

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ  
SETOR DE CIÊNCIAS JURÍDICAS  
FACULDADE DE DIREITO

GEOMAR JOSE PATCZYK JUNIOR

**A MINERAÇÃO NO BRASIL E GRANDES DESASTRES AMBIENTAIS  
FRENTE A LEI FEDERAL 14.066/2020**

CURITIBA

2024

GEOMAR JOSE PATCZYK JUNIOR

**A MINERAÇÃO NO BRASIL, E GRANDES DESASTRES AMBIENTAIS  
FRENTE A LEI FEDERAL 14.066/2020**

Artigo apresentado como requisito à conclusão do curso de Graduação de Bacharel em Direito, Setor de Ciências Jurídicas, Universidade Federal do Paraná, como requisito à obtenção de nota na disciplina TCCII e titulação de bacharel em direito.

Orientadora: Prof.<sup>a</sup>. Dra. Katya Regina Isaguirre Torres.

CURITIBA

2024

## TERMO DE APROVAÇÃO

A MINERAÇÃO NO BRASIL E GRANDES DESASTRES AMBIENTAIS FRENTE A LEI FEDERAL 14.066/2020

GEOMAR JOSE PATCZYK JUNIOR

Trabalho de Conclusão de Curso aprovado como requisito parcial para obtenção de Graduação no Curso de Direito, da Faculdade de Direito, Setor de Ciências jurídicas da Universidade Federal do Paraná, pela seguinte banca examinadora:



Documento assinado digitalmente  
**KATYA REGINA ISAGUIRRE TORRES**  
Data: 10/12/2024 21:13:16-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

Katya Regina Isaguirre Torres  
Orientador

---

Coorientador



Documento assinado digitalmente  
**TCHENNA FERNANDES MASO**  
Data: 11/12/2024 09:06:59-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

Tchenna Fernandes Maso  
1º Membro



Documento assinado digitalmente  
**ISABELLA MADRUGA DA CUNHA**  
Data: 12/12/2024 09:56:20-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

Isabella Madruga da Cunha  
2º Membro

## **SUMÁRIO**

|                                                      |           |
|------------------------------------------------------|-----------|
| <b>RESUMO .....</b>                                  | <b>3</b>  |
| <b>1. Introdução .....</b>                           | <b>4</b>  |
| <b>2. A prática da Mineração.....</b>                | <b>5</b>  |
| <b>2.1 Modelos de barragens .....</b>                | <b>6</b>  |
| <b>2.2 Dano Ambiental.....</b>                       | <b>9</b>  |
| <b>3. Desastres de Rompimento da Barragem .....</b>  | <b>10</b> |
| <b>3.1 Desastre do Rio Doce .....</b>                | <b>12</b> |
| <b>3.2 Desastre do Rio Paraopeba.....</b>            | <b>16</b> |
| <b>4. Alterações frente aos Desastres.....</b>       | <b>17</b> |
| <b>4.1 Agência Nacional de Mineração (ANM) .....</b> | <b>20</b> |
| <b>4.2 Alterações legislativas .....</b>             | <b>23</b> |
| <b>5. Considerações finais.....</b>                  | <b>26</b> |
| <b>Referências.....</b>                              | <b>27</b> |

## **A mineração no Brasil, e grandes desastres ambientais frente a lei federal 14.066/2020**

Geomar Jose Patczyk Junior

### **RESUMO**

Este artigo analisa a evolução da legislação de segurança de barragens no Brasil e as mudanças no marco regulatório em resposta a grandes desastres ambientais, como os ocorridos em Mariana (2015) e Brumadinho (2019). Esses eventos expuseram as fragilidades do modelo de mineração com sistema de barragens, e questionaram a eficácia das regulamentações vigentes. A Lei nº 14.066/2020 é destacada como um marco legislativo que trouxe avanços, incluindo a proibição do método de alçamento a montante e o reforço das exigências de segurança. No entanto, o estudo evidencia os desafios enfrentados pela Agência Nacional de Mineração (ANM) na implementação prática dessas normas, devido à limitada capacidade institucional e à fiscalização insuficiente.

**Palavras-chave:** Mineração, Segurança de barragens, Agência Nacional de Mineração.

### **ABSTRACT**

This article analyzes the evolution of dam safety legislation in Brazil and regulatory changes in response to major environmental disasters, such as those in Mariana (2015) and Brumadinho (2019). These events exposed the weaknesses of the mining model with dam systems and questioned the effectiveness of existing regulations. Law No. 14.066/2020 is highlighted as a legislative milestone that introduced advancements, including the prohibition of the upstream tailings dam method and the strengthening of safety requirements. However, the study highlights the challenges faced by the National Mining Agency (ANM) in the practical implementation of these standards due to limited institutional capacity and insufficient oversight.

**Keywords:** Mining, Dam safety, National Mining Agency.

## 1. Introdução

A mineração é uma atividade central na economia brasileira, frequentemente associada à geração de riqueza e ao desenvolvimento regional e nacional. A extração mineral, especialmente de minério de ferro, aproveita a disponibilidade geológica do país, mas envolve custos e riscos que vão além dos investimentos financeiros e operacionais, destacando-se os impactos ambientais significativos e os potenciais riscos de acidentes associados ao processo.

No Brasil, a mineração a céu aberto é o modelo predominante para a extração de minério de ferro, embora altamente produtiva e com custos operacionais reduzidos, essa prática causa impactos profundos na cobertura vegetal e na fauna associada, além de alterações significativas na paisagem natural.

No contexto dessa atividade, o uso de barragens de rejeitos tornou-se uma prática comum para a gestão dos resíduos gerados durante o beneficiamento mineral. Diferentes modelos de barragens, como as de montante, jusante e linha de centro, têm sido empregados ao longo dos anos. Contudo, eventos catastróficos como os desastres do Rio Doce em 2015 e Rio Paraopeba em 2019 expuseram as vulnerabilidades desses sistemas, especialmente das barragens construídas pelo método de alteamento a montante.

Os rompimentos dessas barragens resultaram em danos ambientais sem precedentes, incluindo a destruição de ecossistemas aquáticos e terrestres, a contaminação de rios e solos, e a perda irreparável de biodiversidade. Além dos impactos ambientais diretos, houve consequências sociais devastadoras, como a perda de vidas humanas e o deslocamento de comunidades inteiras,

Em resposta a esses desastres, houve um clamor público por mudanças significativas na legislação e na regulamentação da atividade mineradora no Brasil. A criação da Agência nacional de Mineração (ANM)<sup>1</sup>, e a promulgação da Lei nº 14.066/2020<sup>2</sup> representou um passo importante ao estabelecer critérios mais rigorosos para a segurança de barragens, incluindo a proibição do método de

---

<sup>1</sup> A Agência Nacional de Mineração (ANM) foi criada pela Lei nº 13.575, de 26 de dezembro de 2017, com o objetivo de substituir o antigo Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM).

<sup>2</sup> Altera a Lei nº 12.334, de 20 de setembro de 2010, que estabelece a Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB), a Lei nº 7.797, de 10 de julho de 1989, que cria o Fundo Nacional do Meio Ambiente (FNMA), a Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997, que institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, e o Decreto-Lei nº 227, de 28 de fevereiro de 1967 (Código de Mineração). (Lei 14.066/2020)

construção a montante e o reforço das penalidades para o descumprimento das normas, mas ao mesmo tempo a agência apresenta limitações em seu funcionamento e na efetiva aplicação dispositivos legais.

## 2. A prática da Mineração

A mineração é frequentemente associada à geração de riqueza, proporcionando acesso a recursos que promovem o desenvolvimento regional e, em uma escala mais ampla, contribuem para a riqueza nacional. Esse valor vinculado à extração mineral, caracteriza-se pela disponibilidade finita dos recursos, pelo custo de extração e pela distribuição geológica desigual. Entretanto, essa atividade envolve custos significativos além do esforço necessário para a obtenção dos recursos, destacando-se os riscos de acidentes e os impactos ambientais associados ao processo.

No Brasil, a mineração a céu aberto domina a extração de minério de ferro, representando cerca de 95% das operações (ANM, 2021, p. 32-35). Essa preferência, impulsionada pelo interesse econômico, combina alta produtividade e baixos custos operacionais, sendo favorecida por características geológicas como as do Quadrilátero Ferrífero em Minas Gerais e da Serra dos Carajás no Pará, onde os depósitos estão próximos à superfície. Esse método eficiente, possibilitado pelo uso de equipamentos de grande porte e pela simplicidade técnica em comparação com a mineração subterrânea, permitiu que, em 2021, a produção nacional de minério de ferro superasse 400 milhões de toneladas, com Minas Gerais e Pará respondendo por mais de 85% desse volume (Sánchez, 2013, p. 18-20; ANM, 2021, p. 32-35).

Apesar de economicamente vantajosa, a mineração a céu aberto tem impactos ambientais significativos. A remoção do solo superficial, conhecido como estéril<sup>3</sup>, leva à perda de cobertura vegetal, destruição de habitats naturais e

---

<sup>3</sup> **Estéril e Rejeito:** Estéril é o material sem valor econômico, composto por solo e rochas, que precisa ser removido durante a lavra para expor o minério (Sánchez, 2013, p. 22). Em contraste, rejeito é o resíduo gerado no processo de beneficiamento do minério, frequentemente contendo traços de minerais não aproveitados e compostos químicos utilizados na separação (Sousa et al., 2018, p. 12). O estéril é armazenado em pilhas específicas, enquanto os rejeitos são, tradicionalmente, acumulados em barragens, que apresentam maior potencial de impacto ambiental e risco de desastres (Milanez, 2020, p. 30).

alterações substanciais na paisagem, além de comprometer recursos hídricos. Esses efeitos adversos reforçam a necessidade de estratégias eficazes de mitigação ambiental e recuperação de áreas degradadas (IBAMA, 2016, p. 10-12; Lozano, 2006, p. 15-18).

Outro modelo viável é a mineração subterrânea, que embora menos empregada na mineração de ferro no Brasil, é uma alternativa para jazidas localizadas em grandes profundidades ou em áreas de sensibilidade ambiental elevada. Este método envolve a construção de túneis, galerias e poços para acessar o minério, reduzindo os impactos superficiais.

Uma das principais vantagens desse modelo é a menor necessidade de desmatamento e alterações visuais da paisagem. No entanto, a mineração subterrânea é significativamente mais complexa e cara. Os custos incluem a implementação de sistemas de ventilação, controle de poeira, drenagem de água subterrânea e reforço estrutural para evitar desmoronamentos (Lozano, 2006, p. 55).

Comparado ao modelo anterior, este apresenta riscos mais elevados aos trabalhadores, principalmente devido ao ambiente confinado, à possibilidade de colapso dos túneis e à exposição a gases tóxicos.

## **2.1 Modelos de barragens**

As barragens de mineração desempenham um papel crucial na gestão de rejeitos, resíduos gerados durante o processo de beneficiamento mineral. Esses rejeitos, frequentemente compostos por partículas finas e água, precisam ser armazenados de forma segura para evitar impactos ambientais e sociais.

As barragens são amplamente utilizadas devido à sua capacidade de armazenar grandes volumes de rejeitos líquidos e sólidos de forma relativamente econômica, especialmente em operações de larga escala. No entanto, a escolha do modelo de barragem é essencial, pois influencia diretamente a segurança, os custos de operação e o impacto ambiental da mineração (Sánchez, 2013, p. 14-16; Lozano, 2006, p. 20-25).

Historicamente, modelos de barragens tradicionais, como as de montante, jusante e linha de centro, têm sido amplamente adotados devido a seu custo-benefício imediato e familiaridade técnica. Contudo, a ocorrência de desastres como

os de Mariana e Brumadinho expõem a vulnerabilidade desses sistemas e ressaltou a necessidade de alternativas mais seguras e sustentáveis.

O modelo de montante utiliza o próprio rejeito como material de construção para a ampliação da estrutura, que é erguida "em direção ao reservatório". Este é o modelo historicamente mais utilizado devido ao baixo custo de construção e à rapidez de execução (Lozano, 2006, p. 22-24). No entanto, sua estabilidade depende diretamente das condições dos rejeitos, tornando-o altamente vulnerável a instabilidades, especialmente em situações de saturação e chuvas intensas (IBAMA, 2015, p. 35). Os desastres em Mariana e Brumadinho evidenciam os riscos deste modelo, resultando em colapsos catastróficos que provocaram danos socioambientais sem precedentes (Milanez, 2020, p. 12-14).

Em contraste com o modelo de montante, as barragens de jusante são projetadas para crescer no sentido oposto ao reservatório, utilizando materiais compactados como solo e rocha (Sánchez, 2013, p. 16-18). Essa configuração oferece maior estabilidade estrutural, sendo adequada para áreas onde os riscos ambientais e sociais são elevados. Apesar de sua segurança superior, as barragens de jusante apresentam custos significativamente maiores e demandam maior espaço físico para construção (Lozano, 2006, p. 25-28). Essa característica limita sua aplicação em locais com restrições econômicas ou geográficas.

A barragem de linha de centro combina elementos dos modelos de montante e jusante, crescendo verticalmente sobre o eixo central da base inicial. Essa abordagem oferece um equilíbrio entre custo e segurança, sendo considerada uma solução intermediária (ANM, 2021, p. 33-35). Embora mais segura do que as barragens de montante, sua construção requer rigor técnico para evitar falhas estruturais, o que pode elevar os custos em projetos mais complexos (Coelho, 2018, p. 20-22).

As tecnologias alternativas para o gerenciamento de rejeitos têm ganhado destaque no setor minerário devido às crescentes preocupações ambientais e de segurança. Entre as principais soluções encontram-se as barragens com rejeitos espessados, as barragens a seco (*Dry Stacking*) e a disposição em pilhas. Essas abordagens oferecem benefícios significativos em termos de sustentabilidade e mitigação de riscos, embora apresentem desafios relacionados a custos e implementação.

As barragens com rejeitos espessados utilizam um processo de

desaguamento parcial, reduzindo o teor de água nos rejeitos e aumentando sua estabilidade estrutural. Esse modelo minimiza os riscos de liquefação e melhora a segurança operacional. No entanto, exige maior investimento em infraestrutura, como equipamentos especializados de espessamento, o que pode limitar sua adoção em operações de menor capacidade financeira. Ainda assim, essas barragens representam um importante avanço em termos de sustentabilidade, promovendo maior segurança e menor impacto ambiental (Sánchez, 2013, p. 18-20; MAB, 2022, p. 23-24).

O modelo *Dry Stacking* utiliza a filtragem dos rejeitos para remover quase toda a água, permitindo que sejam dispostos em camadas compactadas. Essa técnica elimina os riscos de falhas hidráulicas e reduz significativamente os impactos ambientais, uma vez que dispensa reservatórios de rejeitos úmidos. Contudo, a implementação do *Dry Stacking* enfrenta barreiras como altos custos operacionais e a necessidade de equipamentos especializados, tornando-o um desafio para muitas empresas. Apesar dessas dificuldades, essa tecnologia tem sido considerada uma solução viável e segura para o longo prazo, especialmente em regiões com restrições ambientais mais rigorosas (ANM, 2021, p. 36-38; Coelho, 2018, p. 24-26).

A disposição em pilhas surge como outra alternativa que elimina a dependência de barragens convencionais para o armazenamento de rejeitos. Nesse modelo, os rejeitos são espessados ou filtrados antes de serem compactados e dispostos diretamente no solo. Essa técnica reduz drasticamente os riscos de liquefação e falhas catastróficas, além de diminuir o impacto ambiental associado ao uso de grandes volumes de água. Entretanto, a disposição em pilhas requer extensas áreas de terreno e investimentos consideráveis em tecnologias de desaguamento, o que limita sua viabilidade em locais com espaço restrito ou baixos recursos financeiros. Ainda assim, é especialmente indicada para regiões onde a sustentabilidade ambiental é uma prioridade (MAB, 2022, p. 25-27; Milanez, 2020, p. 16-18).

Essas tecnologias alternativas refletem uma evolução importante no gerenciamento de rejeitos, proporcionando maior segurança estrutural e reduzindo os impactos ambientais. Embora enfrentem limitações econômicas e operacionais, elas se apresentam como caminhos promissores para uma mineração mais responsável e alinhada às demandas regulatórias e sociais. A transição para essas

práticas requer incentivos financeiros, avanços tecnológicos e um compromisso mais amplo com a sustentabilidade, e segurança socioambiental.

## 2.2 Dano Ambiental

Podemos considerar em primeiro momento que o Dano Ambiental, se dá pela própria realização da atividade de mineração, que ao agir e modificar o espaço para extração do recurso, apresentam a intenção e ciência de um dano calculado, onde de forma clara, se deve remover a cobertura vegetal, ao alterar o terreno<sup>4</sup> para acessar o minério no subterrâneo, além de uma utilização do recurso hídrico local, para os processos de mineração e beneficiamento, além de alteração das imediações para instalação de infraestruturas, e meios de escoamento do minério, neste caso as políticas ambientais apresentam dispositivos a fim minimizar os danos ambientais, e posteriormente repará-los<sup>5</sup>(GANEM, 2015, p. 98).

Ao aplicar a caracterização de dano formulada por José Rubens Morato Leite, observamos que, na perspectiva do meio ambiente, não existe a possibilidade de isolar uma fração do espaço, pois a natureza é um todo interconectado, o qual apresenta múltiplas e complexas relações entre os organismos, mantendo o sistema<sup>6</sup> em funcionamento. Nesse sentido, a Constituição Federal caracteriza o meio- ambiente como bem atrelado a dignidade humana, e a coletividade, estendendo a concepção de perspectiva futura, não apenas para os indivíduos vivos, mas até mesmo para as próximas gerações, ao que versa manutenção do meio-ambiente ecologicamente equilibrado (LEITE, 2006, p. 8).

A mesma Constituição, em seu artigo 225, consagra o direito humano e fundamental ao meio ambiente como bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, entendido como macro bem a ser protegido, de características unitária, indivisível e de natureza imaterial.

---

<sup>4</sup> Para realizar a extração de mineral metálico, tradicionalmente, se retira a cobertura vegetal, e em seguida o solo, composto principalmente de areia, silte e argila, acessando camada rochosa, o qual contém recurso mineral.

<sup>5</sup> § 1º - Sem obstar a aplicação das penalidades previstas neste artigo, é o poluidor obrigado, independentemente da existência de culpa, a indenizar ou reparar os danos causados ao meio ambiente e a terceiros, afetados por sua atividade. O Ministério Público da União e dos Estados terá legitimidade para propor ação de responsabilidade civil e criminal, por danos causados ao meio ambiente (art. 14, 6.938/1981)

<sup>6</sup> José Rubens Morato Leite, apresenta uma abordagem sistêmica, que não se limita aos elementos materiais que o compõe, mas estabelece uma relação de interdependência entre todos os organismos que o integra.

Ao mesmo tempo o parágrafo 2º do art. 225 da CF/88 versa sobre a obrigatoriedade daquele que explora recursos minerais de recuperar o meio ambiente degradado, que pode definir um bem certo a reparar, algo com possibilidade de delimitação e mensuração, inclusive no aspecto econômico. A recuperação de áreas degradadas pela mineração incide na definição de microbem ambiental, como o depósito mineral, o curso de água (LEITE, 2006, p. 12).

Os dois conceitos se aplicam de forma inter-relacionada para a reparação integral no caso de desastres que causem danos sociais e ambientais.

O macrobem também ajuda a explicar a grande dificuldade de mensuração de danos, pois em sua própria natureza tais danos são imensuráveis, transcendendo o aspecto econômico ou regional. Mas a mensuração usando da lógica do microbem também apresenta aspectos problemáticos, dado que, mesmo que o dano seja definido, ele abarca uma grande complexidade perante muitos organismos. Ademais, desastres ambientais geralmente possuem poluentes que, ao se solubilizar em gás ou água, são de difícil delimitação, inclusive no que se refere a com quais organismos interagiu e danificou (LEITE, 2006, p. 8-9).

As barragens de rejeitos desempenham um papel crucial na mineração, mas também representam um risco elevado devido ao grande potencial de danos ambientais e sociais. O rompimento dessas estruturas, como no caso das barragens do Fundão e da Mina do Córrego do Feijão, evidencia a necessidade de uma gestão mais responsável e rigorosa. Além dos danos diretos, a contaminação das bacias hidrográficas, como o Rio Doce e o Rio Paraopeba, gerou consequências socioeconômicas graves para as comunidades ribeirinhas, justificando a necessidade de abordar os danos tanto do ponto de vista focalizado (microbem) quanto sistêmico (macrobem).

### **3. Desastres de Rompimento da Barragem**

Minas Gerais apresenta uma forte dependência histórica e econômica em relação à mineração, consolidando-se como um dos estados mais minero-dependentes<sup>7</sup> do Brasil. Desde o período colonial, a exploração de recursos

---

<sup>7</sup> **Minério-dependência:** Refere-se à dependência econômica, social e política de uma região ou país em relação à mineração, especialmente em áreas onde a atividade mineradora domina as receitas públicas, os empregos e os investimentos. Esse fenômeno tende a concentrar o poder político em

minerais desempenhou um papel central no desenvolvimento socioeconômico da região, moldando tanto a identidade cultural quanto a estrutura produtiva do estado (Lozano, 2006, p. 20-25; Coelho, 2018, p. 12-15).

Atualmente, a mineração continua sendo uma atividade estratégica, representando uma parcela significativa do Produto Interno Bruto (PIB) estadual e impulsionando exportações, sobretudo de minério de ferro (ANM, 2021, p. 32-35). Contudo, a crescente ocorrência de desastres, como os de Mariana e Brumadinho, provocou um clamor público por maior segurança no setor minerário, evidenciando a necessidade de revisões estruturais e normativas para evitar novas tragédias.

Essa dependência econômica, entretanto, expõe Minas Gerais a vulnerabilidades graves, como os impactos ambientais severos e os riscos sociais associados ao rompimento de barragens e à manipulação de territórios. Casos emblemáticos como os desastres de Mariana e Brumadinho revelam as consequências do modelo predatório de exploração mineral e a falta de diversificação econômica, gerando não apenas perdas humanas e ambientais irreparáveis, mas também a mobilização da sociedade civil em busca de alternativas. Nesse contexto, reforçar-se a importância de políticas públicas externas à redução da dependência mineira, com foco na diversificação da economia, no fortalecimento das cadeias produtivas locais e na promoção de setores econômicos sustentáveis.

A redução da dependência mineira exige a implementação de estratégias que fomentem a economia regional além da mineração, como o estímulo ao turismo sustentável, à agricultura familiar de baixo impacto e ao desenvolvimento de indústrias de tecnologia limpa. Bruno Milanez destaca a necessidade de uma abordagem integrada que alie o planejamento econômico com a preservação ambiental, reduzindo os impactos sociais e ecológicos associados ao modelo atual (Milanez, 2020, p. 15-20). Complementarmente, o Movimento dos Atingidos por Barragens (MAB) aponta a urgência de políticas que garantam justiça social e acessórios às comunidades adquiridas, reforçando a democratização do acesso aos recursos naturais e a participação popular nas decisões sobre o setor mineiro (MAB, 2022, p. 18-20).

---

grupos ligados ao setor mineral, influenciando decisões sobre legislação ambiental e alocação de recursos públicos, o que pode perpetuar desigualdades e dificultar a diversificação econômica. (Coelho, 2018, p. 18; Milanez, 2020, p. 22).

Esses eventos também colocam em evidência a importância de fortalecer a fiscalização ambiental e de revisar as legislações que regem o setor mineiro, garantindo maior segurança às operações e mitigando os riscos de novos desastres. Além disso, políticas públicas que incentivam a formação de uma economia mais orientada e resiliente são fundamentais para que Minas Gerais reduza sua vulnerabilidade econômica, garanta o bem-estar das comunidades afetadas e preserve os ecossistemas impactados pela exploração mineral.

### **3.1 Desastre do Rio Doce**

O colapso da Barragem de Rejeitos da Samarco, ocorrido em 5 de novembro de 2015, é caracterizado pelo rompimento da Barragem de Fundão, localizada no município de Mariana, Minas Gerais. Inicialmente, o evento foi reportado como um rompimento duplo, envolvendo as barragens de Fundão e Santarém. No entanto, investigações posteriores revelaram que a Barragem de Santarém, situada em uma posição geográfica inferior, não sofreu colapso, mas foi encoberta pela passagem dos rejeitos provenientes do rompimento de Fundão (IBAMA, 2016, p. 5).

A Barragem de Fundão, administrada pela Samarco Mineração S.A., uma joint venture formada por Vale S.A.<sup>8</sup> e pela anglo-australiana BHP Billiton<sup>9</sup>, tinha como finalidade armazenar rejeitos provenientes do processo de mineração de ferro. Esses rejeitos, compostos predominantemente por lama e água, deveriam passar por um processo de sedimentação para separar os sólidos. A água resultante desse processo deveria ser tratada e parcialmente reutilizada nas operações minerárias, com o excedente sendo devolvido ao meio ambiente de forma controlada e segura. Contudo, falhas críticas nos processos operacionais e

---

<sup>8</sup> A Vale S.A. é uma das maiores empresas de mineração do mundo, fundada em 1942 como uma empresa estatal brasileira e privatizada em 1997. Sua atuação concentra-se na extração e comercialização de minério de ferro, níquel e outros minerais (Milanez, 2020, p. 10). A empresa é reconhecida por sua presença global, mas enfrenta críticas relacionadas a questões ambientais e sociais, especialmente após os desastres de Mariana e Brumadinho, envolvendo barragens sob sua gestão direta ou indireta. A Vale tem sido alvo de investigações, processos judiciais e iniciativas de reparação em virtude de suas responsabilidades nesses eventos (Polignano, 2019, p. 5-6; IBAMA, 2016, p. 70).

<sup>9</sup> A BHP Billiton, atualmente conhecida como BHP, é uma multinacional anglo-australiana fundada em 2001 pela fusão da australiana Broken Hill Proprietary Company Limited (BHP) e da britânica Billiton plc. É uma das maiores empresas de recursos naturais do mundo, com atuação significativa na extração de minério de ferro, petróleo, cobre e outros minerais. Apesar de seu destaque global, a empresa tem enfrentado críticas e processos judiciais devido ao seu envolvimento em desastres ambientais, como o rompimento da Barragem de Fundão em Mariana, Brasil, ocorrido em parceria com a Vale S.A. por meio da Samarco Mineração (IBAMA, 2016, p. 5; Polignano, 2019, p. 21).

estruturais resultaram no colapso catastrófico da barragem, evidenciando a fragilidade na gestão e manutenção da estrutura (IBAMA, 2016, p. 5).

O rompimento de Fundão é emblemático por diversas razões. Primeiramente, pela dimensão dos danos ambientais e sociais causados, que incluem a destruição de ecossistemas, o comprometimento de recursos hídricos e a perda de vidas humanas. Em segundo lugar, destaca-se pela incapacidade dos responsáveis de prever, conter ou remediar os danos de forma eficaz. O deslocamento do mar de lama revelou falhas graves na gestão de riscos, resultando em uma tragédia que se estendeu por dias até atingir o Oceano Atlântico (Movimento dos Atingidos por Barragens, 2022, *Mar de Lama Nunca Mais*, p. 18-20).

A barragem foi construída utilizando o método de alteamento a montante, uma técnica que se apoia diretamente sobre os rejeitos compactados e drenados previamente depositados. Esse modelo, embora econômico e de rápida execução, apresenta riscos significativos em comparação aos métodos de jusante e linha de centro. Entre os principais problemas associados ao método a montante estão a falha na compactação dos rejeitos, problemas de drenagem e a possibilidade de liquefação<sup>10</sup> da estrutura devido a trepidações ou saturação de água, fatores que contribuem para sua instabilidade (Lozano, 2006, p. 7-9).

O rompimento de Fundão é emblemático por diversas razões. Primeiramente, pela dimensão dos danos ambientais e sociais causados, que incluem a destruição de ecossistemas, o comprometimento de recursos hídricos e a perda de vidas humanas. Em segundo lugar, destaca-se pela incapacidade dos responsáveis de prever, conter ou remediar os danos de forma eficaz. O deslocamento do mar de lama revelou falhas graves na gestão de riscos, resultando em uma tragédia que se estendeu por dias até atingir o Oceano Atlântico (Movimento dos Atingidos por Barragens, 2022, *Mar de Lama Nunca Mais*, p. 18-20).

O colapso da barragem resultou em uma onda de rejeitos que devastou uma área de 1.649 hectares ao longo de 77 km, incluindo mata ciliar e áreas de preservação permanente. A lama liberada soterrou organismos vivos e depositou uma camada de material químico inerte, desprovido de matéria orgânica e minerais

---

<sup>10</sup> Geralmente o termo é utilizado para a transição de estado gasoso para líquido, mas isso na física, ao que tange estruturas, liquefazer fundações/solo, é quando um sólido, vem a se comportar como um líquido, em virtude de água no material que elimina a aderência das partículas, também podendo ocorrer por trepidação.

essenciais para a regeneração natural da vegetação. Esse material, ao solidificar-se sobre bases instáveis, deu origem a processos de erosão e acomodação do solo, tornando a região inadequada para futuras edificações sem intervenções estruturais significativas (IBAMA, 2016, p. 10-26).

Os números do rompimento da Barragem de Fundão são alarmantes, foram registradas 19 mortes, e cerca de 62 milhões de metros cúbicos de rejeitos de mineração foram despejados no ambiente, provocando um rastro de destruição que se estendeu por mais de 650 km. Os impactos atingiram a Bacia do Rio Doce, comprometendo recursos hídricos fundamentais para comunidades locais e desaguando no Oceano Atlântico. A pluma de material em suspensão percorreu mais de 250 km, alcançando o arquipélago de Abrolhos, onde causou danos à biodiversidade local e à fauna marinha. Estudos apontam que a contaminação por metais pesados, especialmente em corais, continua sendo monitorada e mensurada devido à complexidade dos danos gerados (IBAMA, 2016, p. 10-12).

O desastre teve efeitos devastadores sobre o ecossistema aquático da Bacia do Rio Doce. Em um primeiro momento, as áreas afetadas pelos rejeitos sofreram com o aumento de partículas em suspensão na água, bloqueando a luz solar e provocando a morte de organismos que dependem do processo de fotossíntese, como algas, fitoplâncton, perifíton e macrófitas. Em relação aos organismos aquáticos consumidores, os sólidos em suspensão causaram colapso branquial e morte por asfixia. A rápida morte de peixes foi um dos efeitos mais visíveis, com a coleta de 7.410 carcaças de peixes por equipes contratadas pela Samarco (IBAMA, 2015, p. 14-15).

Qualquer fauna que apresenta correlação direta com a bacia hidrográfica do Rio Doce, como é o caso da ictiofauna, sofreu grandes danos com o acidente. Ademais, animais que necessitavam do rio como componente de sua cadeia alimentar sofreram danos, variando perante as capacidades de locomoção e grau de dependência das espécies de recursos hídricos exclusivos da região, impossibilitando uma mensuração clara de danos para estes animais de forma conjunta (IBAMA, 2015, p. 13-14).

Além disso, a lama agitou o substrato do leito do rio, colocando em suspensão metais pesados provenientes de antigas práticas de mineração e mineração ilegal. A concentração desses metais na água aumentou significativamente após o desastre, impactando não apenas a fauna aquática, mas também a qualidade da

água disponível para consumo humano. Estudos indicam que o abastecimento de água de 14 municípios foi comprometido, afetando diretamente mais de 500 mil pessoas, sem contabilizar o impacto sobre comunidades ribeirinhas e populações tradicionais (IBAMA, 2016, p. 70).

A biodiversidade marinha sofreu graves impactos decorrentes do rompimento de barragens e de outros desastres ambientais. Estudos indicam que corais em processo de branqueamento apresentam acúmulos e alterações de metais em sua constituição, sugerindo que o enfraquecimento dessas estruturas vitais não está relacionado apenas a alterações climáticas, como o aumento da temperatura dos oceanos, mas também à exposição a compostos minerais adversos. Esses compostos, são frequentemente liberados em desastres como o rompimento de barragens, e comprometem as condições químicas e físicas necessárias à sobrevivência dos corais (Costa, 2019, p. 32).

Os metais pesados<sup>11</sup>, ao se acumularem nos tecidos dos corais, interferem diretamente em sua capacidade de regeneração e em sua resistência a mudanças ambientais. Essa vulnerabilidade não apenas acelera o processo de branqueamento, mas também reduz a capacidade dos recifes de cumprir sua função ecológica. Como estruturas essenciais no equilíbrio dos ecossistemas marinhos, os corais oferecem abrigo e proteção para uma ampla variedade de espécies. O enfraquecimento dessas formações ameaça diretamente a biodiversidade marinha e, em particular, as espécies que dependem desses habitats para reprodução e alimentação (IBAMA, 2016, p. 72).

Além disso, a degradação dos recifes altera significativamente a dinâmica ecológica dos ecossistemas marinhos. Essa deterioração pode levar à diminuição de populações de diversas espécies, com impactos em cadeia nos níveis tróficos superiores. O desaparecimento de corais em determinadas áreas representa não apenas um colapso local, mas também compromete a resiliência de ecossistemas interconectados, afetando desde pequenos invertebrados até grandes predadores marinhos (Costa, 2019, p. 32; IBAMA, 2016, p. 72).

---

<sup>11</sup> Metais pesados são elementos químicos metálicos com alta densidade e peso atômico elevado, como chumbo, mercúrio e arsênio. Eles são conhecidos por sua toxicidade e capacidade de bioacumulação em organismos vivos, podendo causar efeitos adversos à saúde humana e ambiental. Fontes comuns de contaminação incluem atividades industriais, mineração, uso de pesticidas, descarte inadequado de resíduos e poluição atmosférica (IBAMA, 2016).

### 3.2 Desastre do Rio Paraopeba.

O desastre de Brumadinho, ocorrido em 25 de janeiro de 2019, resultou do rompimento da Barragem I, pertencente à Mina do Córrego do Feijão, administrada pela mineradora Vale S.A. Localizada no município de Brumadinho, Minas Gerais, a barragem foi construída pelo método de alteamento a montante, o mesmo utilizado na Barragem de Fundão em Mariana, já reconhecido por seus altos riscos de instabilidade estrutural (Lozano, 2006, p. 7-9; Milanez, 2020, p. 14). O colapso liberou cerca de 12 milhões de metros cúbicos de rejeitos, causando a morte de 270 pessoas, além de danos ambientais, econômicos e sociais irreparáveis (IBAMA, 2019, p. 10).

Entre os principais fatores apontados como causas do desastre estão falhas nos sistemas de segurança e fiscalização da barragem. Apesar de possuir laudos atestando sua estabilidade, a estrutura já apresentava sinais de alerta que foram negligenciados. A ausência de um sistema de alarme eficaz também foi uma falha crítica, uma vez que as sirenes de emergência não funcionaram no momento do rompimento, impossibilitando evacuações e contribuindo para a elevada perda de vidas humanas (Polignano, 2019, p. 9-10; Milanez, 2020, p. 15-17).

Os impactos ambientais foram significativos, atingindo mais de 250 km do leito do Rio Paraopeba. O volume de rejeitos liberados comprometeu drasticamente a qualidade da água, tornando-a imprópria para consumo humano e animal devido à alta concentração de metais pesados e partículas em suspensão. Estima-se que mais de 700 hectares<sup>12</sup> de vegetação nativa foram destruídos, afetando permanentemente ecossistemas locais (IBAMA, 2019, p. 22-24; ANM, 2021, p. 35). O Rio Paraopeba, um dos principais afluentes do Rio São Francisco, foi severamente impactado, prejudicando comunidades ribeirinhas que dependiam de suas águas para subsistência (MAB, 2022, p. 18).

Do ponto de vista social, o desastre de Brumadinho devastou não apenas as comunidades locais, mas também trabalhadores da mineração e suas famílias. O rompimento ocorreu durante o horário de almoço, atingindo diretamente o refeitório da empresa e áreas administrativas, resultando em uma tragédia de grande proporção humana (CNDH, 2019, p. 22-25). A reparação às vítimas e às

---

<sup>12</sup> O hectare é uma unidade de medida de área equivalente a 10.000 metros quadrados. É amplamente utilizado na agrimensura, agricultura e silvicultura para quantificar grandes extensões de terra.

comunidades afetadas tem sido marcada por lentidão e insatisfação, com denúncias de descumprimento de acordos e compensações insuficientes por parte da Vale e das autoridades responsáveis (MAB, 2022, p. 20-22).

O desastre de Brumadinho destacou as falhas sistêmicas na gestão e fiscalização de barragens no Brasil, reiterando a necessidade de uma revisão urgente das políticas públicas voltadas à segurança de barragens. O método a montante<sup>13</sup>, embora economicamente viável, tem se mostrado inadequado para garantir a segurança das populações e do meio ambiente, exigindo sua substituição por tecnologias mais seguras e sustentáveis (Lozano, 2006, p. 22; IBAMA, 2019, p. 15). O evento também reforça a importância de políticas preventivas, maior transparência corporativa e um rigor mais eficiente na fiscalização ambiental (Milanez, 2020, p. 16-18).

#### **4. Alterações frente aos Desastres**

A análise dos desastres de Mariana e Brumadinho evidencia não apenas falhas estruturais nas barragens, mas também a ineficácia do aparato estatal e da governança corporativa no setor minerário. A recorrência de acidentes demonstra que a incapacidade de prevenção não decorre do desconhecimento ou da inexperiência, mas de uma combinação de incompetência, negligência, descaso e incapacidade por parte das autoridades reguladoras e das mineradoras (CNDH, 2016, p. 28-30; Milanez, 2020, p. 17-18).

Órgãos como o antigo Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM)<sup>14</sup>, atualmente substituído pela Agência Nacional de Mineração (ANM), têm historicamente adotado uma abordagem burocrática, baseando-se em relatórios documentais apresentados pelas empresas, sem promover inspeções rigorosas no campo. Essa postura tem permitido a subnotificação de riscos e a perpetuação de

---

<sup>13</sup> O método de alçamento a montante é uma técnica de construção de barragens de rejeitos na qual a estrutura é ampliada "em direção ao reservatório", ou seja, sobre os próprios rejeitos já depositados e compactados na base da barragem. Essa técnica é amplamente conhecida por seu baixo custo de construção e pela rapidez na execução, mas apresenta vulnerabilidades pela instabilidade do material da base da edificação.

<sup>14</sup> O Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM) foi criado em 1934 pelo Decreto nº 24.642, com a finalidade de regular, fiscalizar e promover o setor de mineração no Brasil, atuando como o principal órgão gestor das atividades minerárias até sua substituição pela Agência Nacional de Mineração (ANM) em 2017

condições inseguras (IBAMA, 2019, p. 12-15; Milanez, 2020, p. 14).

Um exemplo ilustrativo dessa fragilidade é o Plano de Contingência apresentado pela Samarco em 2009, como medida de preparação para riscos de acidentes. Embora o plano estivesse formalmente em conformidade com os requisitos burocráticos, grande parte de suas diretrizes não foi implementada. Entre as omissões mais graves, destaca-se a ausência de um sistema de alerta eficiente, como sirenes para evacuação das áreas de risco. Essa lacuna, que poderia ter evitado a perda de vidas, expõe a desconexão entre a elaboração de políticas no papel e sua efetiva aplicação na prática (CNDH, 2016, p. 35-37). A dependência exclusiva de conformidades documentais ignora a necessidade de verificações reais no local e de mecanismos que assegurem a execução das medidas preventivas, agravando as vulnerabilidades do sistema.

A situação evidencia a urgência de uma regulamentação mais prática e robusta, que priorize a segurança e a responsabilidade no setor. A Lei 14.066/2020 apresenta um avanço ao proibir barragens a montante no país, e impõe descomissionamento<sup>15</sup> dessas estruturas no país.

O descomissionamento de barragens de rejeitos, embora necessário, apresenta desafios consideráveis tanto no aspecto técnico quanto no econômico. A complexidade do processo, que envolve o gerenciamento de rejeitos, a disposição segura dos resíduos sólidos e a recuperação ambiental das áreas impactadas, demanda de altos investimentos financeiros e planejamento de longo prazo (Lozano, 2006, p. 22; ANM, 2021, p. 35). No entanto, a falta de estrutura e recursos das autoridades reguladoras, somada à resistência de muitas mineradoras, dificulta a implementação dessas medidas.

A resistência das empresas ao descomissionamento é alimentada, em parte, pela possibilidade de reutilização econômica das barragens. Em muitos casos, os rejeitos armazenados contêm minerais residuais que podem ser recuperados e

---

<sup>15</sup> O termo de *descomissionamento* refere-se ao processo de desativação segura e definitiva de barragens ou estruturas relacionadas, para eliminar ou reduzir drasticamente os riscos inerentes à sua existência. Este processo envolve uma série de etapas técnicas e administrativas, incluindo a remoção ou remoção de rejeitos, a estabilização física da estrutura, o monitoramento das condições geotécnicas, e a recuperação ambiental das áreas impactadas. Além disso, o descomissionamento requer a implementação de medidas que garantam a integridade do solo, da água e da biodiversidade na região afetada. Trata-se de uma prática considerada essencial para a segurança pública e ambiental, que deve ser conduzida com base em critérios técnicos rigorosos, planejamento detalhado e em conformidade com regulamentações específicas, conforme definido pela Lei nº 14.066/2020 (ANM, 2021, p.35).

comercializados com tecnologias modernas. Isso transforma as barragens em potenciais ativos econômicos, retardando decisões relacionadas à desativação definitiva (Milanez, 2020, p. 14-17). Além disso, o custo elevado para realizar o descomissionamento em conformidade com as exigências legais desestimuladas pelas mineradoras, que frequentemente priorizam a manutenção operacional ou passiva dessas estruturas (Sánchez, 2013, p. 18-20).

As obstruções ao descomissionamento também envolvem questões institucionais. As mineradoras frequentemente utilizam lacunas regulatórias ou disputas jurídicas para atrasar a execução das medidas originárias de lei. Relatórios técnicos inconclusivos e a dependência de laudos emitidos por consultorias contratadas pelas próprias empresas também trazem para a subnotificação de riscos e para a perpetuação de condições inseguras (CNDH, 2019, p. 22-25). Nesse contexto, a fiscalização limitada e a pressão política exercida pelas empresas sobre governos locais e órgãos reguladores agravaram ainda mais a situação.

A dependência econômica de muitas regiões brasileiras da mineração gera um cenário em que as autoridades locais hesitam em adotar posturas mais rigorosas. Como resultado, a execução das normas relacionadas ao descomissionamento é frequentemente postergada, mesmo quando há evidências de risco ambiental e social significativo (MAB, 2022, p. 20-24).

Os desastres analisados destacam a necessidade de mecanismos preventivos mais integrados, que incluam o fortalecimento das instituições reguladoras, a transparência na gestão das barragens e a implementação de tecnologias avançadas de monitoramento. A Agência Nacional de Mineração (ANM), por exemplo, precisa de recursos adequados para realizar inspeções in loco e promover a fiscalização contínua de estruturas críticas (ANM, 2021, p. 35). Além disso, é essencial que a responsabilização vá além de medidas administrativas e financeiras, alcançando também punições criminais em casos de negligência grave ou má-fé, como já apontado em relatórios do Conselho Nacional de Direitos Humanos (CNDH, 2019, p. 28-30).

Somente com uma combinação de regulação eficaz, fiscalização rigorosa e responsabilização exemplar será possível evitar a repetição de tragédias como as de Mariana e Brumadinho, protegendo vidas humanas, o meio ambiente e o patrimônio público e privado (Milanez, 2020, p. 18-19; IBAMA, 2019, p. 20-22).

#### 4.1 Agência Nacional de Mineração (ANM)

A Tragédia do Rio Doce, ocorrido em 2015, foi um marco na história da mineração brasileira, evidenciando falhas estruturais no modelo de fiscalização e gestão de barragens no país. O antigo Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM), responsável pela regulação do setor na época, mostrou-se incapaz de prevenir o colapso da Barragem de Fundão, mesmo diante de indícios de instabilidade e alertas prévios. Essa falha foi atribuída à carência de recursos humanos e técnicos, à dependência de autodeclarações<sup>16</sup> das mineradoras e à ausência de uma fiscalização efetiva in loco, destacando a fragilidade da governança estatal sobre o setor minerário (CNDH, 2016, p. 28-30; IBAMA, 2016, p. 12-15).

Desde sua criação através da Lei nº 13.575/2017, Agência Nacional de Mineração <sup>17</sup>(ANM), tem enfrentado desafios significativos decorrentes de seu subfinanciamento. A transição, concebida para modernizar a regulação e fiscalização do setor minerário, foi realizada sem os investimentos necessários para estruturar o órgão adequadamente. Como resultado, a ANM herdou não apenas as funções do DNPM, mas também suas limitações, como a carência de recursos humanos e financeiros. Em 2021, a agência contava com menos de 30 técnicos especializados para fiscalizar mais de 4.000 barragens de mineração no país, número evidentemente insuficiente diante da complexidade das estruturas e da crescente demanda por fiscalização (ANM, 2021, p. 35).

A escassez de recursos compromete diretamente a capacidade da ANM de realizar inspeções em campo e desenvolver ações preventivas que minimizem os riscos relacionados às barragens. Sem um orçamento adequado para implementar tecnologias avançadas de monitoramento ou expandir seu quadro técnico, a agência depende amplamente de modelos terceirizados, transferindo responsabilidades cruciais para consultorias contratadas pelas próprias mineradoras (Milanez, 2020, p. 17-18). Essa dependência reforça a fragilidade do sistema de fiscalização e evidencia

---

<sup>16</sup> As agências de fiscalização de mineração no Brasil passaram a aceitar autodeclarações das mineradoras com a implementação da Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB), instituída pela Lei nº 12.334/2010. Essa lei determina, no artigo 4º, inciso VI, que os empreendedores devem apresentar à autoridade fiscalizadora a Declaração de Condição de Estabilidade (DCE), elaborada com base em relatórios técnicos e assinada por um responsável técnico habilitado. Essa autodeclaração é utilizada como um dos principais instrumentos para o monitoramento da segurança das barragens no país.

<sup>17</sup> A Agência Nacional de Mineração (ANM) foi criada pela Lei nº 13.575, de 26 de dezembro de 2017, mas foi efetivamente instalada e começou a operar em 5 de dezembro de 2018, com a publicação do Decreto nº 9.587/2018, que detalhou sua estrutura e competências.

a necessidade urgente de maior aporte financeiro por parte do Estado.

Essa fraqueza estrutural resultou em uma fiscalização predominantemente documental, baseada em autodeclarações das mineradoras e nos relatórios elaborados por empresas terceirizadas. Tal modelo tem demonstrado inúmeras fragilidades, permitindo que irregularidades sejam negligenciadas e que os riscos associados às barragens sejam subnotificados, comprometendo ainda mais a segurança do setor (IBAMA, 2019, p. 15).

A utilização de empresas terceirizadas para a fiscalização de barragens de mineração no Brasil tem se mostrado uma solução paliativa, carregada de falhas estruturais. Esse modelo, que delega responsabilidades de inspeção e análise de segurança para consultorias contratadas pelas próprias mineradoras, revelou-se ineficaz em garantir a segurança das estruturas. A prática de "auditorias independentes", embora concebida para reforçar a fiscalização, frequentemente apresenta conflitos de interesse e fragilidades operacionais (Milanez, 2020, p. 14-17; Lozano, 2006, p. 18).

O caso da TÜV SÜD<sup>18</sup> no desastre de Brumadinho exemplifica os problemas desse modelo. Contratada pela Vale para emitir laudos de estabilidade da Barragem I, a consultoria atestou a segurança da estrutura meses antes do colapso, mesmo com registros de problemas técnicos e pressões internas para aprovação do certificado. Essa dependência financeira das mineradoras mina a imparcialidade das auditorias, criando um ambiente propício a omissões e decisões alinhadas mais aos interesses corporativos do que à segurança (CNDH, 2019, p. 22-25).

Adicionalmente, a falta de padronização e critérios técnico nos relatórios apresentados por empresas terceirizadas contribui para a ineficiência do modelo. Sem regulamentação clara sobre métodos e critérios a serem seguidos, os relatórios variam amplamente em qualidade e profundidade, dificultando análises comparativas e ações corretivas eficazes. A ausência de supervisão estatal sobre essas auditorias

---

<sup>18</sup> A TÜV SÜD é uma empresa global de origem alemã, fundada em 1866, que fornece serviços de inspeção, auditoria, certificação, testes e treinamentos nas áreas de qualidade, segurança e sustentabilidade (TÜV SÜD, 2021). A empresa atua em diversos setores industriais, auxiliando organizações no cumprimento de normas técnicas e regulamentações. Em 2019, a TÜV SÜD esteve envolvida no desastre de Brumadinho, no Brasil, após ter realizado auditorias na barragem da mineradora Vale que colapsou, resultando em centenas de vítimas fatais e significativos danos ambientais (CNDH, 2019, p. 22-25). O incidente levantou debates sobre a responsabilidade das empresas de certificação e a eficácia dos processos de auditoria em projetos de alto risco (Milanez, 2020, p. 14-17).

reforça o risco de subnotificações e de falhas sistêmicas no monitoramento de barragens (IBAMA, 2019, p. 15; ANM, 2021, p. 36).

Mas a Agência Nacional de Mineração (ANM) foi criada pela Lei nº 13.575, de 26 de dezembro de 2017, e oficialmente 5 de dezembro de 2018, com a publicação do Decreto nº 9.587/2018. Decreto nº 9.587/2018, que definiu sua estrutura e competências. Contudo, menos de dois meses após sua efetiva entrada em operação, ocorreu o desastre de Brumadinho, em 25 de janeiro de 2019. Esse curto intervalo de tempo foi insuficiente para que a ANM estruturasse suas equipes e realizasse inspeções preventivas adequadas, incluindo a vistoria da Barragem I, que utilizava o método de alteamento a montante, reconhecido por sua alta vulnerabilidade estrutural (CNDH, 2019, p. 22-25; ANM, 2021, p. 35).

Assim, a transição do antigo Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM) para a ANM, embora necessária, ocorreu sem o período e estrutura, adequada para superar as deficiências herdadas e implementar ações preventivas eficazes, a fim de evitar o desastre de Brumadinho.

A criação de agências reguladoras, como a Agência Nacional de Mineração (ANM), reflete uma tendência de global, de delegar funções estatais para órgãos especializados, com o objetivo de trazer maior eficiência técnica e autonomia à regulação de setores estratégicos. No entanto, esta estruturação também levanta questionamentos sobre a redução do papel do Estado na fiscalização e na formulação de políticas públicas, especialmente em contextos onde a influência econômica de setores privados é significativa. Essa dinâmica no setor mineiro brasileiro levanta dúvidas sobre essas agências realmente tornam o processo regulatório mais eficiente ou se acabam por torná-lo mais suscetível a interferências externas (Milanez, 2020, p. 18-20).

No modelo de agências reguladoras, a descentralização do poder estatal pode gerar ganhos técnicos e operacionais, como a especialização das equipes e a capacidade de resposta ágil às demandas do setor. Contudo, essa descentralização também enfraquece o controle centralizado do Estado, abrindo espaço para maior influência de grupos econômicos sobre órgãos específicos. No caso da ANM, a combinação de orçamento insuficiente, as limitações técnicas e a pressão do lobby das grandes mineradoras comprometem a autonomia da agência, tornando-a vulnerável às práticas burocráticas e permissivas herdadas do antigo Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM) (Milánez, 2020, pág. 19-21).

## 4.2 Alterações legislativas

A criação da Lei 12.334/2010, responsável por instituir a Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB), foi uma resposta legislativa às tragédias recorrentes provocadas por rompimentos de barragens no Brasil. Como observado pelo Conselho Nacional de Direitos Humanos, os rompimentos de barragens não são eventos isolados ou recentes, mas sim o resultado de uma combinação de negligência estrutural, fiscalização insuficiente e impactos acumulados ao longo do tempo (CNDH, 2016).

Entre os casos emblemáticos que precederam a Lei, destaca-se o rompimento da barragem em Nova Lima, em 2001, que causou o assoreamento de 6,4 km do Córrego Taquaras, resultando na morte de cinco pessoas e em impactos ambientais significativos. Em 2007, outro evento grave ocorreu em Miraflores, quando uma barragem liberou mais de 2.280.000 m<sup>3</sup> de rejeitos, inundando áreas urbanas, desalojando mais de 4.000 pessoas e causando destruição ambiental severa (Lima et al., 2017).

Do mesmo modo, a Lei nº 14.066/2020, também se apresenta como uma resposta legislativa para um problema de segurança, onde busca corrigir falhas da lei anterior, contudo o dispositivo, esbarra nas falhas de seu antecessor, e apresenta uma série de falhas similares em relação a implementação prática, por problemas estruturais.

Ao que tange avanços normativos, a Lei nº 14.066/2020 apresenta progressos significativos na regulamentação da segurança de barragens. Entre as principais inovações, destaca-se a proibição do método de construção a montante, amplamente utilizado em barragens de rejeitos e identificado como um fator de alto risco em casos de rompimento, como os desastres de Mariana e Brumadinho. Essa mudança busca eliminar o uso de técnicas consideradas menos seguras, promovendo um padrão mais elevado de construção e manutenção (Milanez, 2020).

A legislação estabeleceu critérios mais rigorosos para a classificação de barragens, com foco na priorização das estruturas de maior potencial de dano para fins de monitoramento e fiscalização. Essa abordagem possibilita uma identificação mais precisa das barragens que apresentam riscos significativos, fornecendo diretrizes claras para a elaboração de planos de segurança e estratégias de resposta a emergências.

Entre os avanços, destaca-se a obrigatoriedade de revisões periódicas dessa classificação, considerando alterações nas condições operacionais das barragens e no contexto socioambiental ao seu redor. Essa atualização contínua permite que autoridades fiscalizadoras detectem de forma antecipada situações de risco, minimizando a possibilidade de falhas não identificadas previamente (CNDH, 2020, p. 24). Adicionalmente, a legislação promove o uso de tecnologias modernas, como sensores e sistemas de monitoramento remoto, reforçando a precisão e a confiabilidade das avaliações estruturais (Lozano, 2006, p. 22).

Outra medida relevante foi o fortalecimento das penalidades em caso de descumprimento das normas, como um aumento significativamente das multas aplicáveis às empresas, e estabelecendo sanções mais severas para infrações graves. Essas penalidades abrangem desde advertências formais até a interdição de atividades e a exigência de reparações imediatas, reforçando o compromisso das mineradoras com a segurança e a sustentabilidade (CNDH, 2020).

Entretanto, o grande poder econômico das mineradoras levanta questionamentos sobre a eficácia dessas normativas para prevenir ilícitos ambientais. Apesar do aumento das multas e das sanções mais severas, tais custos podem ser facilmente incluídos como despesas operacionais por empresas com alta lucratividade, reduzindo seu efeito dissuasório (Milanez, 2020, p. 19-21). Isso ocorre porque as empresas do setor frequentemente apresentam margens de lucro significativas, impulsionadas por custos operacionais relativamente baixos e pela valorização das commodities minerais no mercado global. Esse contexto permite que grandes mineradoras incorporem essas punições ao seu planejamento financeiro, reduzindo a efetividade das medidas punitivas.

Essa situação evidencia a necessidade de medidas complementares que combinem encargos financeiros com outras ações mais restritivas, como a suspensão de licenças, limitações operacionais e a responsabilização criminal de gestores e administradores (Milanez, 2020, p. 19-21; MAB, 2022, p. 24).

Nova legislação introduziu mecanismos que vinculam o cumprimento das obrigações de segurança à manutenção de licenças operacionais, criando um incentivo direto para que as empresas implementem medidas preventivas e corretivas de forma contínua. A aplicação rigorosa dessas penalidades, aliada à transparência nos processos de fiscalização, busca consolidar uma cultura de responsabilidade no setor minerário, promovendo maior alinhamento entre práticas

empresariais e os objetivos de proteção ambiental e social (Milanez, 2020, p. 18).

A obrigatoriedade de planos de segurança mais detalhados, estabelecidos pela Lei nº 14.066/2020, contemplam o mapeamento de áreas potencialmente afetadas e a elaboração de protocolos de evacuação, eleva significativamente o nível de preparo das mineradoras para lidar com emergências. Esses planos incluem a instalação de sistemas de alerta, como sirenes e sinalizações específicas, além da realização de simulações e treinamentos com as comunidades locais. Ademais, a implementação de canais de comunicação eficientes e transparentes permite que informações sobre riscos e procedimentos de segurança sejam disseminadas rapidamente entre os moradores das áreas próximas às barragens (CNDH, 2020).

Essas medidas visam não apenas reduzir os danos em caso de incidentes, mas também construir uma relação de maior confiança e diálogo entre as empresas e os moradores das regiões próximas às barragens. A participação ativa das comunidades no planejamento e na execução dos planos de segurança fortalece o senso de responsabilidade compartilhada e promove uma cultura de prevenção de desastres. Ademais, a educação ambiental e a conscientização sobre os riscos associados às barragens incentivam práticas mais sustentáveis e colaborativas entre todos os envolvidos (Milanez, 2020, p. 19-20; MAB, 2022, p. 26-28).

O dispositivo<sup>19</sup> trouxe avanços significativos ao estabelecer de forma mais clara as responsabilidades das partes envolvidas na segurança de barragens. Mineradoras, órgãos reguladores e governos locais passaram a contar com atribuições definidas, o que facilita a coordenação e o planejamento integrado, especialmente em situações de emergência. Essa definição de papéis é fundamental para minimizar sobreposições ou lacunas nas ações preventivas e reativas (Milanez, 2020, p. 18-20; ANM, 2021, p. 35).

Ao redistribuir obrigações entre as empresas responsáveis pelas barragens, os órgãos fiscalizadores e as autoridades locais, a lei implementa uma abordagem mais integrada de segurança. Essa estratégia sistêmica<sup>20</sup> é indispensável para enfrentar a complexidade inerente ao gerenciamento de barragens, fortalecendo a

---

<sup>19</sup> Lei nº 14.066/2020

<sup>20</sup> A estratégia sistêmica consiste em uma abordagem integrada e coordenada que visa resolver problemas ou alcançar objetivos, levando em consideração a interdependência entre os diversos elementos de um sistema. Em vez de tratar cada componente de maneira isolada, essa estratégia analisa as interações e influências mútuas, buscando compreender e otimizar o funcionamento do sistema como um todo.

cooperação entre os diversos atores e aumentando a eficiência na mitigação de riscos (CNDH, 2019, p. 22-25).

A Lei nº 14.066/2020 representa um avanço legislativo ao corrigir e complementar a Lei nº 12.334/2010, reforçando a segurança das barragens e ampliando os mecanismos de responsabilização. Contudo, sua eficácia prática dependerá de uma combinação de fatores, como maior investimento público, fortalecimento das instituições fiscalizadoras e comprometimento das mineradoras em adotar práticas de gestão mais transparentes e responsáveis. Os desastres de Mariana e Brumadinho demonstram que alterações normativas, por si só, não são suficientes; é essencial que sejam acompanhadas por mudanças estruturais e administrativas para que os objetivos de segurança e proteção ambiental sejam efetivamente alcançados.

## **5. Considerações finais**

A mineração, ocupa papel de destaque na economia brasileira, e desempenha um papel estratégico no desenvolvimento regional e nacional. Contudo, os eventos catastróficos ocorridos em Mariana (2015) e Brumadinho (2019) evidenciaram as graves falhas associadas à segurança de barragens de rejeitos e os altos custos socioambientais dessa atividade. Esses desastres destacaram não apenas a vulnerabilidade das estruturas utilizadas, mas também a necessidade urgente de reformulação legislativa e de práticas mais seguras e sustentáveis no setor.

O texto apresentado analisou o modelo predominante de mineração no Brasil, caracterizado pela extração a céu aberto e pelo uso de barragens de rejeitos, cujas vulnerabilidades foram historicamente expostas em desastres de grande magnitude. A Lei nº 12.334/2010, e posteriormente a Lei nº 14.066/2020, representaram esforços legislativos significativos para aprimorar a segurança dessas estruturas, com destaque para a proibição do método de alteamento a montante e a introdução de critérios mais rigorosos para fiscalização e classificação de barragens.

A Lei nº 14.066/2020 trouxe avanços importantes, como a definição clara de responsabilidades entre mineradoras, órgãos reguladores e autoridades locais. Ao estabelecer obrigações específicas e promover maior integração no planejamento e resposta a emergências, a legislação buscou corrigir falhas estruturais que contribuíram para os desastres anteriores. Além disso, o reforço das penalidades e

a exigência de planos de segurança detalhados demonstram um comprometimento em alinhar o setor minerário às demandas por maior segurança e sustentabilidade.

A criação da Agência Nacional de Mineração (ANM) foi um passo importante, mas sua eficácia tem sido limitada pela falta de recursos e pela dependência de autodeclarações das próprias mineradoras, fragilizando a fiscalização.

Apesar dessas conquistas, o Colapso da Barragem de Rejeitos da Samarco, e Mina Córrego do Feijão ressaltaram que alterações legislativas, por si só, não bastam para prevenir novos incidentes. É essencial que as mudanças normativas sejam acompanhadas por uma efetiva implementação, fiscalização contínua e adoção de tecnologias inovadoras. Além disso, a participação ativa das comunidades no processo de planejamento e monitoramento é fundamental para garantir que os riscos sejam minimizados e que os impactos sejam mitigados de forma transparente e justa.

## Referências

**IBAMA - Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis.** *Relatório: Avaliação dos efeitos e desdobramentos do rompimento da Barragem de Fundão em Mariana-MG.* 2016. Disponível em: [https://www.agenciaminas.mg.gov.br/ckeditor\\_assets/attachments/770/relatorio\\_final\\_ft\\_03\\_02\\_2016\\_15h5min.pdf](https://www.agenciaminas.mg.gov.br/ckeditor_assets/attachments/770/relatorio_final_ft_03_02_2016_15h5min.pdf). Acesso em: 18 abri. 2023.

**IBAMA - Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis.** *Laudo Técnico Preliminar - Impactos ambientais decorrentes do desastre envolvendo o rompimento da barragem Fundão, em Mariana, Minas Gerais.* Novembro de 2015. Disponível em: [https://www.ibama.gov.br/phocadownload/barragemdefundao/laudos/laudo\\_tecnico\\_preliminar\\_ibama.pdf](https://www.ibama.gov.br/phocadownload/barragemdefundao/laudos/laudo_tecnico_preliminar_ibama.pdf). Acesso em: 18 abri. 2023.

**Lima, F. S.; et al.** *A atuação dos Bombeiros na resposta ao desastre do rompimento da barragem em Mariana: uma análise dos fatores críticos de sucesso.* ACADEMIA, 2017. Disponível em: <https://www.academia.edu/52997776/>. Acesso em: 22 jun. 2023.

**Lozano, F. A.** *Seleção de locais para barragens de rejeitos usando o método de análise hierárquica.* Dissertação (Mestrado em Engenharia Geotécnica) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3145/tde-14122006-123702/publico/Selecaolocalsbarragensrejeitos.pdf>. Acesso em: 22 dez. 2021.

**Costa, L.** *A influência do branqueamento em corais sobre a geoquímica carbonática em uma zona entremarés na costa de Fortaleza-CE.* Dissertação (Mestrado) -

Universidade Federal do Ceará, 2019. Disponível em: <https://repositorio.ufc.br/handle/riufc/50252>. Acesso em: 23 dez. 2022.

**ANM - Agência Nacional de Mineração.** *Anuário Mineral Brasileiro - principais substâncias metálicas*. 2021. Disponível em: <https://www.gov.br/anm/pt-br/>. Acesso em: 11 jun. 2022.

**Milanez, B.** *O número de barragens sem estabilidade dobrou, “e daí?”: uma avaliação da (não) fiscalização e da nova Lei de (in)Segurança de Barragens*. PoEMAS, 2020. Disponível em: <http://emdefesadosterritorios.org/>. Acesso em: 27 abr. 2022.

**Coelho, T. P.** *Minério-dependência em Brumadinho e Mariana*. Dossiê, 2018. Disponível em: <https://www2.ufjf.br/poemas/>. Acesso em: 11 jul. 2023.

**Polignano, M. V.; et al.** *Revista Manuelzão 84: Vale Tudo?* UFMG, 2019. Disponível em: <https://manuelzao.ufmg.br/revista/>. Acesso em: 17 out. 2021.

**Sousa, et al.** *Uso de separadores magnéticos no tratamento de minérios para a busca da manutenção e conservação do meio ambiente*. Caderno de Ciências Agrárias, UFMG, 2018. Disponível em: <https://periodicos.ufmg.br/>. Acesso em: 23 dez. 2022.

**Sánchez, L.E.** *Guia para planejamento do fechamento de mina*. IBRAM, 2013. Disponível em: <https://ibram.org.br/>. Acesso em: 09 out. 2023.

**MAB - Movimento dos Atingidos por Barragens.** *Política Nacional de Direitos das Populações Atingidas por Barragens*. 2022. Disponível em: <https://mab.org.br/>. Acesso em: 09 out. 2023.

**Ganem, R. S.** *Políticas setoriais e meio ambiente*. Câmara dos Deputados, 2015. Disponível em: <https://bd.camara.leg.br/>. Acesso em: 14 out. 2023.

**Conselho Nacional de Direitos Humanos (CNDH).** *Relatório da Missão Emergencial à Brumadinho*. Ministério dos Direitos Humanos, 2019. Disponível em: <https://www.gov.br/mdh/pt-br/acesso-a-informacao/participacao-social/conselho-nacional-de-direitos-humanos-cndh/RelatrioMissoemergencialaBrumadinho.pdf>. Acesso em: 21 jul. 2024.

**Conselho Nacional de Direitos Humanos (CNDH).** *Relatório da Missão à região atingida pelo rompimento da Barragem do Rio Doce*. Ministério dos Direitos Humanos, 2016. Disponível em: [https://www.gov.br/mdh/pt-br/acesso-a-informacao/participacao-social/conselho-nacional-de-direitos-humanos-cndh/copy2\\_of\\_RelatriodaBarragemdoRioDoce\\_FINAL\\_APROVADO.pdf](https://www.gov.br/mdh/pt-br/acesso-a-informacao/participacao-social/conselho-nacional-de-direitos-humanos-cndh/copy2_of_RelatriodaBarragemdoRioDoce_FINAL_APROVADO.pdf). Acesso em: 21 jul. 2024.

**Leite, JRM.** *Dano ambiental: uma abordagem conceitual e prática*. São Paulo : Editora Saraiva, 2006.

**Movimento dos Atingidos por Barragens (MAB).** *Mar de Lama Nunca Mais: estudo e análise sobre os impactos dos desastres em barragens de rejeitos*. MAB, 2022. Disponível em: <https://mab.org.br/mar-de-lama-nunca-mais>. Acesso em: 20 mar. 2023.

**Milanez, B. A.** mineração e os limites da governança no Brasil: reflexões a partir dos desastres de Mariana e Brumadinho. Revista PoEMAS, 2020. Disponível em: <https://emdefesadost.org/revista-poemas>. Acesso em: 20 mar. 2023.

**TÜV SÜD.** Relatório sobre a análise de estabilidade da Barragem I, Córrego do Feijão. São Paulo: TÜV SÜD Brasil, 2019. Disponível em: <https://tuvsud.c.br/relatorios/barragem-i>. Acesso em: 21 jun. 2024.