

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALFENAS

**CAROLINA MENDES GONÇALVES
FRANCISCO EDUARDO FERNANDES RIBEIRO**

**DE REJEITOS A SUBPRODUTOS: UMA DÉCADA DE TRANSFORMAÇÕES NA
LEGISLAÇÃO BRASILEIRA SOBRE REJEITOS DE MINERAÇÃO**

POÇOS DE CALDAS / MG

2025

CAROLINA MENDES GONÇALVES
FRANCISCO EDUARDO FERNANDES RIBEIRO

**DE REJEITOS A SUBPRODUTOS: UMA DÉCADA DE TRANSFORMAÇÕES NA
LEGISLAÇÃO BRASILEIRA SOBRE REJEITOS DE MINERAÇÃO**

Trabalho de Conclusão de Curso, apresentado como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Minas pela Universidade Federal de Alfenas - Campus Poços de Caldas.

Orientador(a): Carolina Del Roveri.

POÇOS DE CALDAS / MG

2025

Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal de Alfenas
Biblioteca Campus Poços de Caldas

Gonçalves, Carolina Mendes.

De rejeitos a subprodutos : uma década de transformações na legislação brasileira sobre rejeitos de mineração / Carolina Mendes Gonçalves, Francisco Eduardo Fernandes Ribeiro. - Poços de Caldas, MG, 2025.

40 f. : il. -

Orientador(a): Carolina Del Roveri.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Minas) - Universidade Federal de Alfenas, Poços de Caldas, MG, 2025.

Bibliografia.

1. Mineração responsável. 2. Arcabouço jurídico. 3. Gestão de rejeitos. 4. Segurança de barragens. 5. Economia circular. I. Ribeiro, Francisco Eduardo Fernandes . II. Roveri, Carolina Del, orient. III. Título.

Ficha gerada automaticamente com dados fornecidos pelo autor.

CAROLINA MENDES GONÇALVES
FRANCISCO EDUARDO FERNANDES RIBEIRO

**DE REJEITOS A SUBPRODUTOS: UMA DÉCADA DE TRANSFORMAÇÕES NA
LEGISLAÇÃO BRASILEIRA SOBRE REJEITOS DE MINERAÇÃO**

O(A) Presidente da banca examinadora abaixo assina a aprovação do Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como parte dos requisitos para obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Minas pela Universidade Federal de Alfenas - *Campus* Poços de Caldas.

Aprovado em: 12 de Dezembro de 2025.

Prof.^a Dr.^a: Carolina Del Roveri.
Universidade Federal de Alfenas.

Assinatura:



Documento assinado digitalmente
CAROLINA DEL ROVERI
Data: 15/12/2025 14:04:10-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr.: Fabiano Cabanãs Navarro.
Universidade Federal de Alfenas.

Assinatura:

Prof. Dr.: Matheus Fernando Ancelmi.
Universidade Federal de Alfenas.

Assinatura:

AGRADECIMENTOS

Expressamos nossa sincera gratidão, primeiramente, à nossa orientadora, Professora Doutora Carolina Del Roveri, cujo apoio, confiança e orientação foram determinantes para a realização deste curso e para a formação dos engenheiros de minas que buscamos ser. Mais do que uma orientadora, você foi um exemplo de dedicação e compromisso acadêmico, marcando profundamente nossa trajetória e contribuindo para que chegássemos até o fim desta jornada.

Agradecemos igualmente a todos os professores que, ao longo do percurso, compartilharam seus conhecimentos e experiências, confiaram em nosso trabalho e, acima de tudo, foram mais que mestres, tornaram-se referências e amigos em momentos de dificuldade, principais para nossa evolução profissional e pessoal. Levaremos conosco cada aprendizado e cada experiência vivida, que certamente nos acompanharão ao longo da vida.

À Universidade Federal de Alfenas – Campus Poços de Caldas – MG, registramos nosso reconhecimento pela oportunidade concedida, pela infraestrutura disponibilizada e pelo apoio constante durante os anos de graduação, elementos indispensáveis para nosso desenvolvimento e formação profissional.

À biblioteca e seus colaboradores, bem como aos Técnicos Administrativos em Educação (TAEs) do Campus Poços de Caldas, agradecemos pelo empenho e auxílio na disponibilização do acervo necessário, pelo suporte nos laboratórios, pelas orientações e pelo apoio em projetos de pesquisa.

À banca examinadora, manifestamos nossa gratidão pela análise cuidadosa e pelas valiosas contribuições que enriqueceram este trabalho.

Por fim, agradecemos a todos que, de forma direta ou indireta, estiveram presentes nesta caminhada. Cada desafio superado e cada gesto de incentivo foram pilares que nos sustentaram até a conclusão desta etapa, tornando-nos não apenas bacharéis em engenharia de minas, mas também seres humanos mais conscientes, éticos, resilientes e preparados para os próximos desafios que virão em nossas jornadas futuras.

"O desenvolvimento sustentável é um conceito novo, surgido no final do século mais dinâmico vivido pela humanidade. Por isso mesmo, sua compreensão e absorção pela sociedade ainda é talvez o primeiro desafio do novo Milênio."

(Luciano de Freitas Borges e José Eduardo Alves Martinez, 2001. p. 135).

RESUMO

A mineração no Brasil constitui um setor estratégico para o desenvolvimento econômico e tecnológico, mas historicamente marcado por fragilidades socioambientais que se tornaram evidentes nos desastres de Mariana (2015) e Brumadinho (2019). Esses eventos, de caráter irreversível, não apenas expuseram vulnerabilidades técnicas e regulatórias, mas também catalisaram mudanças profundas na legislação e na governança mineral, impulsionando a reformulação de normas voltadas à segurança de barragens e à destinação de rejeitos. Entre 2015 e 2025, o setor passou por uma década de intensas transformações regulatórias, aprendendo com erros passados e buscando consolidar mecanismos mais eficazes de prevenção e valorização de rejeitos. O Brasil dispõe de um arcabouço jurídico considerado robusto, que abrange desde a Política Nacional do Meio Ambiente (Lei nº 6.938/1981) até dispositivos específicos para a mineração, como o Código de Mineração (Decreto-Lei nº 227/1967) e seu regulamento atualizado pelo Decreto nº 10.965/2022. A esse conjunto somam-se a Lei nº 14.066/2020, que fortalece a Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB), a Lei nº 9.605/1998, sobre crimes ambientais, e, mais recentemente, a Resolução ANM nº 189/2024, que institui o Plano de Aproveitamento de Rejeitos e Estéreis (PARE). Este último representa um marco regulatório ao consolidar rejeitos como ativos econômicos, alinhando o setor mineral às diretrizes da economia circular e às metas globais de descarbonização. Apesar da amplitude normativa, a efetividade das leis permanece condicionada a fatores estruturais como fiscalização rigorosa, disponibilidade de recursos técnicos e cumprimento consistente por empresas e instituições estatais. Persistem lacunas relacionadas à capacidade operacional de mineradoras de pequeno porte, à integração entre diferentes esferas de poder e à transparência dos processos de gestão. Nesse sentido, a década analisada revela avanços significativos, mas também desafios persistentes que comprometem a plena implementação das políticas públicas. Este estudo realiza uma análise crítico-interpretativa da evolução regulatória brasileira entre 2015 e 2025, destacando como os desastres minerários impulsionaram não apenas reformas técnicas, mas também mobilizações sociais, ações judiciais coletivas e maior pressão por transparência. A valorização de rejeitos emerge como eixo estratégico, conectando-se às demandas contemporâneas por sustentabilidade, inovação tecnológica e competitividade global. Conclui-se que, embora o Brasil tenha avançado substancialmente em termos normativos, a efetividade das mudanças depende de uma governança integrada, da participação social e da capacidade de fiscalização contínua. A valorização de rejeitos, quando incorporada de forma consistente às práticas empresariais e políticas públicas, pode representar não apenas uma solução ambiental, mas também uma oportunidade econômica capaz de reposicionar o setor mineral brasileiro no cenário internacional.

Palavras-chave: mineração responsável; arcabouço jurídico; gestão de rejeitos; segurança de barragens; economia circular.

ABSTRACT

Mining in Brazil is a strategic sector for economic and technological development, yet it has long been marked by socio-environmental vulnerabilities, made evident by the Mariana (2015) and Brumadinho (2019) disasters. These irreversible events not only exposed technical and regulatory weaknesses but also catalyzed profound changes in legislation and mineral governance, driving the reformulation of standards on dam safety and tailings management. Between 2015 and 2025, the sector underwent a decade of intense regulatory transformation, learning from past failures while seeking to consolidate more effective mechanisms for prevention and tailings valorization. Brazil possesses a comprehensive legal framework that ranges from the National Environmental Policy (Law No. 6,938/1981) to mining-specific instruments such as the Mining Code (Decree-Law No. 227/1967) and its updated regulation (Decree No. 10,965/2022). This framework is further reinforced by Law No. 14,066/2020, which strengthens the National Dam Safety Policy (PNSB), Law No. 9,605/1998 on environmental crimes, and, more recently, ANM Resolution No. 189/2024, which established the Tailings and Waste Utilization Plan (PARE). The latter represents a regulatory milestone by consolidating tailings as economic assets, aligning the mining sector with circular economy principles and global decarbonization goals. Despite the breadth of this framework, its effectiveness remains contingent upon structural factors such as rigorous oversight, technical capacity, and consistent compliance by companies and public institutions. Persistent gaps include the limited operational capacity of small-scale mining enterprises, the lack of integration across different levels of government, and insufficient transparency in management processes. Thus, the decade under review reveals significant progress but also enduring challenges that hinder the full implementation of public policies. This study provides a critical-interpretative analysis of Brazil's regulatory evolution between 2015 and 2025, emphasizing how mining disasters spurred not only technical reforms but also social mobilization, collective legal actions, and heightened demands for transparency. Tailings valorization emerges as a strategic axis, directly linked to contemporary demands for sustainability, technological innovation, and global competitiveness. The findings suggest that, although Brazil has advanced substantially in regulatory terms, the effectiveness of these changes depends on integrated governance, active social participation, and continuous enforcement. When consistently incorporated into corporate practices and public policies, tailings valorization can represent not only an environmental solution but also an economic opportunity capable of repositioning Brazil's mining sector in the international arena.

Keywords: responsible mining; legal framework; tailings management; dam safety; circular economy.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável.....	23
Figura 2 - Barragens Prioritárias no Brasil, 2024.....	28
Figura 3 - Uso de Barragens Prioritárias no Brasil, 2024.....	29
Figura 4 - Dashboard Público de Segurança de Barragens de Mineração, 2025.....	30
Figura 5 - Distribuição Geográfica de Barragens para Disposição de Rejeitos Minerais e Resíduos Industriais, 2025.....	30

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	10
2	OBJETIVOS.....	12
2.1	Objetivos Específicos.....	13
3	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	13
3.1	Governança, Legislação e Transformações Normativas (2015–2025).....	16
3.2	Sustentabilidade, ESG, Economia Circular e ODS.....	20
3.3	Rejeitos Minerais.....	23
4	METODOLOGIA.....	25
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	26
5.1	Do Passivo ao Recurso: Como a Legislação Incentiva a Valorização.....	32
6	CONCLUSÃO.....	33
	REFERÊNCIAS.....	36

1 INTRODUÇÃO

Diante da crescente demanda global e das transformações tecnológicas recentes, a busca por fontes de energia limpa e de baixo carbono tornou-se prioridade estratégica para conter o aumento da temperatura média global em até 1,5°C, conforme metas estabelecidas pelo Acordo de Paris, firmado durante a 21ª Conferência das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas (COP21). Nesse cenário, a transição energética se apresenta como um caminho inevitável, com a mineração assumindo papel central ao fornecer minerais críticos indispensáveis à descarbonização para viabilizar essa mudança responsável (Hund et al., 2020; Vale, 2021).

No Brasil, a atividade mineral contribui diretamente para o desenvolvimento econômico e o suprimento de insumos estratégicos à transição energética. Todavia, o mesmo setor que sustenta avanços tecnológicos e energéticos é também responsável por impactos socioambientais expressivos, entre os quais se destaca a volumosa geração de rejeitos (Dias et al., 2025). Essa dualidade, como fonte de progresso e, ao mesmo tempo, de passivos, expõe os dilemas de um setor central para o futuro responsável e sustentável, cujas contradições se tornaram ainda mais evidentes diante dos desastres ocorridos no país.

As práticas minerárias, ainda que tenham evoluído significativamente na última década, continuam marcadas por falta de clareza normativa, inconsistências em sua aplicação e até deficiências nos mecanismos de fiscalização e transparência, que fragilizam a governança e a reputação institucional do setor (Ibram, 2021). A memória dos desastres de Mariana e Brumadinho permanece viva, revelando a vulnerabilidade de um sistema que resultou em perdas humanas irreparáveis e impactos ambientais devastadores, como a contaminação dos rios Doce e Parauapebas (Laschefski, 2020). Tais eventos não apenas expuseram falhas técnicas e regulatórias, mas também impuseram à sociedade brasileira a urgência de repensar o modelo de exploração do setor mineral, evidenciaram lacunas regulatórias, fragilidades operacionais e deficiências nos mecanismos de fiscalização e transparência, resultando em severos danos ambientais e humanos.

Os erros passados do setor mineral envolvem a interface complexa entre aspectos sociais e ambientais, que ganharam destaque nacional e internacional nas mídias, evidenciando a urgência de uma gestão mais rigorosa sobre a segurança na mineração e na gestão de rejeitos, especialmente diante das marcas profundas deixadas na última década com os acidentes de Mariana (2015) e Brumadinho (2019), apesar desses erros, a legislação brasileira já dispunha de bases consolidadas antes desses eventos, ainda que a prática tenha revelado brechas entre o prescrito e o efetivamente cumprido.

Apesar da existência de um arcabouço legal abrangente nos âmbitos ambiental e mineral no país, sua efetividade permanece limitada pela fragmentação entre esferas governamentais e pela inconsistência na aplicação prática das normas, tanto em órgãos federais, como em estaduais e municipais. Iniciativas como o Plano Nacional de Mineração 2050 representam esforços de modernização e de alinhamento às agendas de sustentabilidade, embora sua implementação ainda careça de maior integração e sinergia com políticas públicas e práticas empresariais (Brasil, s.d.).

Diante dos desafios socioambientais e regulatórios enfrentados pelo setor mineral nos últimos anos, compreender as evoluções do marco legal brasileiro desde 2015 ajuda a analisar não apenas os progressos alcançados, mas também as barreiras ainda presentes na efetiva implementação das normas. Os acidentes no Brasil impulsionaram diversas reformas técnicas e também mobilizações sociais, ações judiciais coletivas e pressão por maior transparência.

Nesse processo de amadurecimento e aprimoramento regulatório, destaca-se a Resolução ANM nº 189/2024, que institui o Plano de Aproveitamento de Rejeitos e Estéreis (PARE). Este dispositivo normativo marca uma mudança de paradigma ao exigir que os empreendimentos minerários avaliem sistematicamente o potencial de aproveitamento de seus rejeitos, aproximando a política às diretrizes da economia circular e às metas de redução de impactos ambientais (ANM, 2021).

Nesse contexto, a gestão de rejeitos, historicamente negligenciada, desponta como eixo estratégico de inovação. Mais do que uma exigência ambiental, ela se conecta ao avanço para uma mineração responsável e resiliente, ao promover a conversão de rejeitos em insumos para novas cadeias produtivas, ampliando a

competitividade do setor mineral, fortalecendo a agenda ESG e avançando rumo à descarbonização (Dias et al., 2025).

Paralelamente, mesmo antes da institucionalização do PARE em 2024, diversas empresas já buscavam, e continuam buscando, parcerias com universidades e grupos de pesquisa para desenvolver soluções tecnológicas voltadas ao aproveitamento de rejeitos. Mais recentemente, observa-se a ampliação de iniciativas corporativas que estimulam a inovação aberta, incluindo programas de fomento e premiação de propostas aplicadas à mitigação de passivos, como exemplificado pelo Mining Lab da Nexa Resources (Nexa Resources, 2025).

Apesar desses avanços, a literatura científica ainda apresenta relativa escassez de estudos consolidados. Embora existam trabalhos anteriores que abordem o uso desses materiais como insumos industriais ou seu retorno em processos produtivos, muitas dessas pesquisas permanecem pontuais, dispersas ou restritas a estudos de caso. Esse cenário evidencia a necessidade de análises mais abrangentes, capazes de consolidar evidências técnicas e orientar políticas públicas e práticas empresariais.

Diante desse contexto, formula-se a questão central deste estudo: em que medida as transformações legislativas brasileiras entre 2015 e 2025, culminando no PARE nº 189/2024, têm capacidade de converter obrigações normativas em práticas efetivas de valorização de rejeitos minerais como subprodutos?

2 OBJETIVOS

Analisar em que medida as transformações legais e regulatórias ocorridas na mineração brasileira entre 2015 e 2025, culminando na Resolução ANM nº 189/2024 (PARE), são capazes de converter exigências normativas em práticas efetivas de valorização e aproveitamento de rejeitos minerais como subprodutos, articulando o marco regulatório com avanços técnico-científicos e evidências de estudos aplicados.

2.1 Objetivos Específicos

1. Mapear e sistematizar o arcabouço legal e regulatório brasileiro relacionado à gestão de rejeitos e segurança de barragens no período 2015–2025, destacando mudanças institucionais, rupturas normativas e vetores de atualização legislativa.
2. Identificar lacunas, convergências e tendências emergentes na política mineral brasileira, especialmente no que se refere à transição de um modelo reativo de gestão de riscos para abordagens preventivas, integradas e alinhadas à economia circular.
3. Analisar o papel do PARE nº 189/2024 como instrumento de indução tecnológica, avaliando seu potencial para estimular o aproveitamento de rejeitos, ampliar a transparência e orientar práticas empresariais para modelos mais sustentáveis.
4. Propor uma síntese crítica sobre os avanços, limitações e oportunidades do marco regulatório brasileiro, indicando caminhos para consolidar políticas públicas e práticas empresariais que favoreçam a valorização de rejeitos como subprodutos estratégicos.

3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A compreensão das transformações normativas que marcaram a mineração brasileira na última década exige, inicialmente, a delimitação conceitual dos termos empregados no arcabouço ambiental e mineral. Embora a legislação nacional estabeleça distinções formais entre esses termos, o contexto mineral apresenta especificidades operacionais que justificam um tratamento conceitual próprio.

A Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), instituída pela Lei nº 12.305/2010 e atualizada pelo Decreto nº 10.936/2022, constitui o marco geral da gestão de resíduos no país, integrando-se à Política Nacional de Meio Ambiente e

ao Sistema Nacional de Informações sobre a Gestão dos Resíduos Sólidos (IBAMA, 2022). No inciso XVI do art. 3º, a PNRS define resíduos sólidos como:

“material, substância, objeto ou bem descartado resultante de atividades humanas em sociedade, a cuja destinação final se procede, se propõe proceder ou se está obrigado a proceder, nos estados sólido ou semissólido, bem como gases contidos em recipientes e líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou em corpos d’água, ou exijam para isso soluções técnica ou economicamente inviáveis em face da melhor tecnologia disponível.”

Na mesma norma, rejeitos são definidos, no inciso XV do art. 3º, como:

“uma parcela dos resíduos sólidos que, depois de esgotadas todas as possibilidades de tratamento e recuperação por processos tecnológicos disponíveis e economicamente viáveis, não apresentem outra possibilidade que não a disposição final ambientalmente adequada.”

Embora amplamente referenciada, essa distinção nasce de um contexto direcionado ao saneamento básico e às atividades industriais tradicionais. Na mineração, contudo, o termo rejeito possui significado técnico consolidado e refere-se ao material remanescente das etapas de lavra e beneficiamento mineral, sem viabilidade econômica imediata de recuperação, sendo usualmente destinado a barragens, pilhas ou estruturas de contenção.

Essa diferenciação semântica e técnica ajuda compreender as recentes mudanças regulatórias do setor, especialmente no contexto pós-2015, em que a convergência entre legislação ambiental, política mineral e instrumentos de governança introduziu novos parâmetros para segurança de barragens, rastreabilidade, transparência e, mais recentemente, para o aproveitamento de rejeitos como subprodutos, culminando na Resolução ANM nº 189/2024, que institucionaliza o PARE (ANM, 2024).

Outro aspecto conceitual abordado frequentemente, diz respeito à distinção entre aproveitamento e reaproveitamento de rejeitos. Embora frequentemente utilizados como sinônimos, os termos possuem significados distintos no contexto regulatório e operacional da mineração. O PARE nº 189/2024 adota explicitamente o conceito de aproveitamento, entendido como a utilização de materiais descartados

usualmente armazenados em barragens ou pilhas para inserção em novas cadeias produtivas, convertendo o rejeito em um insumo complexo passível de ser transformado em matéria-prima por outros setores industriais (ANM, 2024). Trata-se, portanto, de um processo de valorização externa, associado à economia circular e à expansão de cadeias produtivas.

Por outro lado, o termo reaproveitamento, embora não contemplado na normativa federal, é empregado na literatura técnica para designar a reintrodução do material estocado em barragens ou pilhas no próprio processo produtivo mineral, mediante novas etapas de beneficiamento destinadas à recuperação de teores previamente descartados. Nesse caso, trata-se de um fluxo interno de retorno ao circuito de processamento (FEAM, 2013).

Com base no caso da empresa Minérios Itaúna Ltda (Minerita), descrito pela FEAM (2013), é possível distinguir de forma objetiva e aplicada os conceitos de reaproveitamento e aproveitamento de rejeitos no contexto minerário. O reaproveitamento refere-se ao uso interno do próprio material descartado no processo produtivo, com o objetivo de recuperar teores residuais e retorná-lo no circuito de processamento. É exatamente o que ocorreu na Minerita a partir de 2007, quando a implantação de uma planta de concentração permitiu recuperar os finos mineralizados originalmente perdidos no processo, convertendo-os novamente em *sinter-feed*. Trata-se, portanto, de uma etapa interna, voltada à maximização da eficiência metalúrgica e redução de perdas dentro da própria operação.

Já o aproveitamento caracteriza uma dinâmica distinta, externa ao processo produtivo original, em que o rejeito passa a ser tratado como insumo para novas cadeias produtivas. No caso da Minerita, a parcela de finos de elevada sílica resultante das etapas de concentração foi separada, desagregada e redirecionada para a produção de areia industrial, num intervalo granulométrico específico entre 0,105 mm e 6,3 mm, amplia o horizonte tecnológico e econômico da empresa, permitindo transformar passivos minerais em novos produtos comercializáveis (FEAM, 2013).

Apesar de sutis, essas distinções contribuem para a correta interpretação das diretrizes normativas, das políticas públicas e dos estudos técnicos aplicados à mineração contemporânea. A definição clara e precisa de resíduos, rejeitos,

aproveitamento e reaproveitamento contribui para a uniformização conceitual no setor, qualifica análises técnico-jurídicas e fundamenta a discussão das transformações regulatórias que estruturam este trabalho.

3.1 Governança, Legislação e Transformações Normativas (2015–2025)

A Constituição Federal (1988), por exemplo, estabelece em seu artigo 225 que *“todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e imprescindível à sadia qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações”*. Esse artigo não apenas impõe deveres ao Estado, mas também legitima a atuação da sociedade civil organizada na defesa do meio ambiente.

No âmbito internacional, destacam-se iniciativas promovidas pela Organização das Nações Unidas (ONU) em setembro de 2015, que marcou o lançamento da Agenda 2030 e consolidou os 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS). Poucos meses depois, em dezembro do mesmo ano, foi firmado o Acordo de Paris, estabelecendo o compromisso de limitar o aumento da temperatura global a 1,5°C acima dos níveis pré-industriais (Enap, 2021). Estes eventos, chancelados pelo governo brasileiro, somam-se às iniciativas nacionais, como o Plano Nacional de Mineração 2050 (PNM), reforçando compromissos de longo prazo com práticas sustentáveis e governança responsável no setor alinhadas à Constituição Federal (Brasil, s.d).

Entretanto, nesse mesmo período houve o rompimento da barragem de Fundão, em Mariana, em novembro de 2015, que expôs de forma dramática a vulnerabilidade da governança mineral no Brasil. Embora não tenha influenciado diretamente os marcos globais, a tragédia conduziu debates internos e acelerou mudanças regulatórias, entre as quais se destaca a criação da Agência Nacional de Mineração (ANM), pela Lei nº 13.575/2017, em substituição ao Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM), inaugurando uma autarquia de regime especial vinculada ao Ministério de Minas e Energia (Santos, 2023). Esse

alinhamento entre marcos globais e diretrizes internas pavimentaram o caminho para regulamentações mais robustas do setor (Braga et al., 2021).

O Código de Mineração (Decreto-Lei nº 227/1967) define a mineração como atividade estratégica para o país, atribuindo à União a responsabilidade pela gestão dos recursos minerais, desde a pesquisa até a comercialização (Brasil, 1967). Esse marco legal passou por diversas atualizações, incluindo a criação da Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB), pela Lei nº 12.334/2010, que instituiu diretrizes robustas para prevenção de desastres em estruturas de contenção de rejeitos. Entre seus instrumentos, destaca-se o Relatório de Segurança de Barragens (RSB), publicado anualmente como ferramenta de transparência e monitoramento, aproximando sociedade e poder público do acompanhamento das condições das barragens no Brasil (Brasil, 2025).

Apesar de avanços institucionais e regulatórios, a mineração no Brasil ainda carrega fragilidades estruturais. Em comparação com outros setores econômicos, seu impacto ambiental pode ser menor em termos relativos, no entanto, a magnitude dos desastres associados e a recorrência de falhas na gestão de rejeitos mantêm a atividade sob intensa resistência social e frequentemente associada a uma imagem negativa (Carvalho, 2024).

Ainda assim, estudos apontam que o setor não se resume apenas às suas tragédias. Segundo o Ibram (2009), avanços tecnológicos e aprimoramentos regulatórios permitiram uma redução estimada de até 70% nos impactos ambientais das operações, embora tais dados demandam atualização frente ao novo cenário pós-2015. Quando conduzida de forma planejada e responsável, a mineração pode impulsionar o desenvolvimento econômico, tecnológico e de infraestrutura, sobretudo pela arrecadação de *royalties*, também conhecidos como Compensação Financeira pela Exploração de Recursos Minerais (CFEM), e pela indução de investimentos diretos em municípios mineradores e áreas adjacentes, fortalecendo setores como educação e saúde (Pereira, 2021).

No entanto, a cobertura midiática tende a priorizar os episódios de degradação e acidentes, relegando a segundo plano as ações de restauração, recuperação de áreas degradadas, proteção e gestão de unidades de conservação e

reflorestamento implementadas por empresas que cumprem a legislação ambiental e buscam devolver o ambiente em condições adequadas e justas à sociedade.

Esse contraste se acentuou com os acidentes envolvendo barragens de rejeitos, que produzem danos catastróficos e, muitas vezes, irreversíveis, impactando ecossistemas inteiros e resultando em perdas humanas significativas. O rompimento da barragem de Fundão, em Mariana (2015), marcou um ponto de inflexão no setor mineral brasileiro, instaurando a chamada política de “tolerância zero” em relação à segurança de barragens (Souza, 2025).

A partir desse ponto, iniciou-se uma intensa reconfiguração regulatória. Em 2017, ainda sob o Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM), foi instituída a Portaria nº 70.389, que definiu instrumentos obrigatórios para a segurança de barragens de mineração, como o Sistema Integrado de Gestão de Barragens de Mineração (SIGBM), o Plano de Segurança de Barragens (PSB) e o Plano de Ação de Emergência de Barragens de Mineração (PAEBM). Esses mecanismos introduziram padronização, transparência e governança ao setor (Brasil, 2017). Apesar disso, a tragédia se repetiria em 2019, com o rompimento da Barragem B1, em Brumadinho, considerado o maior desastre ambiental e humanitário do país, mesmo após a adoção de medidas regulatórias iniciais (Souza, 2025).

Em resposta imediata, a ANM editou a Resolução nº 13/2019, proibindo a construção de barragens pelo método a montante, reconhecido por sua vulnerabilidade estrutural. Essa norma foi posteriormente sucedida pela Resolução ANM nº 95/2022, que consolidou padrões técnicos mais detalhados para métodos construtivos, drenagem e monitoramento de segurança em barragens a jusante, de linha de centro, por empilhamento e dique único (ANM, 2022). O processo de amadurecimento regulatório ganhou ainda mais consistência com a Lei nº 14.066/2020, que atualizou substancialmente a Política Nacional de Segurança de Barragens, criando classificações de risco mais rigorosas, impondo obrigatoriedade de PSB e PAE e estabelecendo sanções administrativas mais severas.

Se a sequência de acidentes impulsionou normas de segurança, também abriu espaço para uma agenda mais propositiva, como o aproveitamento de rejeitos. Nesse contexto, a Resolução ANM nº 85/2021 representou um marco estratégico,

ainda que facultativo, ao reconhecer o aproveitamento de rejeitos e estéreis como atividade legítima da mineração. Essa inovação, embora voluntária, conferiu às empresas maior segurança jurídica e clareza normativa, com exigências de registro no Relatório Anual de Lavra (RAL) e integração ao Plano de Ação de Emergência (PAE) (ANM, 2021).

Entretanto, foi apenas com a Resolução ANM nº 189, de 25 de novembro de 2024, que alterou substancialmente esse cenário, ao instituir o Plano de Aproveitamento de Rejeitos e Estéreis (PARE), a norma tornou obrigatórias as práticas de aproveitamento, encerrando a lacuna da Resolução 85/2021 e consolidando o aproveitamento de rejeitos como obrigação legal (ANM, 2024). O PARE não apenas estabelece diretrizes técnicas para a gestão e valorização de rejeitos, mas também alinha o setor mineral às melhores práticas internacionais, articulando-se com a Agenda 2030 e os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), e o PNM 2050. Dessa forma, transforma rejeitos em insumos estratégicos, conferindo ao setor um papel central na transição para a economia circular (Ávila et al., 2021).

Contudo, a implementação da Resolução nº 189/2024 apresenta desafios significativos, sobretudo para mineradoras de pequeno porte com recursos financeiros limitados, uma vez que não prevê período de adaptação ou moratória. A norma entrou em vigor imediatamente na data de sua publicação, exigindo cumprimento integral das novas exigências e impondo maior rigor à gestão de rejeitos e estéreis (ANM, 2024). Essa rigidez regulatória evidencia um movimento em direção a padrões mais robustos de controle, mas ao mesmo tempo expõe as assimetrias de capacidade operacional entre empresas de diferentes portes.

Nesse mesmo contexto de fortalecimento normativo, o Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH) atualizou a Resolução nº 143/2012, substituída pela Resolução nº 241/2024, redefinindo critérios para classificação de barragens com base no dano potencial associado (DPA), volume e categoria de risco (CRI). Entre as alterações mais relevantes, destaca-se a substituição do conceito de “população a jusante” por “potencial perda de vidas humanas” no cálculo do DPA, o que imprime maior peso social e humanitário à classificação (CNRH, 2024). Além disso, foram estabelecidos prazos específicos de um ano para ajustes normativos internos e dois

anos para reclassificação efetiva das barragens que buscam compatibilizar a urgência regulatória com a viabilidade técnica das adaptações (CNRH, 2024).

A consolidação desse cenário regulatório foi reforçada ainda pela Audiência Pública nº 1/2025, promovida pela ANM no âmbito do Eixo 6 da Agenda Regulatória 2025/2026. O objetivo central foi adequar a Resolução nº 95/2022 às disposições da Lei nº 14.514/2022, que versa sobre segurança de barragens de mineração, por meio de amplo processo de consulta envolvendo setores produtivos, especialistas e sociedade civil. Tal iniciativa fortaleceu o debate público para sociedade civil, desde ONGs, associações e residentes atingidos pela mineração, além de universidades e instituições filantrópicas, ampliando a transparência e contribuindo para a democratização das decisões regulatórias, além de promover alinhamento com diretrizes legais recentes, aprimorando a governança de riscos e dando efetividade da participação social (ANM, 2025).

Esses esforços regulatórios, somados aos compromissos internacionais de sustentabilidade e às experiências adquiridas após os desastres do setor, consolidam um marco de referência para práticas mais seguras, transparentes e sustentáveis na mineração. Criam-se, assim, as bases necessárias para a avaliação crítica dos avanços e das lacunas ainda persistentes na gestão de barragens de rejeitos, bem como para a análise de seu potencial de valorização e aproveitamento, inserindo a discussão no horizonte da economia circular e da transição energética.

3.2 Sustentabilidade, ESG, Economia Circular e ODS

O conceito de sustentabilidade, amplamente difundido no século XXI, consolidou-se ao longo de um processo histórico marcado por debates internacionais acerca dos limites ambientais e das formas de desenvolvimento socioeconômico. As primeiras discussões estruturadas ganharam relevância a partir da década de 1950, quando diferentes pesquisadores passaram a alertar para a intensificação da degradação ambiental. Esse movimento culminou na Conferência de Estocolmo, realizada em 1972, reconhecida como o primeiro marco global de integração entre meio ambiente e desenvolvimento, ao trazer à pauta internacional a

necessidade de reavaliar os modelos de produção e consumo vigentes (ENAP, 2024).

A consolidação conceitual ocorreu em 1987, com a publicação do Relatório Brundtland: *“Our Common Future”*, produzido pela Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, instituído pela Assembleia Geral das Nações Unidas. O documento apresentou a definição clássica de desenvolvimento sustentável como *“aquele que atende às necessidades presentes sem comprometer a capacidade das gerações futuras de atenderem às suas próprias necessidades”*, introduzindo um paradigma de longo prazo para políticas públicas e planejamento socioeconômico (ENAP; PNUD, 2021).

Nas décadas seguintes, sucessivas conferências internacionais ampliaram a compreensão sobre sustentabilidade e seus desdobramentos normativos. O Protocolo de Kyoto foi o marco inicial dos acordos climáticos, posteriormente sucedido pelo Acordo de Paris de 2015, que estabeleceu compromissos globais para limitar o aquecimento global a 1,5°C (ENAP, 2024).

As contribuições teóricas de Ignacy Sachs (2009) reforçam a natureza multidimensional da sustentabilidade, concebida como uma prática interdisciplinar que articula dimensões social, ambiental, territorial, econômica e política. Para o autor, o desenvolvimento sustentável exige conciliar crescimento econômico e limites ecológicos, promovendo sinergias entre sistemas produtivos, proteção ambiental e bem-estar coletivo (Sachs, 2009).

No plano institucional, a agenda ambiental avançou por meio de iniciativas como os Objetivos de Desenvolvimento do Milênio (ODM), criados no ano 2000, que estabeleceram metas voltadas à redução da pobreza, melhoria da educação, mitigação de desigualdades e fortalecimento de políticas socioambientais. Posteriormente, esse marco foi ampliado em 2015 com a criação da Agenda 2030, que consolidou os 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) e 169 metas, configurando a estrutura global mais abrangente para orientar ações governamentais, privadas e sociais voltadas ao desenvolvimento sustentável (ENAP, 2024).

Os ODS (Figura 1), embora aplicáveis a múltiplas áreas, estruturam-se sobre uma lógica integrada que relaciona as três dimensões do desenvolvimento sustentável: econômica, social e ambiental, e orientam políticas públicas, instrumentos regulatórios e práticas empresariais. Isso reforça seu papel estratégico na formulação de diretrizes voltadas à governança ambiental e à responsabilidade socioeconômica (PLAN Brasil, 2017).

Figura 1 - 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável



Fonte: PLAN, 2017.

Nesse contexto, emerge a incorporação da agenda ESG (*Environmental, Social and Governance*), através da Lei nº 14.133/2021, que redireciona expectativas sobre o desempenho das organizações, exigindo indicadores objetivos de gestão ambiental, responsabilidade social e governança corporativa. Na mineração, esses elementos articulam-se diretamente à economia circular, à gestão de rejeitos, à transparência regulatória e à necessidade de modelos operacionais que reduzam impactos e maximizem a eficiência no uso de recursos.

Ainda que a mineração, por sua natureza extrativa e não renovável, não possa ser considerada sustentável em sentido estrito, é possível construir uma mineração responsável, alinhada às demandas globais por transição energética, mitigação de impactos e a valorização de rejeitos convertidos em subprodutos.

Nesse contexto, a agenda ESG tem reforçado a necessidade de estratégias integradas de gestão ambiental, social e de governança, aproximando os empreendimentos minerários dos compromissos internacionais derivados da Agenda 2030 e dos ODS.

3.3 Rejeitos Minerais

Os rejeitos minerais constituem a fração do material resultante das operações de beneficiamento que não apresenta viabilidade econômica imediata para aproveitamento. Sua geração é intrínseca à atividade minerária e reflete as características geológicas, tecnológicas e econômicas de cada depósito mineral, entendidas aqui como os fatores que determinam a viabilidade de exploração, incluindo custos operacionais, valor agregado do bem mineral, escala de produção, relação custo–benefício entre o teor do minério e o volume de rejeitos gerados e custos logísticos.

Em termos regulatórios, a Resolução ANM nº 85/2021 padronizou essa definição ao distinguir rejeitos de estéreis em seu artigo 1º, inciso I e II, onde o estéril é classificado como material *in natura* descartado diretamente na operação de lavra, antes do beneficiamento, enquanto os rejeitos derivam das etapas subsequentes e são os materiais descartados durante e/ou após o processamento mineral (ANM, 2021).

No contexto contemporâneo, marcado pela transição energética e pela crescente demanda por minerais críticos, os rejeitos passaram a assumir relevância estratégica. Tecnologias associadas a energias renováveis, armazenamento eletroquímico, mobilidade elétrica e eletrônica avançada dependem de elementos cuja disponibilidade é limitada ou concentrada geograficamente, fortalecendo o interesse por fontes alternativas, entre elas estão os rejeitos de mineração (Santos, 2023; Castro, 2022).

Rejeitos com substâncias presentes em baixas concentrações ou consideradas antieconômicas no passado tornaram-se tecnicamente recuperáveis e

aproveitáveis, posicionando-os como potenciais portadores de valor. Essa mudança de perspectiva é acompanhada por avanços regulatórios significativos da última década.

A Resolução ANM nº 189/2024, que estabeleceu o Plano de Aproveitamento de Rejeitos e Estéreis (PARE), institui a obrigatoriedade de avaliação sistemática do potencial de aproveitamento desses materiais e integra a gestão de rejeitos às diretrizes da economia circular (BRASIL, 2024). A partir de sua vigência, a política mineral brasileira passa a tratar os rejeitos não apenas como passivos ambientais, mas como possíveis insumos para cadeias produtivas, alinhando o setor às agendas ESG e aos compromissos assumidos pelo país no âmbito da Agenda 2030.

A valorização de rejeitos, portanto, deixa de ser uma prática facultativa e passa a integrar as estratégias regulatórias, tecnológicas e socioambientais da mineração. Tal movimento evidencia a emergência de um novo paradigma: transformar rejeitos em subprodutos com potencial econômico e tecnológico, mitigando impactos ambientais, reduzindo riscos operacionais e ampliando a eficiência no uso de recursos (Sánchez, 2021). Nesse sentido, o debate sobre rejeitos minerais torna-se central para compreender as transformações da governança mineral brasileira entre 2015 e 2025 e para projetar caminhos para uma mineração mais responsável e orientada pela economia circular.

A evolução da governança mineral brasileira demonstra um movimento inequívoco de fortalecimento das diretrizes regulatórias voltadas ao aproveitamento de rejeitos, articulando inovação tecnológica, economia circular e responsabilidade socioambiental. A consolidação do PARE nº 189/2024 representa o ápice de uma década de reformas, ao tornar compulsória a avaliação do potencial de aproveitamento de rejeitos e estéreis e ao deslocar o setor de uma lógica predominantemente corretiva para uma abordagem proativa e produtiva.

Entretanto, a adoção de instrumentos legais não garante, por si só, a materialização de práticas efetivas. Persistem desafios técnicos, econômicos, institucionais e operacionais que podem limitar ou favorecer essa implementação.

4 METODOLOGIA

A metodologia adotada neste trabalho caracteriza-se como pesquisa documental, descritiva e analítica, fundamentada na interpretação crítica de dispositivos legais, resoluções regulatórias, relatórios técnicos e literatura especializada relacionados à governança mineral brasileira.

A natureza documental da pesquisa justifica-se pelo uso de fontes oficiais, tais como leis federais, decretos, resoluções da Agência Nacional de Mineração (ANM), Resoluções do CNRH, o Plano Nacional de Mineração 2050, além de audiências públicas, relatórios institucionais e documentos setoriais produzidos entre 2015 e 2025. Complementarmente, foram incorporadas à análise artigos científicos, livros, relatórios técnicos e estudos acadêmicos que possibilitam contextualizar criticamente os avanços e limitações da política mineral no período considerado.

O estudo assume caráter descritivo, pois busca sistematizar e expor, de maneira ordenada, as transformações normativas e institucionais que influenciaram diretamente a gestão de rejeitos minerais. Ao mesmo tempo, possui natureza analítico-interpretativa, pois examina a capacidade real dessas normas, especialmente a Resolução ANM nº 189/2024 de induzir práticas efetivas de valorização de rejeitos no âmbito da economia circular.

A abordagem metodológica estrutura-se em três etapas:

- (i) Levantamento sistemático das fontes legais e normativas, com comparação entre os marcos regulatórios anteriores e posteriores aos acidentes de 2015 e 2019, identificando objetivos, mudanças, obrigações e lacunas.
- (ii) Construção de um referencial teórico integrado, com ênfase em sustentabilidade, ESG, economia circular, governança de rejeitos, mineração responsável e transição energética, de modo a situar a discussão regulatória dentro de um quadro conceitual atualizado.
- (iii) Análise crítica da Resolução ANM nº 189/2024 (PARE), examinando seus instrumentos, exigências, potencialidades e limitações frente ao histórico normativo do período 2015–2025. Essa análise busca responder à questão

norteadora desta pesquisa: em que medida as transformações legislativas brasileiras, culminando no PARE nº 189/2024, são capazes de converter obrigações normativas em práticas efetivas de valorização de rejeitos minerais como subprodutos?

Por fim, destaca-se que este estudo não se propõe a realizar uma avaliação de desempenho operacional de empreendimentos minerários, mas sim a examinar a coerência regulatória, a evolução institucional e o potencial transformador das normas voltadas à gestão e ao aproveitamento de rejeitos, contribuindo para o debate sobre a mineração responsável e para a consolidação da economia circular no setor mineral brasileiro.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A mineração é frequentemente percebida de maneira negativa por ampla parcela da população, sendo dissociada de conceitos como sustentabilidade e energias limpas. Para muitos cidadãos e para profissionais de outros setores, a noção de uma mineração “verde” soa contraditória. Contudo, essa percepção não reflete a importância estratégica do setor mineral para a transição energética e para a expansão das fontes renováveis. O setor fornece insumos indispensáveis para tecnologias de baixo carbono, sistemas de armazenamento de energia e processos industriais que sustentam o avanço tecnológico da sociedade, ainda que grande parte da população não perceba ou não tenha acesso direto a esses benefícios (Santos, 2023).

Reconhecer essa aparente contradição permite compreender de que forma práticas minerárias responsáveis podem alinhar crescimento econômico e social, inovação tecnológica e sustentabilidade ambiental, fortalecendo o caminho para a descarbonização. Além disso, movimentos sociais, a mídia e as comunidades locais desempenham papel central na construção da percepção pública sobre a mineração, influenciando diretamente a agenda regulatória e as pressões por maior responsabilidade socioambiental no setor

Recentemente, a Agência Nacional de Mineração (ANM) publicou no Diário Oficial da União (DOU), em 1º de agosto de 2025, a criação da Divisão de Minerais Críticos e Estratégicos em seu regimento interno. A medida tem como objetivo fortalecer a atuação institucional da ANM diante da crescente demanda por minerais essenciais à transição energética, tais como lítio, terras raras, nióbio, cobre e grafita. Veículos especializados em mineração noticiaram a iniciativa, destacando que ela se insere no contexto das políticas públicas voltadas à segurança de suprimento e à valorização de recursos estratégicos no Brasil (Minera Brasil, 2025).

Nesse contexto, observa-se que, quando bem gerida, a atividade minerária contribui de forma expressiva para o Produto Interno Bruto (PIB) nacional, sendo impulsionada, sobretudo, pela exploração de minerais críticos. O dinamismo desse setor é reforçado por avanços regulatórios recentes, que buscam maior rigidez, clareza e transparência, ao mesmo tempo em que ampliam a participação da sociedade no processo decisório.

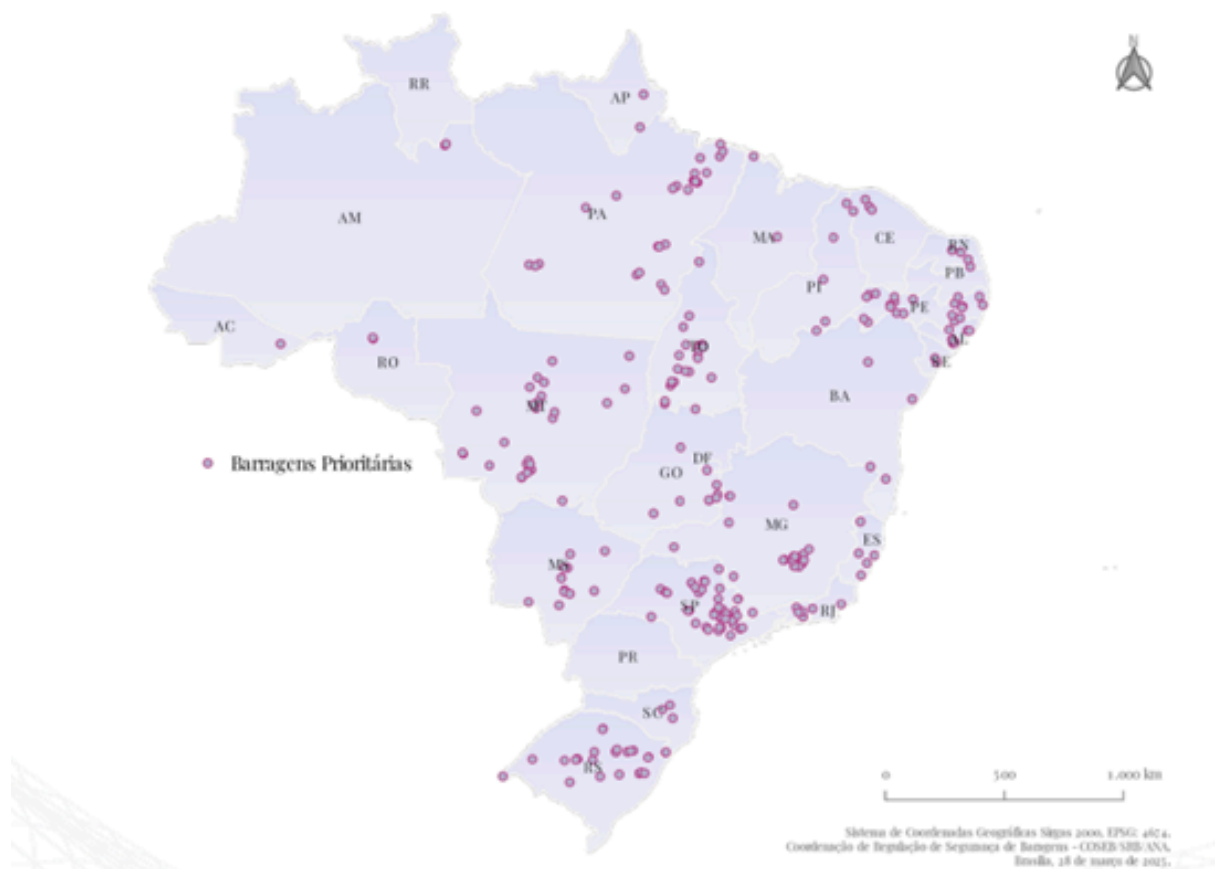
Adicionalmente, programas e projetos de pesquisa financiados pelo Ministério de Ciência, Tecnologia e Inovação têm promovido inovação e gestão de ativos minerários através das universidades, firmando um caminho sólido em direção à sustentabilidade e fortalecendo a competitividade das empresas (MME, 2022).

Todavia, esse quadro de avanços convive com lacunas persistentes e problemas graves relacionados à má gestão das atividades mineradoras. A crescente pressão por minerais estratégicos para a transição energética, em função tanto da descarbonização quanto do acelerado avanço tecnológico, traz à tona um dos maiores desafios do setor: a disposição e o manejo adequado dos rejeitos (Santos, 2023).

Quando negligenciada, essa etapa crítica do processo produtivo pode resultar em consequências ambientais severas, afetando de maneira significativa a fauna, a flora e a biodiversidade, muitas vezes de forma irreversível. Além dos danos ecológicos, os efeitos sociais podem ser igualmente dramáticos, como evidenciado pelos recentes acidentes envolvendo barragens de rejeitos no Brasil (Dias et al., 2025).

Diante desse cenário, o Relatório de Segurança de Barragens 2024/2025 (RSB 2024/2025), publicado pela Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA), evidenciou fragilidades estruturais e de gestão ainda persistentes. O documento identificou 241 barragens prioritárias no Brasil em 2024 que não atenderam integralmente aos requisitos de segurança estabelecidos pela Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB), conforme ilustra a Figura 2. Esses dados reiteram a urgência de políticas regulatórias mais rigorosas, associadas a mecanismos de fiscalização efetivos e contínuos (ANA, 2025).

Figura 2 - Barragens Prioritárias no Brasil, 2024

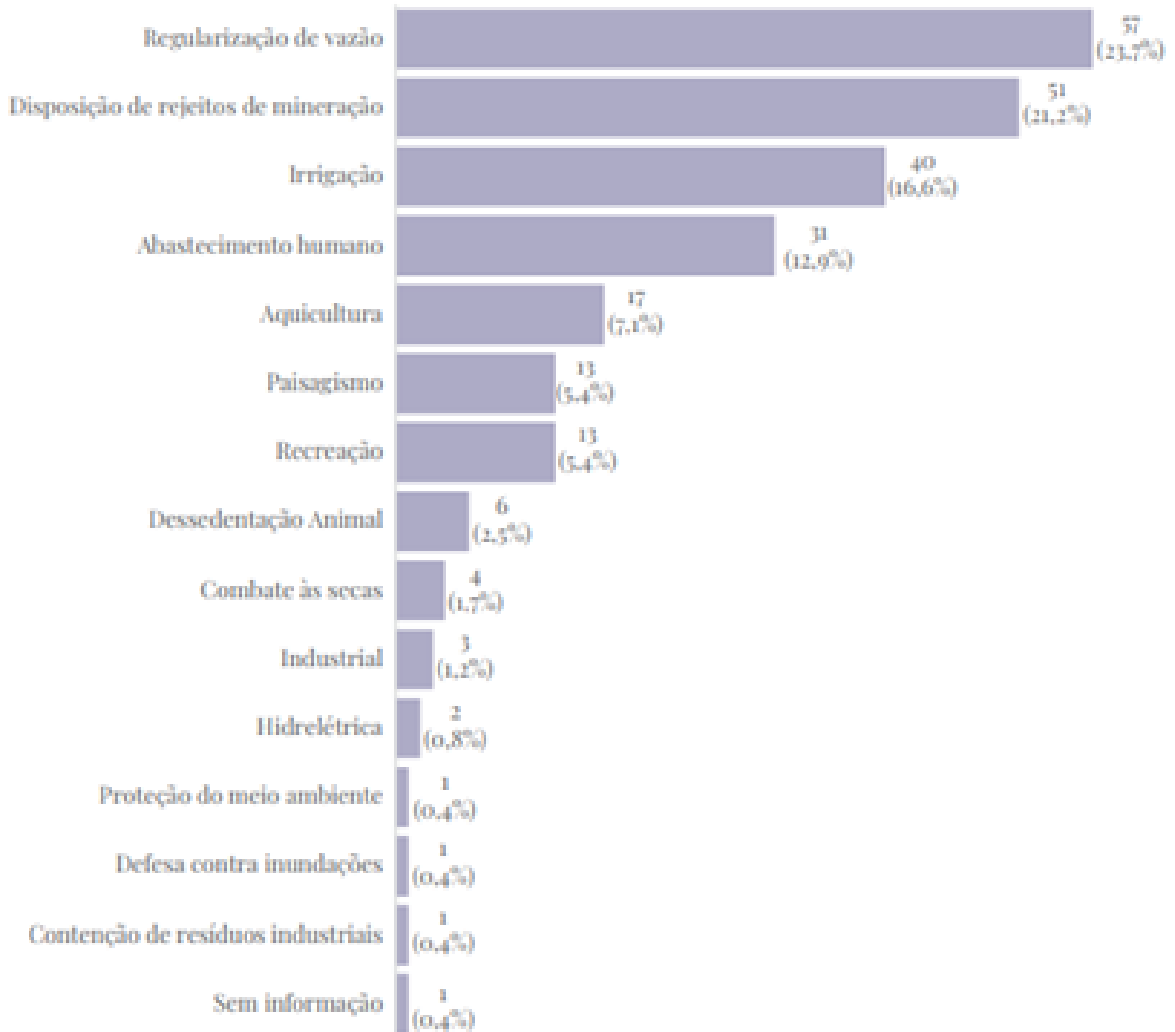


Fonte: Relatório de Segurança de Barragens 2024/2025. SNISB.

Entre as 241 barragens classificadas como prioritárias pelo RSB 2024/2025, 96 pertencem ao setor privado (40%), 94 não possuem informações sobre responsáveis ou terceiros (39%), 39 são de empreendimentos públicos (16%) e 10 integram sociedades de economia mista (4%). Apesar da amplitude desse conjunto, apenas 51 barragens estão diretamente vinculadas ao setor de mineração (Figura 3), destinadas à regularização da disposição de rejeitos. Esse contingente representa 21,2% do total de barragens prioritárias no país, número que, embora

aparentemente reduzido em proporção, ganha relevância pela magnitude dos impactos socioambientais potenciais associados a estruturas minerárias (ANA, 2025).

Figura 3 - Uso de Barragens Prioritárias no Brasil, 2024

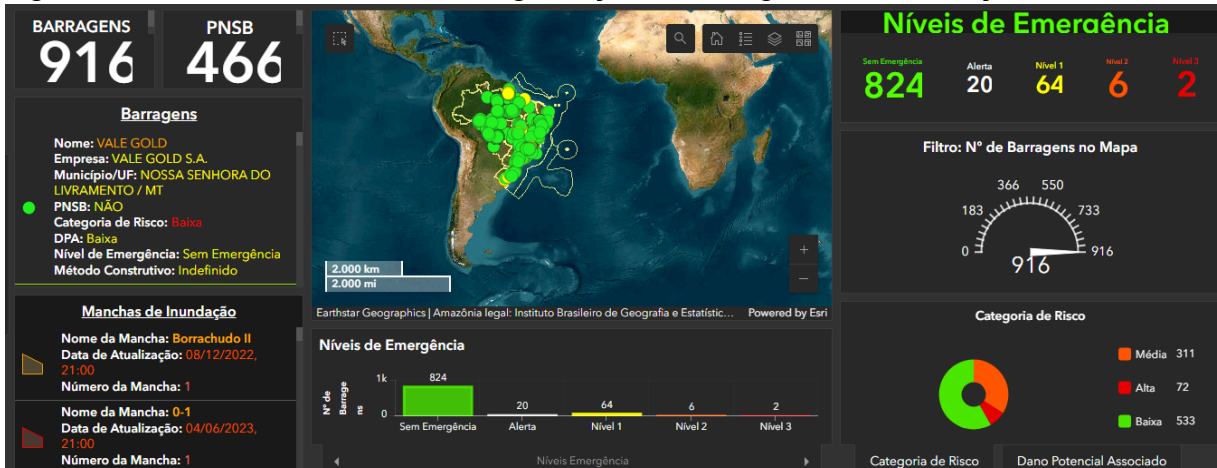


Fonte: Relatório de Segurança de Barragens 2024/2025. SNISB.

Portanto, evidencia-se a necessidade urgente de adequação do setor à Resolução obrigatória da ANM nº 189/2024, que determina a declaração de rejeitos e estéreis no Relatório Anual de Lavras (RAL), sua aprovação no Plano de Ação de Emergência (PAE) e a regularização de situações por meio de servidões minerárias (ANM, 2024). A transparência é reforçada por dados públicos acessíveis via portal ou aplicativo governamental, que permitem a qualquer cidadão acessar o Cadastro Nacional de Barragens de Mineração da ANM e o *Dashboard* público de Segurança de Barragens de Mineração (Figura 4). Esses sistemas reúnem informações georreferenciadas em tempo real sobre 916 barragens de mineração no país,

incluindo de rejeitos e estéreis (Figura 5), abrangendo categoria de risco, responsáveis operacionais e a projeção de áreas de inundação em caso de rompimento, reforçando mecanismo de monitoramento e governança (ANM, s.d.).

Figura 4 - Dashboard Público de Segurança de Barragens de Mineração, 2025



Fonte: ANM. SIGBM – painel público 2025.

Figura 5 - Distribuição Geográfica de Barragens para Disposição de Rejeitos Minerais e Resíduos Industriais, 2025



Fonte: Relatório de Segurança de Barragens 2024/2025. SNISB.

Um dos principais desafios está relacionado às empresas familiares e de pequeno porte, frequentemente limitadas por recursos financeiros restritos. As exigências da Resolução 189/2024 podem gerar aumento significativo nos custos administrativos e operacionais, como projetos de geotecnia e custos de regularização. Entretanto, mecanismos de apoio já existentes podem mitigar esses impactos. Desde os anos 2000, conferências públicas e iniciativas de orientação têm sido promovidas para favorecer essas empresas, como o Portal de Apoio ao Pequeno Produtor Mineral (PORMIN), criado pelo MME, que oferece suporte técnico e regulatório direcionado a mineradores de menor porte (MME, 2022).

As lacunas relacionadas à adaptação às novas normas, o setor enfrenta desafios decorrentes de ajustes em projetos já em andamento, que vêm gerando conflitos jurídicos e burocráticos, atrasando iniciativas de aproveitamento de rejeitos anteriormente desenvolvidas sob a Resolução nº 85/2021. Essas dificuldades evidenciam a necessidade de um arcabouço normativo mais claro e consistente, capaz de orientar as empresas quanto às práticas de gestão e valorização de rejeitos, promovendo segurança jurídica e efetividade na implementação das políticas de economia circular (ANM, 2024).

Além dessas limitações, persiste no setor minerário brasileiro um problema estrutural ainda mais profundo, a tendência histórica à autoregulação e à assimetria fiscalizatória entre empresas e órgãos de controle. Em muitos casos, a fragilidade institucional da ANM marcada por escassez de pessoal, orçamento reduzido e processos de fiscalização insuficientes abre espaço para práticas de subnotificação, sonegação de informações, flexibilização indevida de exigências técnicas e até mesmo pressões políticas capazes de distorcer instrumentos regulatórios. Essas brechas reforçam a necessidade de fortalecer mecanismos de governança, ampliar auditorias independentes, qualificar a fiscalização pública e coibir margens de discricionariedade que comprometem a efetividade das normas ambientais e minerárias.

A realização da Audiência Pública nº 1/2025 pela ANM sinaliza um esforço de harmonização normativa, com o objetivo de reduzir ambiguidades legais e proporcionar maior previsibilidade às empresas (ANM, 2025). No entanto, é relevante que a sociedade compreenda e questione se esses processos de consulta

pública possuem efetiva capacidade de incorporar contribuições externas, evitando que se transformem em instrumentos formais de legitimação de decisões previamente estruturadas. Essa reflexão reforça a necessidade de transparência, monitoramento e participação cidadã contínua para que a implementação de normas como a Resolução nº 189/2024 seja efetiva, justa e socialmente responsável.

5.1 Do Passivo ao Recurso: Como a Legislação Incentiva a Valorização

A última década marcou uma virada normativa no setor mineral brasileiro, posicionando os rejeitos de um *status* predominantemente passivo para um potencial recurso estratégico. A Resolução ANM nº 189/2024, ao instituir o Plano de Aproveitamento de Rejeitos e Estéreis (PARE), representa o ponto de inflexão mais significativo desse movimento.

Enquanto normas anteriores assumiram caráter majoritariamente corretivo, orientado ao controle de riscos e à prevenção de acidentes, o PARE, ao se articular com outros instrumentos institucionais, amplia seu alcance e introduz uma lógica proativa ao tornar obrigatória a avaliação sistemática do potencial de aproveitamento de rejeitos.

Essa obrigatoriedade desloca o setor de uma lógica historicamente reativa centrada na mitigação de riscos e na contenção de passivos, para uma abordagem produtiva, o que aproxima a política mineral dos princípios da economia circular e as diretrizes da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), ao reconhecer que rejeitos antes destinados à disposição final deixam de constituir apenas custos operacionais ou pontos de vulnerabilidade ambiental, mas passam a integrar estratégias de inovação, competitividade e otimização do uso de recursos minerais, constituindo insumos valiosos para outras cadeias produtivas (Sánchez, 2021).

Os reflexos dessa mudança regulatória já podem ser observados na prática empresarial. Projetos de inovação aberta, cooperações técnico-científicas com universidades e iniciativas corporativas voltadas ao desenvolvimento de tecnologias vêm se expandindo, como indicado por programas setoriais e iniciativas como o

Mining Lab (Nexa Resources, 2025). A legislação, portanto, não atua apenas como mecanismo restritivo, mas como indutor de transformações tecnológicas e organizacionais.

Ao converter o aproveitamento de rejeitos em exigência normativa, a Resolução nº 189/2024 consolida a transição para um novo paradigma. Assim, rejeitos minerários passam a ser compreendidos como potenciais subprodutos capazes de gerar valor econômico, reduzir passivos ambientais, reforçar práticas ESG e ampliar a sustentabilidade do setor mineral brasileiro perante a sociedade e o mercado internacional (Sachs, 2009; ANM, 2024).

6 CONCLUSÃO

A década de 2015 a 2025 representa o período mais transformador da história recente da governança mineral brasileira. O setor, antes pautado por uma lógica predominantemente reativa e fragmentada, foi submetido a um processo de reestruturação que combinou pressões sociais, avanços científicos, mudanças regulatórias e maior exame crítico da sociedade. Nesse intervalo, a sucessão de desastres em barragens expôs as falhas sistêmicas de gestão e fiscalização, impulsionando reformas que redesenharam tanto a compreensão técnica dos rejeitos quanto o papel estratégico da mineração no desenvolvimento nacional.

Nos últimos dez anos, mudou, sobretudo, a forma como o Estado regula, como as empresas se responsabilizam e como a sociedade acompanha o setor mineral. Normas como a Lei nº 14.066/2020, as Resoluções ANM nº 13/2019 e nº 95/2022, e as revisões do CNRH alteraram profundamente a segurança de barragens, introduzindo padrões mais rigorosos, ampliando a transparência e alinhando a política mineral a compromissos socioambientais globais. Essa transformação normativa consolidou um novo patamar regulatório que rompe com o paradigma permissivo que marcou décadas anteriores.

As mudanças alavancaram a transição dos rejeitos enquanto passivos inertes confinados, acumulados e frequentemente negligenciados, para sua reinterpretação

como potenciais recursos econômicos. A definição normativa, antes limitada à distinção entre resíduos e rejeitos na PNRS, evoluiu para um tratamento técnico-mineral mais preciso, impulsionado pela Resolução ANM nº 85/2021 e posteriormente consolidado pelo PARE nº 189/2024. Essa mudança desloca a gestão de rejeitos do campo da obrigação ambiental para o da oportunidade tecnológica, econômica e estratégica.

O PARE nº 189/2024 representa um marco regulatório em que, pela primeira vez na história normativa brasileira, o aproveitamento de rejeitos deixa de ser facultativo e torna-se dever legal das mineradoras. Essa obrigatoriedade inaugura uma lógica proativa, baseada na avaliação contínua do potencial econômico dos rejeitos, no registro sistemático no RAL, na integração ao PAE e no alinhamento à economia circular. Ao consolidar a compreensão de que rejeitos não representam mais um encerramento do processo produtivo, mas o início de novas cadeias de valor, o PARE aproxima o setor mineral das diretrizes da Agenda 2030, do PNM 2050 e das práticas ESG.

Os dados do Relatório de Segurança de Barragens 2024/2025 mostram que, embora a produção normativa tenha avançado, as fragilidades persistem em grande parte das estruturas minerárias. A predominância de barragens prioritárias com falhas de gestão comprova que a mera existência de legislação não garante mudança de prática. Contudo, iniciativas de inovação, como a criação da Divisão de Minerais Críticos e Estratégicos pela ANM, os programas de inovação aberta, e parcerias entre empresas e universidades, evidenciam a emergência de um novo paradigma operacional em um setor que reconhece a urgência de mitigar passivos, reduzir riscos, aumentar transparência e transformar rejeitos em ativos econômicos.

A mineração brasileira assume protagonismo técnico e ético, onde o engenheiro de minas deixa de ser apenas executor de operações e passa a atuar como gestor de riscos, articulador de soluções sustentáveis, especialista em economia circular e agente de transformação tecnológica. A profissão torna-se central para projetar fluxos de aproveitamento, desenvolver rotas de beneficiamento avançadas, avaliar viabilidade tecnológica de rejeitos e implementar sistemas de monitoramento inteligente de barragens. Em um setor pressionado por segurança,

governança e descarbonização, o engenheiro de minas passa a ser pivô para garantir rigor técnico, responsabilidade socioambiental e inovação de processos.

Apesar dos avanços, os desafios estruturais permanecem. Falta harmonização normativa entre esferas federativas, maior segurança jurídica, financiamento acessível para pequenas mineradoras, incentivos fiscais para projetos de economia circular e padronização de metodologias para caracterização e classificação de rejeitos. Do ponto de vista institucional, falta fortalecer a capacidade fiscalizatória da ANM, ampliar bases de dados públicos e consolidar indicadores de desempenho socioambiental. Do ponto de vista técnico, é necessário expandir o conhecimento sobre rotas de aproveitamento, integrar mineração com outras áreas das ciências e impulsionar inovação em escala industrial.

Nesse contexto, emergem riscos associados à subnotificação de dados, à sonegação de informações técnicas e econômicas e à utilização estratégica de ambiguidades conceituais presentes na legislação, sobretudo no que se refere à distinção entre rejeito, resíduo, aproveitamento e reaproveitamento. A ausência de padronização terminológica e metodológica cria brechas regulatórias que podem ser exploradas para reduzir obrigações legais, distorcer indicadores de desempenho e fragilizar a aplicação de instrumentos como o PARE. Essa fragilidade normativa se agrava quando processos regulatórios são excessivamente influenciados por interesses econômicos, comprometendo o equilíbrio entre arrecadação, segurança e proteção socioambiental.

A década analisada revela, portanto, um setor em transição: pressionado pelos desastres, tensionado pelas novas expectativas sociais e convocado pela urgência climática. O PARE nº 189/2024 simboliza o ápice desse processo, mas seu potencial regulatório e técnico-operacional só se realizará plenamente se for acompanhado por uma transformação cultural, científica e institucional mais ampla. A valorização de rejeitos como subprodutos estratégicos não é apenas um imperativo normativo, mas uma oportunidade histórica de reposicionar a mineração brasileira na economia verde, na transição energética e na fronteira da inovação tecnológica.

REFERÊNCIAS

ANA - Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. **RSB 2024/2025 indica 241 barragens prioritárias que necessitam de maior atenção em termos de segurança em 23 estados e no Distrito Federal.** Brasília, 2025. Disponível em: <https://www.gov.br/ana/pt-br/assuntos/noticias-e-eventos/noticias/rsb-2024-2025-indica-241-barragens-prioritarias-que-necessitam-de-maior-atencao-em-termos-de-seguranca-em-23-estados-e-no-distrito-federal>. Acesso em: 13 ago. 2025.

ANM - Agência Nacional de Mineração. **Audiência Pública nº 1/2025: atualização da Resolução ANM nº 95/2022 para alinhamento com a Lei nº 14.514/2022 (Segurança de Barragens de Mineração).** Brasília, 2025. Disponível em: <https://www.gov.br/participamaisbrasil/ap-anm-n-1-2025-seguranca-de-barragens-de-mineracao-adequacao-da-resolucao-anm-n-95-2022-para-alinhamento-a-lei-n-14-514-2022>. Acesso em: 13 ago. 2025.

ANM - Agência Nacional de Mineração. **Resolução nº 13, de 8 de agosto de 2019.** *Diário Oficial da União*, Brasília, 8 ago. 2019. Disponível em: <https://www.gov.br/anm/pt-br/assuntos/barragens/resolucao-anm-no-13-de-8-de-agosto-de-2019.pdf>. Acesso em: 2 ago. 2025.

ANM - Agência Nacional de Mineração. **Resolução ANM nº 85, de 2 de dezembro de 2021.** *Diário Oficial da União*, Brasília, 2 dez. 2021. Disponível em: <https://www.gov.br/anm/pt-br/assuntos/barragens/legislacao/resolucao-anm-no-85-02-12-2021.pdf/view>. Acesso em: 10 ago. 2025.

ANM - Agência Nacional de Mineração. **Resolução nº 95, de 7 de fevereiro de 2022.** *Diário Oficial da União*, Brasília, 7 fev. 2022. Disponível em: https://in.gov.br/en/web/dou/-/resolucao-n-95-de-7-de-fevereiro-de-2022-*-381123395. Acesso em: 2 ago. 2025.

ANM - Agência Nacional de Mineração. **Resolução ANM nº 189, de 25 de novembro de 2024.** *Diário Oficial da União*, Brasília, 27 nov. 2024. Disponível em: https://anmlegis.datalegis.net/action/ActionDatalegis.php?acao=abrirTextoAto&link=S&tipo=RES&numeroAto=00000189&seqAto=000&valorAno=2024&orgao=DC/ANM/MME&cod_modulo=351&cod_menu=6675. Acesso em: 10 ago. 2025.

ANM. Agência Nacional de Mineração. **SIGBM – Sistema de Gestão de Segurança de Barragens de Mineração: painel público para gestão e consulta de barragens.** [S.l.], s.d. Disponível em: <https://app.anm.gov.br/SIGBM/Publico/GerenciarPublico>. Acesso em: 14 ago. 2025.

ÁVILA, Joaquim Pimenta de; SAWAYA, Marta; SAYÃO, Alberto; FERREIRA, Leonardo. **Segurança de barragens de rejeitos no Brasil: avaliação dos acidentes recentes.** Geotecnia, v. 152, 2021. DOI: 10.14195/2184-8394_152_13.

BORGES, Luciano de Freitas; MARTINEZ, José Eduardo Alves. **Ensaios sobre a sustentabilidade da mineração no Brasil.** Rio de Janeiro: CETEM; MCT, 2001. p. 135. Disponível em:

<http://mineralis.cetem.gov.br:8080/bitstream/cetem/1183/1/Minera%C3%A7%C3%A3o%20e%20desenvolvimento.pdf>.

BRAGA, M. C. R.; FONSECA, A. F. C. **Reactive improvement of environmental policies: lessons from the Mariana and Brumadinho disasters.** *Sustainability in Debate*, v. 12, n. 3, p. 182–196, 2021. Disponível em: <https://dx.doi.org/10.18472/SustDeb.v12n1.2021.39412>.

BRASIL. Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA). **Relatório de Segurança de Barragens 2024/2025.** Brasília, DF: ANA, 2025. Disponível em: https://www.snisb.gov.br/portal-snisb/api/file/download/1135/4/rsb2024_2025_2025_07_01_13_23_02.pdf. Acesso em: 11 ago. 2025.

BRASIL. **Constituição da República Federativa do Brasil de 1988.** Brasília, DF: **Presidência da República, 1988.** Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm. Acesso em: 1º ago. 2025.

BRASIL. **Decreto-Lei nº 227, de 28 de fevereiro de 1967: dispõe sobre o Código de Mineração.** *Diário Oficial da União*, Brasília, DF, 28 fev. 1967. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto-lei/del0227.htm. Acesso em: 24 jun. 2025.

BRASIL. **Decreto nº 9.406, de 12 de junho de 2018. Regulamenta o Decreto-Lei nº 227, de 28 de fevereiro de 1967 (Código de Mineração), a Lei nº 6.567, de 24 de setembro de 1978, a Lei nº 7.805, de 18 de julho de 1989, e a Lei nº 13.575, de 26 de dezembro de 2017.** *Diário Oficial da União*, Seção 1, Brasília, DF, 13 jun. 2018. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2015-2018/2018/Decreto/D9406.htm. Acesso em: 03 jan. 2025.

BRASIL. **Departamento Nacional de Produção Mineral – DNPM. Portaria DNPM nº 70.389, de 17 de maio de 2017.** *Diário Oficial da União*, Brasília, 17 mai. 2017. Disponível em: <https://www.gov.br/anm/pt-br/assuntos/barragens/legislacao/portaria-dnpm-no-70-389-de-17-de-maio-de-2017.pdf/>. Acesso em: 2 ago. 2025.

BRASIL. **Lei nº 13.575, de 26 de dezembro de 2017.** *Diário Oficial da União*, Brasília, 27 dez. 2017. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2017/lei/113575.htm. Acesso em: 2 ago. 2025.

BRASIL. **Lei nº 14.066, de 30 de setembro de 2020.** *Diário Oficial da União*, Brasília, 1º out. 2020. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2020/lei/114066.htm. Acesso em: 3 ago. 2025.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. **Resolução nº 2, de 18 de junho de 2021.** *Diário Oficial da União*, Brasília, DF, 22 jun. 2021. Disponível em: <https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/noticias/mme-lanca-relatorio-anual-do-comite>

-interministerial-de-analise-de-projetos-de-minerais-estrategicos/resolucao2CTAPME.pdf. Acesso em: 24 jun. 2025.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. **Secretaria Nacional de Geologia, Mineração e Transformação Mineral. Plano Nacional de Mineração 2050 (PNM 2050)**. Brasília, DF: MME, s.d. Disponível em: <https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/secretarias/geologia-mineracao-e-transformacao-mineral/pnm-2050/sobre-o-pnm-2050>. Acesso em: 01 nov. 2025.

CARVALHO, Matheus. **Regulamentação da mineração no Brasil: normas, impactos e o marco regulatório do setor**. *Blog do Direito IDP – Direito, Políticas Públicas e Mineração*, 20 dez. 2024. Disponível em: <https://pos.idp.edu.br/idp-learning/blog/direito-politicas-publicas-e-mineracao/regulamentacao-da-mineracao-no-brasil-normas-impactos-e-o-marco-regulatorio-do-setor/>. Acesso em: 2 ago. 2025.

CASTRO, F. F. DE. **Transição Energética e Dependência por Minerais Críticos: Aspectos Geopolíticos e Socioambientais**. Rio de Janeiro, RJ: Cetem - Centro De Tecnologia Mineral, 2022.

CNRH - Conselho Nacional de Recursos Hídricos. **Resolução CNRH nº 241, de 10 de setembro de 2024**. *Diário Oficial da União*, Brasília, 21 out. 2024. Disponível em: <https://www.gov.br/anm/pt-br/assuntos/barragens/legislacao/cnrh-no-241-2024.pdf>. Acesso em: 13 ago. 2025.

DIAS, I. B.; NOGUEIRA, J. A.; BECHELENI, E. M. A. **Análise dos Desafios Encontrados pelas Mineradoras para Viabilizar o Reuso dos Resíduos**. In: ENCONTRO NACIONAL DE TRATAMENTO DE MINÉRIO E METALURGIA EXTRATIVA, 29., 2025, Belo Horizonte. *Anais...* Belo Horizonte: Editora da UFMG, 2025. p. 15–20.

ENAP – Escola Nacional de Administração Pública; **PNUD - Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento. Agenda para o Desenvolvimento Sustentável: Conceitos, Mobilização e Articulação**. Brasília, DF: ENAP, 2021. Curso de formação profissional. Conteudistas: Gabriela Nicolau dos Santos; Giane Boselli.

ENAP – Escola Nacional de Administração Pública. **Caminhos para a Sustentabilidade: ESG e Políticas Públicas**. Brasília, DF: ENAP, 2024. *Curso de formação profissional*. Conteudista: Giselle Floriano Coelho.

FEAM – Fundação Estadual de Meio Ambiente. **Reaproveitamento do rejeito: Projeto Areia de sílica em sua composição**. Belo Horizonte, 2013. Disponível em: <https://feam.br/documents/117662/6975037/minerita/de8e175f-4d05-f4a8-1807-8ba755106b37?version=1.0&t=1723497434796>. Acesso em: 13 ago. 2025.

HUND, K.; PORTA, D. L.; FABREGAS, T. P.; LAING, T.; DREXHAGE, J. **Minerals for climate action: the mineral intensity of the clean energy transition**. Washington, DC: World Bank, 2020. Disponível em: <https://documents.worldbank.org/en/publication/documents-reports/documentdetail/2074232>. Acesso em: 27 ago. 2025.

IBAMA - Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. **Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), 2022.** Disponível em: <https://www.gov.br/ibama/pt-br/assuntos/emissoes-e-residuos/residuos/politica-nacional-de-residuos-solidos-pnrs>. Acesso em: 03 dez. 2025.

IBRAM - Instituto Brasileiro de Mineração. **Mineração tem impactos econômicos e sociais.** [S.l.]: IBRAM, 2009. Disponível em: <https://ibram.org.br/noticia/mineracao-tem-impactos-economicos-e-sociais/>. Acesso em: 13 ago. 2025.

IBRAM - Instituto Brasileiro de Mineração. **Reputação do setor mineral no Brasil: percepções e expectativas da sociedade.** [S.l.]: IBRAM, 2021. Disponível em: <https://ibram.org.br/noticia/a-reputacao-do-setor-mineral-e-tema-de-debate-organizado-pelo-ibram-e-aberje/>. Acesso em: 27 ago. 2025.

LASCHEFSKI, Klemens Augustinus. **Rompimento de barragens em Mariana e Brumadinho (MG): desastres como meio de acumulação por despossessão.** *Ambientes*, v. 2, n. 1, p. 1–13, jun. 2020. DOI: <https://doi.org/10.48075/amb.v2i1.23299>.

MME. Ministério de Minas e Energia. **Caderno 5: Desenvolvimento sustentável na indústria mineral brasileira.** Brasília, DF: MME, 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/secretarias/geologia-mineracao-e-transformacao-mineral/pnm-2050/estudos/caderno-5-desenvolvimento-sustentavel-na-mineracao-brasileira/DesenvolvimentoSustentavelnaIndustriaMineralBrasileira.pdf>. Acesso em: 01 ago. 2025.

MINERA BRASIL. **Agência Nacional de Mineração institui divisão para minerais críticos e estratégicos.** [S.l.], 4 ago. 2025. Disponível em: <https://minerabrasil.com.br/agencia-nacional-de-mineracao-institui-divisao-para-minerais-criticos-e-estrategicos/2025/08/04/>. Acesso em: 25 ago. 2025.

NEXA RESOURCES. **Mining Lab.** Disponível em: <https://www.mininglab.com.br/>. Acesso em: 03 dez. 2025.

PLAN Brasil. **Conheça os 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável.** 2 fev. 2017. Disponível em: <https://plan.org.br/noticias/conheca-os-17-objetivos-de-desenvolvimento-sustentavel/>. Acesso em: 01 nov. 2025.

PEREIRA, Ricardo da Costa. **A mineração na vida das comunidades: aspectos socioeconômicos e mudanças nas estruturas de ambientes mineiros.** 2021. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Tecnologia em Mineração) – Universidade Federal do Pampa, [S.l.], 2021.

SACHS, Ignacy. **Caminhos para o Desenvolvimento Sustentável.** Rio de Janeiro: Garamond, 2009. 95 p. (Idéias sustentáveis). ISBN 858643535X.

SÁNCHEZ, Luis Enrique. **Base da economia "carbono zero", mineração enfrenta desafio de aumentar produção sem causar danos ambientais.** *O Estado de São Paulo. Economia & Negócios*, São Paulo, 26 out. 2021. Disponível em: <https://www.estadao.com.br/infograficos/economia,base-da-economia-carbono-zero-mineracao-enfrenta-desafio-de-aumentar-producao-sem-causar-danos-ambientais,198718>. Acesso em: 3 jan. 2025.

SANTOS, Y. **Panorama da Mineração Brasileira em Relação a Alguns dos Principais Minerais Críticos Necessários à Transição Energética.** *Latin American Journal of Energy Research*, v. 10, n. 1, p. 77–86, 12 jun. 2023. DOI: 10.21712/lajer.2023.v10.n1.p77-86.

SOUZA, Mateus Augusto de. **Análise da situação atual da segurança das barragens na área de abrangência do 5º Comando Operacional de Bombeiros de Minas Gerais.** *Vigiles*, Belo Horizonte, v. 8, n. 1, p. 1–31, 2025. DOI: 10.56914/vigiles.v8n1a5.

VALE, Eduardo. **O impacto das novas tecnologias na demanda do lítio.** *Radar: tecnologia, produção e comércio exterior*, n. 65, abr. 2021. Brasília: Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada – Ipea. DOI: <http://dx.doi.org/10.38116/radar65art2>.