



Segurança de Barragens: Análise dos Modelos Regulatórios no Brasil e no Exterior

Mariana Campos Castro e Silva

Mestrado em Geotecnia, Fortaleza, Brasil, mariana.silva@tpfe.com.br

Renata Ferreira Lima

Especialista em Engenharia Geotécnica, Manhuaçu, Brasil, renata.lima@tpfe.com.br

Talyta Tuane Lima Melo

Mestranda em Geotecnia, Recife, Brasil, talyta.melo@tpfe.com.br

Eva Priscila Cardoso

Mestrado em Geotecnia, Diamantina, Brasil, eva.priscila@tpfe.com.br

Luana Claudia Pereira

Doutora em Engenharia Civil, Mariana, Brasil, luana.pereira@tpfe.com.br

RESUMO: A segurança de barragens passou a ocupar posição central nas discussões sobre gestão de riscos e responsabilidade socioambiental, especialmente após os rompimentos das barragens de rejeitos em Mariana (2015) e Brumadinho (2019) no Brasil. Esses desastres revelaram vulnerabilidades que vão além dos aspectos estruturais, expondo fragilidades nos marcos normativos e nos mecanismos institucionais de fiscalização e controle. Como resposta, observou-se um movimento de revisão e fortalecimento das legislações pertinentes, tanto no âmbito nacional quanto internacional. No contexto brasileiro, destacam-se a Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB) e a criação da Agência Nacional de Mineração (ANM), representando um avanço institucional significativo, ainda que persistam desafios para a implementação prática e efetividade da fiscalização. Em nível internacional, tem-se o *Global Industry Standard on Tailings Management* (GISTM) em 2020 para o estabelecimento de padrões para o gerenciamento de barragens de rejeitos. Assim, o presente estudo tem como objetivo realizar uma análise histórica crítica dos principais modelos regulatórios voltados à segurança de barragens, nos âmbitos nacional e internacional por meio de uma revisão bibliográfica sistematizada. A análise do material coletado permitiu identificar os principais dispositivos legais, seus objetivos, limitações e áreas críticas de aplicação, fundamentando a proposição de diretrizes que visam fortalecer a governança regulatória da segurança de barragens.

PALAVRAS-CHAVE: Segurança de Barragens, Modelos Regulatórios, Legislação de Barragens.

ABSTRACT: Dam safety has taken a central position in discussions on risk management and socio-environmental responsibility, especially after the failures of tailings dams in Mariana (2015) and Brumadinho (2019), in Brazil. These disasters revealed vulnerabilities that go beyond structural aspects, exposing weaknesses in regulatory frameworks and institutional mechanisms of monitoring and control. In response, a movement toward the revision and strengthening of relevant legislation has been observed, both at the national and international levels. In the Brazilian context, the National Dam Safety Policy (PNSB) and the establishment of the National Mining Agency (ANM) stand out as significant institutional advances, although challenges remain regarding practical implementation and the effectiveness of oversight. At the international level, the *Global Industry Standard on Tailings Management* (GISTM), launched in 2020, set out standards for tailings dam management. Thus, the present study aims to carry out a critical historical analysis of the main regulatory models related to dam safety, at both national and international levels, through a systematic literature review. The analysis of the collected material allowed for the identification of the main legal instruments, their objectives, limitations, and critical areas of application, providing the basis for the proposition of guidelines intended to strengthen regulatory governance in dam safety.

KEYWORDS: Dam Safety, Regulatory Models, Dam Legislation.

1 INTRODUÇÃO

A segurança de barragens tornou-se uma prioridade na gestão de riscos após os desastres de Mariana (2015) e Brumadinho (2019), que geraram impactos sociais, ambientais e regulatórios significativos. Essas tragédias revelaram falhas técnicas e institucionais nos sistemas de controle e fiscalização. Como resposta, observou-se um movimento de reavaliação normativa e institucional, tanto em âmbito nacional quanto internacional, com atualizações legais, novas diretrizes técnicas e políticas públicas voltadas à prevenção e à proteção de comunidades e meio ambiente.

No cenário brasileiro, destacam-se como marcos regulatórios a promulgação da Lei nº 12.334/2010, que instituiu a Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB), sua atualização pela Lei nº 14.066/2020 e a criação da Agência Nacional de Mineração (ANM), em 2017, com o objetivo de fortalecer os processos de fiscalização e governança no setor. No contexto internacional, merece destaque o lançamento, em 2020, do *Global Industry Standard on Tailings Management* (GISTM), uma iniciativa global que visa padronizar os critérios de segurança aplicados a barragens de rejeitos, com ênfase em governança, transparência e responsabilidade socioambiental, adotando a política de “tolerância zero” para fatalidades humanas.

Diante desse panorama, o presente estudo propõe uma análise histórica e crítica dos principais modelos regulatórios relacionados à segurança de barragens, nos contextos nacional e internacional. O objetivo é identificar boas práticas normativas, lacunas recorrentes e oportunidades de aprimoramento, de modo a contribuir para o fortalecimento da governança regulatória frente aos desafios contemporâneos. A pesquisa adota uma abordagem qualitativa, de caráter exploratório, cronológico e descritivo, fundamentada em uma revisão bibliográfica estruturada, que contempla fontes científicas, técnicas, legais e jornalísticas, com ênfase na legitimidade e atualidade das informações consultadas.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

A regulamentação da segurança de barragens tem evoluído de forma significativa no Brasil, especialmente após os desastres de Mariana (2015) e Brumadinho (2019), que impulsionaram profundas reformas normativas em diferentes esferas. No âmbito federal, destacam-se como principais marcos legais a Lei nº 12.334/2010, que institui a Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB), sua atualização por meio da Lei nº 14.066/2020, e mais recentemente, a Resolução nº 95/2022 da Agência Nacional de Mineração (ANM), que estabelece diretrizes específicas para a gestão da segurança de barragens de mineração.

Esse movimento regulatório adquire especial relevância em estados com forte presença da atividade minerária. Os estados do Pará e de Minas Gerais se destacam como as unidades federativas com as maiores extensões de áreas destinadas à mineração, totalizando aproximadamente 110.209 hectares e 33.432 hectares, respectivamente (G1, 2021). Nesse contexto, estes estados estabeleceram normativas complementares para o fortalecimento da segurança de barragens.

No plano internacional destacam-se iniciativas históricas e recentes, como a criação da Comissão Internacional de Grandes Barragens (*International Commission on Large Dams – ICOLD*), em 1928, e a publicação do *Global Industry Standard on Tailings Management* (GISTM), em 2020.

A seguir, serão detalhados os principais marcos regulatórios nos âmbitos federal e estadual — com ênfase nos estados de Minas Gerais e Pará — bem como as diretrizes internacionais mais relevantes, com o objetivo de oferecer uma análise crítica e comparativa das boas práticas adotadas e das lacunas ainda existentes na governança da segurança de barragens.

2.1 Marco Regulatório Federal

A legislação brasileira referente à segurança de barragens passou por avanços significativos nas últimas décadas, especialmente a partir de tragédias que evidenciaram fragilidades nos mecanismos de fiscalização existentes (Figura 1). A Lei nº 12.334, de 20 de setembro de 2010, instituiu a Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB). Essa legislação estabeleceu critérios para o cadastramento de barragens, elaboração de planos de segurança e classificação por categoria de risco e dano potencial associado, além de criar o Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens (SNISB) (BRASIL, 2010; Leal et al., 2022).

2 0 2 5



Figura 1 - Linha do tempo sobre acidentes.

Fonte: Própria, 2025.

Em resposta à pressão social e institucional devido às tragédias ocorridas em Mariana e Brumadinho, foi sancionada a Lei nº 14.066, em 30 de setembro de 2020, que atualiza a Lei nº 12.334. Entre os principais avanços da nova legislação, estão: a proibição da construção de barragens pelo método de alteamento a montante (como em Brumadinho); a exigência de Plano de Ação de Emergência (PAE) mais rigorosos, com participação das comunidades potencialmente afetadas; o aumento das penalidades administrativas; a redefinição da classificação de risco e dano potencial; e a ampliação das competências dos órgãos fiscalizadores (BRASIL, 2016).

Ainda no âmbito da Lei nº 12.334, mantida com alterações pela Lei nº 14.066, a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) permanece como órgão responsável pela fiscalização de barragens com uso predominante na geração hidrelétrica. Essas estruturas são classificadas pela ANEEL conforme a categoria de risco e o dano potencial associado — ambos em nível baixo, médio ou alto — e devem apresentar documentação técnica compatível com as exigências legais. A ANEEL também é responsável por comunicar à Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA) e ao Sistema Nacional de Defesa Civil (SINDEC) qualquer ocorrência que represente risco iminente à segurança da barragem (BRASIL, 2022; BRASIL, s.d.).

Também em resposta aos desastres ocorridos, foi publicada a Resolução ANM nº 95/2022, posteriormente alterada pela Resolução nº 175/2024, com o objetivo de fortalecer o marco regulatório. A normativa consolidou diretrizes sobre segurança de barragens de mineração, incluindo o enquadramento obrigatório na PNSB, exigência de revisão externa para descadastramento, envio digital do mapa de inundação, incorporação do Processo de Gestão de Riscos para Barragens de Mineração (PGRBM) ao Plano de Segurança de Barragem (PSB), e ampliação da obrigatoriedade do PAE. Também passou a proibir novas barragens em áreas com comunidades na ZAS, estabelecendo medidas corretivas para estruturas já existentes nessas condições. A resolução está em processo de revisão para alinhamento com a Lei nº 14.514/2022 e a Resolução CNRH nº 241/2024.

O Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens (SNISB) continua sendo a principal ferramenta para consolidação e compartilhamento de dados sobre barragens no Brasil. É gerenciado pela ANA, que também realiza o cadastro inicial de usuários e coordena a articulação com os demais órgãos fiscalizadores. Cada entidade é responsável por inserir, atualizar ou excluir os dados referentes às estruturas sob sua jurisdição, assegurando a integridade e a confiabilidade das informações disponíveis.

2.2 Marco Regulatório Estadual – Minas Gerais e Pará

Além das normas federais, diversos estados brasileiros têm desenvolvido legislações complementares para reforçar a segurança de barragens, adaptando-se às particularidades regionais e suprimindo lacunas da Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB). Essas regulamentações estaduais tratam de classificação, monitoramento, inspeções, planos de emergência e responsabilização dos empreendedores.

Em Minas Gerais, a Lei nº 15.056/2004 foi pioneira ao estabelecer diretrizes voltadas à segurança de barragens de resíduos industriais, em resposta a desastres anteriores ocorridos em Nova Lima em 2001 e Cataguases em 2003. Posteriormente, a Lei Estadual nº 23.291/2019 — conhecida como "Mar de Lama Nunca Mais" — instituiu a Política Estadual de Segurança de Barragens, com foco na prevenção, fiscalização e integração com as políticas nacionais e estaduais de meio ambiente e defesa civil.

No Pará, a gestão ambiental teve início com a criação, em 1988, da Secretaria de Estado de Ciência, Tecnologia e Meio Ambiente (SECTAM), sucedida pela Secretaria de Estado de Meio Ambiente, Clima e Sustentabilidade (SEMAS), atual órgão responsável pela política ambiental e minerária do estado, conforme disposto na Lei nº 10.989 de 29 de maio de 2025. A legislação evoluiu com marcos como a Lei nº 5.887/1995, que instituiu a Política Estadual de Meio Ambiente, e a Lei nº 6.710/2005, que conferiu ao estado competência para fiscalizar a exploração de recursos minerais e hídricos. Atualmente, a SEMAS regulamenta, em âmbito estadual, os dispositivos da PNSB por meio da Instrução Normativa nº 02/2018, referente ao PSB, e da Instrução Normativa nº 12/2019, que estabelece diretrizes para o Plano de Ação de Emergência (PAE).

2.3 Marco Regulatório Internacional

O *Global Industry Standard on Tailings Management* (GISTM), lançado em 2020, representa um marco regulatório e técnico para a indústria da mineração, ao estabelecer um conjunto de diretrizes abrangentes para o gerenciamento seguro de rejeitos. Desenvolvido por um painel independente de especialistas — com apoio do *United Nations Environment Programme* (UNEP), do *Principles for Responsible Investment* (PRI) e do *International Council on Mining and Metals* (ICMM) — o GISTM tem como objetivo fundamental prevenir falhas catastróficas em barragens de rejeitos e mitigar seus impactos socioambientais, operacionais e reputacionais.

A Figura 2 apresenta os 15 princípios que compõem o GISTM, evidenciando uma estrutura hierárquica que avança do nível operacional ao estratégico. Na base da pirâmide, localiza-se o bloco Estrutura Técnica e Prevenção (Princípios 1 a 4), que estabelece os fundamentos operacionais para o gerenciamento seguro de rejeitos. No nível intermediário, encontra-se o bloco Governança Corporativa e Engajamento (Princípios 5, 6, 7, 11, 12 e 13), que contempla dimensões críticas de liderança e responsabilização. No topo da pirâmide, encontram-se os Objetivos Estratégicos e Compromissos de Longo Prazo (Princípios 8, 9, 10 e 15). Este nível expressa o alinhamento do GISTM com os conceitos de responsabilidade social corporativa, desenvolvimento sustentável e justiça ambiental, evidenciando a integração com os princípios ESG (*Environmental, Social and Governance*).



Figura 2 - Diagrama simplificado - Princípios GISTM.

Fonte: Própria, 2025.

No contexto do marco regulatório internacional, destaca-se a Comissão Internacional de Grandes Barragens (*International Commission on Large Dams* – ICOLD), fundada em 1928. Trata-se de uma organização técnico-científica de caráter não governamental, que tem como missão principal promover o avanço técnico da engenharia de barragens.

Entre as principais publicações da ICOLD destacam-se o *Position Paper “Dam Safety and Earthquakes”*, com diretrizes para avaliação e projeto sísmico de barragens, e o Boletim 72, que propõe um



2025

modelo de classificação de riscos baseado em critérios técnicos e nas possíveis consequências de uma ruptura. A ICOLD atua por meio de comitês nacionais que adaptam suas diretrizes aos contextos locais, como faz o *Canadian Dam Association* (CDA) no Canadá. Entre suas principais publicações estão o *Dam Safety Guidelines* (2013), o *Technical Bulletin: Dam Safety Reviews*, com metodologia para revisões periódicas, e o *Dam Failure Consequence Classification Guidelines*, que classifica os impactos potenciais de rupturas.

As publicações do ICOLD e do CDA exercem um papel técnico relevante, servindo como base para vários marcos regulatórios nacionais. O conjunto normativo do CDA, fortemente influenciado pelos princípios da ICOLD, reforça a importância da padronização internacional e do compartilhamento de conhecimento técnico como pilares para a melhoria contínua da segurança de barragens em escala global.

2.3 Situação atual

A aplicação efetiva das legislações e normas de segurança de barragens de mineração enfrenta diversos desafios estruturais, institucionais e operacionais no Brasil. Embora o país conte com um arcabouço jurídico relativamente robusto, como discorrido anteriormente, ainda há desafios na sua implementação prática e na efetividade da fiscalização. A Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA) divulgou o Relatório de Segurança de Barragens (RSB) relativo ao período de 2024-2025. Em comparação com o ano de 2023, o relatório destacou a redução de 7% nas fiscalizações em campo, além de redução de cerca de 4% nas fiscalizações documentais. Uma das razões apontadas é o número insuficiente de profissionais dedicados à fiscalização. Dos 33 órgãos fiscalizadores, apenas 169 profissionais são exclusivamente dedicados à segurança de barragens (ANA, 2025; Bacci, 2025).

O enquadramento das barragens na PNSB considera informações como altura, volume, existência de resíduos perigosos no reservatório e Dano Potencial Associado (DPA). Embora tenha ocorrido avanço no número de barragens com essas informações registradas em comparação com o ano de 2023, sua proporção em relação ao total do cadastro permanece praticamente inalterada e ainda insuficiente para garantir a plena implementação dessa etapa da Política. Assim, das barragens cadastradas no SNISB até 2024, somente 13.207 barragens (47% do total cadastrado) têm a verificação quanto ao enquadramento na PNSB, contra 14.878 (53%) que não possuem dados suficientes para esta análise (ANA, 2025).

O relatório apresentou, ainda, o desafio enfrentado pelos órgãos fiscalizadores dado o grande número de barragens já cadastradas ou a serem cadastradas no SNISB, pois ainda persistem dificuldades no pleno cumprimento das atribuições dos fiscalizadores, sobretudo em razão da ausência de uma equipe mínima exclusiva. Destacou-se não apenas a insuficiência de técnicos com dedicação exclusiva, mas também a necessidade de profissionais com formação especializada, bem como do desenvolvimento de tecnologias que viabilizem o atendimento às exigências estabelecidas pela PNSB (ANA, 2025). Outro aspecto relevante é a limitação orçamentária destinada à segurança de barragens. Em 2024, embora tenham sido autorizados R\$ 272 milhões para essa finalidade, apenas R\$ 141 milhões foram efetivamente executados, correspondendo a cerca de 52% do valor inicialmente previsto (ANA, 2025; Bacci, 2025).

3 ANÁLISE COMPARATIVA

A Tabela 1 compara sete aspectos fundamentais da segurança de barragens entre a regulamentação nacional e as normas internacionais. A regulamentação brasileira da segurança de barragens tem registrado avanços significativos nos últimos anos, sobretudo após os desastres, que expuseram de forma contundente fragilidades estruturais, falhas operacionais e lacunas institucionais nos mecanismos de controle e fiscalização.

Apesar dos avanços na legislação, o arcabouço regulatório nacional ainda se caracteriza, em grande medida, por uma lógica reativa, em que mudanças estruturais são impulsionadas principalmente por tragédias e pressão social, evidenciando a ausência de uma cultura organizacional consolidada de prevenção.

Em contraponto, o marco regulatório internacional, representado sobretudo pela *International Commission on Large Dams* (ICOLD), pelo *Global Industry Standard on Tailings Management* (GISTM) e pelo *Canadian Dam Association* (CDA), adota uma abordagem proativa e orientada para a gestão de riscos ao longo de todo o ciclo de vida das barragens. Essas instituições priorizam o desenvolvimento contínuo de diretrizes técnicas baseadas em evidências, o fortalecimento da governança corporativa, a incorporação de princípios ESG e a promoção da transparência e engajamento com as partes interessadas.

A comparação mostra convergência crescente entre os modelos, mas evidencia que os referenciais internacionais oferecem lições importantes em padronização normativa, independência técnica e



fortalecimento da cultura preventiva. Assim, a adoção de um modelo híbrido, que una o rigor brasileiro à flexibilidade e visão sistêmica internacional, pode fortalecer a governança da segurança de barragens, promovendo maior efetividade, confiança social e resiliência institucional.

Tabela 1 - Comparação entre a regulamentação nacional e a internacional.

Fonte: Própria, 2025.

Aspecto	Regulamentação Nacional (Brasil)	Regulamentação Internacional (ICOLD / GISTM / CDA)
Origem e motivação	Evoluiu de forma reativa, impulsionada por desastres como Mariana (2015) e Brumadinho (2019), com forte apelo social e ambiental.	Deriva de esforços técnicos preventivos e colaborativos entre especialistas internacionais desde 1928 (ICOLD), com foco em padronização e prevenção.
Abrangência legal	Baseada em leis federais (Lei nº 12.334/2010, atualizada pela Lei nº 14.066/2020) e regulamentações específicas (ex: Resolução ANM nº 95/2022).	GISTM estabelece padrão global voluntário para mineração; ICOLD e CDA publicam guias e boas práticas amplamente adotadas como referência técnica.
Foco institucional	Responsabilidade compartilhada entre ANA, ANM, ANEEL, estados e municípios. Exigência de fiscalização, cadastramento e monitoramento contínuo.	Ênfase na responsabilidade corporativa e técnica das mineradoras. Os princípios do GISTM propõem governança forte e responsabilidade moral e social.
Instrumentos normativos	Regras rígidas e legalmente vinculantes; exigência de Planos de Segurança (PSB), Planos de Ação de Emergência (PAE), classificação de risco e inspeções periódicas.	Diretrizes técnicas e estratégicas divididas por nível: técnico-operacional (ICOLD), governança (GISTM) e normatização setorial (CDA). Apelo à melhoria contínua.
Classificação e risco	Dano Potencial Associado (DPA) e Categoria de Risco (CRI), utilizados para enquadramento e priorização de fiscalização.	ICOLD e CDA propõem matrizes similares, baseadas em altura, volume, população a jusante, entre outros. Influenciam diretamente modelos adotados no Brasil.
Pontos fortes	<ul style="list-style-type: none">- Marco legal robusto após 2019;- Fiscalização descentralizada com foco na responsabilidade do empreendedor;- Integração com a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil.	<ul style="list-style-type: none">- Experiência técnica consolidada;- Ênfase em boas práticas e cultura organizacional de segurança;- Metodologias avançadas de auditoria, classificação, e gestão de riscos.
Desafios e lacunas	<ul style="list-style-type: none">- Implementação desigual entre estados;- Dificuldade de fiscalização em tempo real;- Ausência de cultura organizacional madura em algumas mineradoras.	<ul style="list-style-type: none">- Caráter não vinculante das diretrizes;- Adoção desigual em países com baixa capacidade regulatória;- Dependência da adesão voluntária por empresas.

Para alcançar avanços significativos no futuro, é essencial incorporar medidas ainda não contempladas no modelo brasileiro. Entre elas, destaca-se a criação de centros de excelência independentes em segurança de barragens, focados em pesquisa aplicada, capacitação avançada e apoio técnico-científico às agências reguladoras. Esses centros poderiam aliviar a limitação de recursos humanos, já mencionada em relatórios oficiais, contribuindo para suprir a carência de fiscais especializados. Além disso, é crucial reforçar o quadro de pessoal especializado, expandindo o número de fiscais dedicados à fiscalização de barragens e garantindo sua capacitação contínua. Também se faz necessário fortalecer os órgãos fiscalizadores, assegurando-lhes autonomia financeira e operacional, para que possam cumprir suas funções com eficácia, sem depender de restrições orçamentárias ou burocráticas.

Adicionalmente, a implementação de um banco nacional de lições aprendidas, com acesso público e estruturado, pode facilitar a disseminação de boas práticas e a análise de causas-raiz de falhas e quase-falhas. Definir indicadores nacionais de desempenho, mensuráveis e comparáveis, também é essencial para avaliar aspectos como a confiabilidade da instrumentação e a atualização dos planos de segurança. A adoção de



2025

tecnologias digitais, como gêmeos digitais e modelagem preditiva, pode integrar dados em tempo real e antecipar falhas, como já ocorre em barragens de rejeitos no Canadá. Por fim, a implementação de auditorias voltadas à cultura organizacional de segurança é fundamental para avaliar não só os aspectos técnicos, mas também os processos decisórios e o engajamento institucional com a prevenção de riscos. A incorporação dessas medidas pode acelerar a transição para um sistema de gestão de riscos mais preventivo, transparente e alinhado às melhores práticas internacionais.

4 CONCLUSÃO

Este estudo analisou historicamente os principais modelos regulatórios de segurança de barragens, nacionais e internacionais, identificando boas práticas, lacunas e oportunidades de aprimoramento. A comparação entre a evolução regulatória brasileira e diretrizes como o GISTM e as recomendações da ICOLD permitiu propor recomendações para fortalecer a governança diante dos desafios ambientais, sociais e tecnológicos.

A Resolução ANM nº 95/2022, em revisão para alinhar-se à Lei nº 14.514/2022 e à Resolução CNRH nº 241/2024, evidencia o contínuo aprimoramento do arcabouço jurídico brasileiro, adaptando-se à complexidade do tema. Conclui-se que a segurança de barragens requer tanto a atualização normativa quanto a articulação com padrões internacionais e fiscalização eficaz.

Os desastres de Mariana e Brumadinho impulsionaram avanços na legislação e na atuação de órgãos como ANM, ANA e ANEEL. Ainda assim, o modelo brasileiro permanece reativo, com desafios na fiscalização em tempo real e na cultura preventiva. Em contraste, o marco internacional, representado por GISTM, ICOLD e CDA, adota abordagem mais proativa, enfatizando gestão de riscos ao longo do ciclo de vida, governança corporativa, princípios ESG e transparência.

Portanto, o Brasil pode avançar ao incorporar maior autonomia técnica e visão sistêmica, unindo seu rigor regulatório à flexibilidade e cultura preventiva dos modelos internacionais. Isso contribuirá para uma governança mais eficiente, resiliente e socialmente confiável na segurança de barragens.

AGRADECIMENTOS

As autoras agradecem a todos que contribuíram, direta ou indiretamente, com reflexões, sugestões e discussões relevantes ao longo do desenvolvimento deste trabalho e, em especial, à TPF Engenharia, por incentivar a inovação e a pesquisa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agência Nacional de Mineração (Brasil). Resolução nº 95, de 7 de fevereiro de 2022. *Estabelece critérios para a segurança de barragens de mineração*. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, 22 fev. 2022. Disponível em: <<https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/resolucao-n-95-de-7-de-fevereiro-de-2022-382376888>>. Acesso em: 24 jun. 2025.
- Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (Brasil). *Relatório de Segurança de Barragens – período de 2024-2025*. Brasília, DF: ANA, 2025. 129 p.
- Bacci, Thais. *Relatório da ANA aponta 241 barragens em risco no Brasil*. Brasil Insider, São Paulo, 2025. Disponível em: <<https://brasilinsider.com/cidades/relatorio-da-ana-aponta-241-barragens-em-risco-no-brasil>>. Acesso em: 02 set. 2025.
- Brasil. Lei nº 12.334, de 20 de setembro de 2010. *Institui a Política Nacional de Segurança de Barragens para empreendimentos que acumulem água, destinem-se à disposição final ou temporária de rejeitos e resíduos industriais e de mineração; e dá outras providências*. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, 21 set. 2010.
- Brasil. Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL). *Segurança de Barragens*. Disponível em: <<https://www.gov.br/aneel/pt-br/assuntos/geracao/seguranca-de-barragens#:~:text=A%20ANEEL%20%C3%A9%20a%20entidade,dada%20pela%20Lei%20n%C2%BA%2014.066>>. Acesso em: 24 jun. 2025.



- Brasil. Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA). *Acesso à Informação Institucional*. Disponível em: <<https://www.gov.br/ana/pt-br/acesso-a-informacao/institucional>>. Acesso em: 24 jun. 2025.
- Brasil. Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA). *PROGESTÃO – Programa Nacional de Consolidação do Pacto Nacional pela Gestão das Águas: relatório Progestão 2023 – 2º ciclo, 5º período de certificação – Estado do Pará*. Disponível em: <https://progestao.ana.gov.br/progestao-1/certificacao/certificacoes-2013-a-2018/certificacao-2023/certificacao-das-metas-federativas-2023/relatorios-progestao/pa_relatorio_progestao_2023.pdf?utm_source=chatgpt.com>. Acesso em: 24 jun. 2025.
- Brasil. Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA). *Segurança de Barragens*. Disponível em: <<https://www.gov.br/ana/pt-br/assuntos/seguranca-hidrica/seguranca-de-barragens>>. Acesso em: 24 jun. 2025.
- Brasil. Lei nº 14.066, de 30 de setembro de 2020. Altera a Lei nº 12.334, de 20 de setembro de 2010, que institui a Política Nacional de Segurança de Barragens. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, 1º out. 2020.
- Canadian Dam Association (CDA). *Dam Safety Guidelines*. Edmonton: CDA, 2013. 107 p. Disponível em: <<https://cda.ca>>. Acesso em: 08 jul. 2025.
- Canadian Dam Association (CDA). *Technical Bulletin: Dam Safety Reviews*. Edmonton: CDA, 2016. 44 p. Disponível em: <<https://cda.ca>>. Acesso em: 08 jul. 2025.
- Canadian Dam Association (CDA). *Dam Failure Consequence Classification Guidelines*. Edmonton: CDA, 2013. 38 p. Disponível em: <<https://cda.ca>>. Acesso em: 08 jul. 2025.
- G1. *Área ocupada por mineração no Brasil cresceu mais de 564% em três décadas e meia, aponta levantamento*. G1, 30 ago. 2021. Disponível em: <<https://g1.globo.com/natureza/noticia/2021/08/30/area-ocupada-por-mineracao-no-brasil-cresceu-mais-de-564percent-em-tres-decadas-e-meia-aponta-levantamento.ghhtml>>. Acesso em: 27 jun. 2025.
- ICMM; UNEP; PRI. *Padrão Global da Indústria para a Gestão de Rejeitos – Minuta final*. 5 de agosto de 2020.
- International Commission on Large Dams (ICOLD). *Position Paper – Dam Safety and Earthquakes*. Comitê sobre Aspectos Sísmicos. Paris: ICOLD/Taylor & Francis, 2021.
- International Commission on Large Dams (ICOLD). *Dam Safety Management – Pre-operational phases of the dam life cycle*. Bulletin 175. Paris: ICOLD, 2021.
- International Commission on Large Dams (ICOLD). *Bulletin 72: Dams Risk Classification System*. Paris: ICOLD, 2019.
- Leal, Felipe Carlos de Araújo; Gomes, William Vieira; Silva, Phillippy Johny Lindolfo da; Gonçalves, Pedro Hugo de Freitas; Freitas Neto, Osvaldo de; Santos Júnior, Olavo Francisco dos. Uma revisão dos acidentes em barragens de rejeito de mineração da América do Sul e o cenário brasileiro. *Revista de Geociências do Nordeste* (REGNE), Natal, v. 8, n. 1, 2022. Disponível em: <<https://doi.org/10.21680/2447-3359.2022v8n1ID25727>>. Acesso em: 18 mai. 2025.