



MARIANA PAULA VIANNA DA SILVA

**DISPOSIÇÃO DE REJEITOS DE MINERAÇÃO EM MINAS
GERAIS: BARRAGEM VERSUS EMPILHAMENTO A SECO**

**LAVRAS - MG
2021**

MARIANA PAULA VIANNA DA SILVA

**DISPOSIÇÃO DE REJEITOS DE MINERAÇÃO EM MINAS
GERAIS: BARRAGEM VERSUS EMPILHAMENTO A SECO**

**Monografia apresentada à
Universidade Federal de Lavras,
como parte das exigências do
Curso de Engenharia Ambiental
e Sanitária, para obtenção do
título de Bacharel.**

**Prof. Dr. Luis Antônio Coimbra Borges
Orientador**

**LAVRAS - MG
2021**

À meus pais, por me ajudarem de todas as formas a chegar até aqui. A caminhada não foi fácil! Mas conseguimos.

Dedico

AGRADECIMENTOS

À meus pais Mônica e Valdemir, por me ensinarem por meio do exemplo a lutar pelos objetivos e não desistir.

Ao meu irmão Matheus, pelo companheirismo e parceria de sempre.

Aos familiares que me apoiaram e acreditaram em mim.

Às companheiras e irmãs de república, Marcela, Nayara, Ana Paula e Karyne: vocês tornaram a jornada mais divertida e tornaram a nossa casa, um verdadeiro lar.

Aos amigos da Engenharia Ambiental e Sanitária, Gabriela, Maryna, Gustavo, Nicolli, Flávia, Rayssa, Mirely, Amanda, Samuel, Matheus e Leonardo. Tudo o que já vivemos juntos aquece meu coração imensamente.

Aos amigos do estágio, Bruna, Lívia, Meiri, Poliana, Yumi e Isac, obrigada por cada risada, abraço e palavra de carinho.

Aos meus orientadores de estágio, Thatyane, Juvenal, Douglas, Benane e Camila. Agradeço por me acolherem, pelos ensinamentos e influência positiva.

À Luís Antônio Coimbra Borges, obrigada por me inspirar como profissional e como pessoa, sua contribuição neste trabalho foi de suma importância para mim.

À Universidade Federal de Lavras, a melhor oportunidade que já tive em minha vida. Que eu possa ser uma profissional honesta, dedicada e que atue ativamente na transformação do cenário Ambiental e Sanitário no Brasil, retribuindo à sociedade os anos de ensino público gratuito e de EXCELÊNCIA. Ainda temos muitos desafios pela frente.

RESUMO

O Brasil possui a 4ª maior reserva minerária do mundo, cuja atividade contribui com aproximadamente 2,6% do PIB brasileiro. No processo de beneficiamento do minério, é gerado um produto de valor econômico desprezível, denominado rejeito de mineração, que são normalmente depositados em barragens como forma de destinação final. Em Minas Gerais, ocorreram dois grandes acidentes de ruptura dessas estruturas, causando diversos impactos sociais, ambientais e políticos, o que fez a gestão de barragens no estado passar por grandes alterações de legislação e sistemas de gerenciamento. O objetivo deste trabalho é analisar dois métodos de disposição final de rejeito de mineração, por meio da comparação dos impactos ambientais de ambos os métodos, análise da gestão de barragens no Estado de Minas Gerais, coleta de dados estatísticos e análise documental do método alternativo de empilhamento a seco. A coleta de dados ocorreu por meio de publicações de informativos no site da Fundação Estadual de Meio Ambiente e Agência Nacional de Mineração e também de leitura das legislações ambientais vigentes. A análise do programa de gestão revelou uma necessidade de maior quantidade de vistorias nas estruturas, assim como a importância de que o Poder Público trabalhe concomitante aos empreendimentos, para que as metas sejam atingidas. Já a análise documental mostrou o empilhamento a seco de rejeitos, um método que necessita de maior investimento para custo de instalação e operação, no entanto, apresenta maiores benefícios em questão de segurança e impactos ambientais.

Palavras-chaves: Impactos Ambientais. Governança Pública. Gerenciamento de Riscos. Sustentabilidade. Segurança.

LISTA DE SIGLAS

ANM	Agência Nacional de Mineração
CRI	Categoria de Risco
DCE	Declaração de Condição de Estabilidade
DN	Deliberação Normativa
DPA	Dano Potencial Associado
EIA	Estudo de Impactos Ambientais
FEAM	Fundação Estadual de Meio Ambiente
MME	Ministério de Minas e Energia
RTSB	Relatório Técnico de Segurança de Barragens
SIGBM	Sistema Integrado de Gestão de Barragens de Mineração
PCA	Plano de Controle Ambiental
PNRS	Política Nacional de Resíduos Sólidos
PNMA	Política Nacional de Meio Ambiente
PNM	Plano Nacional de Mineração
PNSB	Política Nacional de Segurança de Barragens

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Mapa de Minas Gerais.....	25
Figura 2 - Barragem de rejeitos.....	34
Figura 3 - Planta de filtragem do empreendimento.....	35
Figura 4 - Empilhamento Final.....	35

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Classificação das barragens de acordo com o Dano Potencial Associado.....	11
Gráfico 2 - Quantidade de empresas que declararam o Inventário de Resíduos Sólidos Minerários em 2018.....	16
Gráfico 3 - Distribuição de Resíduos Minerários.....	16
Gráfico 4 - Porcentagem de rejeito gerado por classificação.....	17
Gráfico 5 - Principais métodos de destinação final.....	17
Gráfico 6 - Contribuição na geração de rejeito por tipo de minério (1996-2005)...	18
Gráfico 7 - Enquadramento das Barragens de Mineração em MG (2021).....	23
Gráfico 8 -Total de barragens com risco de estabilidade em 2009.....	24
Gráfico 9 - Estatística das Estruturas interditadas no país, por método construtivo	29
Gráfico 10 - Quantitativo de Barragens – Método Construtivo.....	29
Gráfico 11 - Declaração de Condição de Estabilidade (DCE) - 2017	30
Gráfico 12 - Barragens Interditadas por Estado.....	31

LISTA DE QUADROS

Quadro 1- Classificação de barragens quanto ao DPA.....	22
Quadro 2 - Atribuições de acordo com a Política Estadual de Segurança de Barragens.....	27
Quadro 3 - Periodicidade de Auditoria Técnica em barragens.....	28
Quadro 4 - Vantagens e desvantagens das alternativas de disposição de rejeito	32
Quadro 5 - Impactos Ambientais do projeto de disposição a seco de rejeito.....	33
Quadro 6 - Impactos ambientais - PCA Barragem.....	33
Quadro 7 - Legislação aplicada à regularização de rejeitos de atividades de mineração em MG.....	36

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	9
REFERENCIAL TEÓRICO	12
2.1 Disposição Final de Resíduos Sólidos	12
2.2 Resíduos Sólidos Minerários	13
2.3 Plano Nacional de Mineração 2030	17
2.4 Fundação Estadual de Meio Ambiente – FEAM	18
2.5 Barragens de rejeito de mineração em Minas Gerais	19
2.6 A Política Nacional de Segurança de Barragens	21
3. METODOLOGIA	23
3.1 Análise da Gestão de Barragens em Minas Gerais	24
3.2 Análise Documental – Empilhamento a Seco de Rejeitos	24
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES	25
4.1 O programa de Gestão de Barragens em Minas Gerais	25
4.2 Estudo de caso - Empilhamento a Seco de Rejeitos	30
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	36
6. REFERÊNCIAS	38

1. INTRODUÇÃO

O Brasil é o 4º país com a maior reserva mineral do planeta (GOMES; SANTOS; CORDEIRO; DUARTE; QUINTÃO; CORDEIRO, 2019). O setor mineral é responsável por aproximadamente 2,5% do PIB brasileiro (Brasil, 2020). Somente em Minas Gerais, corresponde por cerca de 8% do PIB estadual, sendo o estado com o maior número de unidades produtoras do país. (IBRAM, 2021). De acordo com informação divulgada no site do Ministério de Minas e Energia (MME), no ano de 2020 o faturamento do setor no país atingiu R\$ 209 bilhões e na economia mundial, contribuiu somente no ano de 2020 com US\$ 32 bilhões. O país destaca-se internacionalmente como produtor de minério de ferro, bauxita, manganês e nióbio. (BRASIL, 2010). Minas Gerais destaca-se como produtora de Ferro, correspondendo a 63,9% da produção do país. (MINAS GERAIS, 2020) Destaca-se também na produção do nióbio que responde por, aproximadamente, 75% de toda a produção mundial somente no município de Araxá. São cerca de 70 mil ton/ano de ferronióbio, principal liga do metal. (CODEMIG, 2021)

A importância da mineração é indiscutível, pois é base para diversas cadeias produtivas. Entretanto, nas operações minerárias podem ser identificados relevantes impactos ambientais, especialmente na ausência dos controles operacionais necessários. Como Costa e Siqueira (2019) observaram, o Art. 225 da Constituição de 1988 ressalta a obrigatoriedade de ser feita a recuperação da área degradada após a exploração dos recursos naturais. Entende-se a grande e quase certa possibilidade de que os passivos existirão de qualquer forma, pois a legislação já prevê a obrigatoriedade das ações de recuperação.

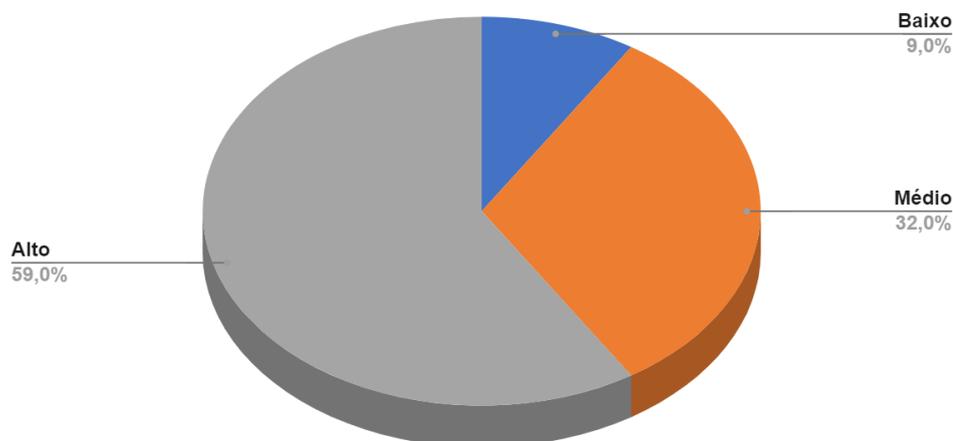
No ano de 2015, ocorreu o lamentável evento de ruptura da Barragem de rejeitos Fundão, pertencente à empresa Samarco Mineração, na cidade de Mariana, em Minas Gerais. 50 milhões de m³ de lama foram lançadas ao longo de uma extensão de 650 km, e foi noticiada a morte de 19 pessoas (Fontes, 2018). Apenas 3 anos após este acontecimento, a barragem da Mina do Feijão, da

empresa Vale S.A, na cidade de Brumadinho, também em Minas Gerais, veio a romper 12,7 milhões de m³ de rejeito, acarretando a morte de 270 pessoas (Sanchez, 2020). Esses eventos evidenciam a existência de um enorme risco associado à atividade da mineração: a disposição final do rejeito.

A Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) define rejeito como os 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 (Brasil, 2020). Segundo Coelho, Wanderley, Garcia e Barbosa (2017), as barragens vieram como solução para garantir a destinação final do rejeito, que antigamente eram lançados até mesmo em curso de água antes das legislações ambientais.

Em 2020, de acordo com a Agência Nacional de Mineração (ANM), estavam cadastradas no Sistema Integrado de Gestão de Barragens de Mineração (SIGBM), 871 barragens de rejeito de mineração. Quanto ao Dano Potencial Associado (DPA), às barragens estavam classificadas da seguinte maneira:

Gráfico 1: Classificação das barragens de acordo com o Dano Potencial Associado



Fonte: Agência Nacional de Mineração (2020)

Segundo Gomes (2017), pelo fato de a disposição de rejeitos ser também um passivo econômico, as empresas vêm buscando novas tecnologias de disposição e maximização do aproveitamento do minério. O passivo ambiental também é reduzido ou eliminado, assim como os potenciais danos que podem ser decorrentes da ruptura da barragem, consequentemente contribuindo com o ESG (Environmental, social and corporate governance), um medidor que indica o quanto uma empresa busca por práticas alinhadas a questões de meio ambiente, às pessoas ao redor e processos de administração.

Neste trabalho foi realizada análise crítica referente a Gestão de Barragens em Minas Gerais, e estudo documental sobre a implementação de um projeto de *dry stacking* – empilhamento a seco de rejeito, método alternativo ao de disposição de rejeitos em barragens.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Disposição Final de Resíduos Sólidos

Após longos 20 anos de discussão no Congresso Nacional Brasileiro, foi instituída em 2010, pela Lei Federal nº12.305/2010, a PNRS. Instrumento da Política Nacional de Meio Ambiente (PNMA), a PNRS busca consolidar princípios, instrumentos e diretrizes ao gerenciamento de Resíduos Sólidos no Brasil, tanto do setor privado quanto público, atribui responsabilidades aos geradores e ao Poder Público, desde a geração até a disposição final do resíduo, prática denominada responsabilidade compartilhada. (BRASIL, 2010)

A responsabilidade compartilhada é definida como:

conjunto de atribuições individualizadas e encadeadas dos fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes, dos consumidores e dos titulares dos serviços públicos de limpeza urbana e de manejo dos resíduos sólidos, para minimizar o volume de resíduos sólidos e rejeitos gerados, bem como para reduzir os impactos causados à saúde humana e à qualidade

ambiental decorrentes do ciclo de vida dos produtos, nos termos desta Lei. (BRASIL, art. 3º, inciso XVII)

Este termo é de bastante relevância, uma vez que se torna função do gerador pensar antecipadamente em toda a vida útil do resíduo antes de gerá-lo.

Dentre os 15 objetivos da PNRS citados no Art. 7º, vale ressaltar o II objetivo:

II – não geração, redução, reutilização, reciclagem e tratamento dos resíduos sólidos, bem como disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos. (BRASIL, art. 7º, inciso II)

O Art.9º esclarece a necessidade de seguir a linha de pensamento acima na ordem de prioridade que se segue, a começar pela não geração. (BRASIL, 2010).

A redução, reutilização e reciclagem, são conhecidos como os 3R's. Reis, Fried e Lopes (2017, p.2) observaram que com os 3R's "pretende-se diminuir o uso de matéria-prima e retardar a disposição dos rejeitos, que é a última etapa da gestão sustentável dos resíduos sólidos". As estruturas de disposição final adequadas entram em cena somente após esgotadas todas as possibilidades de aproveitamento do resíduo gerado. Como observou Silva, Paraíso e Júnior (2018), quando há implementação de reciclagem, reutilização e maximização energética, a necessidade de se ter estruturas para a disposição final diminui.

A PNRS possui importância inegável, uma vez que o Brasil possui dois marcos legais com a temática de gestão de resíduos sólidos: a PNRS e a Política Nacional de Saneamento (ABLP, 2012). De acordo com Almeida (2016), a PNRS pode ser entendida como uma lei complexa, uma vez que distribui responsabilidades a diferentes personagens. Além disso, contém 57 artigos e 19 instrumentos, que se destringem entre 6 planos, sendo esses distintos e específicos para cada setor, inventários, coleta seletiva, sistemas como SINIR, SINISA, SINIMA, conselhos, Cadastro Técnico Federal, monitoramento e fiscalização, pesquisa científica, dentre outros. (BRASIL, 2010).

2.2 Resíduos Sólidos Minerários

De acordo com o Plano Nacional de Gerenciamento de Resíduos Sólidos (PNGRS), os resíduos sólidos da mineração podem ser classificados entre estéril e rejeito:

Os estéreis são os materiais escavados e são gerados pelas atividades de extração ou lavra no decapeamento da mina, não têm valor econômico e ficam geralmente dispostos em pilhas. Os rejeitos são resíduos resultantes dos processos de beneficiamento a que são submetidas as substâncias minerais (BRASIL, 2012, p.40).

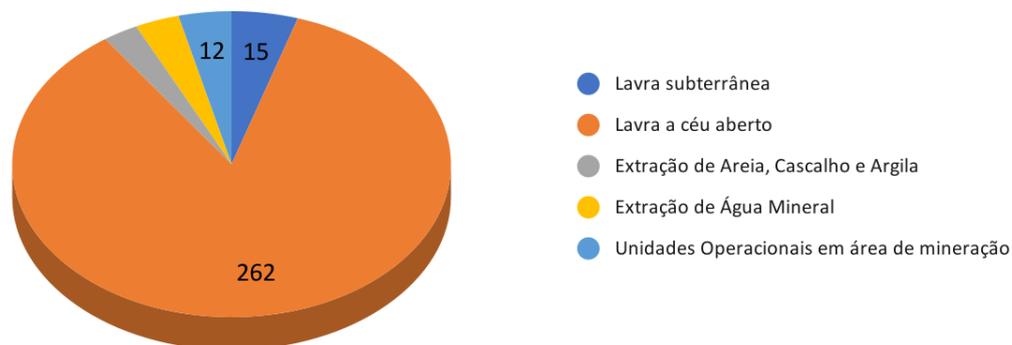
Os processos de beneficiamento das substâncias minerais são realizados com o objetivo de se “padronizar o tamanho dos fragmentos, remover minerais associados sem valor econômico e aumentar a qualidade, pureza ou teor do produto final” (BRASIL, 2012).

Cabe ressaltar também que as atividades de mineração geram resíduos como pneus, baterias, efluentes líquidos, entre outros, todos gerados da operação da planta de extração e beneficiamento (BRASIL, 2012).

A DN COPAM 131/2009 delibera, dentre outros itens, a necessidade de elaboração e declaração do Inventário de Resíduos Sólidos Minerários, em Minas Gerais.

O último levantamento, realizado em 2018 (ano base 2017), contou com a declaração de 307 empreendimentos, sendo eles:

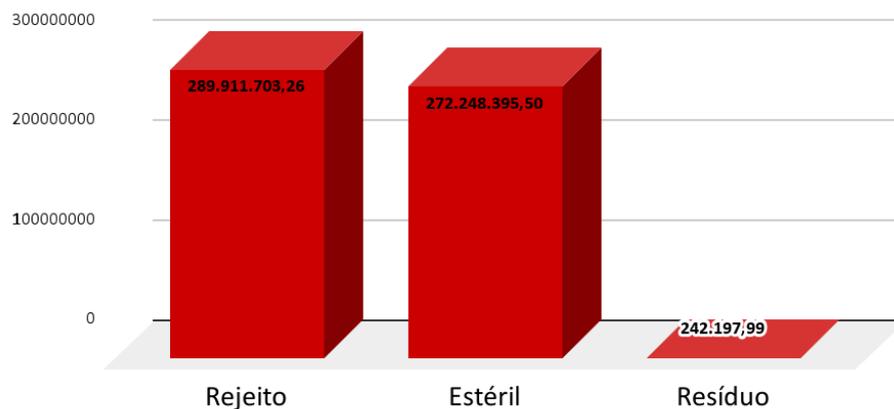
Gráfico 2: Quantidade de empresas que declararam o Inventário de Resíduos Sólidos Minerários em 2018



Fonte: Inventário de Resíduos Sólidos da Mineração Ano Base 2017

O total de Resíduos inventariado foi de um total de 562.402.296,758 toneladas, sendo:

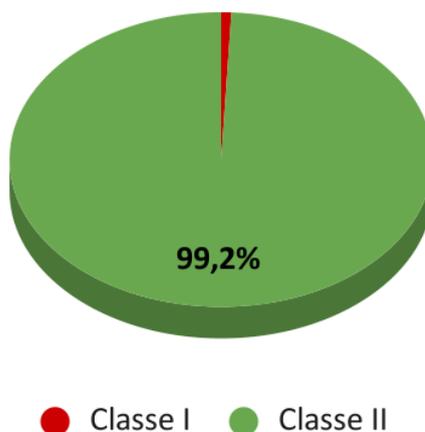
Gráfico 3: Distribuição de Resíduos Minerários



Fonte: Inventário de Resíduos Sólidos da Mineração Ano Base 2017

Representando 51,55% dos resíduos gerados, os rejeitos podem ainda ser divididos entre Classe I (perigosos) e Classe II (não-perigosos).

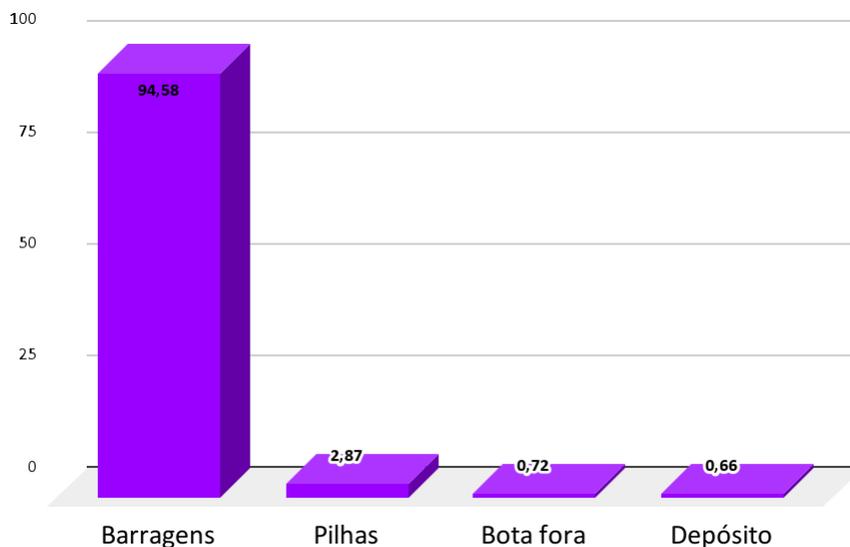
Gráfico 4: Porcentagem de rejeito gerado por classificação



Fonte: Inventário de Resíduos Sólidos da Mineração Ano Base 2017

Como formas de destinação final de rejeito, tem-se declarados neste Inventário o uso de 4 métodos, sendo o uso da Barragem o mais tradicional:

Gráfico 5: Principais métodos de destinação final

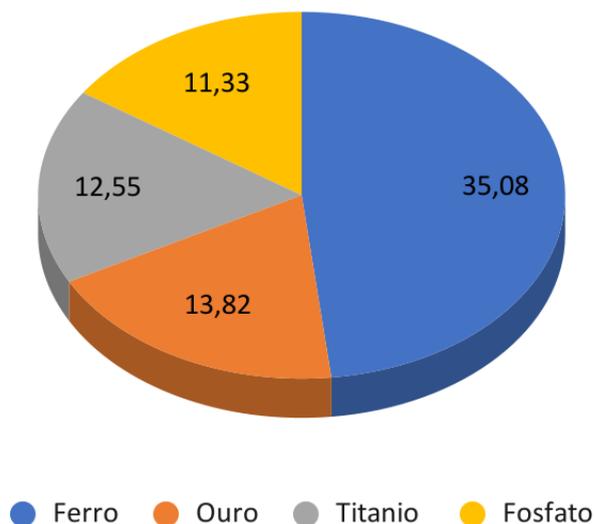


Fonte: Inventário de Resíduos Sólidos da Mineração Ano Base 2017

Para elaboração do PNRS em 2012, foi levantado dados de geração de rejeito do período de 1996 até 2005, considerando minérios de bauxita (alumínio),

calcário, caulim, cobre, estanho, ferro, fosfato, manganês, nióbio, níquel, ouro, titânio, zinco e zircônio. A geração mais representativa foi:

Gráfico 6: Contribuição na geração de rejeito por tipo de minério (1996-2005)



Fonte: Plano Nacional de Resíduos Sólidos (2012)

2.3 Plano Nacional de Mineração 2030

Publicado em 2010, o Plano Nacional da Mineração (PNM) é fruto de estudos coordenados pelo MME (BRASIL, 2010). O plano pode ser definido como uma política desenvolvimentista, segundo Ribeiro e Silva (2018). Foi elaborado considerando um horizonte de 20 anos, cujo objetivo principal é alinhar 3 diretrizes na mineração:

- I. Governança Pública;
- II. Agregação de valor e adensamento de conhecimento;
- III. Sustentabilidade;

Por meio deste alinhamento, o PNM busca fazer com que a mineração seja um aliado para o desenvolvimento sustentável no Brasil, utilizando para isto, as políticas de médio e longo prazo citadas no plano (BRASIL, 2010).

Anteriormente ao PNM elaborado no ano de 2010, 3 planos foram lançados no período de 1965 até 1994, são eles:

- I. Plano Mestre Decenal para Avaliação dos Recursos Minerais do Brasil – I PMD (1965 – 1974);
- II. Plano Decenal de Mineração – II PDM (1981 – 1990);
- III. Plano Plurianual para o Desenvolvimento do Setor Mineral – PPDSM (1994).

O terceiro plano, cujo horizonte se estendia para até 2010, foi o primeiro a mencionar questões ambientais em seu escopo, pois abordou a redução dos efeitos adversos no meio ambiente.

De acordo com o plano atual, para que se alcance a sustentabilidade no setor mineral, é necessário que o Brasil atinja

- I. Elevação no nível de emprego e renda;
- II. Diminuição da dependência do comércio exterior em relação às flutuações dos preços internacionais dos bens primários;
- III. Manutenção de taxas de crescimento do PIB crescentes e mais estáveis.

No segundo tópico do plano, intitulado “Desafios para a geologia, mineração e transformação mineral” é abordado a questão das restrições para a expansão da atividade mineral, por motivos de áreas de Reserva Legal, Área de Preservação Permanente, terras indígenas e quilombolas. Ressalta também que os Ministérios de Meio Ambiente e Minas e Energia vem somando esforços para que trabalhem com uma agenda comum, integrando as necessidades de desenvolvimento e preservação.

Assunto atual e polêmico é a questão da mineração na Amazônia e em áreas indígenas. O garimpo ilegal ocorre por toda a Amazônia (BRASIL, 2010). No plano, o objetivo deve ser entender a atividade mineradora como vetor de desenvolvimento local, onde a presença da atividade gere maior renda para os nativos da região. A discussão é concluída com a necessidade de Políticas Públicas.

São quatro cenários prováveis considerados no plano:

- I. Na Trilha da Sustentabilidade

- II. Desenvolvimento Desigual
- III. Crescimento intermitente
- IV. Ameaça de Estagnação

Onde o primeiro cenário, “Na Trilha da Sustentabilidade”, é considerado o mais complexo. Mesmo que respeitar os limites de exploração ao meio ambiente acarrete um crescimento econômico mais lento, o plano admite que é o cenário em que haverá

“melhor distribuição de riquezas, melhor qualidade de vida para a maior parte da população consolidação da cultura democrática e resposta positiva às pressões internacionais crescentes de adoção de um modelo mais responsável com o meio ambiente” (BRASIL, 2012, p.76).

2.4 Fundação Estadual de Meio Ambiente – FEAM

A FEAM é um órgão vinculado à Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável (Semad), integra o Sistema Nacional de Meio Ambiente (Sisnama) e o Sistema Estadual de Meio Ambiente e de Recursos Hídricos (Sisema). É responsável desde o ano de 2002, em âmbito estadual, juntamente a ANM (responsável por acompanhar os rejeitos de mineração) e a Semad (responsável por acompanhar as barragens de resíduos industriais), a realizar a Gestão de Barragens no estado, sendo suas ações definidas pela Lei Ordinária nº 23.291, de 25 de fevereiro de 2019 - a Política Estadual de Segurança de Barragens.

A Fundação tem como principais funções o desenvolvimento de políticas públicas com a temática de emissões atmosféricas, energias renováveis, gestão de resíduos sólidos e efluentes e qualidade do solo, seguindo as seguintes atribuições definidas em seu Estatuto, publicado pelo Decreto nº 47.760, de 20 de novembro de 2019:

- I – promover a aplicação de instrumentos de gestão ambiental;
- II – propor indicadores e avaliar a qualidade ambiental e a efetividade das políticas de proteção do meio ambiente;
- III – desenvolver, coordenar, apoiar e incentivar estudos, projetos de pesquisa e ações com o objetivo de promover a modernização e a inovação tecnológica nos setores da indústria, da mineração, do turismo,

da agricultura, da pecuária e de infraestrutura, com ênfase no uso racional dos recursos ambientais e de fontes renováveis de energia;
IV – prestar o apoio técnico necessário aos órgãos e às entidades integrantes do Sisema nos processos de regularização ambiental e no âmbito de sua atuação;
V – propor, estabelecer e promover a aplicação de normas relativas à conservação, à preservação e à recuperação dos recursos ambientais e ao controle das atividades e dos empreendimentos considerados efetiva ou potencialmente poluidores ou capazes, sob qualquer forma, de causar degradação ambiental, em articulação com órgãos e entidades federais, estaduais e municipais. (BRASIL, 2019)

Em sua estrutura, possui uma Gerência de Recuperação de Áreas de Mineração e Gestão de Barragens, sendo este constituído por um Núcleo específico para Gestão de Barragens.

2.5 Barragens de rejeito de mineração em Minas Gerais

O tratamento do minério (ou beneficiamento) é definido como:

“operações – aplicadas aos bens minerais – visando modificar a granulometria, a concentração relativa das espécies minerais presentes ou a forma, sem contudo modificar a identidade química ou física dos minerais” (LUZ; SAMPAIO; FRANÇA, 2010, p.3).

Durante o processo de beneficiamento do minério, além do concentrado, é gerado também um material de valor econômico desprezível, uma vez que o tratamento não consegue aproveitar todo o material retirado da mina. Este material de pouco valor econômico, denominado rejeito, é comumente armazenado em barragens de contenção.

De acordo com a Política Nacional de Segurança de Barragens, é considerado como barragem qualquer estrutura que contenha ao menos uma dessas características:

I - altura do maciço, medida do encontro do pé do talude de jusante com o nível do solo até a crista de coroamento do barramento, maior ou igual a 15 (quinze) metros;

II - capacidade total do reservatório maior ou igual a 3.000.000m³ (três milhões de metros cúbicos);

III - reservatório que contenha resíduos perigosos conforme normas técnicas aplicáveis;

IV - categoria de dano potencial associado médio ou alto, em termos econômicos, sociais, ambientais ou de perda de vidas humanas, conforme definido no art. 7º desta Lei;

V - categoria de risco alto, a critério do órgão fiscalizador, conforme definido no art. 7º desta Lei.

Além disso, de acordo com a mesma DN, as barragens são classificadas de acordo com seu Dano Potencial Ambiental (DPA):

- I. Classe I - Baixo potencial de dano ambiental - Classe I: quando o somatório dos valores for menor ou igual a dois ($V \leq 2$)
- II. Classe II - Médio potencial de dano ambiental - Classe II: quando o somatório dos valores for maior que dois e for menor ou igual a cinco ($2 < V \leq 5$);
- III. Classe III - Alto potencial de dano ambiental - Classe III: quando o somatório dos valores for maior que cinco ($V > 5$)

O somatório mencionado acima é realizado da seguinte forma, onde todas as colunas devem ser consideradas para chegar ao valor final de V.

Quadro 1: Classificação de barragens quanto ao DPA

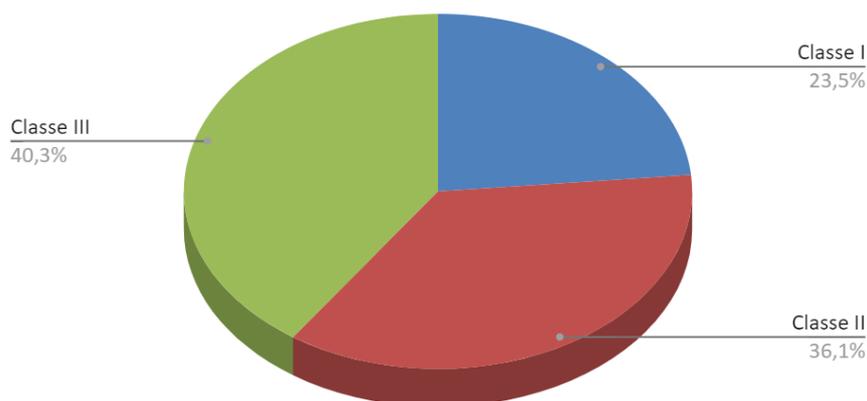
Altura da barragem H (m)	Volume do Reservatório (x10⁶ m³)	Ocupação humana a jusante	Interesse ambiental a jusante	Instalações na área de jusante
H < 15 V=0	Vr < 0,5 V=0	Inexistente V=0	Pouco significativo V=0	Inexistente V=0
15 <= H <= 30 V=1	0,5 <= Vr <= 5 V=1	Eventual V=2	Significativo V=1	Baixa concentração V=1

H > 30 V=2	Vr > 5 V=2	Existente V=3	Elevado V=3	Alta concentração V=2
-	-	Grande V=4	-	-

Fonte: DN COPAM nº 62 (2002)

De acordo com a última lista de barragens publicada pela FEAM em fevereiro de 2021, estavam cadastrados no sistema 404 estruturas de barragens de rejeito de mineração no estado de Minas Gerais, enquadradas nas seguintes classes:

Gráfico 7: Enquadramento das Barragens de Mineração em MG (2021)



Fonte: FEAM (2021)

2.6 A Política Nacional de Segurança de Barragens

Instituída em 2010 e alterada pela Lei Federal n. 14.066 de 30 de setembro de 2020, a Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB) destina-se a barragens de contenção de água e armazenamento temporário ou destinação final de rejeitos de mineração. O Art 2º define barragem como

Qualquer estrutura construída dentro ou fora de um curso permanente ou temporário de água, em talvegue ou em cava exaurida com dique, para fins de contenção ou acumulação de substâncias líquidas ou de misturas de líquidos e sólidos, compreendendo o barramento e as estruturas associadas (BRASIL, 2010).

Enquanto a segurança da barragem é definida como

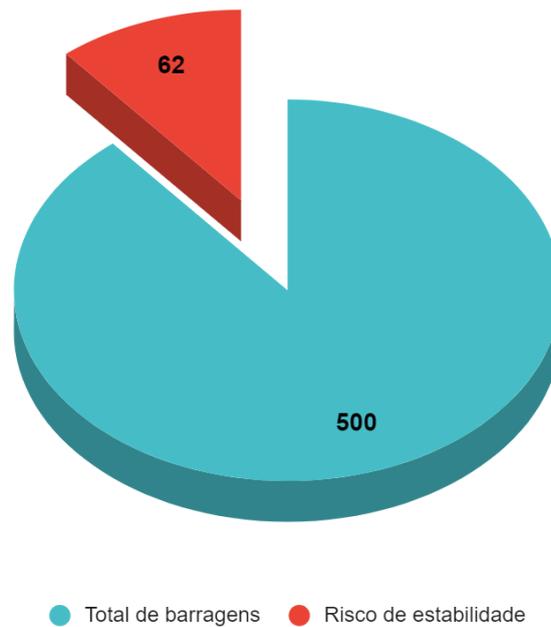
Condição que vise a manter a sua integridade estrutural e operacional e a preservação da vida, da saúde, da propriedade e do meio ambiente (BRASIL, 2010).

Após os acidentes que ocorreram em Minas Gerais, a PNSB foi atualizada com maior rigidez, impondo a descaracterização das barragens construídas ou alteadas a montante (método que utiliza o próprio rejeito para construção) até o ano de 2022, aumenta para até R\$1 bilhão a multa em caso de acidente e tornou-se obrigatória a elaboração do Plano de Ação Emergencial (PAE) (Brasil, 2020)

Como fundamento da PNSB, cita-se no Art. 5º, a “segurança da barragem como instrumento de alcance da sustentabilidade socioambiental”. (Brasil, 2010).

De acordo com o Plano Nacional de Resíduos Sólidos, até o ano anterior ao sancionamento da PNSB, em 2009, no estado de Minas Gerais estavam ativas 500 barragens de rejeito de mineração, e segundo a FEAM, 62 dessas apresentavam riscos de estabilidade.

Gráfico 7: Total de barragens com risco de estabilidade em 2009



Fonte: Plano Nacional de Resíduos Sólidos (2009)

De acordo com o II Relatório Anual de Segurança de Barragens de Mineração de 2020, publicado em 2021 pela ANM, no final do ano de 2020, estavam cadastradas 871 barragens SIGBM.

Dentro do PNSB, as barragens devem ser classificadas na Categoria de Risco (CRI) e Dano Potencial Associado (DPA), onde o CRI é definido como

Classificação da barragem de acordo com os aspectos que possam influenciar na possibilidade de ocorrência de acidente ou desastre (BRASIL, 2010).

E DPA é definido como:

Dano que pode ocorrer devido a rompimento, vazamento, infiltração no solo ou mau funcionamento de uma barragem, independentemente da sua probabilidade de ocorrência, a ser graduado de acordo com as perdas de vidas humanas e os impactos sociais, econômicos e ambientais (BRASIL, 2010).

Onde 75% das estruturas apresentavam CRI baixo e 59% apresentavam DPA alto. (BRASIL, 2020).

3. METODOLOGIA

Para análise documental do projeto de Disposição a Seco de Rejeito, construído em uma mineradora de Zinco em Minas Gerais, no ano de 2019 e em execução desde 2020, foi utilizado como base principal o documento de Estudo de Impactos Ambientais (EIA), elaborado no processo de licenciamento do projeto, além de realizar uma comparação com os impactos ambientais gerados pela barragem do empreendimento, em operação desde 2001, dados estes obtidos pelo documento de Plano de Controle Ambiental (PCA).

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 O programa de Gestão de Barragens em Minas Gerais

Os desastres de ruptura de barragem que ocorreram em Minas Gerais, trouxeram impactos sociais, ambientais, econômicos e políticos, que foram um grande desafio para a gestão de barragens a nível estadual e federal. Conforme Freitas, Silva e Menezes (2016), as possibilidades de desastres ocorrerem no Brasil aumentam devido a junção de políticas públicas, instituições de controle e práticas de prevenção muitas vezes ineficazes. Sendo assim, as legislações que norteiam a atuação dos órgãos vêm sendo aprimoradas e endurecidas desde então.

Em Minas Gerais, no dia 25 de fevereiro de 2019, exatamente um mês após o rompimento da barragem de Brumadinho, foi sancionado o projeto de Lei 3.676/16 (atualmente a Política Estadual de Segurança de Barragens), conhecido como “Mar de Lama Nunca Mais”, que buscou aprimorar o licenciamento e às exigências voltadas para a segurança. De acordo com o documento “Rompimento das Barragens da Vale em Brumadinho”, este projeto de lei tramitava na Assembleia Legislativa de Minas desde 2016.

A distribuição de competências atualmente se apresenta da seguinte forma:

Quadro 2. Atribuições de acordo com a Política Estadual de Segurança de Barragens

Empreendedor	Auditor	Estado
Requerer o Licenciamento	Credenciamento	Licenciar
Implementar medidas de segurança;	Avaliar a condição de operação da estrutura	Aprovar o PAE
Elaborar e implementar o PAE.	Concluir sobre a segurança da estrutura	Viabilizar a prestação de informações, o credenciamento e o cadastramento
Cadastrar as barragens	Apresentar o RTSB	Fomentar a independência do auditor
Prestar informações aos órgãos de controle	Relatar qualquer condição adversa	Fiscalizar
Contratar e custear auditoria independente	Prestar informações aos órgãos de controle	Publicar Inventários

Fonte: Implementação da Política Estadual de Segurança de Barragens

Objetivando aprimorar o controle e fiscalização, deve ser apresentado ao órgão fiscalizador, com a seguinte periodicidade, a depender do Potencial de Dano, um relatório resultante da auditoria técnica, denominado Relatório Técnico de Segurança de Barragens (RTSB):

Quadro 3. Periodicidade de Auditoria Técnica em barragens

Anual	Alto Potencial de Dano Ambiental
A cada dois anos	Médio Potencial de Dano Ambiental
A cada três anos	Baixo Potencial de Dano Ambiental

Fonte: Política Estadual de Segurança de Barragens

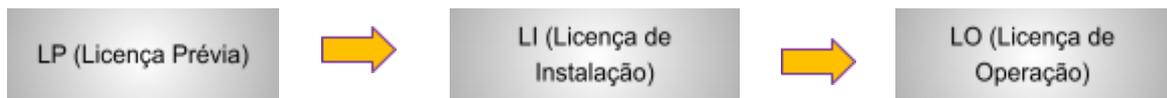
O RTSB é o principal documento pelo qual a FEAM se baseia para fiscalização das estruturas.

Segundo a Política Estadual de Segurança de Barragens, no processo de Licenciamento Ambiental passa a ser **obrigatório** a apresentação dos seguintes

documentos previamente ao processo de licenciamento, para que possam subsidiar a fiscalização do Estado:



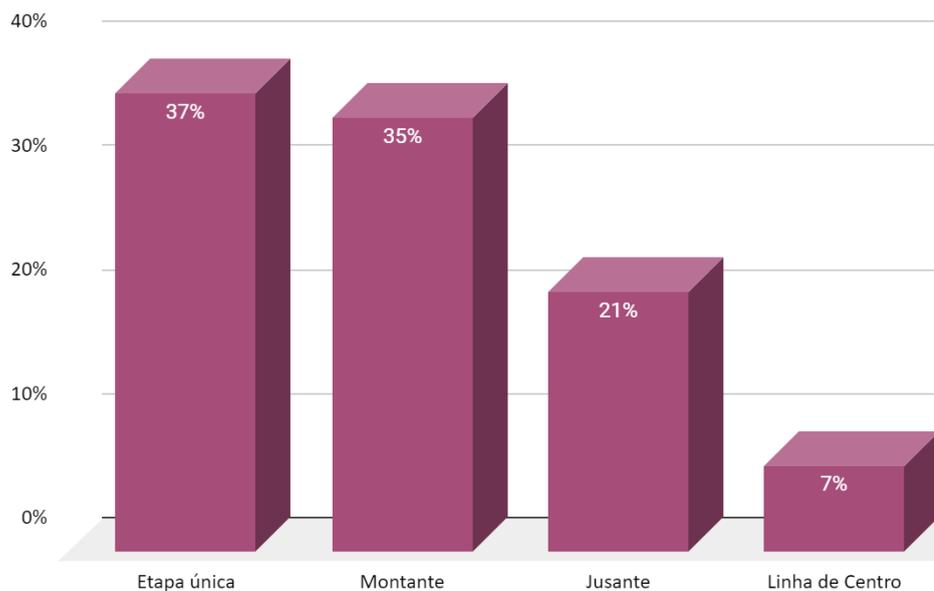
Após a apresentação dos documentos, segue-se pelas seguintes etapas:



Foi vedado pela Política Estadual de Segurança de Barragens o processo de licenciamento ambiental concomitante (LAC), ou seja, não é mais possível simplificar este processo em apenas uma etapa, podendo ser realizado somente o licenciamento ambiental trifásico (LAT).

Fica vedado o licenciamento de alteamento de barragens à montante, o mesmo método utilizado pelas barragens que vieram a romper da Samarco e da Vale. De acordo com a última campanha de entrega de DCE à ANM, essa era a estatística das estruturas interditadas em setembro em 2021, por método construtivo:

Gráfico 8: Estatística das Estruturas interditadas no país, por método construtivo:

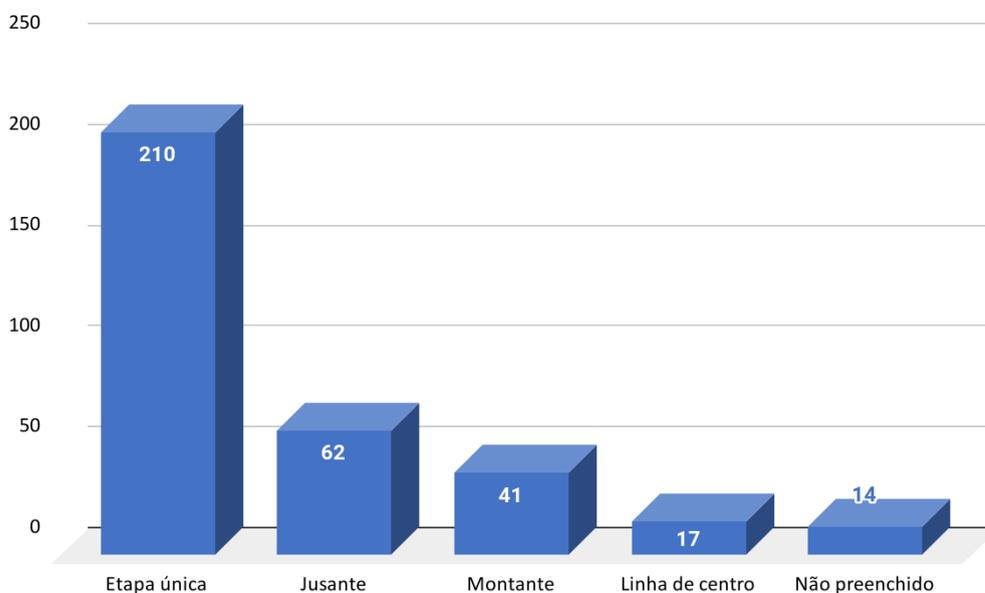


Fonte: Relatório Sintético da Campanha de Entrega de DCE (set/21)

Ainda prevê a descaracterização, em até três anos a partir da publicação da lei, de todas as barragens alteadas a montante.

Após dois anos, de acordo com o site da ANM, este é o cenário atual, em Minas Gerais:

Gráfico 9: Quantitativo de Barragens – Método Construtivo



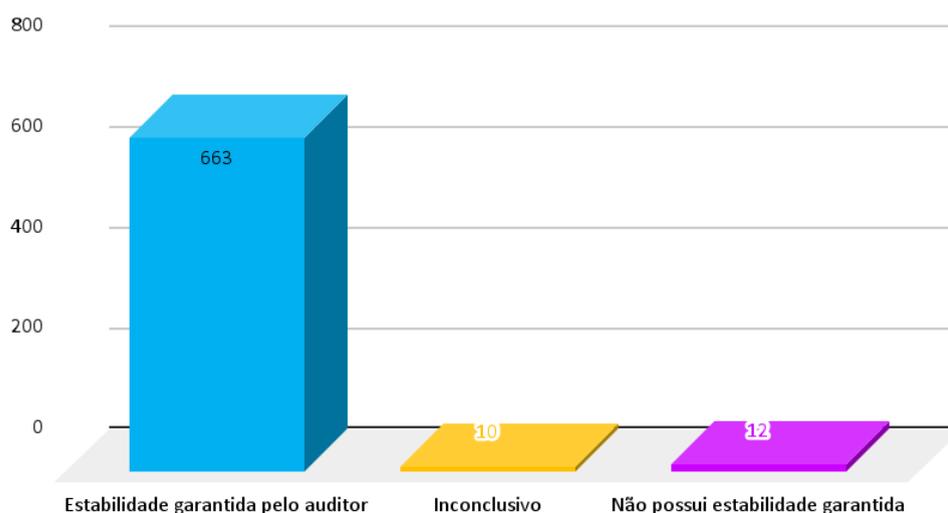
Fonte: Agência Nacional de Mineração (2021)

Segundo a Secretária de Estado de Meio Ambiente de Minas Gerais, Marília Melo, os empreendimentos dão indicativo de dificuldade em cumprir com o prazo. De acordo com Renato Teixeira Brandão, presidente da FEAM, o processo de descaracterização não é simples e requer segurança para ser executado, e às mineradoras vêm buscando a prorrogação deste prazo final.

Até a data da publicação do último inventário, em 2017, as barragens tinham a obrigatoriedade de serem cadastradas no BDA – Banco de Dados Ambientais, e a partir dos dados inseridos no sistema, era elaborado um cronograma de fiscalizações, sendo que as estruturas que não comprovassem estabilidade por meio do relatório (considerando estrutura física do maciço ou falta de volume para amortecimento das cheias), eram priorizadas. Em 2021, começou a ser implementado o SIGIBAR – Sistema de Informações de Gerenciamento de Barragens, buscando realizar a gestão das barragens no estado de forma transparente e simples, elaborado para que substituísse o BDA.

Em 2018, último ano em que o inventário de barragens foi publicado pela FEAM, referente ao ano de 2017, este era o cenário de condição de estabilidade das estruturas em Minas Gerais:

Gráfico 10: Declaração de Condição de Estabilidade (DCE) - 2017

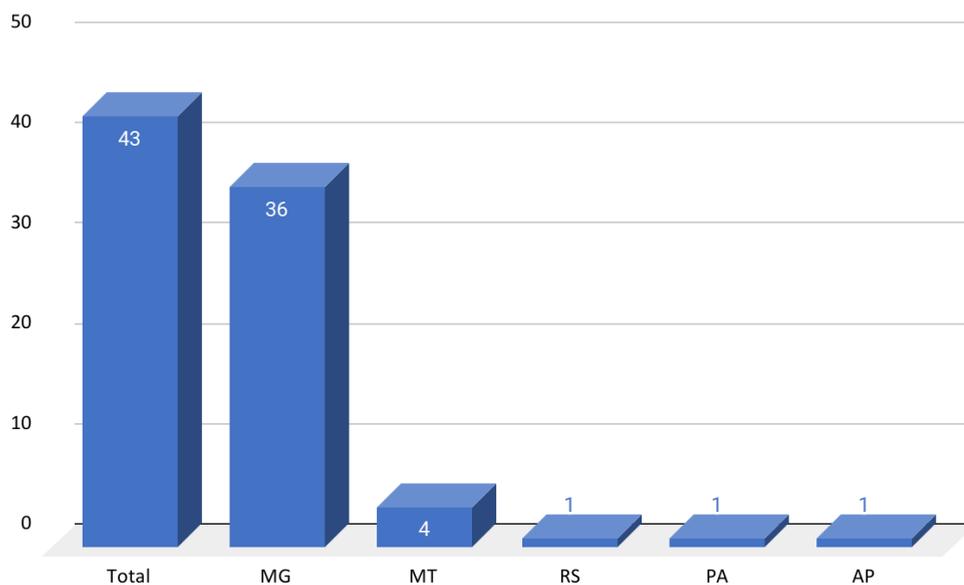


Fonte: INVENTÁRIO DE BARRAGEM DO ESTADO DE MINAS GERAIS ANO 2017

No ano de 2017, foram vistoriadas pela FEAM um total de 275 estruturas, gerando 88 autos de fiscalização.

No segundo semestre de 2021, 43 barragens foram interditadas por não entregarem a DCE ou não atestar a estabilidade, ou seja, um total de 10% das barragens inseridas na PNSB, sendo que a maioria dessas estruturas interditadas se encontram em Minas Gerais.

Gráfico 11: Barragens Interditadas por Estado



Fonte: Relatório Sintético da Campanha de Entrega de DCE (ANM)

4.2 Estudo de caso - Empilhamento a Seco de Rejeitos

Em uma mineradora no noroeste de Minas Gerais, foi implementado um sistema de disposição a seco de rejeitos. Inicialmente, no empreendimento, estava em funcionamento somente uma estrutura de Barragem, em operação desde 2001, prevista para receber, por ano, as 1.250.000 toneladas de rejeitos gerados pelo empreendimento, cuja vida útil era estimada até o ano de 2017.

No ano de 2017, foi dado início aos estudos sobre alternativa de disposição de rejeitos, onde foram avaliadas as seguintes possibilidades:

- I. Construção de uma nova barragem;

- II. Alteamento da estrutura existente;
- III. Implementação da disposição a seco de rejeitos.

Como potenciais impactos ambientais, foi considerado no estudo, para a construção de uma nova barragem, a supressão vegetal, pois seria necessária uma área extensa para a construção e o risco geotécnico da estrutura. Já o alteamento da estrutura já existente, seria mais viável na questão de não precisar de empréstimo de área, ou seja, apresenta menos impactos ambientais que a construção de uma nova barragem, no entanto, o único método de alteamento possível seria a montante, pois a jusante a barragem iria avançar na Área de Preservação Permanente do curso d'água. Dessa forma, o risco geotécnico seria maior pelo método escolhido.

Quadro 4. Vantagens e desvantagens das alternativas de disposição de rejeito

Alternativa	Vantagens	Desvantagens
Construção de nova estrutura	I -Baixo custo de operação II- Tecnologia já conhecida	I -Supressão vegetal II -Risco geotécnico
Alteamento da estrutura já existente	I-Baixo custo de operação II- Baixo custo de operação III-Menor área de supressão	I - Risco geotécnico
Empilhamento a seco de rejeitos	I- Menor risco ambiental e geotécnico	I -Maior custo de operação II - Recolocação de reserva legal e estrada municipal

Ainda foi considerado, para o empilhamento a seco de rejeitos, na fase de implementação, operação e desativação, os seguintes impactos ambientais:

Quadro 5. Impactos Ambientais do projeto de disposição a seco de rejeito

Impacto	Fonte
----------------	--------------

Ruído	Instalação e Operação - Funcionamento de equipamentos
Emissões de particulados	Instalação e Operação - Transporte, descarga e disposição de rejeito
Resíduos Sólidos	Instalação - resíduo orgânico de poda da supressão e Resíduo de Construção Civil Operação - Resíduo Classe I
Efluentes	Origem sanitária e pluvial

Comparando-se aos impactos relatados no Plano de Controle Ambiental (PCA) da barragem que já está em operação, têm-se os seguintes itens:

Quadro 5. Impactos ambientais - PCA Barragem

Impacto	Fonte
Supressão de vegetação nativa	Instalação
Modificação da paisagem natural	Durante toda a vida útil da Barragem
Impactos sobre o meio socioeconômico	Operação - Emissões atmosféricas, sonoras e hídrica
Alteração da qualidade das águas e das comunidades hidrobiológicas	Operação
Expulsão e captura de espécies silvestres na área do canteiro de obras	Instalação - Trânsito de funcionários e equipamentos, causando ruído

Figura 2. Exemplo de uma barragem de rejeitos



Fonte: Do autor (2021)

Considerando-se as vantagens e desvantagens de todas as alternativas, a empresa optou pela implantação da disposição a seco de rejeito.

Também chamado de depósito de rejeito filtrado ou desaguado, este método consiste na filtragem e secagem do rejeito em polpa (fluido + rejeito ou minério), onde é obtido um teor de umidade inferior a 20%, após recebê-lo da usina de beneficiamento. Com a extração da do fluido da polpa, é garantido um menor risco geotécnico e diminuição dos impactos ambientais.

O projeto implantado no empreendimento é composto por uma planta de beneficiamento de rejeito e pela pilha. De acordo com o projeto inicial, a vida útil da pilha prevista é superior a 11,9 anos, o que condiz com a previsão de exaustão da mina do empreendimento.

Atualmente, a planta é alimentada com uma massa de 3600 t/dia e produz para a pilha, 3300 t/dia de massa seca. É orçado como custo de operação R\$11,47 por tonelada produzida, ou seja, um custo de operação diário de cerca de R\$ 37.851/dia.

De forma resumida, este é o processo até o empilhamento final:



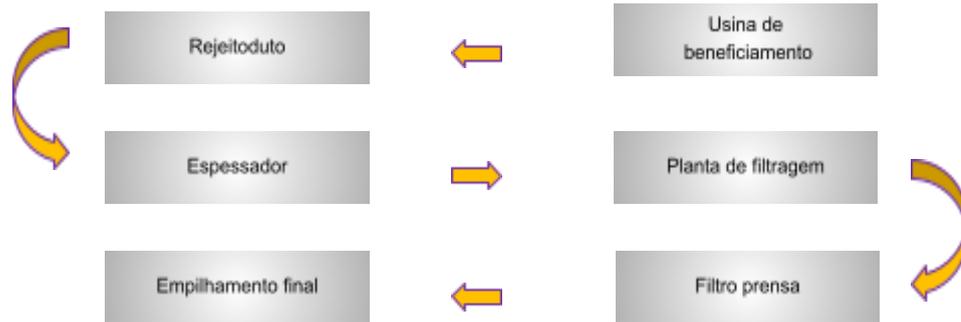


Figura 3. Planta de filtragem do empreendimento



Fonte: Do autor (2021)

Figura 4. Empilhamento Final



Fonte: Do autor (2021)

No empilhamento final, após a finalização de um talude completo, deve-se revestir o talude com vegetação para sua proteção e assim evitar erosões e deslizamentos de terra. A altura máxima prevista no projeto da pilha é de 120m.

Além dos esforços dos empreendimentos, o governo de Minas Gerais demonstra esforços para evoluir juntamente a legislação, buscando o fomento de novas tecnologias de disposição de rejeitos, seguindo o que versa o Art. 30º da Lei Estadual Nº 21.972/2016:

O Poder Executivo fomentará, por todos os meios, alternativas à implantação de barragens, com a finalidade de promover a preservação do meio ambiente e a redução dos impactos ambientais gerados por empreendimentos de mineração.

Em 2018, conforme relatado no caderno “Rompimento das Barragens da Vale em Brumadinho”, uma equipe do estado de Minas esteve na China, onde conheceram outros métodos de disposição de rejeito lá utilizados, dentre outras iniciativas.

Quadro 7. Legislação aplicada à regularização de rejeitos de atividades de mineração em MG

Legislação	Descrição
DN COPAM 67/2002	Dispõe sobre critérios de classificação de barragens de contenção de rejeitos, de resíduos e de reservatório de água em empreendimentos industriais e de mineração no Estado de Minas Gerais.
DN COPAM 131/2009	Prorroga prazos previstos para apresentação dos inventários de resíduos sólidos industriais e minerários, do cadastro de áreas suspeitas de contaminação e contaminadas por substâncias químicas e da declaração de carga poluidora.

Lei Federal nº 12.305/2010	Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências.
Lei Federal nº 12.334/2010	Estabelece a Política Nacional de Segurança de Barragens destinadas à acumulação de água para quaisquer usos, à disposição final ou temporária de rejeitos e à acumulação de resíduos industriais, cria o Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens e altera a redação do art. 35 da Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997, e do art. 4º da Lei nº 9.984, de 17 de julho de 2000.
Lei Estadual nº 23.291/2019	Institui a política estadual de segurança de barragens.
Lei nº 21.972/2016	Dispõe sobre o Sistema Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos – Sisema – e dá outras providências.
Resolução conjunta SEMAD/FEAM nº 2.784/2019	Determina a descaracterização de todas as barragens de contenção de rejeitos e resíduos, alteadas pelo método a montante, provenientes de atividades minerárias, existentes em Minas Gerais e dá outras providências.

Fonte: SIAM (2021)

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A sustentabilidade, ou ESG (Environmental, social and corporate governance), é um tema que cada vez mais vem tomando espaço nas empresas e na mídia. Entretanto, apesar desta evolução, é perceptível uma demora na inserção deste tema nos debates e nas diretrizes das empresas: no Plano Nacional de Mineração, foi mencionada pela primeira vez a temática de meio ambiente somente em 1994. Conforme é debatido no plano, a atividade de mineração deve ser um fator de desenvolvimento para a economia e para o social - especialmente às comunidades ao redor da atividade de mineração, que são as que mais sofrem com os impactos - porém, deve avançar concomitante com a preservação dos ecossistemas, não sobressaindo à proteção de qualidade do

meio ambiente, uma vez que este recurso é finito e indispensável para a qualidade de vida humana.

Podemos observar com facilidade que é impossível falar sobre gestão de barragens sem mencionar os desastres de ruptura em Minas Gerais, pois estes eventos trouxeram visibilidade ao tema, devido ao grande desafio que causou a gestão de barragens. O programa de gestão de barragens encontra-se em transição, passando por diversas modificações, seja de sistema de gerenciamento, ou legislação, o que constitui como ponto positivo. Entretanto, os empreendimentos demonstram dificuldade em acompanhar às legislações, pois como podemos ver no Gráfico 8 “Quantitativo de Barragens – Método Construtivo”, o estado de Minas Gerais ainda conta com 41 barragens alteadas a montante. É visível também que essa transição da gestão está voltada para que erros cometidos anteriormente não voltem a se repetir, porém, na última DCE, o método construtivo a montante não liderou as estruturas interdidadas.

Além disso, não basta somente tornar a legislação mais rígida - é imprescindível fazer com que o empreendimento cumpra com a legislação de fato. Segundo Soares et al (2018), o licenciamento da Barragem do Fundão, da Vale S.A, não foi cumprido, pois uma das condicionantes não foi apresentada, as leituras dos Piezômetros não foram apresentadas a época de renovação da Licença - sequer houve a leitura, e por fim não houve acompanhamento do órgão licenciador para vistoria nesta época. Assim, fica evidente a necessidade de não somente tornar a legislação e processo de licenciamento mais rígidos, mas também vistorias mais rígidas e mais frequentes, alinhando os três pilares do Plano Nacional de Mineração: eficácia do Poder Público e sustentabilidade.

Por fim, os métodos alternativos de disposição de rejeito requerem maior investimento de instalação e operação, quando comparados a barragem, porém apresenta maiores benefícios em termos de impactos ambientais e menor risco geotécnico, o que pode ser um fator que leve os empreendimentos a optar por este método.

6. REFERÊNCIAS

ALMEIDA, Lia de Azevedo. **A formulação da Política Nacional de Resíduos Sólidos: uma análise orientada pela complexidade**. 2016. 175 f., il. Tese (Doutorado em Administração)—Universidade de Brasília, Brasília, 2016.

AGÊNCIA NACIONAL DE MINERAÇÃO. **SIGBM - Sistema de Gestão de Segurança de Barragens de Mineração**. Disponível em <<https://app.anm.gov.br/SIGBM/Publico/Estatistica>> Acesso em 29 jun/2021

BRASIL. Agência Nacional de Mineração. **Resumo Campanha Entrega DCE Setembro 2021**. Disponível em <<https://www.gov.br/anm/pt-br/assuntos/barragens/declaracao-de-condicao-de-estabilidade-dce/resumo-campanha-entrega-dce-set2021-v2.pdf/view>> Acesso em 10 de julho de 2021.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. **Boletim do Setor Mineral - Outubro 2020**. Disponível em: <http://antigo.mme.gov.br/web/guest/secretarias/geologia-mineracao-e-transformacao-mineral/publicacoes/boletim-do-setor-mineral>. Acesso em 16 jun 2021.

BRASIL. **Desempenho do setor mineral em 2020 supera expectativas**. Notícias: Governo do Brasil, 19 fev. 2021. Disponível em: <<https://www.gov.br/pt-br/noticias/financas-impostos-e-gestao-publica/2021/02/de-sempenho-do-setor-mineral-em-2020-supera-expectativas>>. Acesso em: 16 jun. 2021.

BRASIL. **Sem mineração, PIB de Minas pode encolher 12%, diz estudo**. Notícias: Instituto Brasileiro de Mineração. Disponível em: <https://ibram.org.br/noticia/sem-mineracao-pib-de-minas-pode-encolher-12-diz-estudo/> Acesso em: 23 jun 2021.

BRASIL. Instituto Brasileiro de Mineração. **Relatório Anual de Atividades**. p. 65 Disponível em: <https://ibram.org.br/relatorios-de-atividades/>. Acesso em 20 jun 2021.

BRASIL. **Política Nacional de Meio Ambiente** (Lei nº 6938/1981). Brasília: Diário Oficial da União, 1981. Disponível em <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l6938.htm>. Acesso em: 30 jun/2021

BRASIL. CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. **Resolução CONAMA 237 de 1997**. Disponível em <

https://www.icmbio.gov.br/cecav/images/download/CONAMA%20237_191297.pdf
> Acesso em 31 jun/2021

BRASIL. **Plano Nacional de Resíduos Sólidos**. Disponível em <https://sinir.gov.br/images/sinir/Arquivos_diversos_do_portal/PNRS_Revisao_De_creto_280812.pdf> Acesso em 1 julho de 2021.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. **Plano Nacional de Mineração 2030**. disponível em <<http://antigo.mme.gov.br/web/guest/secretarias/geologia-mineracao-e-transformacao-mineral/destaques-do-setor-de-energia/plano-nacional-de-mineracao-2030>> Acesso em 1 de julho de 2021.

BRASIL. Agência Nacional de Mineração. **Relatório Anual de Segurança de Barragens de Mineração 2020**. Disponível em <<https://www.gov.br/anm/pt-br/assuntos/barragens/relatorios-anuais-de-seguranca-da-barragens-de-mineracao>> Acesso em 03 de julho de 2021.

Brumadinho. 2020. [93 f.]. Dissertação (Programa de Mestrado em Administração em Gestão Internacional) - Escola Superior de Propaganda e Marketing, [São Paulo] .

COELHO, Maria Célia Nunes et al. **Regiões econômicas mineiro-metalúrgicas e os Riscos de desastres ambientais das barragens de rejeito no Brasil**. Revista da ANPEGE, v. 13, n. 20, p. 83-108, 2017.

FONTES, Roberta Neves, and Ivonete da Silva LOPES. **"As representações da mídia sobre o rompimento da barragem do Fundão em Mariana, Minas Gerais."** *Espacios* 38.34 (2017): 32-46.

FREITAS, Carlos Machado de; SILVA, Mariano Andrade da; MENEZES, Fernanda Carvalho de. **O desastre na barragem de mineração da Samarco: fratura exposta dos limites do Brasil na redução de risco de desastres**. Ciência e Cultura, v. 68, n. 3, p. 25-30, 2016.

DE SOUSA, Gustavo Marçal; COMPANHIA VALE, S. A.; GOMES, Romero César. **Lavra de barragens de rejeito: uma alternativa para manejo e desativação de estruturas**. 2018.

GOMES, N. C.; SANTOS, R. K. dos; CORDEIRO, J.; DUARTE, M. B. A.; QUINTÃO, P. L.; CORDEIRO, J. L. **Characterization of dams containing rejects**

located in the state of Minas Gerais. Research, Society and Development, [S. l.], v. 8, n. 2, p. 3 2019. DOI: 10.33448/rsd-v8i2.683. Disponível em: <https://www.rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/683>. Acesso em: 16 jun. 2021.

LUZ, Adão Benvindo da; SAMPAIO, João Alves; FRANÇA, Silvia Cristina Alves. **Tratamento de minérios.** 2010.

MINAS GERAIS. **Diagnóstico do Setor Mineral de Minas Gerais.** p.59. Disponível em: <http://www.desenvolvimento.mg.gov.br/assets/projetos/1081/130fd1adf19cc74be83c7c6c829c53b9.pdf>. Acesso em 21 jun 2021.

MINAS GERAIS. **Inventário de Resíduos Sólidos da Mineração Ano Base 2017.** Disponível em <http://www.feam.br/images/stories/2018/RESIDUOS/Inventario_Minera%C3%A7%C3%A3o_ano_base_2017.pdf> Acesso em 1 de julho de 2021.

MINAS GERAIS. **Estatuto da Fundação Estadual de Minas Gerais.** Disponível em <<https://www.almg.gov.br/consulte/legislacao/completa/completa.html?tipo=DEC&num=47760&comp=&ano=2019>> Acesso em 02 de julho de 2021.

MINAS GERAIS. **Deliberação Normativa COPAM nº 62, de 17 de dezembro de 2002** Disponível em <<https://www.ceivap.org.br/barragem/Normativa-COPAM-MG-62-2002.pdf>> Acesso em 02 de julho de 2021.

MINAS GERAIS. Fundação Estadual de Minas Gerais. **INVENTÁRIO DE BARRAGEM DO ESTADO DE MINAS GERAIS ANO 2017** Disponível em <<http://www.feam.br/gestao-de-barragens/inventario-de-barragens>> Acesso em 03 de julho de 2021.

MINAS GERAIS. CODEMIG. **Nióbio.** Disponível em <<http://www.codemig.com.br/atuacao/mineracao/mineracao-de-niobio/>> Acesso em 22 out 2021.

Moncada Sánchez, Renato Bernabé. **Governança privada, governamental e híbrida na Cadeia Global de Valor : considerações a partir do desastre de BRASIL. Política Nacional de Resíduos Sólidos** (Lei nº 12.305/2010). Brasília: Diário Oficial da União, 2010. Disponível em <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2010/Lei/L12305.htm>. Acesso em: 29 jun/2021

REIS, Danielle; FRIEDE, Reis; LOPES, Flávio Humberto Pascarelli. **Política nacional de resíduos sólidos (Lei no 12.305/2010) e educação ambiental.** Revista Interdisciplinar do Direito-Faculdade de Direito de Valença, v. 14, n. 1, p. 99-111, 2018.

RIBEIRO, José Cláudio Junqueira et al. **A Mineração no Estado do Pará e as Barragens de Rejeito: o paradigma entre a exploração e os impactos negativos decorrentes.** In: V Congresso Internacional de Direito Ambiental. 2018.

SIQUEIRA, Lyssandro Norton; COSTA, Beatriz Souza. **A internacionalização da proteção ambiental e a necessidade de maior efetividade das ações de reparação por danos ambientais: o caso de Mariana.** NOMOS: Revista do Programa de Pós-Graduação em Direito da UFC, Fortaleza, v.38, n.2, jul./dez., 2018, p. 658

SILVA, L. M. S. da; PARAÍSO, L. A.; JUNIOR, I. M. P. **ANÁLISE CRÍTICA POLITICA NACIONAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS: PRINCIPAIS PONTOS E APLICABILIDADE.** Caderno de Graduação - Ciências Exatas e Tecnológicas - UNIT - ALAGOAS, [S. l.], v. 4, n. 2, p. 37, 2018. Disponível em: <https://periodicos.set.edu.br/fitsexatas/article/view/5200>. Acesso em: 29 jun. 2021.