

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS**  
**Instituto de Ciências Agrárias**  
**Especialização em Recursos Hídricos e Ambientais**

Isadora Teixeira Gomes

**EVOLUÇÃO DA POLÍTICA NACIONAL DE SEGURANÇA DE BARRAGENS:  
AVANÇOS, DESAFIOS, OPORTUNIDADES E SUA APLICAÇÃO PARA AS  
BARRAGENS DE REJEITOS DE MINERAÇÃO EM MINAS GERAIS**

Montes Claros  
2025

Isadora Teixeira Gomes

**EVOLUÇÃO DA POLÍTICA NACIONAL DE SEGURANÇA DE BARRAGENS:  
AVANÇOS, DESAFIOS, OPORTUNIDADES E SUA APLICAÇÃO PARA AS  
BARRAGENS DE REJEITOS DE MINERAÇÃO EM MINAS GERAIS**

Monografia de Especialização apresentada ao Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial à obtenção do título de especialista em Recursos Hídricos e Ambientais.

Orientador: Me, Dalton Rocha Pereira

Montes Claros  
2025

Gomes, Isadora Teixeira.

G633e  
2025

Evolução da política nacional de segurança de barragens: avanços, desafios, oportunidades e sua aplicação para as barragens de rejeitos de mineração em Minas Gerais [manuscrito] / Isadora Teixeira Gomes. Montes Claros, 2025.  
50 f. : il.

Monografia (especialização) - Área de concentração em Recursos Hídricos e Ambientais. Universidade Federal de Minas Gerais / Instituto de Ciências Agrárias.

Orientador(a): Dalton Rocha Pereira.

Banca examinadora: Dalton Rocha Pereira, Julia Ferreira da Silva, Stanley Schettino.

Inclui referências: f. 47-50.

1. Barragens e açudes - Teses. 2. Barragens de rejeitos - Teses. 3. Direito de minas - Teses. I. Pereira, Dalton Rocha. II. Universidade Federal de Minas Gerais. Instituto de Ciências Agrárias. III. Título.

CDU: 624.136



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS  
INSTITUTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
ESPECIALIZAÇÃO EM RECURSOS HÍDRICOS E AMBIENTAIS

## FOLHA DE APROVAÇÃO

EVOLUÇÃO DA POLÍTICA NACIONAL DE SEGURANÇA DE BARRAGENS: AVANÇOS, DESAFIOS, OPORTUNIDADES E SUA IMPLICAÇÃO PARA AS BARRAGENS DE REJEITOS DE MINERAÇÃO EM MINAS GERAIS

ISADORA TEIXEIRA GOMES

Trabalho Final de Curso de Especialização (TFCE) submetido à Comissão de Avaliação designada pela Comissão de Coordenação do curso de Especialização em Recursos Hídricos e Ambientais, como requisito parcial para obtenção do título de Especialista em Recursos Hídricos e Ambientais.

**TFCE aprovado no dia sete de julho do ano 2025 pela comissão de avaliação constituída pelos membros:**

Dalton Rocha Pereira  
Orientador - ICA/UFMG

Júlia Ferreira da Silva  
Avaliadora - ICA/UFMG

Stanley Schettino  
Avaliador - ICA/UFMG

Montes Claros, data da assinatura eletrônica.

Dalton Rocha Pereira  
Coordenador de Pós-graduação *Lato Sensu*



Documento assinado eletronicamente por **Dalton Rocha Pereira, Coordenador(a) de curso de pós-graduação**, em 20/08/2025, às 13:04, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site [https://sei.ufmg.br/sei/controlador\\_externo.php?acao=documento\\_conferir&id\\_orgao\\_acesso\\_externo=0](https://sei.ufmg.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0), informando o código verificador 4466936 e o código CRC D716782A.



## RESUMO

Este trabalho tem como objetivo analisar a evolução da Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB) no Brasil, com ênfase nas mudanças introduzidas pela Lei Federal nº 14.066/2020 e seus impactos sobre as barragens de rejeitos de mineração em Minas Gerais. Especificamente, busca-se: (i) comparar os dispositivos legais das Leis nº 12.334/2010 e nº 14.066/2020, destacando avanços e lacunas; (ii) avaliar a conformidade da legislação brasileira com padrões internacionais, como o *Global Industry Standard on Tailings Management* (GISTM); e (iii) verificar o andamento da descaracterização de barragens construídas pelo método a montante em relação aos prazos definidos pela legislação vigente. A metodologia consistiu em uma análise documental de normas jurídicas, relatórios institucionais (como o SIGBM e o SNISB) e diretrizes internacionais. Foram identificadas e comparadas as principais alterações legislativas, além de coletados dados sobre o progresso das ações de descaracterização no estado de Minas Gerais. Os resultados indicam avanços importantes no marco regulatório, como a adoção de critérios mais rigorosos para classificação de risco e dano potencial, a exigência de sistemas de alerta precoce, a proibição do método construtivo a montante e o reforço das responsabilidades legais dos empreendedores. Contudo, persistem desafios significativos na fiscalização, no cumprimento dos prazos e na implementação efetiva das novas diretrizes, sobretudo em Minas Gerais, onde se concentra o maior número de barragens de rejeitos. Conclui-se que as recentes alterações legais representam um progresso relevante para a segurança de barragens no Brasil. Entretanto, é necessário fortalecer os mecanismos de governança, fiscalização e participação social para garantir a plena efetividade da PNSB e prevenir novos desastres socioambientais.

Palavras-chaves: Legislação; Segurança de barragem; Barragens de rejeito de mineração.

## ABSTRACT

This study aims to analyze the evolution of the Brazilian National Dam Safety Policy (*Política Nacional de Segurança de Barragens – PNSB*), with an emphasis on the changes introduced by Law No. 14,066/2020 and their impacts on mining tailings dams in Minas Gerais. Specifically, it seeks to: (i) compare the legal provisions of Laws No. 12,334/2010 and No. 14,066/2020, highlighting advances and gaps; (ii) assess the alignment of Brazilian legislation with international standards, such as the Global Industry Standard on Tailings Management (GISTM); and (iii) evaluate the progress of the decharacterization of upstream-built dams in accordance with the deadlines established by current legislation. The methodology consisted of a documentary analysis of legal frameworks, institutional reports (such as SIGBM and SNISB), and international guidelines. Key legislative changes were identified and compared, and data were collected on the progress of decharacterization efforts in the state of Minas Gerais. The results indicate significant improvements in the regulatory framework, such as the adoption of stricter criteria for risk and potential damage classification, the requirement of early warning systems, the prohibition of upstream construction methods, and the strengthening of legal responsibilities of dam operators. However, major challenges remain regarding enforcement, compliance with deadlines, and the effective implementation of the new provisions, particularly in Minas Gerais, which accounts for the highest number of tailings dams. It is concluded that the recent legal reforms represent an important step toward dam safety in Brazil. Nevertheless, strengthening governance mechanisms, regulatory oversight, and public participation remains essential to ensure the full effectiveness of the PNSB and prevent future socio-environmental disasters.

Keywords: Legislation; Dam safety; Mining tailings dams.

## **ABREVIações**

ANA – Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico

ANCOLD – Australian National Committee on Large Dams (Comitê Nacional Australiano de Grandes Barragens)

CDA – Canadian Dam Association (Associação Canadense de Barragens)

CIRR – Independent Tailings Review Board (Conselho Independente de Revisão de Rejeitos)

CNRH – Conselho Nacional de Recursos Hídricos

DPA – Dano Potencial Associado

EoR – Engineer of Record (Engenheiro de Registro)

FEMA – Federal Emergency Management Agency (Agência Federal de Gestão de Emergências dos EUA)

FNMA – Fundo Nacional do Meio Ambiente

GISTM – Global Industry Standard on Tailings Management (Padrão Global da Indústria para a Gestão de Rejeitos)

ICMM – International Council on Mining and Metals (Conselho Internacional de Mineração e Metais)

PAE – Plano de Ação de Emergência

PESB – Política Estadual de Segurança de Barragens

PNSB – Política Nacional de Segurança de Barragens

PRI – Principles for Responsible Investment (Princípios para o Investimento Responsável)

PSB – Plano de Segurança de Barragem

SIGBM – Sistema Integrado de Gestão de Segurança de Barragens de Mineração

SNISB – Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens

ZAS – Zona de Autossalvamento

ZSS – Zona de Segurança Secundária

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO .....	9
2. REFERÊNCIAL TEÓRICO .....	12
2.1. Contexto histórico das barragens no Brasil e no mundo .....	12
2.1.1. Contexto das barragens de rejeitos de mineração .....	14
2.1.2. Minas Gerais e as barragens de mineração .....	16
2.1.3. Histórico da legislação de segurança de barragens no Brasil .....	20
2.1.4. Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB) .....	22
2.1.5. Política Estadual de Segurança de Barragens em Minas Gerais .....	25
2.2. Legislação internacional de segurança de barragens .....	27
3. METODOLOGIA .....	32
3.1. Revisão da literatura .....	32
3.2. Análise documental .....	32
3.3. Análise Crítica e Comparativa .....	33
3.4. Análise dos dados de descaracterização de barragens .....	33
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	34
4.1. Comparação entre as Leis nº 12.334/2010 e nº 14.066/2020: Avanços na Legislação de Segurança de Barragens .....	34
4.2. Comparação entre a Legislação Nacional e o Padrão Global da Indústria para a Gestão de Rejeitos (GISTM) .....	37

4.3. Descaracterização de Barragens a Montante: Avaliação do Progresso e Desafios no Cumprimento da PNSB.....	42
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	46
6. REFERÊNCIAS.....	47

## 1. INTRODUÇÃO

Antes da criação da Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB), a legislação brasileira sobre o tema era dispersa e fragmentada, com normativas setoriais que não contemplavam de forma abrangente a segurança das barragens em todas as suas finalidades. A regulamentação era baseada em diretrizes técnicas específicas para setores como energia e recursos hídricos, mas não havia um marco legal unificado que estabelecesse critérios gerais de segurança, fiscalização e responsabilidade (Silva; Fais; Freiria, 2020). Esse cenário contribuiu para lacunas no monitoramento e na gestão dos riscos associados a barragens, especialmente as de rejeitos de mineração, cuja fiscalização variava conforme os órgãos ambientais estaduais e as próprias políticas internas das empresas.

A Política Nacional de Segurança de Barragens, instituída pela Lei Federal nº 12.334/2010 e aprimorada pela Lei nº 14.066/2020, representa um marco regulatório fundamental para a gestão dos riscos associados às barragens no Brasil. Seu objetivo central é promover uma cultura de prevenção e mitigação de desastres, por meio da implementação rigorosa de normas de segurança aplicáveis a barragens de diferentes finalidades, como a acumulação de água, o armazenamento de rejeitos e a contenção de resíduos industriais (ANA, 2017).

Desde a sua implementação, a PNSB tem apresentado avanços significativos, especialmente em relação ao registro, categorização e avaliação de conformidade das barragens. Além disso, foram observados progressos não só na área legislativa como também na transparência de dados relacionados à segurança destas estruturas. No entanto, é notório que a intensificação da publicação de novas normas ocorreu a partir de 2015, em resposta aos desastres provocados pelas rupturas das barragens de Fundão, em Mariana (2015), e de Feijão, em Brumadinho (2019), ambas localizadas no estado de Minas Gerais (Souza, 2018).

As tragédias de Mariana e Brumadinho expuseram não apenas falhas técnicas e operacionais, mas também deficiências na governança corporativa, na fiscalização estatal e na comunicação de riscos às comunidades vulneráveis. Estes eventos

evidenciaram a necessidade de aprimoramentos na regulamentação e na gestão da segurança de barragens, resultando na implementação de medidas mais rigorosas para prevenir novos desastres. Dentre essas mudanças, destacam-se o fortalecimento dos critérios de classificação das barragens, levando em conta o risco e o potencial de danos, além da obrigatoriedade de sistemas de alerta precoce e planos de ação de emergência, fundamentais para a resposta rápida em situações de crise.

Além disso, a nova regulamentação proibiu, em determinadas circunstâncias, a construção e ampliação de barragens pelo método a montante, técnica associada aos rompimentos mais recentes. Também houve um aumento nas responsabilidades legais e penais dos empreendedores e profissionais envolvidos na gestão das barragens, reforçando a necessidade de uma atuação mais diligente e transparente. Por fim, foram aperfeiçoados os mecanismos de participação e controle social, permitindo um maior envolvimento da sociedade na fiscalização e na gestão dos riscos, com o objetivo de tornar o processo mais transparente e eficiente.

Diante desse contexto, o presente trabalho tem como objetivo discutir a Política Nacional de Segurança de Barragens com ênfase nas modificações introduzidas pela Lei nº 14.066/2020. Especificamente, a sua aplicação no caso das barragens de rejeitos de mineração no estado de Minas Gerais. Esse foco justifica-se pelo fato de que, segundo Souza (2018), dos 14 rompimentos de barragens registrados no Brasil nas últimas décadas, seis ocorreram em Minas Gerais, sendo que todos envolviam barragens destinadas ao armazenamento de rejeitos. A recorrência desses desastres no estado evidencia a fragilidade do sistema de monitoramento local e a necessidade de aprimoramento das políticas de segurança.

Para atingir esse objetivo, este trabalho se propõe a:

- Fazer uma análise documental sobre o histórico das regulamentações nacionais e estaduais em Minas Gerais relacionadas à segurança de barragens

- Comparar as Leis nº 12.334/2010 e nº 14.066/2020, destacando as alterações significativas introduzidas pela legislação mais recente no âmbito da segurança das barragens;
- Avaliar a legislação nacional de segurança de barragens, com foco em barragens de mineração, em comparação com padrões internacionais, identificando convergências, divergências e oportunidades de aprimoramento;
- Examinar os dados sobre a descaracterização de barragens construídas pelo método a montante e avaliar o cumprimento das metas e prazos estabelecidos pela PNSB.

Esse trabalho visa contribuir para o entendimento das transformações no sistema de segurança das barragens e oferecer subsídios para a melhoria contínua das políticas públicas relacionadas à gestão dos riscos de barragens, especialmente no contexto das atividades mineradoras.

## 2. REFERÊNCIAL TEÓRICO

### 2.1. Contexto histórico das barragens no Brasil e no mundo

Etimologicamente, “*barragem*” advém da língua francesa, que remete a “*barrage*”, no século XII. A palavra deriva das palavras “*barre*”, do francês, e “*barra*”, do latim, a qual significa “travessar, trancar de fechar porta” (CBDB, 2024). Essas estruturas são construções artificiais destinadas a acumular água ou outros fluidos, e variam desde simples elevações de terra em propriedades rurais até complexas edificações de concreto ou terra, empregadas para fornecimento de água, produção energética, controle de inundações e irrigação (CBDB, 2024).

De forma complementar, o termo “barragem” refere-se a uma estrutura construída transversalmente a um rio ou talvegue. Seu propósito principal é elevar o nível da água ou criar um reservatório para armazenamento, seja para regular o fluxo do rio ou reter outros fluidos (Brasil, 2002). Hulsing (1968), descreve barragens como estruturas que atuam como mecanismos de controle. Nesse sistema, a liberação de água está diretamente relacionada ao nível da superfície aquática a montante da barragem.

As barragens mais antigas que se tem conhecimento localizavam-se no Egito, Oriente Médio e Índia e foram construídas a milhares de anos atrás. A barragem de Jawa, localizada na Jordânia, é considerada uma das mais antigas do mundo. Construída por volta de 3000 a.C., era uma estrutura de aterro de solo compactado com muros de alvenaria. Com 5 metros de altura e 80 metros de comprimento, ela exemplifica as técnicas avançadas de engenharia hidráulica utilizadas pelas civilizações antigas há mais de cinco mil anos (Melo, 2014).

A primeira barragem considerada de grande porte documentada foi a represa de Sadd-al-Kafara, no Egito, construída por volta de 2650 a.C. pelo faraó Menés, com o objetivo de proteger a cidade de Mênfis das inundações dos afluentes do rio Nilo (Melo, 2014). Sua construção levou aproximadamente 10 anos, porém, devido à ausência de um vertedouro, a barragem, com capacidade de 570.000 m<sup>3</sup>, acabou

sendo sobrecarregada e galgou, resultando na formação de uma grande lacuna na parte central do maciço (Pimenta, 2009).

Antes do século XX, os projetos de barragens eram desenvolvidos com base em conhecimento empírico, e a engenharia avançava principalmente por meio da análise de falhas anteriores. No meio do século XX, o progresso científico e tecnológico, aliado ao desenvolvimento de equipamentos para transporte e compactação de materiais, revolucionou a construção de aterros, permitindo a criação de barragens maiores e mais seguras (Pimenta, 2009). O uso sistemático de estudos de mecânica dos solos e hidráulica na concepção dessas estruturas consolidou-se nos últimos 50 a 60 anos, marcando uma nova era na engenharia hidráulica.

Segundo a Agência Nacional de Águas (ANA), a construção de grandes barragens tornou-se possível a partir da metade do século passado devido aos avanços tecnológicos (ANA, 2017). Isso levou à construção de diversos reservatórios, que, apesar de trazerem benefícios, também geram preocupações devido aos grandes volumes e características físico-químicas dos materiais armazenados. Com o aumento das dimensões das barragens, houve um incremento nas resoluções normativas para prevenir rupturas e desastres, pois um rompimento pode causar inundações extensas e aumento da velocidade de escoamento do material (ANA, 2017).

No Brasil, o marco histórico da construção de barragens iniciou em 1877, como resposta a uma severa seca no Nordeste. O imperador Dom Pedro II criou uma comissão para enfrentar o problema, que propôs a construção de barragens para garantir o abastecimento hídrico da região (Mello, 2011). Nesse contexto, foi erguida a primeira barragem oficialmente documentada no país, a Barragem de Cedros, no Ceará. Essa obra emergencial resultou em um reservatório que inundou 1.745 hectares e atingiu uma capacidade de 125.694.000 m<sup>3</sup> (Mello, 2011). A conclusão da Barragem de Cedros, em 1906, marcou o início do planejamento e construção de grandes barragens no Brasil.

No Sul e Sudeste brasileiro, as maiores barragens foram inicialmente voltadas para a produção de energia elétrica, como a hidrelétrica Edgard de Sousa, no rio Tietê. Com mais de 15 metros de altura, a barragem entrou em operação em 1901 para abastecer a cidade de São Paulo. Décadas depois, a construção da usina hidrelétrica de Itaipu, uma das maiores do mundo, consolidou o Brasil como referência mundial em construção, segurança de barragens e estudos de estruturas de concreto (Gigolotti; Faria; Júnior, 2022). Mais recentemente, a Usina de Belo Monte, no Pará, entrou em operação em 2016 e é a terceira maior hidrelétrica do Brasil, com uma capacidade instalada de 11.233 MW.

Ademais, de forma paralela ao desenvolvimento das atividades econômicas no Brasil, a exploração mineral teve seu início no século XVI. Desde então, essa indústria tem se expandido de maneira contínua, desempenhando papel fundamental na história econômica do país. Com o crescimento da mineração, surgiu a necessidade de construir diversas barragens destinadas à contenção de rejeitos minerais. Essas estruturas, projetadas para reter os subprodutos da atividade mineradora, tornaram-se especialmente prevalentes no estado de Minas Gerais, uma região reconhecida por sua riqueza mineral e pela intensa atividade extrativista.

### **2.1.1. Contexto das barragens de rejeitos de mineração**

O Comitê Brasileiro de Barragens (CBDB) destaca que, por muitos anos, as atividades minerárias descartaram seus resíduos diretamente na natureza, sem controle ou preocupação ambiental (Mello, 2011). Com o avanço tecnológico, tornou-se possível a mineração de corpos com baixo teor mineral, o que resultou na produção ainda maior de resíduos pelas mineradoras. Nesse contexto, surgiram precedentes legais para eliminar a disposição descontrolada de rejeitos em diversas partes do mundo.

Dessa forma, as barragens destinadas à disposição de rejeitos começaram a ser construídas na década de 1930, com o objetivo principal de evitar que os rejeitos fossem lançados diretamente em cursos d'água, minimizando os impactos ambientais da mineração (Mello, 2011). Na indústria mineradora, é essencial contar com estruturas adequadas para o armazenamento dos subprodutos gerados, uma vez que

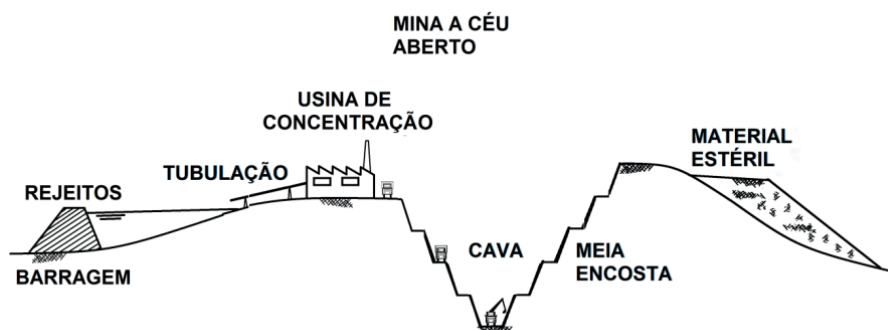
para extrair o elemento de interesse, principalmente os minerais metálicos, as mineradoras utilizam processos que normalmente envolvem a adição de produtos químicos e grande quantidade de água.

A polpa não aproveitável resultante desse processo, composta por água e partículas sólidas de granulometria variável, é chamada de rejeito (ICME, 1998). Esse rejeito é transportado para áreas de armazenamento de diferentes formas: pode ser movido em estado sólido por caminhões ou esteiras, ou na forma de uma mistura líquida, geralmente composta por água e partículas sólidas, bombeada através de tubos (Duarte, 2008).

A composição desses resíduos não é uniforme, variando de acordo com as propriedades químicas e físicas do minério original, bem como dos métodos utilizados na extração e no beneficiamento. Essas variações influenciam diretamente o potencial de impacto ambiental dos resíduos. Além disso, fatores como a geologia, as características geotécnicas e o relevo da região determinam a escolha do método mais apropriado para o armazenamento desses materiais (Duarte, 2008).

Os rejeitos podem ser dispostos em minas subterrâneas, cavas exauridas ou barragens de contenção, conforme ilustrado na Figura 2-1. O uso de barragens de contenção é a alternativa mais comum, mas apresenta maior risco de contaminação ambiental, afetando tanto o solo quanto a água subterrânea, devido à possibilidade de infiltração para o lençol freático ou águas superficiais a jusante (Duarte, 2008).

**Figura 2-1 – Esquema de atividade de mineração a céu aberto.**



Fonte: Gigolotti; Faria; Júnior (2022).

Nas últimas três décadas, as técnicas de disposição de rejeitos passaram por uma evolução contínua, impulsionada principalmente pelas exigências crescentes dos órgãos ambientais. Esse avanço foi necessário devido ao aumento significativo dos volumes de rejeitos gerados, à falta de áreas adequadas para disposição e à maior dificuldade em obter outorgas para o uso de água nos processos de beneficiamento (Souza, 2018). Além disso, o histórico de acidentes com rupturas e vazamentos de rejeitos também desempenhou papel importante nesta evolução.

### **2.1.2. Minas Gerais e as barragens de mineração**

A atividade mineradora em Minas Gerais teve início no século XVI, marcando o período colonial com intensa busca por ouro. Durante o século XVIII, cidades envolvidas nesse ciclo do ouro vivenciaram seu período de maior prosperidade. Com a redução da extração de ouro e diamantes no começo do século XX, a extração de ferro emergiu como atividade predominante, especialmente nas áreas que já haviam sido palco do primeiro ciclo mineral. Ouro Preto, Congonhas, Mariana, Catas Altas, Santa Bárbara, Sabará e Nova Lima compõem o chamado quadrilátero ferrífero, refletindo essa nova fase da mineração no estado (Ruchkys; Machado, 2013).

Atualmente, a mineração de ferro, incluindo suas etapas de extração, beneficiamento e transporte, compõe um setor industrial de grande porte, que visa atender a exigentes padrões globais de qualidade. Embora a mineração seja uma importante fonte de recursos e impulse a economia de várias regiões, ainda não foi encontrada uma solução sustentável que converta esse ciclo econômico temporário em benefícios permanentes para as comunidades locais. Como consequência, a mineração frequentemente gera impactos negativos profundos, que afetam tanto a sociedade quanto o meio ambiente, incluindo a paisagem urbana e os ecossistemas próximos às áreas de extração (Ruchkys; Machado, 2013).

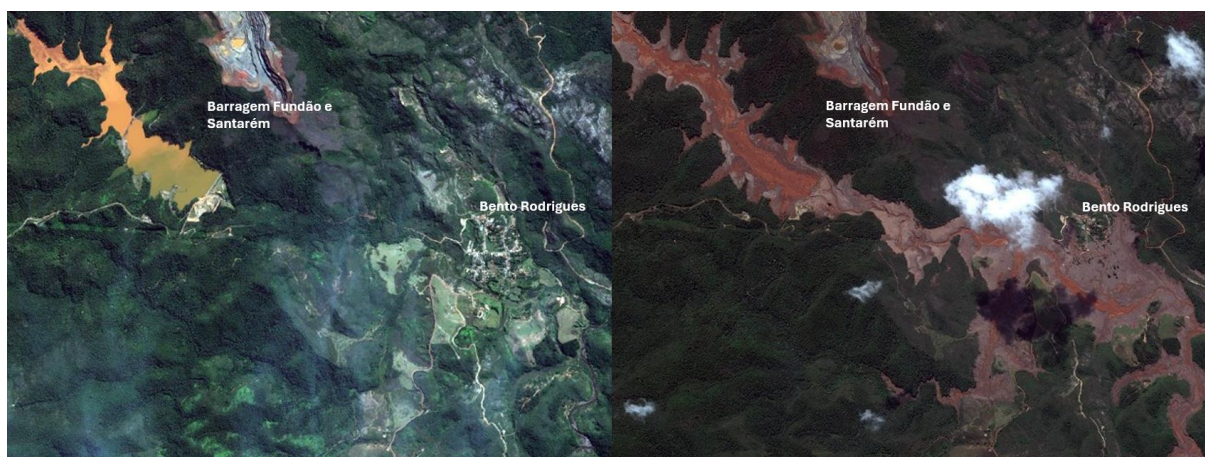
Com o passar dos anos, a segurança das barragens usadas para armazenar rejeitos se tornou uma preocupação crescente. Eventos trágicos nas últimas décadas evidenciaram os danos catastróficos que a falha dessas estruturas pode causar, prejudicando tanto as populações quanto os ambientes naturais. Esse cenário

preocupante tem impulsionado debates sobre a necessidade de reforçar as regulamentações de segurança e atualizar os marcos legais, a fim de evitar novos desastres e mitigar os riscos associados a colapsos dessas barragens.

Os recentes desastres na indústria de mineração, especificamente os colapsos das barragens em Mariana (2015) e Brumadinho (2019), provocaram uma mudança paradigmática na sociedade e no setor. Anteriormente, prevalecia a ideia de que os danos ambientais causados pela mineração eram um preço inevitável a se pagar pelo desenvolvimento econômico, especialmente em Minas Gerais. No entanto, essas catástrofes desafiaram essa narrativa de forma contundente, expondo as graves consequências de práticas inadequadas de gestão de rejeitos.

Em 5 de novembro de 2015, o rompimento da barragem de Fundão, em Mariana, operada pela Samarco (uma joint venture entre Vale S.A. e BHP Billiton), liberou cerca de 43,7 milhões de metros cúbicos de rejeitos. As consequências foram devastadoras: 19 mortes, 329 famílias desalojadas e a contaminação de 663,2 km da Bacia do Rio Doce (Santo, *et. al.*, 2021). Conforme pode ser observado na Figura 2-2, o desastre destruiu completamente a vila de Bento Rodrigues e causou danos severos às vilas de Paracatu e Barra Longa. Os impactos ambientais se estenderam até o estado do Espírito Santo, afetando gravemente ecossistemas aquáticos e terrestres ao longo de seu trajeto (Santo *et. al.*, 2021).

**Figura 2-2 – Antes e depois da ruptura da Barragem de Fundão em Mariana**



Fonte: Adaptado de Airbus e DigitalGlobe (2015)

O colapso da barragem de Fundão, amplamente reconhecido como o maior desastre ambiental do Brasil, gerou consequências graves e de longo prazo. A lama tóxica resultante do desastre impediu a absorção de água pelo solo, destruiu a matéria orgânica essencial e alterou o pH do rio Doce, comprometendo a fertilidade do território (Santo *et. al.*, 2021). Os ecossistemas aquáticos e os cursos d'água foram severamente impactados, trazendo danos consideráveis às comunidades ribeirinhas e aos pescadores que dependiam desses recursos naturais para a sua sobrevivência.

Menos de quatro anos depois, em 25 de janeiro de 2019, ocorreu o rompimento da Barragem B1 da Mina Córrego do Feijão, em Brumadinho, também operada pela Vale S.A. Este desastre resultou em 270 mortes confirmadas e 11 pessoas desaparecidas, impactando diretamente 310 hectares do Vale do Córrego do Ferro-Carvão (Santo, *et. al.*, 2021). O evento foi considerado o maior acidente de trabalho da história do Brasil, já que no momento da ruptura, 427 funcionários da mineradora trabalhavam no local. Além das trágicas perdas humanas, o rompimento causou severa contaminação do Rio Paraopeba, afetando o abastecimento de água de diversas cidades da região (Santo, *et. al.*, 2021). A Figura 2-3 apresenta a vista aérea da barragem do momento do colapso, pode-se perceber a magnitude da quantidade de rejeito que foi liberado.

**Figura 2-3 – Antes e depois da Barragem B1, da Mina Córrego do Feijão, em Brumadinho**

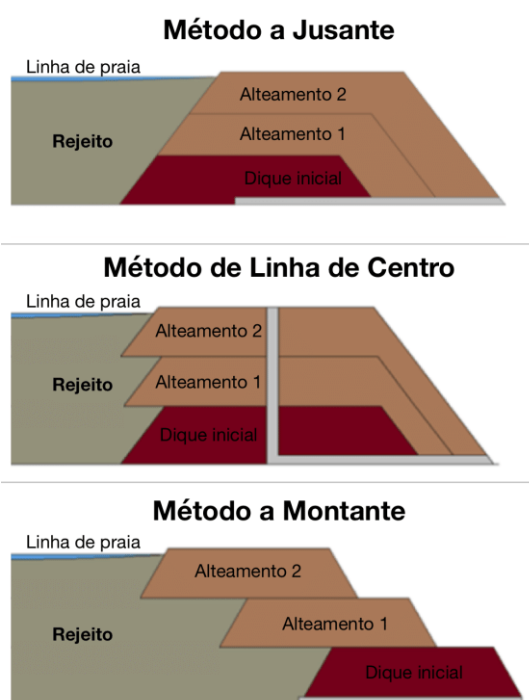


Fonte: Adaptado de Darlington *et. al.*, 2019

Os dois desastres recentes em Minas Gerais foram causados pelo rompimento de barragens de rejeitos alteadas a montante, um método de construção no qual os diques sucessivos são erguidos sobre o próprio rejeito previamente depositado. Apesar do menor custo, essa técnica apresenta alto risco de falha devido à instabilidade dos rejeitos, especialmente durante chuvas intensas ou eventos sísmicos (Cardozo *et. al.*, 2016).

Segundo Cardozo *et. al.* (2016) e conforme apresentado na Figura 2-4, a barragem a jusante é considerada mais segura, pois seus diques são construídos na direção do talude de jusante e apoiados sobre solos mais estáveis. Já a barragem de linha de centro representa um método intermediário, no qual os diques adicionais seguem a linha central do dique inicial, oferecendo maior segurança do que o método a montante, mas ainda exigindo monitoramento contínuo.

**Figura 2-4 – Métodos construtivos de barragens de rejeitos de mineração**



**Fonte: Cardozo; Pimenta; Zingano (2016)**

Como consequência das tragédias no Brasil, diversas medidas regulatórias foram implementadas para restringir o uso do método a montante, incluindo a exigência de descomissionamento dessas estruturas. O avanço na legislação e nas técnicas de

monitoramento tornou-se essencial para prevenir novos desastres e garantir maior segurança na mineração. Legislação de segurança de barragens

### **2.1.3. Histórico da legislação de segurança de barragens no Brasil**

A evolução da legislação de segurança de barragens no Brasil reflete o desenvolvimento histórico das políticas de gestão de recursos hídricos e ambientais no país. Durante o período imperial, a regulamentação pertinente às barragens era escassa, destacando-se o Alvará de 1819, que exigia autorização do Ministro da Comarca para a construção de canais e barragens destinados à irrigação (Mello, 2011). Antes da industrialização, a exploração das águas de rios não navegáveis e não perenes estava vinculada ao direito de posse da terra, com o Estado concentrando-se no controle de rios navegáveis essenciais para a expansão territorial (Silvestre, 2008).

A Constituição Federal de 1934 representou um marco ao dissociar o direito de propriedade do solo dos recursos naturais, estabelecendo que minas e quedas d'água eram propriedades distintas para exploração industrial, influenciada por princípios nacionalistas e intervencionistas visando o desenvolvimento econômico (Silva, 2022). Nesse mesmo ano, o Decreto 24.643/34, conhecido como Código das Águas, regulamentou o uso das águas com foco na indústria, delegando a administração dos recursos hídricos a um órgão do setor elétrico, evidenciando a visão limitada dos legisladores quanto ao potencial das águas e à necessidade de sua preservação, priorizando o uso econômico do recurso natural e a exploração da energia hidráulica (Silva, 2022).

Na década de 1980, a criação da Política Nacional do Meio Ambiente (PNMA) pela Lei nº 6.938/81 adotou uma visão integrada dos recursos naturais, focando na preservação ambiental e no desenvolvimento sustentável, introduzindo instrumentos como a definição de padrões de qualidade ambiental, exigência de avaliações de impacto ambiental, implementação de zoneamento ambiental e introdução do licenciamento para atividades específicas ou potencialmente poluidoras (Silva, Fais e Freiria, 2020). A Constituição de 1988 consolidou avanços ao estabelecer que as

águas são de domínio da União ou dos estados, conforme sua localização, criando o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SNGRH) e assegurando o direito a um meio ambiente ecologicamente equilibrado, atribuindo ao poder público e à sociedade a responsabilidade por sua proteção e preservação (Silva; Fais; Freiria, 2022).

Posteriormente, a Política Nacional de Recursos Hídricos, instituída pela Lei nº 9.433 de 1997, visou organizar o setor e integrar a gestão dos recursos hídricos com a ambiental nos níveis regional, estadual e nacional. A lei reforçou a descentralização da gestão proposta pela Constituição de 1988 e estabeleceu a bacia hidrográfica como a unidade de gestão, reconhecendo que cursos d'água frequentemente atravessam vários municípios e estados, cada um com características ambientais e demandas hídricas distintas, o que exige um planejamento mais abrangente e coordenado (Brasil, 1997).

Como parte do processo contínuo de aprimoramento na gestão dos recursos hídricos no Brasil, a Lei 9.984 de 2000 estabeleceu a Agência Nacional de Águas (ANA), representando um avanço significativo na estrutura administrativa dedicada ao controle, exploração e fiscalização dos recursos hídricos nacionais. Vinculada ao Ministério do Meio Ambiente, a ANA foi instituída como entidade autárquica federal com o objetivo de implementar a Política Nacional de Recursos Hídricos e coordenar o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, fortalecendo o controle, a exploração e a fiscalização das águas no país (Silva, 2022).

De acordo com a Política Nacional de Recursos Hídricos, no Art. 4º, cabe a ANA:

X – planejar e promover ações destinadas a prevenir ou minimizar os efeitos de secas e inundações, no âmbito do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, em articulação com o órgão central do Sistema Nacional de Defesa Civil, em apoio aos Estados e Municípios;

XII – definir e fiscalizar as condições de operação de reservatórios por agentes públicos e privados, visando a garantir o uso múltiplo dos recursos hídricos, conforme estabelecido nos planos de recursos hídricos das respectivas bacias hidrográficas;

XX - organizar, implantar e gerir o Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens (SNISB)

XXI - promover a articulação entre os órgãos fiscalizadores de barragens; (Incluído pela Lei nº 12.334, de 2010)

XXII - coordenar a elaboração do Relatório de Segurança de Barragens e encaminhá-lo, anualmente, ao Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH), de forma consolidada. (Incluído pela Lei nº 12.334, de 2010) (Brasil, 2000)

Todo esse percurso serve para ilustrar que, atualmente, a ANA desempenha um papel fundamental na gestão da segurança de barragens, sendo responsável pela implementação do Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens (SNISB). Além disso, coordena as entidades fiscalizadoras e elabora os Relatórios de Segurança de Barragens, fortalecendo essas práticas com a criação da Política Nacional de Segurança de Barragens, estabelecida pela Lei nº 12.334/2010, cujos principais aspectos serão abordados a seguir.

#### **2.1.4. Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB)**

A Lei nº 12.334, de 20 de setembro de 2010, estabelece a Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB), que abrange barragens destinadas à acumulação de água para quaisquer usos, à disposição final ou temporária de rejeitos e à acumulação de resíduos industriais, além de criar o Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens (SNISB). Além disso, a lei altera a redação do art. 35 da Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997 (que institui a Política Nacional de Recursos Hídricos – PNRH), e do art. 4º da Lei nº 9.984, de 17 de julho de 2000 (que dispõe sobre a criação da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico – ANA) (Brasil, 2010).

Considerando os últimos eventos ocorridos em Mariana e Brumadinho, com o escopo de dar mais efetividade à PNSB, foi editado em 2020 a Lei 14.066, que trouxe algumas alterações no marco regulatório da Política nacional de Segurança de Barragens e passou a determinar uma maior comunicação entre o responsável pelas barragens e os demais órgãos de segurança (Silva, 2022).

O principal objetivo da PNSB é fomentar a prevenção e mitigação de desastres, por meio da observância dos padrões de segurança de barragens, regulamentando, monitorando e acompanhando as ações de segurança implementadas pelos

responsáveis, com vistas à redução da probabilidade de acidentes e de suas consequências, especialmente para a população afetada (ANA, 2024). As principais mudanças trazidas pela alteração da lei em 2020 serão discutidas posteriormente.

Em comum alinhamento com as diretrizes internacionais como a Comissão Internacional de Grandes Barragens (CIGB ou ICOLD – *International Committee on Large Dams*, segundo a PNSB devem ser cadastradas e monitoradas, de acordo com os critérios da PNSB, as barragens que apresentem ao menos uma das seguintes características:

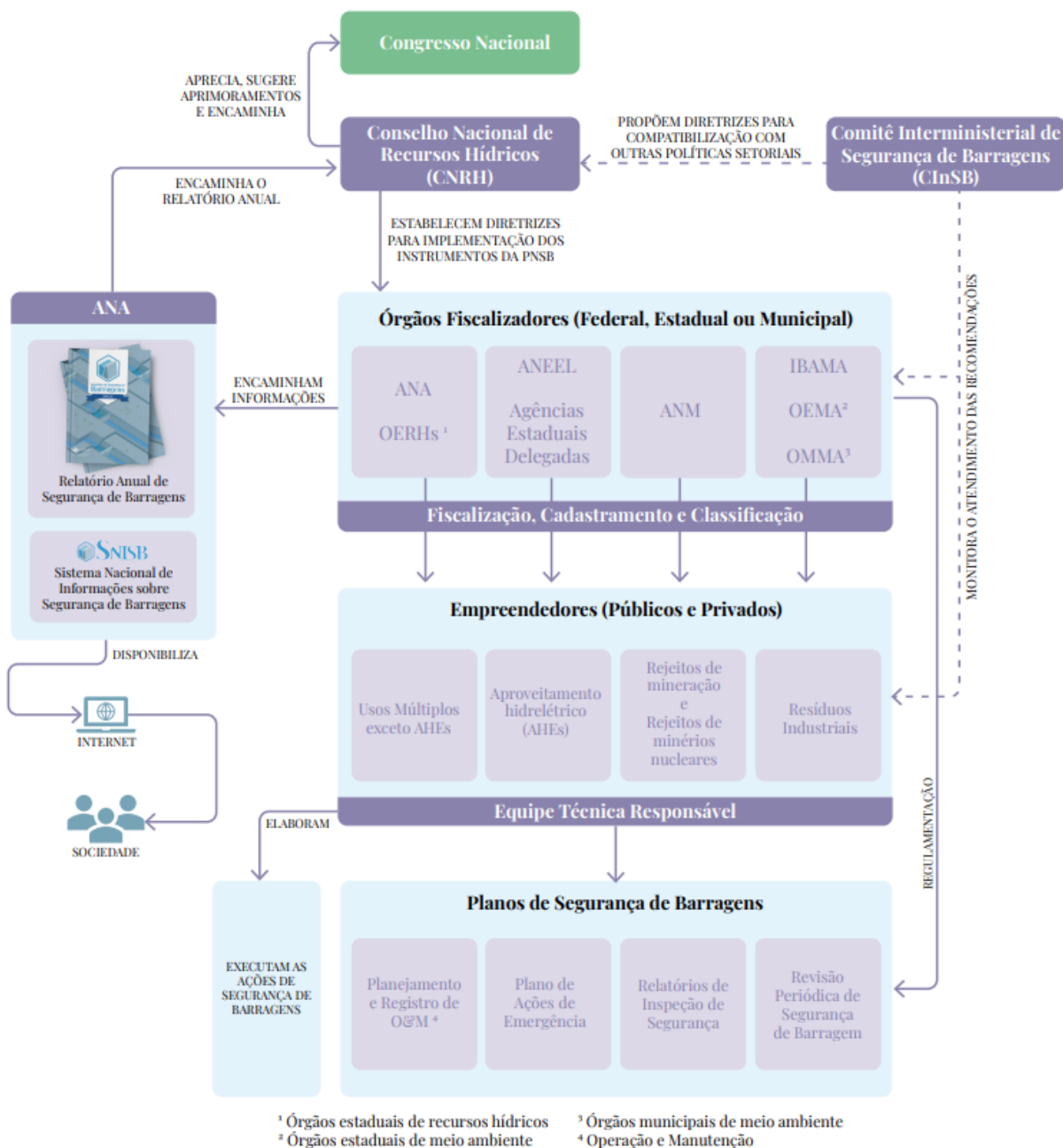
- Altura do maciço, medida do encontro do pé do talude de jusante com o nível do solo até a crista de coroamento do barramento, maior ou igual a 15 metros;
- Capacidade total do reservatório maior ou igual a 3.000.000 m<sup>3</sup>;
- Reservatório que contenha resíduos perigosos, conforme normas técnicas aplicáveis;
- Dano Potencial Associado (DPA) médio ou alto, em termos econômicos, sociais, ambientais ou de perda de vidas humanas;
- Categoria de Risco (CRI) alto, conforme critério do órgão fiscalizador (ANA, 2024).

De acordo com a PNSB, o Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH) é responsável por estabelecer diretrizes e supervisionar o SNISB, que, por sua vez, disponibiliza informações à sociedade. Órgãos fiscalizadores, como a ANA, ANEEL, ANM e IBAMA, são encarregados de monitorar, cadastrar e classificar as barragens. Os empreendedores (públicos ou privados) devem implementar ações e elaborar planos de segurança, incluindo o Plano de Ações de Emergência (PAE) e os Relatórios de Inspeção de Segurança.

Além de sua função fiscalizadora, a ANA desempenha um papel central dentro da política, sendo responsável por elaborar os Relatórios Anuais de Segurança de Barragens e atualizar os dados do SNISB, ambos disponibilizados à sociedade civil (ANA, 2024). O Comitê Interministerial (CinSB) também contribui com diretrizes para assegurar a compatibilidade com outras políticas setoriais (ANA, 2024).

A Figura 2-5 detalha o arranjo institucional da PNSB, os órgãos que a compõem e suas respectivas obrigações.

Figura 2-5 – Arranjo institucional esquemático da PNSB.



Fonte: ANA (2024)

Ao longo dos 13 anos de vigência da PNSB, muitos avanços foram alcançados. Houve uma evolução gradual, especialmente no que se refere ao cadastro, classificação e verificação de barragens quanto ao enquadramento, regulamentação, formação de

equipes técnicas, ações de capacitação, transparência de informações e conscientização dos empreendedores e da sociedade sobre a importância do tema e a necessidade de ações preventivas (ANA, 2024). No entanto, ainda há desafios consideráveis para a plena implementação da PNSB.

#### **2.1.5. Política Estadual de Segurança de Barragens em Minas Gerais**

A evolução da legislação sobre segurança de barragens em Minas Gerais iniciou-se em 2001, com ações da Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável (SEMAD) e da Fundação de Meio Ambiente (FEAM). O primeiro marco regulatório foi a Deliberação Normativa COPAM nº 62/2002, que estabeleceu critérios para classificação de barragens de rejeitos, resíduos e reservatórios de água. Ao longo dos anos, o arcabouço legal foi ampliado com diversas normas: Lei nº 15.056/2004, Deliberações Normativas nº 87/2005 e 124/2008, Decreto Estadual nº 46.993/2016, Lei Estadual nº 23.291/2019 e Resolução nº 2784/2019.

A Lei Estadual nº 23.291/2019, conhecida como "Lei Mar de Lama Nunca Mais", instituiu a Política Estadual de Segurança de Barragens (PESB). Sua promulgação em 25 de fevereiro de 2019, apenas um mês após a tragédia de Brumadinho, evidencia como a pressão popular e midiática acelerou sua tramitação. Esta lei surgiu como resposta aos desastres ocorridos no estado e introduziu algumas divergências em relação à Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB), principalmente devido à pressão por normas mais rigorosas que levou o governo estadual a adotar um modelo com parâmetros diferentes.

A PESB alterou dispositivos da PNSB de 2010, redefinindo critérios de classificação das barragens, proibições, sanções e outras medidas regulatórias voltadas à prevenção, redução e responsabilização dos riscos socioambientais. Em comparação com a PNSB, a política estadual abrange um número maior de barragens em Minas Gerais, já que estabelece uma altura mínima de 10 metros e um volume mínimo de 1.000.000 m<sup>3</sup> para sua classificação. Além disso, os critérios de classificação e os parâmetros de risco diferem entre as duas políticas.

Enquanto a PESB considera apenas o Dano Potencial Associado (DPA) médio ou alto como critério, a PNSB, além do DPA, também leva em conta a Categoria de Risco (CRI) alta, o que afeta diretamente o escopo de barragens fiscalizadas. No entanto, a PNSB apresenta um item mais abrangente, que considera não apenas o DPA, mas também aspectos econômicos, sociais, ambientais e de perda de vidas humanas, enquanto a PESB se concentra no "potencial de dano ambiental médio ou alto", enfatizando a vulnerabilidade socioambiental.

Apesar das diferenças pontuais, um aspecto importante em que ambas as legislações coincidem é a proibição de construção de barragens pela técnica de alteamento a montante, além da obrigatoriedade de desativação das barragens já construídas por esse método. No Brasil, não há hierarquia entre as leis federais, estaduais, municipais e distritais. O que pode ocorrer são conflitos de competência, mas, em caso de confronto, prevalecerá a norma mais específica e competente para disciplinar a matéria. Se uma norma federal invadir a competência de um município, por exemplo, a lei municipal prevalecerá constitucionalmente.

O Quadro 2-1 apresenta uma síntese cronológica das principais normas que regulamentam a segurança de barragens no estado de Minas Gerais.

**Quadro 2-1 – Síntese cronológica das normas que regulam a segurança de barragens em Minas Gerais**

<b>Norma</b>	<b>Vigência</b>	<b>Desastre associado</b>	<b>Objeto</b>
Lei Federal n.º 12.334	20/09/2010	Ind. Papel e Celulose Paraíba do Sul, MG. lixívia. Março de 2003	Institui a Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB)
Lei Estadual n.º 23.291	25/02/2019	Samarco (Vale/BHP Biliton), Rio Doce (Fundão), Mariana. MG. Minério de ferro. Novembro de 2015	Institui a Política Estadual de Segurança de Barragens (PESB) em MG (Lei “Mar de Lama Nunca Mais”)
Lei Federal n.º 14.066	30/09/2020	Vale, Rio Paraopeba (Córrego do Feijão), Brumadinho, MG, Minério de ferro. Janeiro de 2019	Altera normas da PNSB, do Fundo Nacional do Meio Ambiente (FNMA), da Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRI) e do Código de Mineração.

**Fonte: Adaptado de Barros e Mendonça, 2023**

## 2.2. Legislação internacional de segurança de barragens

A regulamentação internacional sobre segurança de barragens e disposição de rejeitos varia conforme as diretrizes estabelecidas por diferentes instituições reguladoras e órgãos técnicos. As abordagens adotadas refletem as especificidades geográficas, socioeconômicas e ambientais de cada país, além da diversidade nas hierarquias e práticas de gerenciamento. No contexto global, diferentes normas e padrões têm sido desenvolvidos para garantir a segurança dessas estruturas e minimizar riscos ambientais e sociais associados ao seu funcionamento.

Nos Estados Unidos, a Agência Federal de Gestão de Emergências (*FEMA – Federal Emergency Management Agency*) destaca que a gestão da segurança de barragens é distribuída entre várias agências reguladoras, cada uma com sua própria estrutura de controle e fiscalização (FEMA, 2015). Embora essas diretrizes busquem uniformizar as práticas e fortalecer o gerenciamento dos riscos, sua aplicação é flexível e varia de acordo com as missões institucionais das entidades responsáveis (FEMA, 2014). Além disso, as diretrizes da FEMA se aplicam a barragens de diferentes portes e níveis de complexidade, sem impor padrões tecnológicos específicos. A abordagem adotada nos Estados Unidos enfatiza a gestão de riscos e a avaliação contínua da segurança das barragens, garantindo que medidas preventivas sejam tomadas sempre que necessário.

No Canadá, a Associação Canadense de Barragens (*CDA – Canadian Dam Association*) observa que a segurança de barragens é predominantemente regulada em nível provincial. As diretrizes da CDA servem como referência técnica, mas não possuem caráter vinculativo, devendo ser complementadas pelas normativas estabelecidas por cada província (CDA, 2013). Isso reforça a autonomia dos governos locais na definição de regras específicas para a gestão e fiscalização das barragens. A regulamentação canadense também destaca a importância da adaptação dos padrões às condições regionais, levando em consideração fatores climáticos, geotécnicos e hidrológicos que possam afetar a estabilidade das estruturas.

Na Austrália, o Comitê Nacional Australiano de Grandes Barragens (*ANCOLD – Australian National Committee on Large Dams*) desempenha papel fundamental na definição de padrões técnicos. A revisão de 2019 das diretrizes de barragens de rejeitos do ANCOLD estabelece recomendações para todo o ciclo de vida dessas estruturas, abrangendo planejamento, dimensionamento, construção, operação e fechamento. Essas diretrizes são direcionadas a quatro grupos principais: empreendedores, engenheiros, reguladores e stakeholders, visando garantir uma abordagem abrangente e integrada à segurança de barragens (ANCOLD, 2019). A gestão australiana enfatiza a necessidade de revisões periódicas e a implementação de tecnologias avançadas para monitoramento em tempo real, reduzindo a probabilidade de falhas estruturais.

Após uma série de rompimentos de barragens de rejeitos na década de 2010, surgiu uma iniciativa global para aprimorar as práticas de gerenciamento de rejeitos. Isso levou à criação do Padrão Global da Indústria para a Gestão de Rejeitos (*GISTM – Global Industry Standard on Tailings Management*), desenvolvido em parceria pelo Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (UNEP), os Princípios para o Investimento Responsável (PRI) e o Conselho Internacional de Mineração e Metais (ICMM). Lançado em 5 de agosto de 2020, o GISTM é um padrão de segurança desenvolvido pela Revisão Global de Rejeitos (*Global Tailings Review - GTR*), uma iniciativa conjunta dessas três organizações. Este padrão estabelece novo marco para a segurança das barragens, sendo considerado o primeiro modelo global do setor (ONU, 2020).

O GISTM tem como objetivo principal evitar danos às pessoas e ao meio ambiente associados a barragens de rejeitos, adotando um modelo de gestão de risco integrada ao longo de todo o ciclo de vida dessas estruturas (ICMM, 2020). Ele estabelece 15 princípios organizados em seis tópicos principais:

- I. Comunidades Afetadas:

O respeito aos direitos das populações impactadas é um princípio fundamental na gestão de barragens de rejeitos. A participação ativa das comunidades deve ser

garantida em todas as fases do ciclo de vida da estrutura, incluindo o fechamento, permitindo que tenham voz no planejamento e na tomada de decisões (Princípio 1). Além disso, é essencial que haja processos de consulta e engajamento social para minimizar impactos negativos e maximizar benefícios para as comunidades locais, promovendo maior transparência e diálogo entre os envolvidos.

## II. Base Integrada de Conhecimentos:

A construção de uma base integrada de conhecimentos é um pilar essencial para a segurança de barragens. O desenvolvimento de uma base multidisciplinar, que englobe aspectos ambientais, sociais, técnicos e econômicos, é fundamental para subsidiar decisões informadas em todas as etapas do ciclo de vida da estrutura (Princípios 2 e 3). Complementarmente, o uso de estudos geotécnicos detalhados é indispensável para prever e mitigar riscos estruturais ao longo da vida útil da barragem, contribuindo para a redução da probabilidade de falhas e o aumento da segurança operacional.

## III. Projeto, Construção, Operação e Monitoramento:

A fase de projeto, construção, operação e monitoramento exige a implementação de planos e critérios rigorosos que minimizem riscos e garantam a segurança estrutural ao longo de todo o ciclo de vida da barragem, incluindo o fechamento e o período pós-fechamento (Princípios 4 a 7). Para isso, o uso de tecnologias avançadas de monitoramento contínuo é uma estratégia crucial. Esses sistemas possibilitam a detecção rápida de quaisquer anomalias, permitindo respostas ágeis e eficazes para evitar possíveis falhas.

## IV. Gestão e Governança:

A gestão e governança eficazes são indispensáveis para a manutenção da integridade das barragens. Nesse sentido, a definição clara de políticas e responsabilidades é essencial, incluindo a designação de um Engenheiro de Registro para supervisionar a segurança das estruturas (Princípios 8 e 9). Além disso, a implementação de um sistema robusto de revisão e auditoria é necessária para assegurar que todas as

barragens operem em conformidade com os requisitos técnicos e ambientais estabelecidos (Princípios 10 a 12). A governança transparente também deve ser promovida, garantindo que informações críticas sejam compartilhadas com stakeholders e a sociedade em geral.

#### V. Resposta a Emergências e Recuperação de Longo Prazo:

A preparação para emergências e a recuperação de longo prazo são aspectos fundamentais na mitigação de impactos caso ocorra uma falha estrutural. Para isso, o desenvolvimento de planos detalhados de resposta a emergências e estratégias de recuperação é essencial para reduzir danos humanos e ambientais (Princípios 13 e 14). Além disso, a definição de protocolos de evacuação e comunicação é necessária para assegurar que medidas eficazes sejam adotadas rapidamente em cenários de risco, protegendo a população e minimizando impactos negativos.

#### VI. Divulgação Pública e Acesso à Informação:

A transparência e o acesso à informação são princípios centrais na regulamentação da segurança de barragens. A divulgação pública de dados sobre a segurança das estruturas é indispensável para garantir a prestação de contas à sociedade e fortalecer a governança do setor (Princípio 15). Para isso, a criação de plataformas online para a disponibilização contínua de relatórios técnicos e auditorias independentes é uma prática recomendada, garantindo que informações críticas estejam acessíveis para análise e acompanhamento por órgãos reguladores, comunidades locais e demais interessados.

De modo geral, todas as entidades e diretrizes citadas abordam aspectos essenciais para a segurança de barragens de rejeito. Dentre os principais pontos comuns, destacam-se as metodologias de classificação de risco e dano potencial, que adotam diferentes critérios para avaliação dos impactos sociais, ambientais, econômicos e culturais.

Além disso, há uma preocupação comum com a implementação de sistemas de gestão ambiental e social (SGAS), que buscam garantir o desempenho sustentável

das operações. Diversos documentos técnicos fundamentais para a segurança de barragens são especificados, como o Relatório de Inspeção de Segurança Regular (RISR), a Revisão Periódica de Segurança de Barragens (RPSB), o Plano de Ativação de Ações de Resposta (PAAR) e o Plano de Preparação e Resposta a Emergências (PRPE).

Outros elementos essenciais incluem a definição de instrumentos reguladores para a segurança de barragens, como a figura do Engenheiro de Registros (EoR) e do Conselho Independente de Revisão de Rejeitos (CIRR). Esses mecanismos garantem maior controle e supervisão sobre as estruturas de rejeito. Também são abordadas estratégias para comunicação eficaz com stakeholders, especialmente no que se refere às consequências de eventuais rompimentos para o patrimônio local e regional.

Por fim, as boas práticas internacionais incluem diretrizes específicas para estudos de ruptura hipotética, estabelecendo critérios para avaliação da credibilidade dos modos de falha, mapeamento de inundações em diferentes cenários e documentação transparente dos resultados obtidos. Assim, as recomendações internacionais convergem na adoção de medidas preventivas, na transparência das informações e no aprimoramento da governança para a segurança de barragens de rejeito em nível global.

### 3. METODOLOGIA

Esta pesquisa adotou uma abordagem descritiva e documental, conforme definição de Gil (2009), com o objetivo de compreender as transformações e impactos da Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB), as alterações introduzidas pela Lei nº 14.066/2020, e sua aplicação às barragens de rejeitos de mineração no estado de Minas Gerais.

A metodologia foi estruturada em três etapas principais: revisão bibliográfica, análise documental e levantamento de dados secundários.

#### 3.1. Revisão da literatura

Uma revisão literária foi conduzida com o objetivo de embasar teoricamente a pesquisa, proporcionando uma compreensão ampla sobre a segurança de barragens e sua regulamentação. Foram analisadas publicações científicas, relatórios técnicos, normativas e documentos institucionais relevantes ao tema, utilizando bases de dados reconhecidas, como Web of Science, Google Scholar e repositórios institucionais de órgãos reguladores e associações internacionais.

A revisão abordou o histórico e a evolução da segurança de barragens no Brasil e no mundo, destacando os principais conceitos técnicos e normativos relacionados à segurança de barragens de rejeitos. Também foram analisados os desastres recentes ocorridos em Minas Gerais e seus impactos nas mudanças regulatórias voltadas à segurança dessas estruturas. Além disso, foram examinadas as legislações nacionais ao longo do tempo e comparadas aos principais padrões internacionais atuais de segurança de barragens.

#### 3.2. Análise documental

A primeira etapa consistiu na análise documental da legislação pertinente à PNSB, com foco na comparação entre as Leis nº 12.334/2010 e nº 14.066/2020. Segundo Gil (2002) a análise documental baseia na análise de conteúdos de diversos formatos com objetivo de desenvolver respostas quantitativas ou qualitativas acerca de um

fenômeno específico. Ainda segundo este autor a pesquisa documental se desenvolve nas seguintes etapas: determinação do objetivo, identificação da fonte, localização da fonte e obtenção do material, tratamento dos dados, organização dos resultados, construção lógica e redação do trabalho.

Para isso foram utilizadas plataformas de pesquisas, em busca das normativas federais e do Estado de Minas Gerais. Foram avaliados os dispositivos legais, decretos regulamentadores e resoluções técnicas complementares. A análise priorizou identificar:

- As principais alterações introduzidas pela Lei nº 14.066/2020.
- Os fundamentos técnicos e justificativas que motivaram tais mudanças.
- A adequação das alterações aos padrões internacionais de segurança de barragens, considerando referências da GISTM.

### 3.3. Análise Crítica e Comparativa

A análise comparativa avaliou as alterações da Lei nº 14.066/2020 e sua conformidade com os padrões internacionais, especialmente o GISTM. Foram elaborados dois quadros comparativos: um entre as versões da PNSB de 2010 e 2020, destacando mudanças nos critérios de classificação das barragens e nas exigências de segurança, e outro comparando a legislação brasileira com o GISTM. Essa análise identificou desafios na implementação da nova legislação e sugeriu melhorias no sistema de monitoramento e fiscalização das barragens.

### 3.4. Análise dos dados de descaracterização de barragens

Com base nos dados coletados, foi realizada análise do avanço no processo de descaracterização de barragens alteadas pelo método a montante, conforme determinado pela legislação. Foram avaliados o número de barragens de rejeito descaracterizadas no Brasil e em Minas Gerais desde a publicação da resolução, o cumprimento dos prazos estipulados, considerando os fatores técnicos e logísticos envolvidos, e as previsões futuras para o cumprimento das metas estabelecidas

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1. Comparação entre as Leis nº 12.334/2010 e nº 14.066/2020: Avanços na Legislação de Segurança de Barragens

A Lei nº 14.066/2020 trouxe importantes inovações e aprimoramentos à Lei nº 12.334/2010, que instituiu a Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB). Essas atualizações foram motivadas, em grande parte, pelos graves desastres ambientais e sociais decorrentes dos rompimentos das barragens de Mariana (2015) e Brumadinho (2019). As mudanças introduzidas pela nova legislação, conforme detalhado no Quadro 4-1, abrangem aspectos como ampliação de conceitos, fortalecimento de exigências e sanções, além de maior transparência na gestão das barragens.

**Quadro 4-1 – Principais aspectos modificados entre as Leis nº 12.334/2010 e nº 14.066/2020**

Aspecto Alterado	Lei nº 12.334/2010	Lei nº 14.066/2020
<b>Obrigatoriedade do PAE (Plano de Ação de Emergência)</b>	Exigido apenas para barragens de alto dano potencial associado – DPA (art. 8º, VII).	Ampliado para barragens de médio e alto DPA ou alto risco (art. 11).
<b>Zona de Autossalvamento (ZAS)</b>	Não prevista.	Definida como a área onde não há tempo suficiente para intervenção das autoridades em emergências (art. 2º, IX).
<b>Zona de Segurança Secundária (ZSS)</b>	Não prevista.	Introduzida para áreas além da ZAS, onde a intervenção das autoridades ainda pode ocorrer (art. 2º, X).
<b>Mapa de Inundação</b>	Não obrigatório.	Obrigatório para definição de ZAS e ZSS, com delimitação georreferenciada das áreas afetadas (art. 2º, XI).
<b>Método de Alçamento a Montante</b>	Permitido sem restrições específicas.	Proibido para novas barragens, exigida descaracterização das existentes até fevereiro de 2022 (art. 2º-A).
<b>Fiscalização</b>	Baseada em vistorias e relatórios, sem menção a canais de denúncia (art. 5º).	Ampliação para incluir canais abertos para denúncias e obrigação de comunicação imediata sobre riscos (art. 5º, §§ 2º e 3º).
<b>Sanções Administrativas</b>	Multas sem valor máximo claramente definido (art. 22).	Multas podem atingir até um bilhão de reais, além de outras penalidades severas (art. 17-E).
<b>Responsabilidade Civil dos Empreendedores</b>	Reparo de danos sujeito a comprovação de culpa (art. 17).	Responsabilidade objetiva pelo reparo de danos, independente de culpa (art. 17, I).

<b>Planos de Treinamento e Simulações</b>	Não obrigatórios.	Obrigatórios com periodicidade definida, envolvendo trabalhadores e população (art. 12).
<b>Governança e Transparência</b>	Regras limitadas sobre divulgação de planos e dados.	Disponibilização pública do PAE nos sites dos empreendedores e em órgãos locais de defesa civil (art. 12, § 1º).

Fonte: elaboração própria.

A primeira grande inovação trazida pela Lei nº 14.066/2020 foi a ampliação do escopo conceitual da PNSB. Conforme evidenciado no quadro, foram introduzidos novos termos que visam aumentar a segurança e a eficiência na gestão de barragens, como a "Zona de Autossalvamento (ZAS)" (art. 2º, IX), definida como a área a jusante da barragem onde não há tempo suficiente para intervenção das autoridades em emergências. Essa delimitação objetiva garantir maior segurança e informação para as comunidades vulneráveis. Também foi criada a "Zona de Segurança Secundária (ZSS)" (art. 2º, X), trecho fora da ZAS onde a intervenção das autoridades ainda pode ser eficaz. Além disso, o "Mapa de Inundação" (art. 2º, XI) se tornou um elemento fundamental, delimitando de forma georreferenciada áreas potencialmente afetadas por cenários de vazamento ou ruptura.

O Plano de Ação de Emergência (PAE) passou a ser uma exigência mais abrangente, como destacado no Quadro 4-1. A nova lei determina que todas as barragens classificadas como de médio e alto dano potencial associado ou de alto risco devem contar com um PAE devidamente estruturado (art. 11). Antes, essa obrigação estava restrita apenas às barragens de alto dano potencial. O PAE agora deve incluir, obrigatoriamente, o mapeamento atualizado da população na ZAS, a identificação de vulnerabilidades sociais, a definição de rotas de fuga e pontos de encontro, bem como a realização periódica de treinamentos e simulações com trabalhadores e populações das áreas afetadas (art. 12).

Outro aspecto importante, foi o fortalecimento dos poderes dos órgãos fiscalizadores. Eles agora devem manter canais abertos para receber denúncias sobre riscos à segurança das barragens e informar imediatamente às autoridades de proteção e defesa civil sobre incidentes ou ameaças (art. 5º, § 3º). A fiscalização passou a exigir

análises documentais, vistorias técnicas e monitoramento baseado em indicadores claros de segurança (art. 5º, § 2º).

Uma das medidas mais relevantes na comparação entre as leis, foi a proibição definitiva do método de alteamento a montante (art. 2º-A), amplamente criticado por sua insegurança e diretamente relacionado aos desastres de Mariana e Brumadinho. As barragens construídas com esse método deveriam ser descaracterizadas até fevereiro de 2022, salvo prorrogação por inviabilidade técnica devidamente comprovada (art. 2º-A, § 2º).

As responsabilidades dos empreendedores também foram ampliadas, conforme detalhado no quadro comparativo. Além de garantir recursos financeiros para a segurança das barragens e a reparação de danos em caso de acidentes, os empreendedores devem informar imediatamente qualquer alteração nas condições de segurança (art. 17, XIV) e manter atualizado o Plano de Segurança da Barragem até sua completa descaracterização (art. 17, XVI). Foi também estabelecida a obrigatoriedade de avaliar previamente alternativas locacionais e de métodos construtivos para barragens de rejeitos (art. 17, XVIII).

A lei introduziu sanções administrativas rigorosas para infrações relacionadas à segurança de barragens, com penalidades que variam de advertência a multas simples e diárias, embargo de atividades, demolição de obras e suspensão de atividades (art. 17-C). O valor das multas pode chegar a um bilhão de reais (art. 17-E), dependendo da gravidade da infração, e as multas podem ser convertidas em serviços socioambientais (art. 17-C, § 5º).

A governança e a transparência também foram fortalecidas, Os Planos de Ação de Emergência devem estar disponíveis no site dos empreendedores e em órgãos locais de defesa civil (art. 12, § 1º). O Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens (SNISB), depois da nova Lei, precisa ser integrado aos sistemas nacionais de monitoramento de desastres (art. 13, § 4º). Além disso, os laudos técnicos sobre causas de rompimentos devem ser elaborados por peritos independentes, com financiamento a cargo do empreendedor (art. 18-C).

Em relação à reparação de danos, a lei reforçou a responsabilidade civil objetiva dos empreendedores, que devem reparar danos causados independentemente de culpa, abrangendo vida humana, meio ambiente e patrimônio (art. 17, I). A possibilidade de caução, seguro ou fiança foi introduzida para garantir a reparação dos danos (art. 17, § 2º).

Em síntese, a comparação evidencia que a Lei nº 14.066/2020 representa um marco na evolução da legislação de segurança de barragens no Brasil. Ao atualizar e fortalecer a Lei nº 12.334/2010, trouxe medidas preventivas e de controle mais robustas, maior transparência e mecanismos eficazes de responsabilização. Com essas mudanças, busca-se assegurar uma gestão mais eficiente das barragens, com foco na proteção da vida, do meio ambiente e na prevenção de novas tragédias.

#### 4.2. Comparação entre a Legislação Nacional e o Padrão Global da Indústria para a Gestão de Rejeitos (GISTM)

A legislação brasileira sobre segurança de barragens, especialmente a Lei nº 12.334/2010 e suas atualizações pela Lei nº 14.066/2020, apresenta avanços significativos, mas ainda possui lacunas quando comparada ao Padrão Global da Indústria para a Gestão de Rejeitos (GISTM). A partir da análise do Quadro 4-2, é possível identificar as principais convergências e divergências entre esses dois referenciais normativos.

**Quadro 4-2 – Comparação entre a Legislação Nacional e o Padrão Global da Indústria para a Gestão de Rejeitos (GISTM)**

Aspecto	Legislação Nacional	GISTM	Lacunas
<b>Comunidades Afetadas</b>	PAE obrigatório para barragens de médio e alto risco, com simulações e treinamentos para a população. Medidas compensatórias para comunidades atingidas.	Engajamento ativo das comunidades em todas as fases da barragem. Respeito aos direitos das populações locais.	Foco na resposta a emergências. Falta de envolvimento contínuo da comunidade.
<b>Base Integrada de Conhecimentos</b>	Exige estudos geotécnicos, ambientais e hidrológicos no PSB. Relatórios periódicos e inspeções técnicas.	Integração de aspectos ambientais, sociais, técnicos e econômicos. Uso de tecnologia avançada para monitoramento.	Não integra explicitamente aspectos sociais e econômicos na avaliação de riscos.

<b>Projeto, Construção, Operação e Monitoramento</b>	Proibição do alteamento a montante, descaracterização de barragens existentes, exigência de monitoramento contínuo.	Planejamento detalhado para todo o ciclo de vida da barragem. Revisões técnicas independentes e monitoramento contínuo.	Foco maior no controle físico da estrutura. Falta de planejamento detalhado para todo o ciclo de vida.
<b>Gestão e Governança</b>	Sanções rigorosas (multas até R\$ 1 bilhão), auditorias periódicas e canais de denúncia para riscos estruturais.	Nomeação de um Engenheiro de Registro (EoR) e um Conselho Independente de Revisão de Rejeitos (CIRR). Governança mais transparente.	Falta de supervisão independente e transparência contínua.
<b>Resposta a Emergências e Recuperação de Longo Prazo</b>	PAE inclui mapas de inundação, sistemas de alerta e simulações para garantir a preparação da população.	Planos de recuperação de longo prazo, incluindo ações de remediação ambiental e social.	Foco na resposta imediata, sem exigência de planejamento de longo prazo.
<b>Divulgação Pública e Acesso à Informação</b>	Divulgação pública obrigatória do PAE, incluindo mapas de risco e medidas preventivas.	Plataformas online para divulgação contínua de auditorias, relatórios e planos de resposta a emergências.	Divulgação não é contínua e acessível ao público em tempo real.

Fonte: elaboração própria.

## I. Comunidades Afetadas

Conforme apresentado na análise comparativa, a legislação nacional exige que os empreendedores elaborem o Plano de Ação de Emergência (PAE) para barragens classificadas como de médio e alto dano potencial associado ou de alto risco. Esse plano deve incluir a realização de simulações e treinamentos periódicos para a população (art. 11 e 12). Além disso, a legislação prevê medidas compensatórias e reparatórias para comunidades atingidas por acidentes e rupturas. No entanto, o enfoque da norma brasileira ainda é predominantemente reativo, centrado na resposta a emergências, enquanto o GISTM enfatiza um modelo participativo, no qual as comunidades devem ser envolvidas ativamente desde o planejamento até o fechamento da barragem.

O Princípio 1 do GISTM estabelece que as populações impactadas devem ser respeitadas e incluídas no processo decisório de maneira transparente. Além disso, destaca-se a necessidade de processos de consulta e participação social, garantindo que as comunidades possam influenciar diretamente as decisões que afetam seu

território. Assim, enquanto a legislação nacional se preocupa principalmente com treinamentos e respostas a emergências, o GISTM propõe um modelo de governança participativa, em que as comunidades são envolvidas desde o início da concepção da barragem.

## II. Base Integrada de Conhecimentos

No Brasil, os empreendedores devem realizar estudos geotécnicos, ambientais e hidrológicos como parte do Plano de Segurança de Barragem (PSB), além de fornecer relatórios periódicos e inspeções técnicas para garantir a integridade estrutural da barragem. Esses requisitos são fundamentais para a gestão de riscos, mas a legislação nacional não exige a integração explícita de fatores sociais e econômicos na análise de riscos, conforme identificado no quadro comparativo.

Já o GISTM estabelece uma abordagem mais ampla e interdisciplinar, que engloba não apenas aspectos técnicos e ambientais, mas também sociais e econômicos (Princípios 2 e 3). A norma internacional enfatiza o uso de tecnologia de ponta para aprimorar o monitoramento das barragens, reduzindo a dependência de análises tradicionais. Isso permite uma gestão mais holística, considerando variáveis que vão além da estrutura física da barragem. A ausência de uma exigência clara para a integração de informações sociais e econômicas na legislação brasileira pode resultar em análises incompletas e, conseqüentemente, na subestimação de riscos socioambientais.

## III. Projeto, Construção, Operação e Monitoramento

A Lei nº 14.066/2020 trouxe avanços ao proibir o método de alteamento a montante e exigir a descaracterização das barragens construídas dessa forma até 2022. Além disso, a nova legislação determinou a obrigatoriedade do monitoramento contínuo para barragens classificadas como de alto risco. No entanto, conforme indicado na análise comparativa, o GISTM adota uma abordagem ainda mais rigorosa.

O padrão internacional exige que todas as fases do ciclo de vida da barragem sejam planejadas com um alto nível de detalhamento, incluindo o fechamento e pós-

fechamento (Princípios 4 a 7). Além disso, destaca a necessidade de revisões técnicas independentes para verificar a segurança das barragens ao longo do tempo. Enquanto a legislação nacional está alinhada com algumas exigências do GISTM, ela ainda se concentra mais no controle físico da estrutura e menos em um planejamento contínuo e integrado para toda a vida útil da barragem.

#### IV. Gestão e Governança

A governança da segurança de barragens no Brasil foi aprimorada com a Lei nº 14.066/2020, que estabeleceu sanções rigorosas para infrações, incluindo multas que podem chegar a R\$ 1 bilhão. A legislação também passou a exigir auditorias periódicas e canais de denúncia para riscos estruturais, tornando a fiscalização mais robusta. No entanto, ~~conforme observado no quadro comparativo~~, a governança nacional ainda se baseia na supervisão pelos órgãos reguladores e nos próprios empreendedores.

O GISTM propõe uma estrutura de governança mais rígida, prevendo a nomeação de um Engenheiro de Registro (EoR) e a criação de um Conselho Independente de Revisão de Rejeitos (CIRR) para garantir auditorias imparciais e segurança contínua (Princípios 8 e 9). Além disso, o padrão internacional enfatiza a necessidade de transparência e supervisão externa para evitar conflitos de interesse. Enquanto a legislação brasileira avança na imposição de sanções e auditorias, ela ainda carece de mecanismos de supervisão verdadeiramente independentes, conforme recomendado pelo GISTM.

#### V. Resposta a Emergências e Recuperação de Longo Prazo

O PAE da legislação nacional é um dos elementos mais importantes para a resposta a emergências, incluindo mapas de inundação, sistemas de alerta e simulações periódicas para garantir que a população esteja preparada para eventuais desastres. Entretanto, conforme evidenciado na análise comparativa, o GISTM expande esse conceito ao exigir não apenas um plano de resposta imediata, mas também estratégias de recuperação de longo prazo (Princípios 13 e 14).

Isso inclui ações de remediação ambiental e social após incidentes, garantindo que as comunidades afetadas sejam adequadamente assistidas no período pós-desastre. A legislação brasileira, apesar de robusta na resposta emergencial, não possui uma exigência específica para a recuperação de longo prazo, o que pode deixar as comunidades vulneráveis após desastres ambientais.

#### VI. Divulgação Pública e Acesso à Informação

A Lei nº 14.066/2020 exige que os Planos de Ação de Emergência sejam divulgados publicamente, garantindo maior transparência nas informações sobre riscos e segurança das barragens. No entanto, conforme detalhado no quadro comparativo, a transparência da legislação brasileira ainda apresenta limitações.

O GISTM propõe um nível de transparência ainda maior, recomendando a criação de plataformas online para a divulgação contínua de auditorias, relatórios de segurança e planos de resposta a emergências (Princípio 15). Esse modelo permite que informações críticas sejam acessíveis em tempo real para todos os stakeholders, incluindo comunidades locais e órgãos fiscalizadores. Enquanto a legislação nacional exige a divulgação de informações, ela ainda não prevê um modelo de transparência contínua e acessível em tempo real.

Diante do exposto, verifica-se que, embora a legislação nacional tenha evoluído significativamente com a Lei nº 14.066/2020, ainda existem lacunas quando comparada ao GISTM, conforme detalhado no quadro comparativo. As principais diferenças estão na governança, no envolvimento contínuo das comunidades, na supervisão independente e na transparência de informações. A adoção de diretrizes mais alinhadas ao GISTM poderia fortalecer ainda mais a gestão da segurança de barragens no Brasil, garantindo maior proteção ambiental e social.

#### 4.3. Descaracterização de Barragens a Montante: Avaliação do Progresso e Desafios no Cumprimento da PNSB

Os prazos para a descaracterização de barragens construídas pelo método a montante variam entre as normativas. A PESB determina um período de até três anos para barragens ativas, contado a partir da publicação da lei em 2019. A PNSB, por sua vez, adota essencialmente o mesmo prazo, com vencimento em 2022, mas prevê a possibilidade de prorrogação, conforme o parágrafo 3º do artigo 2º-A da referida lei:

*§ 3º A entidade que regula e fiscaliza a atividade minerária pode prorrogar o prazo previsto no § 2º deste artigo em razão da inviabilidade técnica para a execução da descaracterização da barragem no período previsto, desde que a decisão, para cada estrutura, seja referendada pela autoridade licenciadora do Sisnama. (Brasil, 2020)*

Em 2019, a ANM publicou a Resolução 13/2019, com diretrizes semelhantes às da PESB, mas estabelecendo prazos mais amplos conforme o volume das barragens: até 15 de setembro de 2022 para barragens com menos de 12 Mm<sup>3</sup>, até 2025 para aquelas entre 12 e 30 Mm<sup>3</sup> e até 2027 para estruturas acima de 30 Mm<sup>3</sup>. No entanto, em 22 de fevereiro de 2022, a ANM lançou a Resolução 95/2022, alinhando os prazos com os da PNSB e da PESB, ambos fixados para 25 de fevereiro de 2022, mantendo a possibilidade de prorrogação mediante solicitação antes do vencimento (ANM, 2022).

O processo de descaracterização das barragens avança em ritmos diferentes. As grandes mineradoras, que possuem mais recursos financeiros e conhecimento técnico, conseguem realizar as mudanças mais rapidamente. Já as empresas menores enfrentam diversos obstáculos, desde problemas operacionais até dificuldades com procedimentos burocráticos. A ANM modernizou sua gestão ao adotar sistemas digitais e novas tecnologias, o que trouxe mais transparência ao processo de fiscalização. No entanto, para que as metas da Política Nacional de Segurança de Barragens sejam alcançadas, ainda são necessários três elementos

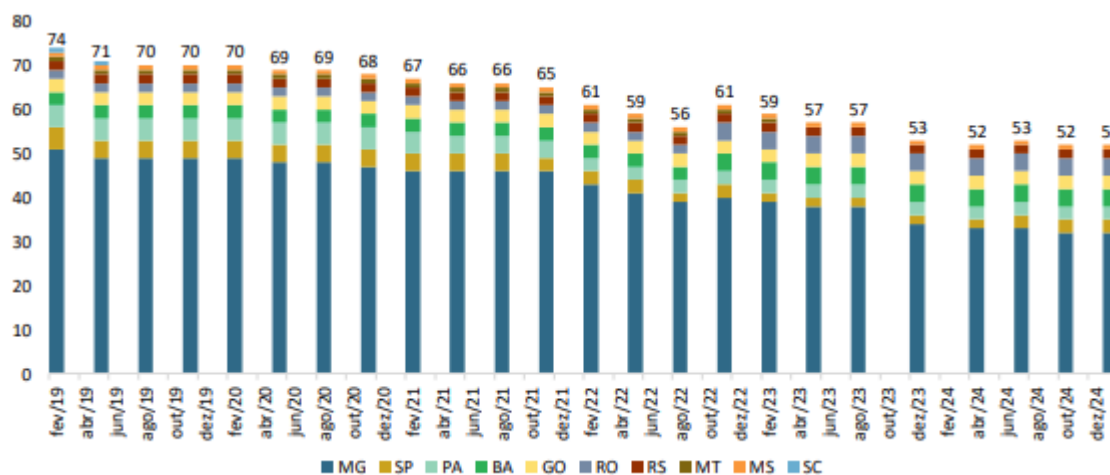
fundamentais: fiscalização mais presente e efetiva, investimentos constantes por parte das empresas e acompanhamento rigoroso do cumprimento das leis.

O Reporte Trimestral, Descaracterização de Barragens a Montante, de janeiro de 2025 apresenta o panorama da situação atual das barragens alteadas pelo método de montante existentes no Brasil, incluídas na Política Nacional de Segurança de Barragens e cadastradas no Sistema Integrado de Gestão de Segurança de Barragens de Mineração – SIGBM. O documento também detalha o andamento dos respectivos processos de descaracterização dessas estruturas (ANM, 2025).

Desde 2019, o Cadastro de Barragens de Mineração no SIGBM vem sendo sistematicamente monitorado para acompanhar a evolução das estruturas construídas pelo método de montante. Naquele ano, foram identificadas 74 barragens enquadradas nessa categoria. Com os avanços nas políticas de segurança e nos processos de descaracterização, esse número reduziu-se para 52 barragens atualmente classificadas na PNSB, conforme atualização de 03/01/2025. No contexto geral da Política Nacional de Segurança de Barragens, que atualmente abrange um total de 472 estruturas, as barragens construídas pelo método de montante representam aproximadamente 11% do cadastro vigente.

Entre os estados brasileiros, Minas Gerais concentra o maior número de barragens construídas pelo método de montante, totalizando 32 estruturas. Em seguida, destacam-se os estados de Rondônia e Bahia, com 4 barragens cada; Pará, Goiás e São Paulo, com 3 barragens cada; Rio Grande do Sul, com 2 estruturas; e, finalmente, Mato Grosso do Sul, com 1 barragem. A Figura 4-1 apresenta um quadro evolutivo da distribuição dessas barragens ao longo do tempo, com base em informações trimestrais extraídas do Cadastro Nacional de Barragens de Mineração do SIGBM, abrangendo o período de fevereiro de 2019 a dezembro de 2024. Também é possível observar a participação relativa dos estados no total de barragens cadastradas, conforme os dados da ANM (2025).

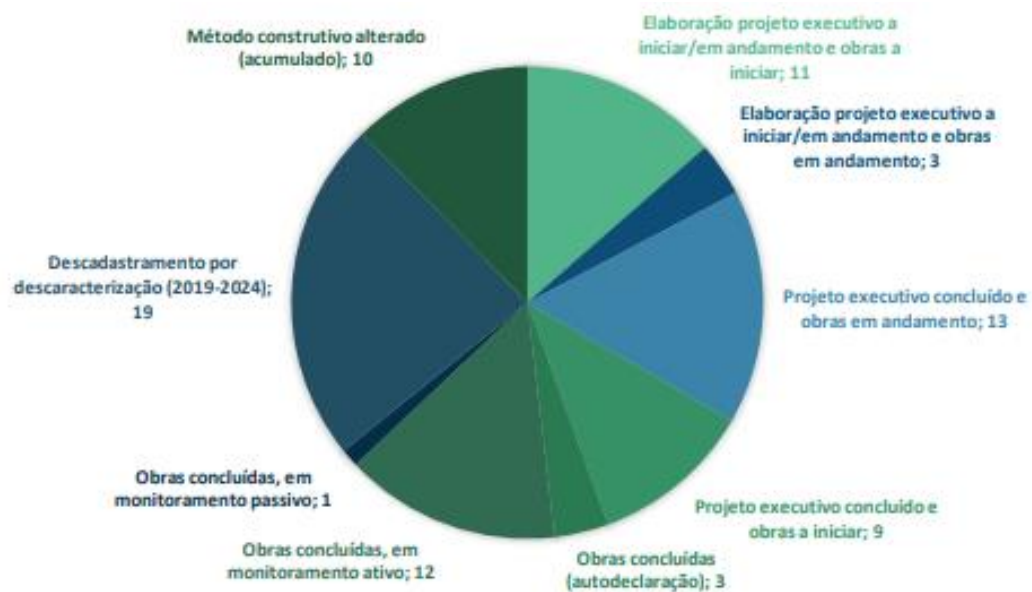
**Figura 4-1 – Histórico da distribuição de estruturas a montante**



Fonte: ANM, 2025

A Figura 4-2 apresenta a distribuição das 52 barragens a montante inseridas na PNSB e cadastradas de acordo com a fase atual de descaracterização.

**Figura 4-2 – Fase atual de descaracterização**



Fonte: ANM, 2025

Ainda, segundo os dados do Reporte Trimestral da ANM de janeiro de 2025, destas, 23 encontram-se em fase inicial de projeto da descaracterização, sendo que 14 estão na fase de projeto executivo (das quais 3 já iniciaram algumas obras) e outras 9 têm projetos detalhados prontos, mas ainda não começaram as obras. No segundo grupo,

são 13 estruturas com projetos concluídos e em fase de execução, todas em diferentes estágios das obras, com prazos de conclusão que variam de acordo com suas características específicas (ANM, 2025).

Outras 13 barragens tiveram as obras de engenharia concluídas e estão em fase de monitoramento após a conclusão das obras. Por fim, existem 3 barragens que já concluíram todo o processo, mas ainda aguardam a formalização do descadastramento ou a mudança do método construtivo no sistema. Estas continuam sendo monitoradas enquanto preparam a documentação técnica necessária para finalizar o processo (ANM, 2025).

A ANM já sinalizou de forma preliminar em relação à necessidade de prorrogação de prazo para conclusão da descaracterização de todas as estruturas alteadas a montante enquadradas na PNSB, com base na documentação apresentada pelos empreendedores e levando-se em consideração a complexidade e particularidades específicas dos processos de descaracterização de cada estrutura (ANM, 2025).

Entre as barragens da Vale, destacam-se as de Doutor, Sul Superior e Forquilhas III, cujos prazos de descaracterização, originalmente previstos, foram alterados para novembro de 2029, dezembro de 2029 e dezembro de 2035, respectivamente. É importante ressaltar que a barragem de Forquilhas III encontra-se atualmente em nível máximo de emergência, com toda a Zona de Autossalvamento (ZAS) já evacuada e prevista para manter-se evacuada durante o processo de descaracterização, o que adiciona uma camada de complexidade à gestão dessa estrutura (ANM, 2025).

A prorrogação dos prazos de descaracterização possibilitada pela PNSB e ANM tem como consequência direta a prorrogação dos riscos e, por conseguinte, da vulnerabilidade socioambiental da população que reside próxima a essas barragens, quando não desalojada de seus lares, e que vive em constante estado de tensão. Muitas das barragens a montante no Estado estão em emergência, algumas delas inclusive demandando, nos últimos anos, a evacuação da população residente no entorno dessas estruturas (Barros; Mendonca, 2024).

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A evolução da Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB) reflete um esforço contínuo para fortalecer a segurança dessas estruturas, especialmente após os desastres de Mariana (2015) e Brumadinho (2019). A promulgação da Lei nº 14.066/2020 trouxe avanços importantes, ampliando a responsabilidade dos empreendedores, aprimorando a fiscalização e proibindo a construção de barragens pelo método de alteamento a montante. No entanto, desafios ainda persistem na implementação efetiva dessas normativas, principalmente em relação à fiscalização contínua e ao cumprimento dos prazos de descaracterização das barragens já existentes.

A comparação entre a legislação nacional e o Padrão Global da Indústria para a Gestão de Rejeitos (GISTM) revelou que, embora o Brasil tenha avançado significativamente, há lacunas a serem preenchidas. A governança participativa, a transparência das informações e o monitoramento independente são aspectos nos quais o GISTM estabelece diretrizes mais rigorosas, que poderiam ser incorporadas para tornar o sistema regulatório brasileiro ainda mais eficaz.

A análise dos dados de descaracterização mostrou que, embora o processo tenha progredido, muitos empreendimentos ainda enfrentam dificuldades técnicas e operacionais para cumprir os prazos estabelecidos. A necessidade de prorrogações demonstra a complexidade do processo e reforça a importância de uma fiscalização mais rigorosa e do fortalecimento dos mecanismos de governança para garantir que os objetivos da PNSB sejam atingidos.

Por fim, a segurança de barragens no Brasil não deve se limitar a avanços legislativos, mas deve incluir um esforço contínuo de governança, fiscalização eficiente e participação ativa da sociedade. O aprimoramento da cultura de prevenção e a adoção de boas práticas internacionais são essenciais para mitigar riscos e evitar novas tragédias socioambientais, garantindo um futuro mais seguro para as comunidades impactadas pela mineração.

## 6. REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO. **Relatório de segurança de barragens de 2023**. Brasília: ANA, 2024. 123 p.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO. **Manual de políticas e práticas de segurança de barragens para entidades fiscalizadoras**. Brasília: ANA, 2017. 222 p.

AGÊNCIA NACIONAL DE MINERAÇÃO. **Report trimestral de descaracterização de barragens a montante**: janeiro de 2025. Brasília: ANM, 2025. Disponível em: <https://www.gov.br/anm/pt-br/assuntos/barragens/boletim-de-barragens-de-mineracao>. Acesso em: 15 jan. 2025.

AGÊNCIA NACIONAL DE MINERAÇÃO. Resolução n.º 13, de 8 de agosto de 2019. Estabelece medidas regulatórias objetivando assegurar a estabilidade de barragens de mineração, notadamente aquelas construídas ou alteadas pelo método denominado 'a montante' ou por método declarado como desconhecido e dá outras providências. **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília, DF, ano 157, n. 154, p. 44–45, 12 ago. 2019.

AGÊNCIA NACIONAL DE MINERAÇÃO. Resolução n.º 95, de 7 de fevereiro de 2022. Consolida os atos normativos que dispõem sobre segurança de barragens de mineração. **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília, DF, ano 160, n. 33, p. 49–59, 7 fev. 2022.

AUSTRALIAN NATIONAL COMMITTEE ON LARGE DAMS. **Guidelines on tailings dams: planning, design, construction, operation and closure**. 2. ed. Hobart: ANCOLD Incorporated, 2019. 80 p.

BARROS, R. de C.; MENDONÇA, T. G. de. Primeiro como tragédia, depois como norma: os padrões globais e as políticas brasileiras de segurança de rejeitos de mineração. **Revista Brasileira de Estudos Urbanos e Regionais**, [s. l.], v. 26, p. e202406pt, mar. 2024.

BRASIL. **Manual de segurança e inspeção de barragens**. Brasília: Ministério da Integração nacional, 2002. 148 p.

BRASIL. Lei n.º 9.433, de 8 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei n.º 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei n.º 7.990, de 28 de dezembro de 1989. **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília, DF, ano 135, n. 6, p. 4–8, 9 jan. 1997.

BRASIL. Lei n.º 12.334, de 20 de setembro de 2010. Estabelece a Política Nacional de Segurança de Barragens destinadas à acumulação de água para quaisquer usos, à disposição final ou temporária de rejeitos e à acumulação de resíduos

industriais, cria o Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens e altera a redação do art. 35 da Lei n.º 9.433, de 8 de janeiro de 1997, e do art. 4.º da Lei n.º 9.984, de 17 de julho de 2000. **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília, DF, ano 147, n. 181, p. 1–3, 21 set. 2010.

BRASIL. Lei n.º 14.066, de 30 de setembro de 2020. Altera a Lei n.º 12.334, de 20 de setembro de 2010, que estabelece a Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB), a Lei n.º 7.797, de 10 de julho de 1989, que cria o Fundo Nacional do Meio Ambiente (FNMA), a Lei n.º 9.433, de 8 de janeiro de 1997, que institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, e o Decreto-Lei n.º 227, de 28 de fevereiro de 1967 (Código de Mineração). **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília, DF, ano 158, n. 189, p. 3–5, 30 set. 2020.

CANADIAN DAM ASSOCIATION. **Dam safety guidelines**. 2013 edition. Technical report. Markham: CDA, 2013. 82 p.

CARDOZO, F. A. C.; PIMENTA, M. M.; ZINGANO, A. C. Métodos construtivos de barragens de rejeitos de mineração – uma revisão. **HOLOS**, Natal, v. 8, p. 77–85, maio 2017.

COMITÊ BRASILEIRO DE BARRAGENS. **Apresentação das barragens**. 2024. Disponível em <<https://www.cbdb.org.br/apresentacao-das-barragens>>. Acesso em: 10 nov. 2024.

DUARTE, A. P. **Classificação das barragens de contenção de rejeitos de mineração e de resíduos industriais no estado de Minas Gerais em relação ao potencial de risco**. 2008. 114 f. Dissertação (Mestrado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2023.

FEDERAL EMERGENCY MANAGEMENT AGENCY. **Emergency action planning for dams**. FEMA 64. Technical manual. Federal guidelines for dam safety. Washington: FEMA, 2013. 73 p.

FEDERAL EMERGENCY MANAGEMENT AGENCY. **Federal guidelines for dam safety risk management**. FEMA P-1025. Technical manual. Federal guidelines for dam safety. Washington: FEMA, 2015. 39 p.

FEDERAL EMERGENCY MANAGEMENT AGENCY. **Federal guidelines for dam safety**. FEMA P-93. Technical manual. Federal guidelines for dam safety. Washington: FEMA, 2023. 68 p.

GIGOLOTTI, J. C. J.; FARIA, F. L. F. de; JÚNIOR, F. J. G. Descaracterização de barragens de contenção de rejeitos de mineração: marcos regulatórios, técnico-normativos e procedimentos. **Cadernos UniFOA**, Volta Redonda, v. 17, n. 49, p. 29–47, ago. 2022.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2002.

HULSING, H. **Measurement of peak discharge at dams by indirect method.** Chapter A5. Technical report. Applications of Hydraulics. Washington: USGS, 1968.

INTERNATIONAL COUNCIL ON METALS AND THE ENVIRONMENT; UNITED NATIONALS ENVIRONMENT PROGRAMME (org.). **Case studies on tailings management.** Ottawa: ICME, 1998. 58 p.

INTERNATIONAL COMMISSION ON LARGE DAMS. **Constitution.** 2011. Disponível em: [https://www.icold-cigb.org/userfiles/files/CIGB/INSTITUTIONAL\\_FILES/Constitution2011.pdf](https://www.icold-cigb.org/userfiles/files/CIGB/INSTITUTIONAL_FILES/Constitution2011.pdf). Acesso em: 15 dez. 2024.

MELLO, F. M.; PIASENTIN, C. (org.). **A história das barragens no Brasil, XIX, XX e XXI.** Rio de Janeiro: CBDB, 2011. 524 p.

MELO, A. V. **Análises de risco aplicadas a barragens de terra e enrocamento: estudo de caso de barragens da CEMIG GT.** 2014. 168 f. Dissertação (Mestrado em Geotecnia) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte. 2014.

MINAS GERAIS. Decreto estadual n.º 46.993, de 2 de maio de 2016. Institui a Auditoria Técnica Extraordinária de Segurança de Barragem e dá outras providências. **Diário do Executivo:** caderno 1, Belo Horizonte, MG, ano 124, n. 79, p. 2, 3 maio 2016.

MINAS GERAIS. Deliberação normativa COPAM n.º 87, de 17 de junho de 2005. Altera e complementa a Deliberação Normativa COPAM N.º 62, de 17/12/2002, que dispõe sobre critérios de classificação de barragens de contenção de rejeitos, de resíduos e de reservatório de água em empreendimentos industriais e de mineração no Estado de Minas Gerais. **Diário do Executivo:** caderno 1, Belo Horizonte, MG, ano 113, n. 111, p. 42, 18 jun. 2005.

MINAS GERAIS. Deliberação normativa COPAM n.º 124, de 9 de outubro de 2008. Complementa a Deliberação Normativa COPAM No 87, de 06/09/2005, que dispõe sobre critérios de classificação de barragens de contenção de rejeitos, de resíduos e de reservatório de água em empreendimentos industriais e de mineração no Estado de Minas Gerais. **Diário do Executivo:** caderno 1, Belo Horizonte, MG, ano 116, n. 194, p. 14, 15 out. 2008.

MINAS GERAIS. Lei n.º 15.056, de 31 de março de 2004. Estabelece diretrizes para a verificação da segurança de barragem e de depósito de resíduos tóxicos industriais e dá outras providências. **Diário do Executivo:** caderno 1, Belo Horizonte, MG, ano 112, n. 61, p. 45–46, 1 abr. 2004.

MINAS GERAIS. Lei n.º 23.291, de 25 de fevereiro de 2019. Institui a política estadual de segurança de barragens. **Diário do Executivo:** caderno 1, Belo Horizonte, MG, ano 127, n. 44, p. 1–2, 25 fev. 2019.

MINAS GERAIS. Resolução conjunta SEMAD/FEAM n.º 2.784, de 21 de março de 2019. Determina a descaracterização de todas as barragens de contenção de

rejeitos e resíduos, alteadas pelo método a montante, provenientes de atividades minerárias, existentes em Minas Gerais e dá outras providências. **Diário do Executivo**: caderno 1, Belo Horizonte, MG, ano 127, n. 59, p. 5, 25 fev. 2019.

PIMENTA, M. L. B. **Abordagens de riscos em barragens de aterro**. Lisboa: LNEC, 2009. 570 p.

PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O MEIO AMBIENTE; PRINCÍPIOS PARA O INVESTIMENTO RESPONSÁVEL; CONSELHO INTERNACIONAL DE MINERAÇÃO E METAIS. **Padrão global da indústria para a gestão de rejeitos**. Global standard. [S. l.]: PNUMA; PRI; ICMM, 2020. 42 p.

RUCHKYS, Ú. A.; MACHADO, M. M. M. Patrimônio geológico e mineiro do Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais – caracterização e iniciativas de uso para educação e geoturismo. **Boletim Paranaense de Geociências**, [s. l.], v. 70, dez. 2013.

SANTOS, C. A.; PELLEGRINI, I. S.; SILVA, R. M.; CALIGIORNE, S. M. Descrição dos desastres em Mariana e Brumadinho sob o olhar da perícia criminal: uma revisão sistemática. **Brazilian Journal of Forensic Sciences, Medical Law and Bioethics**, [s. l.], v. 10, n. 3, p. 350–375, jun. 2021.

SILVA, D. C. C. **Segurança de barragens: as pequenas barragens no Brasil e no mundo**. Porto Alegre: Fi, 2022. 83 p.

SILVA, D. C. C.; FAIS, L. M. C. F.; FREIRIA, R. C. Segurança de barragens: panorama histórico da legislação brasileira. **Athenas: Revista de Direito, Política e Filosofia**, [s. l.], v. 1, 2020.

SILVESTRE, M. E. D. Código de 1934: água para o Brasil industrial. **Revista geopaisagem**, [s. l.], v. 7, v. 13, 2008.

SOUZA, A. P. **Evolução histórica e a legislação brasileira sobre segurança de barragens**. 2018. 80 p. Monografia (Graduação em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2018.