SOUZA JÚNIOR, Eclesielton Batista Moreira; HEINECK, Karla. Barragens de contenção de rejeitos de mineração no Brasil. **Revista Holos**, Natal-RN, v.5, ano 34, 2018. Disponível em: <<http://www2.ifprn.edu.br>>. Acesso em 9 jun. 2020.

TANUS, H. **IMPORTÂNCIA DA INSPEÇÃO NA PREVENÇÃO DE FALHAS EM BARRAGENS: ESTUDO DE CASO**. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) - Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, p. 15. 2018.

TIBAU, Arthur. O. **Técnicas Modernas de Irrigação: aspersão, derramamento, gotejamento**. 5. Ed. São Paulo, Nobel, 1984.

TOMÉ, Romeu; PASSINI, Matheus Leonardo. **Barragens de Rejeito de mineração: características do método de alteamento para montante que fundamentaram a suspensão de sua utilização em Minas Gerais**. **Revista Ciências Sociais Aplicadas**, São Paulo, v.18, n. 34, 2018. Disponível em: <<http://www.e-revista.unioeste.br>>. Acesso em: 5 jun. 2020.

APENDICE I - CHECKLIST

Este checklist foi desenvolvido a partir do fluxograma de notificação (figura 8), no entanto, os principais parâmetros para sua utilização devem ser baseados, a partir da especificidade de cada barragem.

Data:	Município:
Empreendedor:	
Empreendimento:	
Coordenador do PAEBM:	Contato:
Verificação das condições do tempo:	Ensolarado () Nublado () Chuvoso ()
Níveis de perigo:	<input type="checkbox"/> Nível 0 – A barragem não apresenta nenhum problema ou anomalia que pode colocar em risco a segurança da barragem e da população. <input type="checkbox"/> Nível I – Atenção! A inspeção detectou anomalias que não comprometem a segurança da barragem e da população, mas deve ser monitoradas constantemente. <input type="checkbox"/> Nível II – Alerta! A inspeção detectou anomalias que podem colocar em risco a barragem e a população. São necessárias adoção de medidas para eliminação destas anomalias. <input type="checkbox"/> Nível III – Emergência! Risco de perigo para barragem e população. Exige-se reparação e evacuação da população local.

Responsável pela inspeção: _____

Data: ____/____/____