

# **GESTÃO DE RISCO APLICADA ÀS BARRAGENS DE RESÍDUOS**

Afonso Henrique Ciani Aro - ah.aro@uol.com.br

Danilo Righi Parice Gonçalves - daniloparice@gmail.com

Gabriella Iglezias Santos – gabriellaiglezias@hotmail.com

Rafaella Portilho Ribeiro Fernandes Rossi - rafaellaprfr@gmail.com

Tiago Matias Dias - tiagomatiasdias@hotmail.com

Profª Drª Rita Cristina Cantoni Palini (Orientadora) - ritacristinapalini@gmail.com

## **RESUMO**

As barragens de rejeito de mineração são estruturas utilizadas para reter, de forma planejada, projetada e controlada, volumes de rejeitos advindos do processo de beneficiamento de minério. A estabilidade destas estruturas é de extrema importância devido à grandeza dos danos que podem ser gerados com seu rompimento. Porém, no Brasil há uma precariedade no sistema de gestão de risco no monitoramento destas. Faz-se uma análise e avaliação dos sistemas de gestão de risco em barragens brasileiras, assim como de barragens internacionais. Para tanto, foi realizada uma pesquisa bibliográfica contemplando estudos científicos, legislações e normas, a respeito do assunto abordado, comparando as práticas internacionais para avaliação dos riscos de rupturas de barragens. Com os resultados é feita uma avaliação da adoção de práticas internacionais para a avaliação dos riscos de ruptura destas barragens e do impacto que a adoção de um sistema de mitigação e contenção de danos implicaria. Conclui-se que, em geral, o Brasil tem um sistema de regulamentação semelhante aos existentes no exterior, porém, o Brasil se encontra em uma posição mais permissiva com relação às características necessárias para aprovação da operação de barragens. É possível inferir também que esta ineficiência dos sistemas de gestão de crise se deva ao fato, principalmente, da falta de fiscalização e controle das diretrizes e premissas exigidas por tais órgãos.

Palavras-chave: Barragens de mineração. Barragens de rejeito. Sistema de gestão de risco.

## **RISK MANAGEMENT APPLIED TO TAILINGS DAMS**

### **ABSTRACT**

Mining dams are reservoirs used as buses for the purpose of containing, accumulating or decanting all tailings from mining activities. The stability of these structures is of utmost importance due to the magnitude of the damage that can be generated with their disruption. However, in Brazil there is a precariousness in the risk management system in monitoring them. An analysis and assessment of risk management systems in Brazilian dams as well as international dams is made. To this end, a bibliographic research was carried out contemplating scientific studies, legislations and norms, about

the subject approached, comparing the international practices for risk assessment of dam ruptures. With the results is made an assessment of the adoption of international practices for the assessment of the risks of rupture of these dams and the impact that the adoption of a damage mitigation and containment system would imply. It is concluded that, in general, Brazil has a regulatory system similar to those existing abroad, however, Brazil is in a more permissive position with respect to the characteristics required for the approval of the dam operation. It is also possible to infer that this inefficiency of crisis management systems is due mainly to the lack of oversight and control of the guidelines and assumptions required by such agencies.

Keywords: Mining Dams. Tailings dams. Risk management system.

## **1 INTRODUÇÃO**

As barragens de rejeito de mineração são estruturas utilizadas para reter, de forma planejada, projetada e controlada, volumes de rejeitos advindos do processo de beneficiamento de minério (ABNT, 2017).

No Brasil, a segurança destas barragens é garantida pela especificação de requisitos mínimos para a elaboração e apresentação de projeto de barragens de forma que estes garantam as mínimas condições de operacionalidade, economicidade e desativação, causando o menor impacto possível ao meio ambiente. (ABNT, 2017).

Apesar da existência de normas reguladoras e leis que visam a segurança no controle de barragens no país, fica evidente, pelas tragédias ocorridas nos últimos anos envolvendo o rompimento de barragens de sedimentos, a ineficiência na gestão de risco neste contexto. Esta deficiência é reforçada, também, pelo fato de apenas 55.27% das barragens do país estarem cadastradas no SNISB (Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens), cujo principal objetivo é, exatamente, garantir a segurança destas estruturas (BRASIL, 2010).

Têm-se verificado no Brasil episódios significativos de rupturas de barragens sem a aplicação de um plano de manutenção preventivo eficiente, a exemplo da Barragem do Feijão, em Brumadinho e a barragem do Fundão, em Mariana. A ausência de um plano de contingência e emergência efetiva se verifica pela extensão com o qual a onda de destruição se propagou nesses casos sem quase nenhuma ação mitigadora.

Além de possibilitar o questionamento quanto a eficiência e a eficácia do sistema de gestão de riscos existente no Brasil, assim como a fiscalização de órgãos regulamentadores e a aplicabilidade de leis e normas técnicas brasileiras para operação e manutenção destas estruturas.

Sendo assim, evidencia-se a necessidade da existência de um sistema de gestão de risco eficiente e padronizado, baseado nos sistemas internacionais vigentes para controle de riscos, que

garanta efetivamente a segurança dos indivíduos e do meio ambiente afetados diretamente pela possível ocorrência de um acidente da magnitude do rompimento de uma barragem de rejeitos.

É neste contexto que se espera, utilizando-se de parâmetros de referências, como normas, ações e padrões internacionais, sugerir um sistema eficaz de gestão de risco que minimize os impactos e vítimas causados pelo rompimento destas barragens, com foco na prevenção. Além disso, apresentar o sistema de gestão de contingências e emergência, do qual o Brasil é signatário: o Incident Command System (*ICS*).

Assim, a pesquisa demonstra uma análise da aplicabilidade dos sistemas de gestão de risco do Brasil, realizando um comparativo com casos de eficiência na gestão de risco em outros países e avaliando o impacto de adoção de um sistema de mitigação e contenção de danos.

## **2 METODOLOGIA**

Como procedimento metodológico para o alcance dos objetivos específicos, foram realizadas pesquisas de bibliografias, em manuais, normas da ABNT, estudos de mestres e professores do assunto, teses de doutorado apresentadas, Constituição Federal, monografias de graduação e dissertações de mestrado. E além de documentos acadêmicos, foram utilizados livros e notícias sobre os temas relacionados que poderiam trazer relevância para o assunto estudado.

Primeiramente foi realizado o levantamento dos tipos de barragens existentes, seus métodos construtivos, com foco nos pontos relevantes de projeto de segurança. Depois, foram identificados os métodos de gestão de risco existentes, além de legislação e normas, considerados para os episódios de ruptura de barragens recentes no Brasil, trazendo como referência normas, legislação e sistema de gestão de risco utilizados internacionalmente em casos semelhantes.

Em seguida, foram identificados os sistemas de operação, monitoramento e segurança das barragens existentes, fazendo um comparativo com os sistemas utilizados nas barragens que romperam recentemente no Brasil.

E, por fim, identificados os sistemas integrados de mitigação e contenção de danos a partir de ruínas e/ou acidentes e feita uma análise do impacto social causado por estes episódios, mostrando a necessidade de ações efetivas e positivas para a minimização dos danos.

## **3 RESULTADOS E DISCUSSÕES**

O início da pesquisa se deu com a busca da definição, execução e tipos de barragens existentes. De acordo com o Comitê Brasileiro de Barragens, as barragens são definidas como obstáculos artificiais com a capacidade de reter água, líquidos, rejeitos e detritos. As barragens de rejeito, são aquelas construídas com os resíduos sólidos da exploração mineral sem valor econômico e destinadas ao acúmulo e armazenamento destes resíduos, existindo três métodos construtivos, como

explica Cardozo, Pimenta e Zingano (2016), sendo eles: método de alteamento à jusante, à montante e linha de centro.

Ainda segundo Cardozo, Pimenta e Zingano (2016), o método a montante é o mais utilizado no Brasil devido a sua maior facilidade construtiva e conseqüentemente, menos onerosa. Porém, nesta metodologia construtiva os alteamentos estão em condição saturada e tendem a apresentar baixa resistência ao cisalhamento e suscetibilidade à liquefação por carregamentos dinâmicos e estáticos.

Foi estudada a situação atual do controle das barragens no Brasil. Devido à grande quantidade de acidentes nacionais envolvendo as barragens de rejeitos, o Governo Federal criou a Lei nº 12.334/2010 que estabelece a Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB) e cria o Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens (SNISB).

A Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB) visa garantir e regulamentar as ações e padrões de segurança, bem como promover seu monitoramento e acompanhamento e estabelecer conformidades de natureza técnica que permitam a avaliação da adequação aos parâmetros estabelecidos pelo poder público (BRASIL, 2010).

Para tanto, utilizam-se de instrumentos para garantir sua aplicabilidade, tais como o SNISB, o Plano de Segurança de Barragem (PSB), a classificação de barragens quanto à sua segurança, o relatório de segurança de barragens, entre outros (BRASIL, 2010).

Por fim, determina que cada parte interessada é responsável por suas respectivas competências, de tal forma que o empreendedor, aquele com o direito real sobre as terras onde se localizam as barragens, obriga-se a garantir a segurança da estrutura, permitir acesso irrestrito aos órgãos regulamentadores e que os integrantes do Sistema Nacional de Informações de Defesa do Consumidor (Sindec) tenham acesso à documentação de segurança, além de organizar e manter em bom estado as informações e documentação do projeto, cadastrar e manter atualizadas as informações relativas à barragem no SNISB, elaborar as revisões periódicas de segurança, elaborar o Plano de Ação Emergencial (PAE), entre outras, para garantir a devida manutenção e operação da barragem (BRASIL, 2010).

O cadastro das barragens deverá ser realizado pelo empreendedor diretamente no Sistema Integrado de Gestão de Segurança de Barragens de Mineração (SIGBM), antes do primeiro enchimento. Tal medida deve ser tomada para qualquer alteração, alteamento ou desativação de estrutura de acordo com a Lei nº 12.334/2010.

Para correta classificação de categoria de risco e dano potencial associado, o Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH) com a resolução nº 143, de 10 de julho de 2012, estabelece os critérios gerais para classificação de barragens, devido a atribuição presente no art. 7º da Lei nº 12.334/2010.

O sistema de monitoramento da estrutura deverá ser dimensionado de acordo com o Dano Potencial Associado (DPA) de cada barragem. As informações obtidas do monitoramento devem ser de livre acesso aos órgãos governamentais responsáveis e a Agência Nacional de Mineração (ANM), então denominada Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM) em tempo integral.

O Plano de Segurança da Barragem (PSB) deve ser elaborado pelo empreendedor antes do primeiro enchimento da estrutura. Deve conter, obrigatoriamente, volumes possuindo as informações gerais, os planos e procedimentos, registros e controles e a Revisão Periódica de Segurança (RPS). Em casos especiais, nos quais o rompimento da barragem possa acarretar grandes danos a população a jusante ou ambientais, o PSB deverá ser acrescido de mais um volume, o Plano de Ação de Emergência para Barragens de Mineração (PAEBM). O conteúdo mínimo e nível de detalhamento de cada anexo é definido no Anexo II da Portaria nº 70.389.

O PSB deverá estar disponível no empreendimento e próximo a estrutura. Além de estar atualizado com as inspeções de segurança regulares e especiais, além das Revisões Periódicas de Segurança da Barragem (RPSB).

Logo após o estudo da situação do Brasil frente ao controle das barragens, foram estudados os impactos socioambientais com o sistema em vigor, comparando com os impactos em acidentes de ruptura de barragens em outros países. Os acidentes envolvendo barragens ganham enormes repercussões devido ao seu grande poder destrutivo. No Brasil, os casos como o de Mariana e Brumadinho são grandes exemplos de desastres ocorridos recentemente, em território nacional, que geraram diversas consequências, tanto ambientais como sociais.

No dia 5 de novembro de 2015, a barragem de Fundão, em Minas Gerais, rompeu, ocasionando o vazamento de 43,7 milhões de m<sup>3</sup> de rejeitos. De acordo com o Corpo de Bombeiros, o incidente resultou em 17 mortes, destruiu vilarejos e inutilizou completamente os rios Gualaxo do Norte, Carmo e Doce, provocando enormes consequências ambientais (PIMENTEL, 2018).

Segundo a Secretaria de Estado de Desenvolvimento Regional do estado de Minas Gerais, ecossistemas de 35 municípios de Minas Gerais foram destruídos e quatro em Espírito Santo foram afetados. Estima-se que 1,2 milhão de pessoas ficaram sem água.

Para comparação internacional dos danos ocasionados pelo rompimento de uma barragem, será utilizado o caso da barragem de Oroville (Califórnia - EUA), cujo risco iminente de rompimento foi identificado em fevereiro de 2017. Este foi o próximo foco da pesquisa, no qual foi realizado um estudo para identificação das práticas internacionais quanto ao controle de barragens para comparativo com as técnicas adotadas no Brasil.

No caso em questão, um alerta foi emitido pelo National Weather Service, informando a inundação devido ao possível colapso do vertedouro auxiliar. Entretanto, devido a um processo de evacuação da população, não foi registrado nenhuma morte. Graças aos esforços desempenhados

pelas autoridades americanas que temiam quanto ao rompimento da barragem, provocando o deslocamento de pelo menos 188 mil pessoas que deixaram suas casas por estarem na zona de inundação da barragem após o rompimento.

Além disso, foram realizadas medidas para tentar diminuir ao máximo os efeitos da ruptura. Helicópteros jogaram rochas em uma fenda aberta, com a intenção de conter o impacto. As autoridades também liberaram água, fazendo com que o alto volume do lago, causado pelas fortes chuvas na semana do ocorrido, diminuísse. Como resultado, a quantidade de água vazando recuou e nenhuma pessoa foi diretamente atingida com o ocorrido (O GLOBO, 2017).

O conceito de risco passou a ter destaque nas operações das barragens a partir da 2ª. metade do século XX, com duas abordagens distintas:

- Na teoria da confiabilidade, na qual risco é definido como a probabilidade de ocorrência de uma inoperância do sistema e;
- Na análise de segurança, em que está associado ao valor expectável dos danos resultantes de falha grave e/ou catastrófica, ou ainda, acidente, no qual existe a exposição de comunidades e de danos ao meio ambiente.

Atualmente, esse conceito é aplicado, normalmente, a eventos que proporcionem danos prováveis futuros. O risco pretende caracterizar e mensurar a possibilidade de ocorrência de perturbações que alterem o estado de segurança existente ou previsto. Importante ressaltar que conceito de risco pode ser associado às incertezas na segurança de sistemas e/ou produtos, ou seja, elementos de produção humana, assim como a catástrofes naturais (ALMEIDA, 2003).

No contexto de segurança de barragens, o risco de algum evento ocorrer caminha junto com a sua probabilidade, analisando, de forma quantitativa, a possibilidade desse evento causar danos, alterando o estado de segurança existente. Aceita-se que tal risco varie entre o intervalo de 0 e 1, no qual a chance nula é representada pela total segurança da estrutura, enquanto o valor máximo garante a fragilidade dela. Em segurança de barragens, o risco aceitável é da ordem de no mínimo  $10^{-6}$  (0,000001) casos em um ano (ALMEIDA, 2003).

Dessa forma, é possível aferir probabilidades para uma barragem romper, permitindo a adoção precisa e racional de medidas, analisando as incertezas e os danos expostos a partir da avaliação do risco e consequentes ações mitigadoras (ALMEIDA, 2003).

Concomitante a isso, existe o conceito de dano. Caracterizado como os efeitos negativos da ocorrência de um evento, tanto materiais quanto imateriais (como perdas de vida, impactos ao meio ambiente), os danos também estão indissociáveis dos riscos. Ainda segundo Almeida (2003), a definição geral de risco resulta na Equação 1.

$$R = P \times D \quad (1)$$

onde:

R = Risco;

P = Probabilidade;

D = Danos Associados;

No âmbito dos riscos associados à análise de segurança e de riscos, que é objeto deste trabalho, ainda é possível dividir em duas instâncias diferentes: elaboração e planejamento dos Planos de Resposta à Emergência (PRE) e/ou Planos de Contingência (PC), elencando as ações de mitigação e resposta aos possíveis acidentes mapeados e as análises de risco das comunidades, sistemas, equipamentos e biomas à jusante, que orientarão as barreiras necessárias para tornar o risco tolerável para estes atores, além de medidas mitigadoras, sejam elas estruturais ou não (ALMEIDA, 2003).

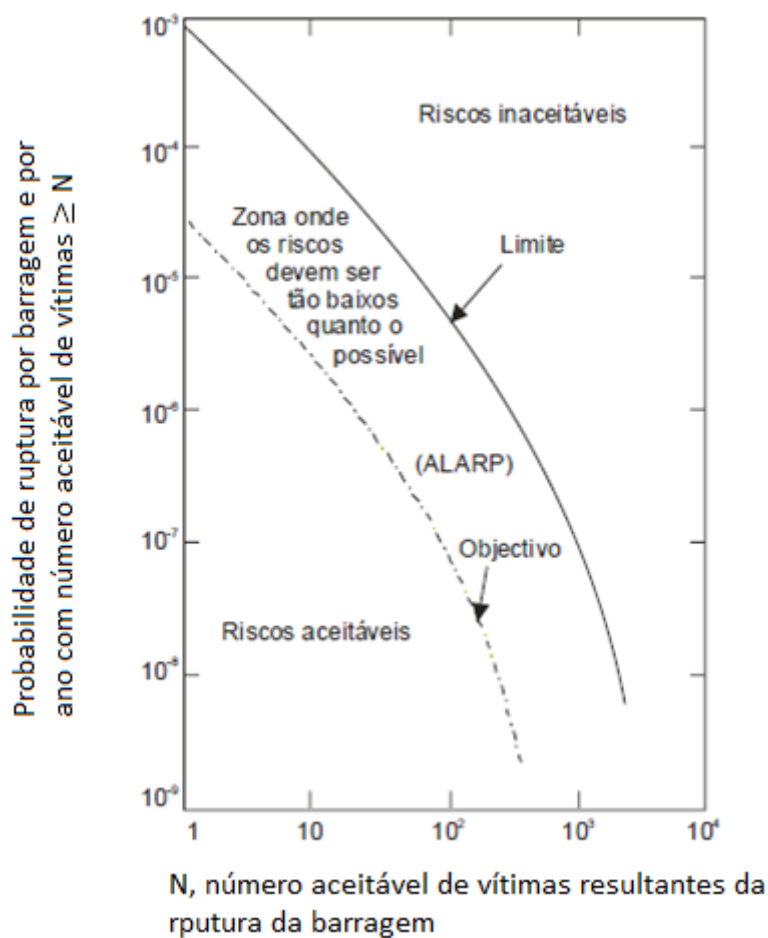
Na segurança das barragens, os responsáveis pela proteção da sociedade, os representantes do entorno, os responsáveis pela construção de barragens, os diversos atores envolvidos nestas grandes obras possuem opiniões distintas e por vezes, divergentes sobre o valor do risco aceitável. Cada vez mais, tem-se adotado um critério previamente elaborado para avaliar a aceitabilidade deste risco, baseado em valores limites e denominado como conceito de Risco Socialmente Aceitável (RSA).

Dada a importância que o número de vítimas humanas tem na apreciação do risco, os critérios de RSA são, em geral, baseados no Número Esperado de Vidas (NEV) expostas ao risco, a exemplo do critério de ANCOLD (*Australian National Committee on Large Dams*). Entretanto este tipo de análise é transdisciplinar e leva em conta critérios como a probabilidade de morte natural para os indivíduos do Ocidente, e que hoje é de  $10^{-3}$  por ano para pessoas com idade inferior a 60 anos.

Um exemplo de RSA aplicado ao caso de acidentes em barragens é o critério atual da já mencionada ANCOLD, exposto na Imagem 1.

Note-se que o critério possui uma zona de aceitabilidade, então denominado RSA, abaixo da linha pontilhada; um zona ALARP (*as low as reasonably practicable*), que pode ser traduzida como “tão baixo quanto possível”, em que normalmente são solicitadas ações adicionais (ações de mitigação) e/ou inclusão de barreiras sistêmicas (novos alarmes, monitoramentos adicionais, acréscimos de sistemas de proteção) e um limite final acima do qual o risco do sistema se torna inaceitável.

Imagem 1 – Cadastro Nacional de Barragens de Mineração



Fonte: ALMEIDA, 2003 (adaptado)

Para análise do sistema de gestão de crises, a bibliografia utilizada como base de pesquisa engloba manuais, como IPIECA (2016), a tese de Gonçalves (2012), a monografia de Anderson (2008) e está pautada, principalmente, nas diretrizes e orientações do Incident Comand System (ICS) (FEMA, 2016, 2019).

O ICS fundamenta os conceitos a respeito da definição de crise – importante na orientação do leitor de forma geral – e classifica as catástrofes e crises quanto a origem, alcance, tipologia, riscos, durabilidade das consequências e agentes influenciadores. Os manuais do órgão são imprescindíveis para contextualizar os desastres abordados e aplicar as ações e diretrizes a serem tomadas (FEMA, 2016, 2019).

Além disso, atua como orientação com relação aos conceitos de planejamento, gestão e prevenção e elementos que os compõe, bem como formas de previsão e técnicas que devem ser aplicadas a cada tipo de incidente (FEMA, 2016, 2019).

Cardaci (2019) e Esteves Júnior (2019) respaldam a argumentação dos benefícios de um planejamento pautado em prevenção, objeto principal de estudo deste trabalho. Apresentam, também,



quais os sistemas e ferramentas de gestão de crise existentes hoje no mundo. Filtrando os conteúdos e utilizando os que se aplicam ao tema tratado, pode-se retirar da bibliografia as noções básicas sobre a importância da coordenação e controle de stakeholders, ou seja, todas as pessoas envolvidas no incidente. Trazem, também, a linha cronológica que pauta as tomadas de decisão e escolha de líderes, importantes para fornecer noções básicas que podem ser aplicadas aos desastres envolvendo contenção de barragens.

Cardaci (2019) e Esteves Júnior (2019) fundamentam a importância do respaldo do governo e de empresas no fornecimento de recursos e como estes devem ser gerenciados. Em adição, tratam da importância que a comunicação e marketing têm na orientação dos indivíduos afetados que residem nas cidades vizinhas e como isto influencia no tempo de resposta e em ações tomadas de forma mais eficiente.

Por fim, Cardaci (2019) e Esteves Júnior (2019) auxiliam na argumentação do impacto negativo social de um desastre, trazendo o entendimento de quando deve-se considerar a recuperação completa, em termos físicos e psicológicos.

Junto aos manuais citados anteriormente, FEMA (2016) e Oliveira (2009), de forma geral, trazem os princípios dos sistemas de gestão de risco que serão utilizados como base para elaboração de um sistema próprio para contenção das barragens estudadas que foram alvo de desastres.

Trazem também conceitos específicos que auxiliam no entendimento do tema tratado, como a definição de Defesa Civil e quais suas responsabilidades, além de apresentar a importância de se ter terminologia padrão, escolha da liderança e classificação da organização modular, de acordo com o tipo, magnitude e complexidade.

As bibliografias citadas embasam o Plano de Comunicação, a organização e composição das redes, o Plano de Ação no Incidente (PAI) e seus respectivos objetivos, estratégias, organização e recursos requeridos.

Fundamentam também a maneira como deve ser feita a Matriz de Análise de Trabalho, no que diz respeito à hierarquização de pessoas e suas respectivas responsabilidades, bem como deve-se proceder quando existem várias instituições com competência técnica e jurisdicional e como devem ser administrados e classificados os recursos.

Orientam a respeito da disposição e tipos de instalações necessárias no mapa do local em caso de ocorrência de acidente, bem como especificações de sinalização padronizada, a comunicação entre as bases de cada seção, como e onde as informações a respeito do local devem ser dispostas e quais as responsabilidades específicas de cada cargo e seção em detalhes.

As fichas de fiscalização e relatórios padrões de Esteves Júnior (2019) servirão de orientação para prevenir e minimizar os possíveis impactos, além de garantir todas as ações, recursos e orientações necessárias no momento do incidente.

Nos manuais de Esteves Júnior (2019) e Cardaci (2019) há exemplos práticos da aplicação do Incident Command System (ICS) a incidentes que envolvem o Corpo de Bombeiros, em IPIECA (2016) a ocorrências em indústrias de óleo e gás e em Gonçalves (2012) a acidentes aéreos. Já em Duarte (2008), há um capítulo específico a respeito de gestão de risco, porém relacionado a classificação de risco aplicado a barragens de rejeito. Todas estas bibliografias auxiliam na compreensão da aplicabilidade do sistema de gestão de incidentes.

Para realizar a avaliação da situação da regulamentação nacional com base nas normas internacionais, foi desenvolvido o quadro abaixo, com base nas pesquisas da regulamentação e competências internacionais em alguns países: Portugal, Finlândia, Estados Unidos e Nebraska, evidenciando as principais características apresentadas no decorrer deste trabalho.

Quadro 1 – Comparativo de Diferentes Regulamentações

	Portugal	Finlândia	Estados Unidos	Brasil
Cadastro de barragem	Sim	Sim	Sim	55.27% das barragens do país estão cadastradas
Barragens sujeitas à legislação	Barragens com H > 15m ou V > 1.000.000m <sup>3</sup> H < 15m e V > 100.000 m <sup>3</sup> Locais com número de habitantes superior a 25	H > 3 m e V “grande” ou perigo à vida, saúde e meio ambiente	Todas	(*) H > 15 m ou V > 3.000.000 m <sup>3</sup>
Simulação dos cenários	HAZOP, FMEA, FMECA, ETA, FTA, Noeud Papillon	Sim	Sim	Não
Padrão de risco e dano - aceitabilidade e tolerância	Existente, porém não há nenhum regulamento identificando quais os critérios usados para determinar o grau de aceitabilidade	Existente, porém não há nenhum regulamento identificando quais os critérios usados para determinar o grau de aceitabilidade	Aceitabilidade do risco a nível individual da ruptura em barragens é da ordem de 10 <sup>-6</sup>	Existência de diretrizes para determinar critérios de aceitabilidade
Controle de dano	Seção da legislação específica que trata o tema de Planos de Emergência	Plano de ação emergencial	Plano de ação emergencial	(**) O empreendedor deverá classificar a potencialidade do dano e tomar as atitudes definidas no Plano de Ação de Emergência de Barragem de Mineração

(\*) - Reservatório de materiais perigosos e barragens que se enquadrem na categoria de dano potencial associado nas classes médio ou alto

(\*\*) - A população a jusante deverá ser avisada com máxima prioridade e de maneira rápida e eficaz, de acordo com o previsto no PAEBM.

Pode-se verificar que as condições são muito semelhantes, ratificando o fato de que as diretrizes existem. Com exceção da classificação de barragens sujeitas à legislação, na qual pode-se perceber que o Brasil se encontra em uma posição mais permissiva, dado que muitas barragens não se enquadram neste limite.

Por meio do Sistema de Acesso à Informação do Governo Federal, tivemos acesso a Declaração de Condição de Estabilidade (DCE) das barragens: Barragem I de Brumadinho referente ao segundo semestre de 2017, Nova Barragem de Santarém em Mariana referente ao primeiro semestre de 2019 e da Barragem de Germano referente ao primeiro semestre de 2019 (atingida pelos rejeitos da barragem do Fundão que se rompeu em Mariana), o que também ratifica que as informações sempre existiram.

Com a análise dos sistemas de gestão de crise de outros países, fica claro que tal ineficiência se deve, principalmente, à falta de fiscalização e punição de órgãos regulamentadores. Um exemplo disto é a legislação aplicada para as barragens dos Estados Unidos, especificamente Nebraska. A legislação dos Estados Unidos conta com Leis Federais e Estaduais, dessa forma o Governo dita as regras gerais, enquanto dá poderes para que cada Estado defina suas diretrizes específicas.

Tal estrutura facilita o controle por parte dos órgãos regulamentadores, pois é mais fácil identificar uma inconsistência quando se controla um Estado do que quando se controla um país. Por outro lado, no Brasil, existem apenas diretrizes gerais que regulamentam as regras em todo o país, dificultando o controle das autoridades.

Outro ponto a se destacar é a falta de padronização de um sistema único utilizado como base para elaboração de Planos de Emergência. Apesar de a maioria das empresas utilizarem como base o ICS (*Incident Command System*), ainda assim não existe nenhuma regulamentação que estabeleça este critério.

Este ponto é importante pois, quando existe um padrão utilizado no país inteiro, as pessoas passam a identificar certas informações de forma imperceptível e tornando as tomadas de decisões mais rápidas e assertivas.

No que diz respeito a metodologia de classificação de barragens quanto a categoria de risco e dano potencial associado, ao se analisar as distribuições de pontuação, nota-se que existe certa incoerência de distribuição de pesos.

Com o apoio do DCE, podemos analisar na prática como são realizadas as classificações e os relatórios de inspeção regulares das barragens. Nele, estão presentes todas as informações da estrutura, além de um histórico das Inspeção de Segurança Regular (ISR) e acontecimentos relevantes durante todo o período de funcionamento do barramento.

Para análise, utilizaremos a DCE da Barragem de Germano, por estar mais completa, apresentando maior quantidade de informações, ampliando o nível de dados a serem apresentadas e ser a mais recente entre as DCE's que tivemos acesso. O documento pode ser solicitado através do Sistema de Acesso à Informação ao Cidadão e por isso não será anexado a esse trabalho.

O documento se inicia com a identificação do empreendedor, a disposição dos rejeitos no barramento, localização da crista e tipo de rejeito armazenado. Em seguida, o documento apresenta as características técnicas da Barragem conforme imagem 2, a seguir.

Nesta seção, já pode-se perceber alguns importantes parâmetros de classificação da estrutura, no que se diz respeito a Classificação de Risco e Categoria de Dano Potencial Associado (DPA). O barramento em estudo foi construído com a técnica de alteamento a montante classificado com a nota “10” (destacado na imagem 2), as pontuações a serem atribuídas ao barramento para classificação do mesmo estão identificadas na imagem 2, pela cor amarela.

Imagem 2 – Característica Técnica da Barragem de Germano

Característica Técnica da Barragem	
Altura máxima do projeto licenciado (m):	165,00
Altura máxima atual (m):	163,00
Comprimento da crista de projeto (m):	590,00
Comprimento atual da crista (m):	541,00
Descarga máxima do vertedouro (m <sup>3</sup> /seg):	29,83
Área do reservatório (m <sup>2</sup> ):	2.963.806,00
Tipo de Barragem quanto ao material de construção:	Rejeito
Tipo de Fundação:	Rocha alterada / Saprolito
Vazão de Projeto:	0 - CMP (Cheia Máxima Provável) ou Decimilinar
Método Construtivo da Barragem:	10 - Alteamento a montante ou desconhecido ou que já tenha sido alteada a montante ao longo do ciclo de vida da estrutura
Tipo de alteamento:	Contínuo
Tipo de auscultação:	0 - Existe instrumentação testada e calibrada, sem necessidade de reparos e de acordo com o projeto técnico.
A Barragem de Mineração possui Manta Impermeabilizante:	Não

Fonte: Declaração de Condição de Estabilidade. Belo Horizonte: DNPM, 2017.

Em seguida o DCE apresenta as categorias “Estado de Conservação” (EC) e “Plano de Segurança” (OS) (Imagem 3), também com a expressão das pontuações de cada item que foram destacadas em amarelo para facilitar a identificação.

### Imagem 3 – Estado de Conservação e Plano de Segurança da Barragem de Germano

Estado de Conservação	
Confiabilidade das Estruturas Extravasoras:	3 - Estruturas com problemas identificados e medidas corretivas em implantação
Percolação:	0 - Percolação totalmente controlada pelo sistema de drenagem
Deformações e Recalques:	0 - Não existem deformações e recalques com potencial de comprometimento da segurança da estrutura
Deterioração dos Taludes / Parâmetros:	0 - Não existe deterioração de taludes e parâmetros
Plano de Segurança	
Documentação de Projeto:	0 - Projeto executivo e "como construído"
Estrutura organizacional e qualificação técnica dos profissionais na equipe de Segurança da Barragem:	0 - Possui unidade administrativa com profissional técnico qualificado responsável pela segurança da barragem
Manuais de Procedimentos para inspeções de Segurança e Monitoramento:	0 - Possui manuais de procedimentos para inspeção, monitoramento e operação
PAE - Plano de Ação Emergencial (quando exigido pelo órgão fiscalizador):	0 - Possui PAE
As cópias físicas do PAEBM foram entregues para as Prefeituras e Defesas Cíveis municipais e estaduais, conforme exigido pelo art. 31 da Portaria nº 70.389/2017?	Sim
Relatórios de inspeção e monitoramento da instrumentação e da Análise de Segurança:	0 - Emite regularmente relatórios de inspeção e monitoramento com base na instrumentação e de Análise de Segurança

Fonte: Declaração de Condição de Estabilidade. Belo Horizonte: DNPM, 2017.

Por fim, a última categoria referente a classificação do barramento, tem-se os padrões referentes ao Dano Potencial Associado (DPA) (Imagem 4).

### Imagem 4 – Dano Potencial Associado da Barragem de Germano

Dano Potencial Associado	
Volume do projeto licenciado do Reservatório (m³):	136.824.486,00
Volume atual do Reservatório (m³):	129.590.000,00
Existência de população a jusante:	10 - Existente (Existem pessoas ocupando permanentemente a área afetada a jusante da barragem, portanto, vidas humanas poderão ser atingidas)
Número de pessoas possivelmente afetadas:	1001 -5000
Impacto ambiental:	6 - Significativo (Área afetada a jusante da barragem apresenta área de interesse ambiental relevante ou áreas protegidas em legislação específica (excluídas APPs)) e armazena apenas resíduos Classe II B - Inertes, segundo a NBR 10004/2004 da ABNT)
Impacto socio-econômico:	3 - MÉDIO (Existe moderada concentração de instalações residenciais, agrícolas, industriais ou de infraestrutura de relevância sócio-econômico-cultural na área afetada a jusante da barragem)

Fonte: Declaração de Condição de Estabilidade. Belo Horizonte: DNPM, 2017.

Portanto, utilizando a declaração em análise e seguindo os conceitos de classificação do Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM), podemos classificar a barragem da seguinte forma:

- Categoria de Risco – Pontuação total: 19+3+0 = 22 Pontos
  - Características Técnicas (CT) – Pontuação Categoria: 7+2+0+10+0 = 19 pontos

- Altura: 163m – Pontuação: 7;
  - Comprimento: 541m – Pontuação: 2;
  - Vazão de Projeto: Cheia Máxima Provável ou Decamilenar – Pontuação: 0;
  - Método Construtivo: Alateamento a montante ou desconhecido ou que já tenha sido alteada a montante ao longo do ciclo de vida da estrutura – Pontuação: 10;
  - Auscultação: Existe instrumentação de acordo com projeto técnico – Pontuação: 0.
- Estado de Conservação (EC) – Pontuação Categoria: 3+0+0+0 = 3 pontos
    - Confiabilidade das estruturas extravasoras: Estruturas com problemas identificados e medidas corretivas em implementação – Pontuação: 3;
    - Percolação: Totalmente controlada pelo sistema de drenagem – Pontuação: 0;
    - Deformações e Recalques: Não existem deformações e recalques com potencial de comprometimento da segurança da estrutura – Pontuação: 0;
    - Deterioração dos Taludes / Parâmetros: Não existe deterioração de taludes ou parâmetros – Pontuação: 0.
  - Plano de Segurança da Barragem (PS) – Pontuação Categoria: 0+0+0+0+0 = 0 pontos
    - Documentação de projeto: Projeto executivo e “as built” – Pontuação: 0;
    - Estrutura organizacional e Qualificação dos profissionais na Equipe de Segurança da Barragem: Possui unidade administrativa com profissional técnico qualificado responsável pela segurança da barragem - Pontuação: 0;
    - Manuais de Procedimentos para Inspeções de Segurança e Monitoramento: Possui manuais de procedimentos para inspeção, monitoramento e operação – Pontuação: 0;
    - Plano de Ação Emergencial PAE (Quando exigido pelo órgão fiscalizador): Possui PAE – Pontuação: 0;
    - Relatórios de Inspeção e Monitoramento da Instrumentação de Análise de Segurança: Emite regularmente relatórios de inspeção e monitoramento com base na instrumentação e análise de Segurança – Pontuação: 0.
- Dano Potencial Associado (DPA) – Pontuação total: 5+10+6+3 = 24 pontos
    - Volume total do reservatório: 129.590.000 m<sup>3</sup> - Pontuação: 5;

- Existência de população a jusante: Existente (existem pessoas ocupando permanentemente a área afetada a jusante da barragem, portanto, vidas humanas poderão ser atingidas – Pontuação: 10;
- Impacto ambiental: Significativo (área afetada a jusante da barragem apresenta área de interesse ambiental relevante ou áreas protegidas em legislação específica, excluídas APPs e armazena apenas resíduos Classe II B – Inertes, segundo a NBR 10.004 da ABNT – Pontuação: 6;
- Impacto Socio – Econômico: Médio (existe moderada concentração de instalações residenciais, agrícolas, industriais ou de infraestrutura de relevância sócio-econômico-cultural na área afetada a jusante da barragem – Pontuação: 3.

De acordo com as características referenciadas na Declaração de Estabilidade (DCE) em análise, pode-se verificar que em Março de 2019 a Barragem de Germano era classificado como categoria de risco Baixo (Pontuação menor do que 37 pontos) e Dano Potencial Associado Alto (Pontuação maior que 13 pontos).

O documento apresenta ainda os responsáveis técnicos pelo barramento, seção específica para apontamento dos incidentes ao longo de sua operação e com as Inspeção de Segurança Regular (ISR) realizadas a cada quinzena, dentro do período de vigência desta DCE, além de um histórico anual das declarações anteriores.

Fica evidente que para os padrões nacionais, o Dano Potencial Associado (DPA) “alto” não é identificado como uma situação de risco que impede a operação, sendo apenas uma classificação de tipologia da barragem, pois não impede o empreendedor de realizar suas atividades. Já a classificação de Categoria de Risco passa a ser realmente o mais importante, pois impede a operação da barragem quando atingida determinadas pontuações.

Entretanto, na pesquisa realizada verificou-se que se deve cruzar as duas informações e não desprezar nenhuma delas. Ou seja, a análise oferecida no escopo atual da nossa legislação despreza informações extremamente relevantes, e por isso, não representa proteção ao risco real nas comunidades em que se inserem.

Com este sistema e estes padrões lacunosos, é permitido o funcionamento de estruturas que podem provocar grandes desastres. É nítido que quanto mais restritiva a verificação de segurança da estrutura, mais confiabilidade ela tem e é nesse cenário que existe a incoerência do sistema nacional.

É permitido se trabalhar com DPA elevado sem ter barreiras de segurança, nem de qualquer providência de mitigação para reduzir o “alto” dano potencial. Ou seja, com a realidade nacional a restrição deve ser aplicada para ambas as classificações, a cada uma segundo suas particularidades,

Categoria de Risco e Potencial de Dano, para que sejam reduzidos os riscos, e não avaliar única e exclusivamente o Fator de Risco que, sozinho, não representa toda a complexidade do problema.

Por fim, um critério de aceitabilidade explícito, objetivo, com metodologia completamente definida seria fundamental para trazer luz ao problema e orientar com eficácia o empreendedor e seu corpo técnico a realizar as atividades, processos e decisões necessários para garantir a segurança e operabilidade do sistema de descarte de rejeitos industriais não só legalmente, mas de forma eficiente e sustentável.

#### **4 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

A pesquisa apresenta o panorama nacional de regulamentação e sistema de gerenciamento de crises das barragens brasileiras e, traz ainda, um comparativo destas com as internacionais, evidenciando a forma como alguns episódios de rupturas foram tratados fora do país, mostrando a importância de um Sistema de Gestão de Crise eficaz e sua influência nos impactos ambientais e humanos na ocorrência de um incidente.

No decorrer do estudo, pode-se verificar que o Brasil possui diretrizes que têm por finalidade garantir a segurança das barragens. Elas são compostas por leis, portarias, órgãos regulamentadores e metodologias de classificação de risco, como a Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB). Porém, apesar disto, ainda se tem um elevado número de rompimentos de barragens e, ainda mais importante do que este número, tem-se um elevado impacto social e ambiental atrelado a estes episódios.

Na análise de comparação com outros países, é possível inferir que esta ineficiência dos sistemas de gestão de crise se deva ao fato, principalmente, da falta de fiscalização e controle das diretrizes e premissas exigidas por tais órgãos. Nos Estados Unidos, por exemplo, tem-se um rigoroso controle, regulamentado por leis estaduais e lei federal. O Estado de Nebraska, mais especificamente, possui uma das legislações mais rigorosas com relação ao controle de suas barragens. Tem forte controle sobre as diretrizes a serem seguidas e se responsabiliza em realizar inspeções para verificar o cumprimento das questões de segurança, com periodicidade variando de acordo com o potencial de perigo da barragem. Além disso, dispõe de medidas punitivas em caso de possível violação.

Outro aspecto importante que reforça a inferência está relacionado ao cadastramento de barragens no Brasil. De acordo com a Lei nº 12.334/2010, o cadastro deve ser realizado pelo empreendedor diretamente no Sistema Integrado de Gestão de Barragens de Mineração (SIGBM), antes do primeiro enchimento e deve ser realizado para qualquer alteração, alteamento ou desativação de estrutura. Porém, apesar desta exigência regulamentada por lei, apenas 55.37% das barragens estão cadastradas.

O presente trabalho fala ainda sobre a metodologia utilizada para classificação das barragens quanto ao risco e dano potencial associado e apresenta as pontuações destinadas a cada tipo de



atividade em cada categoria de risco. Dela pode-se analisar que, apesar de apresentar uma estrutura bem organizada, dividida em categorias, não apresenta coerência na distribuição dos pesos de sua classificação, dado que atribui pontuação 2 tanto para o fato de uma barragem possuir apenas manuais de procedimento de monitoramento quanto para o fato de apresentar trincas.

É importante ressaltar também que, apesar de a maioria dos manuais de gestão de risco utilizados pelas empresas, não somente as de mineração, basearem-se no conceito do ICS (*Incident Command System*), não existe um padrão a ser seguido ditado por um órgão ou instância superior. Dessa forma, existe uma lacuna que permite que diversos padrões sejam adotados, dificultando que se crie uma memória relacionada a repetição, como por exemplo, cores de placas e seus significados. Desta forma, existe hoje no Brasil uma ineficiência no Sistema de Gestão de Crise, dado basicamente pela falta de fiscalização por órgãos competentes, pela ausência de um sistema padronizado e definido para todos e por falhas de metodologia de classificação de risco que dificultam a avaliação de sua categoria de acordo com a realidade e, conseqüentemente, resulta em falta de atenção por parte dos órgãos regulamentadores e da própria concessionária.

Apesar de não existirem laudos conclusivos a respeito dos responsáveis e causas prováveis do rompimento das barragens de Mariana e Brumadinho, fica evidente que as diretrizes hoje existentes no Brasil, da forma que são controladas e aplicadas, não são eficientes. É necessário que se crie um padrão a ser utilizado em todo o país, baseados no ICS ou em outro sistema. É importante que medidas punitivas mais rigorosas sejam implementadas, que os órgãos fiscalizadores trabalhem de forma preventiva e não somente de forma corretiva e que as metodologias sejam mais bem estudadas para que nenhuma informação seja omitida por um número que não representa a realidade.

## REFERÊNCIAS

ABNT. **13028**: Mineração - Elaboração e apresentação de projeto de barragens para disposição de rejeitos, contenção de sedimentos e reservação de água - Requisitos. 3 ed. Rio de Janeiro: Abnt, 2017. 22 p.

ALMEIDA, António Patrício de Sousa Betâmio de. A GESTÃO DO RISCO EM SISTEMAS HÍDRICOS: Conceitos e metodologias aplicadas a vales com barragens. In: SIMPÓSIO DE HIDRÁULICA E RECURSOS HÍDRICOS DOS PAÍSES DE LÍNGUA OFICIAL PORTUGUESA, 6., 2003, Cabo Verde. Anais. Cabo Verde: 2003. p. 647 - 661. Disponível em: <<http://www.civil.ist.utl.pt/~joana/artigos%20risco%20ABA/pub-2003/a%20gestão%20do%20risco%20em%20sistemas%20hídricos%20-%20SILUSBA03.pdf>>. Acesso em: 29 maio 2019.

BRASIL. ANM. **Classificação de Barragens de Mineração**. 2019. Disponível em: <<http://www.anm.gov.br/assuntos/barragens/pasta-classificacao-de-barragens-de-mineracao/>>. Acesso em: 19 fev. 2019.

BRASIL. Constituição (2010). Lei nº 12.334, de 20 de setembro de 2010. **Lei Nº 12.334, de 20 de Setembro de 2010..** 1. ed. Brasília, DF, 20 set. 2010. Disponível em:

<[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2010/lei/112334.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/112334.htm)>. Acesso em: 20 maio 2019.

BRASIL. Dnpm. Agência Nacional de Mineração. **Classificação de Barragens de Mineração**. 2016. Disponível em: <<http://www.anm.gov.br/assuntos/barragens/pasta-classificacao-de-barragens-de-mineracao/plano-de-seguranca-de-barragens>>. Acesso em: 02 maio 2019.

CARDACI, Capitão Pm. **Sistema de Comando de Operações e Emergências**. São Paulo: 5º Grupamento de Bombeiros, 2016? Disponível em: <<http://www.cvs.saude.sp.gov.br/up/4%20sicoe%20CB%20-%20ATUALIZADO.pdf>>. Acesso em: 02 abril 2019.

CARDOZO, F. A. C.; PIMENTA, M. M.; ZINGANO, A. C.. **Métodos Construtivos de Barragens de Rejeitos de Mineração**. 2019. Disponível em: <<http://www.archus.com/dynamiccad/site/2018/09/25/metodos-construtivos-de-barragens-de-rejeitos-de-mineracao/>>. Acesso em: 20 maio 2019.

Cesar Augusto Paulino Grandchamp. **Declaração de Condição de Estabilidade**. Belo Horizonte: Dnpm, 2017. (2017). Disponível em: <<http://www.anm.gov.br/assuntos/barragens/declaracao-2017-barragem-i.pdf/view>>. Acesso em: 10 nov. 2019.

ESTEVES JÚNIOR, Hamilton Santos et al. **Manual de Sistema de Comando de Incidentes (SCI)**. Brasília: Cbmdf, 2011. 147 p. Disponível em: <[http://bibliotecamilitar.com.br/wp-content/uploads/2016/02/manuaisci\\_livrov6.pdf](http://bibliotecamilitar.com.br/wp-content/uploads/2016/02/manuaisci_livrov6.pdf)>. Acesso em: 02 abril 2019.

FEMA (Estados Unidos da América). **National Disaster Recovery Framework**. 2. ed. Estados Unidos da América: Fema, 2016. 59 p. Disponível em: <<https://www.fema.gov/national-disaster-recovery-framework>>. Acesso em: 02 abril 2019.

FEMA (Estados Unidos da América). **Individual Assistance Program and Policy Guide (IAPPG)**. 10400903. ed. Estados Unidos da América, 2019. 276 p. Disponível em: <<https://www.fema.gov/media-library/assets/documents/177489#>>. Acesso em: 02 abril 2019.

Grupo da Força-Tarefa. **Avaliação dos efeitos e desdobramentos do rompimento da Barragem de Fundão em Mariana-MG**. Belo Horizonte: Governo do Estado de Minas Gerais, 2016. 287 p. Disponível em: <[http://www.agenciaminas.mg.gov.br/ckeditor\\_assets/attachments/770/relatorio\\_final\\_ft\\_03\\_02\\_2016\\_15h5min.pdf](http://www.agenciaminas.mg.gov.br/ckeditor_assets/attachments/770/relatorio_final_ft_03_02_2016_15h5min.pdf)>. Acesso em: 10 nov. 2019.

ICOLD EUROPEAN CLUB (Europa). **Dam Legislation**. Europa: ICOLD European Club, 2007. 84 p.

O GLOBO (São Paulo). **Risco de rompimento de barragem força retirada de 180 mil na Califórnia**. 2017. Disponível em: <<https://oglobo.globo.com/mundo/risco-de-rompimento-de-barragem-forca-retirada-de-180-mil-na-california-20916138>>. Acesso em: 13 maio 2019.

OLIVEIRA, Marcos de. **Manual de Gerenciamento de Desastres**. Florianópolis: Limão Comunicação, 2009. 74 p.

PIMENTEL, Thais. **Quantidade de lama que vazou de barragem em Mariana equivale a um ‘Pão de Açúcar’, diz presidente da Fundação Renova**. 2018. Disponível em: <<https://g1.globo.com/mg/minas-gerais/desastre-ambiental-em-mariana/noticia/quantidade-de->

lama-que-vazou-de-barragem-em-mariana-equivale-a-um-pao-de-acucar-diz-presidente-da-fundacao-renova.ghml>. Acesso em: 05 abril 2019.

T. ESPÓSITO, 2015, Brasília. **MÉTODO PROBABILÍSTICO ACOPLADO AO MÉTODO OBSERVACIONAL APLICADOS A BARRAGENS DE REJEITO**. São Paulo: Associação Brasileira de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica, 2015. 8 p. Disponível em: <<https://www.abms.com.br/anais-regeogeossinteticos/>>. Acesso em: 11 maio 2019.

WILLIAMS, David et al. **Tailings Management: Leading Practice Sustainable Development Program for The Mining Industry**. Austrália: Social Economic Environmental, 2007. 88 p.  
DNPM (2017). Portaria do Diretor Geral do DNPM nº 70.389/2017. Seção 1 do D.O.U de 19 de maio de 2017.