

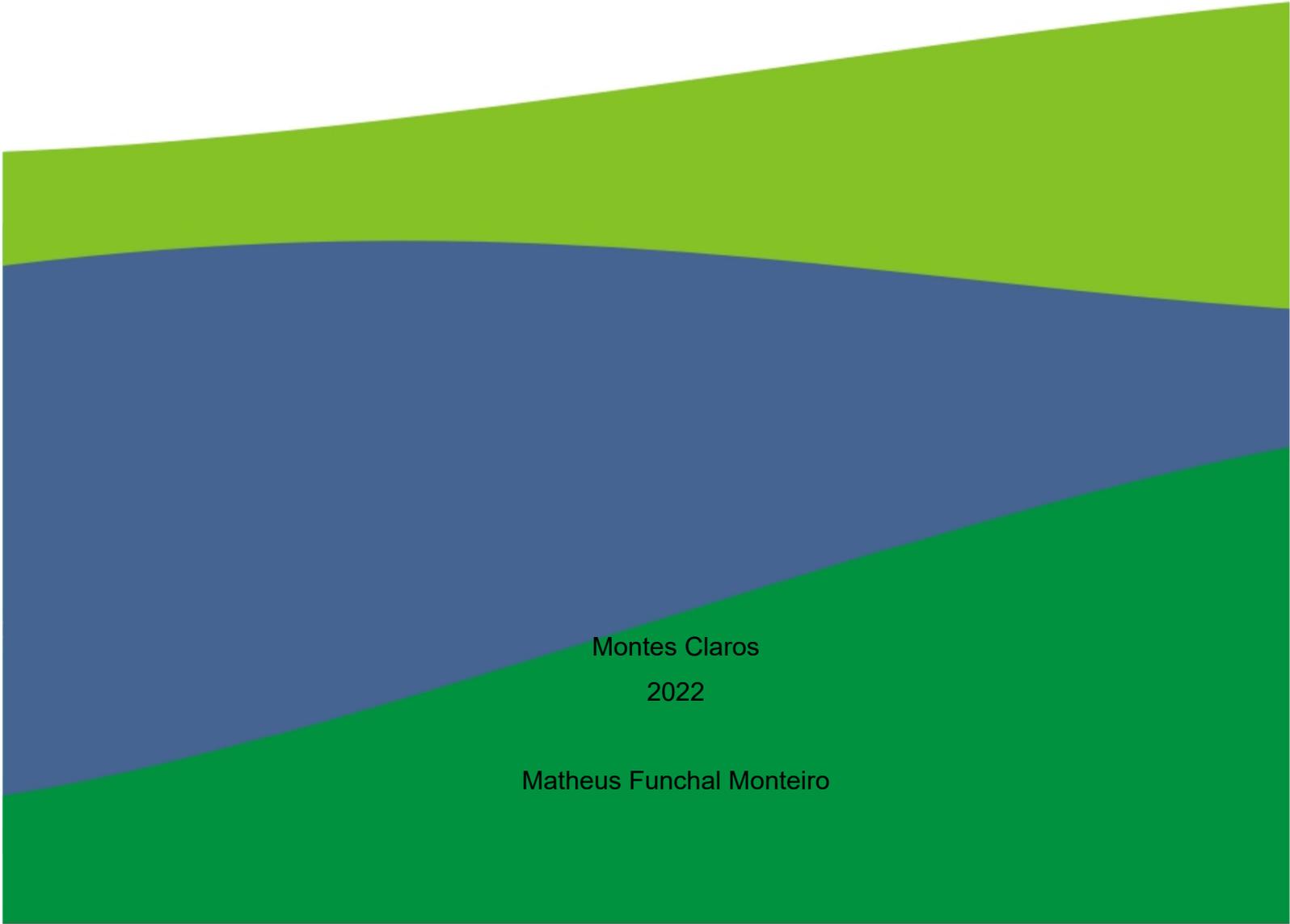
UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS

Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Minas Gerais

Campos Regional Montes Claros

Matheus Funchal Monteiro

**DIAGNÓSTICO AMBIENTAL DAS ÁREAS DE INSERÇÃO E CARACTERIZAÇÃO
DAS BARRAGENS DE REJEITO DE MINERAÇÃO EM MINAS GERAIS: MÉTODO
DE ALTEAMENTO A MONTANTE**



Montes Claros
2022

Matheus Funchal Monteiro

**DIAGNÓSTICO AMBIENTAL DAS ÁREAS DE INSERÇÃO E CARACTERIZAÇÃO
DAS BARRAGENS DE REJEITO DE MINERAÇÃO EM MINAS GERAIS: MÉTODO
DE ALTEAMENTO A MONTANTE**

Versão final

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

Orientadora: Professora Dra. Maria Auxiliadora Pereira Figueiredo

Montes Claros

2022

Monteiro, Matheus Funchal.

M772d
2023 Diagnóstico ambiental das áreas de inserção e caracterização das barragens de rejeito de mineração em Minas Gerais : método de alteamento a montante [manuscrito] / Matheus Funchal Monteiro. Montes Claros, 2022.
69 f. : il.

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

Orientador(a): Maria Auxiliadora Pereira Figueiredo.

Banca examinadora: Frederico Antônio Mineiro Lopes, Letícia Renata de Carvalho, Luiz Henrique Arimura Figueiredo, Maria Auxiliadora Pereira Figueiredo.

Inclui referências: f. 67-69.

1. Resíduos - Teses. 2. Indústria mineral - Teses. 3. Barragens e açudes - Teses. I. Figueiredo, Maria Auxiliadora Pereira. II. Universidade Federal de Minas Gerais. Instituto de Ciências Agrárias. III. Título.

CDU: 628.4



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

FOLHA DE APROVAÇÃO

DIAGNÓSTICO AMBIENTAL DAS ÁREAS DE INSERÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DAS BARRAGENS DE REJEITO DE
MINERAÇÃO EM MINAS GERAIS – MÉTODO DE ALTEAMENTO MONTANTE

MATHEUS FUNCHAL MONTEIRO

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

TFCE aprovado em 11 de novembro de 2022 pela comissão de avaliação constituída pelos membros:

MARIA AUXILIADORA PEREIRA FIGUEIREDO
Orientadora - ICA/UFMG

FREDERICO ANTÔNIO MINEIRO LOPES
Avaliador - ICA/UFMG

LETÍCIA RENATA DE CARVALHO
Avaliadora - ICA/UFMG

LUIZ HENRIQUE ARIMURA FIGUEIREDO
Avaliador - Unimontes

Montes Claros, data da assinatura eletrônica.

DALTON ROCHA PEREIRA
Coordenador de Pós-graduação *Lato Sensu*



Documento assinado eletronicamente por **Dalton Rocha Pereira, Coordenador(a) de curso de pós-graduação**, em 18/11/2022, às 16:25, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://sei.ufmg.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **1901302** e o código CRC **C4AF696D**.

AGRADECIMENTOS

À minha orientadora Professora Maria Auxiliadora Pereira Figueiredo e ao Professor Luciano Vieira Lima meu agradecimento especial pela ajuda e atenção durante todo o período de produção do trabalho;

Aos professores que compuseram a banca examinadora meu agradecimento pelo olhar criterioso sobre o trabalho;

A todos os meus colegas do curso de especialização minha gratidão por todos os momentos de convívio e ajuda mútua;

À minha família, minha esposa Lorena e meu filho Hugo;

Por fim, agradeço à Universidade Federal de Minas Gerais - Campus Montes Claros e todo o seu corpo docente.

RESUMO

Para a realização deste estudo foram avaliadas 39 barragens de rejeito de mineração, localizadas em Minas Gerais e selecionadas em razão do seu método construtivo, denominado alteamento a montante, por estar associado aos recentes rompimentos de barragens (Samarco – Mariana e Vale – Brumadinho). As informações apresentadas no estudo foram obtidas no banco de dados do Sistema Integrado de Gestão de Barragens de Mineração (SIGBM), além de outros atributos ambientais disponíveis no portal de Infraestrutura de Dados Espaciais do Sistema Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos (IDE-SISEMA). As pesquisas foram realizadas entre maio e setembro de 2022. Os resultados mostraram a presença de barragens de rejeito com Dano Potencial Associado (DPA) alto em nível máximo de emergência (nível 3), bem como barragens inseridas em áreas de interesse ambiental, tais como unidades de conservação, reserva da biosfera, áreas prioritárias para conservação da biodiversidade, dentre outras. O estudo identificou também que a maior parte das barragens (95%) está inserida em áreas importantes do ponto de vista ecológico. Por outro lado, observou-se que houve grande evolução da legislação que trata das barragens de rejeito, especialmente com a publicação da Resolução ANM nº 95/2022 no âmbito federal e da Lei nº 23.291/2019 que estabeleceu a Política Estadual de Segurança de Barragens. Por fim, observou-se por meio das pesquisas aos portais web das empresas responsáveis pelas barragens a adoção de obras para descaracterização das estruturas, assim como previsto na Lei Ordinária nº 23.291/2019.

Palavras-chave: Estrutura de contenção de rejeito. Extração mineral. Meio ambiente. Barragem a montante. Descaracterização de barragem.

ABSTRACT

For the accomplishment of this study, 39 mining tailings dams were evaluated, located in Minas Gerais and selected due to their constructive method, called upstream tailings, because it is associated with recent dam ruptures (Samarco – Mariana and Vale - Brumadinho). The information presented in the study was obtained from the Database of the Integrated Management System of Mining Dams (SIGBM), in addition to other environmental attributes available in the Spatial Data Infrastructure portal of the State System of Environment and Water Resources (IDE-SISEMA). The surveys were conducted between May and September 2022. The results showed the presence of tailings dams with high Associated Potential Damage (DPA) at the maximum emergency level (level 3), as well as dams inserted in areas of environmental interest, such as conservation units, biosphere reserves, priority areas for biodiversity conservation, among others. The study also identified that most dams (95%) are inserted in important areas from an ecological point of view. On the other hand, it was observed that there was a great evolution of the legislation dealing with tailings dams, especially with the publication of RESOLUTION ANM N°. 95/2022 at the federal level and Law N°. 23.291/2019 that established the State Dam Safety Policy. Finally, it was observed through searches of the web portals of the companies responsible for the dams the adoption of works for the structural deterioration, as provided for in Ordinary Law N°. 23.291/2019.

Keywords: Tailings storage facilities. mineral extraction. Environmental. Dam built by the upstream method. De-characterization.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Métodos de alteamento utilizados em barragens de rejeito, no Brasil.	17
Figura 2 – Mapa com a distribuição geográfica das barragens a montante cadastradas no Brasil.....	19
Figura 3 – Tela do portal SIGBM com seleção dos filtros para download do banco de dados	28
Figura 4 – Telas do portal IDE-SISEMA utilizado para consulta aos dados ambientais relacionados na tabela 2.....	30
Figura 5 – Localização das barragens pelo método de alteamento a montante, no estado de Minas Gerais.....	32
Gráfico 1 – Número de barragens em Minas Gerais alteadas pelo método de montante (ou desconhecido) e minério principal	33
Gráfico 2 – Número de barragens em Minas Gerais alteadas pelo método de montante (ou desconhecido) e empreendedores	34
Gráfico 3 – Número de barragens em Minas Gerais alteadas pelo método de montante (ou desconhecido) e dano potencial associado.....	36
Gráfico 4 – Número de barragens em Minas Gerais alteadas pelo método de montante (ou desconhecido) e categoria de risco	37
Gráfico 5 – Número de barragens em Minas Gerais alteadas pelo método de montante (ou desconhecido) e nível de emergência	37
Gráfico 6 – Número de barragens em Minas Gerais alteadas pelo método de montante (ou desconhecido) e os respectivos biomas.....	38
Gráfico 7 – Número de barragens em Minas Gerais alteadas pelo método de montante (ou desconhecido) inseridas em unidades de conservação estadual	41
Gráfico 8 – Número de barragens em Minas Gerais alteadas pelo método de montante (ou desconhecido) inseridas em unidades de conservação municipal.....	42
Gráfico 9 – Número de barragens em Minas Gerais alteadas pelo método de montante (ou desconhecido) inseridas em áreas prioritárias para conservação da biodiversidade	44
Gráfico 10 – Número de barragens em Minas Gerais alteadas pelo método de montante (ou desconhecido) inseridas em reserva da biosfera da mata atlântica.....	47
Gráfico 11 – Número de barragens em Minas Gerais alteadas pelo método de montante (ou desconhecido) inseridas em reserva da biosfera da Serra do Espinhaço.....	49
Gráfico 12 – Número de barragens em Minas Gerais alteadas pelo método de montante (ou desconhecido) inseridas em bacia de drenagem de classe especial.....	50
Gráfico 13 – Número de barragens em Minas Gerais alteadas pelo método de montante (ou desconhecido) inseridas em áreas de proteção especial.....	53

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Síntese das principais leis e normas aplicáveis em operações de descaracterização de barragens a montante.....	23
Tabela 2 – Atributos ambientais selecionadas no portal IDE SISEMA e utilizados no presente trabalho.....	29
Tabela 3 – Relação de barragens consultadas no SIGBM e que foram utilizadas no presente trabalho.....	31
Tabela 4 – Relação de barragens consultadas no SIGBM e respectivos parâmetros DPA, CRI e NE. Destaque em azul para as barragens em nível máximo de emergência (3)	34
Tabela 5 – Relação de barragens e as respectivas unidades de conservação, com destaque para as barragens com DPA alto, CRI alto e NE3.....	39
Tabela 6 – Relação de barragens e as respectivas categorias de áreas prioritárias para conservação da biodiversidade, com destaque para as barragens com DPA alto, CRI alto e NE3.....	43
Tabela 7 – Relação de barragens e reservas da biosfera – Mata Atlântica, com destaque para as barragens com DPA alto, CRI alto e NE3.....	45
Tabela 8 – Relação de barragens e reservas da biosfera – Espinhaço, com destaque para as barragens com DPA alto, CRI alto e NE3.....	47
Tabela 9 – Relação de barragens e áreas de proteção especial estadual (APEE), com destaque para as barragens com DPA alto, CRI alto e NE3.....	51
Tabela 10 – Relação de barragens, empreendedores e endereço web consultado	56

LISTA DE ABREVIATURAS

Agência Nacional de Mineração (ANM)

Categoria de Risco (CRI)

Conselho Estadual de Política Ambiental (COPAM)

Conselho Estadual de Recursos Hídricos (CERH)

Dano Potencial Associado (DPA)

Deliberação Normativa (DN)

Fundação Estadual do Meio Ambiente (FEAM)

Infraestrutura de dados espaciais – Sistema Estadual do Meio Ambiente (IDE-SISEMA)

Instituto Brasileiro de Mineração (IBRAM)

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE)

Nível de Emergência (NE)

Política Estadual de Segurança de Barragens (PESB)

Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB)

Sistema Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos (SISEMA)

Sistema Integrado de Gestão de Barragens (SIGBM)

SUMÁRIO

1 -	INTRODUÇÃO.....	12
2 -	OBJETIVO	14
3 -	REFERENCIAL TEÓRICO	15
3.1 -	Barragens de Rejeito de Mineração e Métodos Construtivos	16
3.2 -	Legislação Aplicável.....	19
3.3 -	Classificações Avaliadas no Contexto da Segurança das Barragens.....	24
3.3.1 -	Classificação das Barragens – Dano Potencial e Categoria de Risco.....	24
3.3.2 -	Classificação das Barragens - Nível de Emergência	26
4 -	METODOLOGIA	27
4.1 -	Seleção das Barragens e Obtenção do Banco de Dados do SIGBM	27
4.2 -	Avaliação no Portal da IDE-SISEMA.....	28
4.3 -	Pesquisa sobre o status de descaracterização das barragens.....	30
5 -	RESULTADOS E DISCUSSÃO	31
5.1 -	Diagnóstico Geral das Barragens	31
5.1.1 -	Classificação das Barragens – Dano Potencial, Categoria de Risco e Nível de Emergência	34
5.1.2 -	Biomias	38
5.1.3 -	Unidades de Conservação.....	39
5.1.4 -	Áreas Prioritárias para Conservação da Biodiversidade.....	42
5.1.5 -	Reserva da Biosfera.....	45
5.1.6 -	Outras Classificações de Interesse Ambiental.....	50
5.1.7 -	A descaracterização das barragens de montante em Minas Gerais pelas empresas responsáveis.....	54
6 -	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	66

1 - INTRODUÇÃO

No dia 05 de novembro de 2015 ocorreu o rompimento da Barragem de Rejeitos de Fundão da empresa SAMARCO, no município de Mariana (MG), que levou cerca de 42 milhões de metros cúbicos de rejeitos de minérios de ferro à drenagem natural (ANA, 2016). Esse acidente resultou na perda de 19 vidas humanas, com devastação do povoado de Bento Rodrigues a jusante e com grande degradação da qualidade ambiental do trecho do Rio Doce onde ocorreu o acidente, até sua foz, em um percurso de mais de 700 km (ANA, 2016).

No dia 25 de janeiro de 2019, a Barragem I da empresa VALE, na mina do Córrego do Feijão, em Brumadinho (MG), se rompeu. Ela estava inativa, não tinha a presença de lago e não existia nenhum outro tipo de atividade operacional em andamento. Naquele momento, encontrava-se em desenvolvimento o projeto de descaracterização da barragem. A barragem foi construída em 1976, pela Ferteco Mineração (adquirida pela Vale em 27 de abril de 2001), pelo método de alteamento a montante. A altura da barragem era de 86 metros e o comprimento da crista era de 720 metros (VALE, 2019). O desastre provocou a morte de 272 pessoas, representando um dano social irreparável.

Esses dois acidentes em estruturas construídas pelo método de alteamento a montante motivaram a proibição dessa forma construtiva, por meio da Resolução ANM nº 4/2019, substituída posteriormente pela Resolução ANM nº 13/2019. Dos dez acidentes identificados em barragens de rejeito brasileiras nos séculos XX e XXI, seis estavam associados às barragens construídas pelo método de montante (LEAL et al, 2022).

O rompimento das barragens de rejeito supracitadas impôs severos impactos socioambientais, mas também provocou uma ampla discussão com resultados significativos na reformulação do arcabouço legal e normativo no que tange à regulamentação das barragens de rejeito em Minas Gerais. Como exemplo, pode-se citar a publicação da Lei Ordinária nº 23.291, de 25 de fevereiro de 2019, que instituiu a Política Estadual de Segurança de Barragens – PESB, com destaque para a exigência da descaracterização das barragens de contenção de rejeitos alteadas pelo método a montante no prazo de 3 anos. Além disso, após a publicação da Portaria DNPM nº 70.389/2017, que criou o Cadastro Nacional de Barragens de Mineração e

o Sistema Integrado de Gestão em Segurança de Barragens de Mineração, a sociedade passou a ter acesso às informações concernentes às barragens de rejeito.

A disponibilização das informações foi possível após a implantação do Sistema Integrado de Gestão de Barragens de Mineração (SIGBM) em plataforma web, o qual permite consultas públicas sobre a classificação atualizada das barragens de mineração do Brasil. Isso permitiu uma maior transparência e interação por parte do sociedade com os dados de segurança de barragens de mineração cadastradas na ANM. Entretanto, uma análise integrada das barragens com as características ambientais das regiões onde elas foram construídas não está disponível através dos órgãos oficiais, tais como a própria Agência Nacional de Mineração (ANM) e a Fundação Estadual do Meio Ambiente (FEAM).

Nesse contexto, pretende-se, com os elementos apresentados ao longo desta monografia, contribuir com a disponibilização de informações técnicas, sistematizadas e organizadas, tanto no que concerne as características ambientais dos locais em que foram implantadas as barragens de rejeito, quanto as características de segurança das próprias estruturas, analisadas de forma integrada.

Espera-se, ainda, fornecer subsídios técnicos para as discussões que permeiam a problemática envolvendo as barragens de rejeito, tanto por técnicos dos órgãos públicos e privados quanto pela sociedade, enquanto cidadãos/cidadãs com direito ao meio ambiente. A questão das barragens é uma inquietação para as comunidades vizinhas a elas e, por este motivo, informações claras e confiáveis são uma necessidade para adoção de estratégias de convivência com estas barragens.

2 - OBJETIVO

A presente monografia tem como objetivo geral entender o contexto atual das barragens de rejeito a montante em Minas Gerais, representado pelas características ambientais das regiões onde essas barragens estão inseridas, pelas classificações relativas ao Dano Potencial Associado, Categoria de Risco e Nível de Emergência. Para alcançá-lo, os seguintes objetivos específicos foram estabelecidos:

- Fazer um levantamento sobre as principais leis e normas incidentes sobre as barragens de rejeito alteadas pelo método de montante;
- Consolidar e sintetizar informações técnicas das barragens de rejeito alteadas pelo método de montante e disponibilizadas no Sistema Integrado de Gestão de Barragens (SIGBM);
- Avaliar as informações técnicas das barragens em conjunto com as características ambientais da região onde foram construídas, obtidas na Infraestrutura de Dados Espaciais – Sistema Estadual do Meio Ambiente (IDE-SISEMA); e
- Consolidar as principais informações disponibilizadas pelos empreendedores das barragens no que diz respeito ao processo de descaracterização das estruturas.

3 - REFERENCIAL TEÓRICO

A mineração compreende um conjunto de atividades destinadas a pesquisar, descobrir, mensurar, extrair, tratar ou beneficiar e transformar recursos minerais de forma a torná-los benéficos econômicos e sociais (IBRAM, 2016). Dentro deste conjunto de atividades, especialmente nas etapas de tratamento e beneficiamento do minério, são gerados rejeitos do processo.

De acordo com Espósito (2000), a mineração é um complexo de atividades necessárias à extração econômica de bens minerais da crosta terrestre, provocando transformações no meio ambiente, através de atividades de lavra e processo. A lavra constitui-se no conjunto de atividades coordenadas que extraem um bem mineral, objetivando o seu aproveitamento industrial ou uso direto. Os processos de mineração (tratamentos) envolvem separações físicas e químicas para obtenção da substância mineral de interesse.

Os rejeitos são resíduos resultantes de processos de beneficiamento, a que são submetidos os minérios, visando extrair os elementos de interesse econômico (produto final). Esses processos têm a finalidade de regularizar o tamanho dos fragmentos, remover minerais associados sem valor econômico e aumentar a qualidade, pureza ou teor do produto final (ESPÓSITO, 2000).

A disposição dos rejeitos da mineração é feita, frequentemente, em barragens. Por definição, elas são 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, 2020).

De acordo com IBRAM (2016), as barragens de contenção de rejeitos são estruturas construídas ao longo do tempo visando à diluição dos custos no processo de extração mineral, por meio de alteamentos sucessivos. Assim, um dique de partida é construído inicialmente e a barragem passa por alteamentos ao longo de sua vida útil, podendo ser construídas com material compactado proveniente de áreas de empréstimo, ou com o próprio rejeito, através de três métodos: montante, jusante ou linha de centro.

Como destacou Tomé & Ribeiro (2019) *apud* Araújo (2018), a maior parte das empresas do setor minerário, enxergava a barragem de rejeitos como um ponto final de sua linha produtiva. Entretanto, nas últimas décadas, a realidade tem demonstrado que a atividade minerária não se encerra com a disposição de rejeitos em barragens. Inúmeras ações devem ser desenvolvidas a partir da contenção dos rejeitos, tais como a recuperação e nova destinação às substâncias dispostas nos rejeitos de mineração, a descaracterização das barragens e a recuperação da área degradada.

Ainda de acordo com Tomé & Ribeiro (2019), para a redução dos riscos e, conseqüentemente, da vulnerabilidade da atividade minerária, as normas jurídicas apresentam-se como relevante instrumento de implementação de políticas públicas sustentáveis. Evitar que novos passivos socioambientais sejam produzidos é, portanto, um dos principais objetivos das normas de direito ambiental, alicerçadas no princípio da prevenção.

3.1 - Barragens de Rejeito de Mineração e Métodos Construtivos

Na geração de resíduos da mineração, destaca-se a existência dos resíduos sólidos de extração (estéril) e do tratamento/beneficiamento (rejeitos). Estes resíduos, de modo geral, podem ser pilhas de minérios pobres, estéreis, rochas, sedimentos, solos, aparas e lamas das serrarias de mármore e granito, as polpas de decantação de efluentes, as sobras da mineração artesanal de pedras preciosas e semipreciosas – principalmente em região de garimpos – e finos e ultrafinos não aproveitados no beneficiamento (IBRAM, 2016).

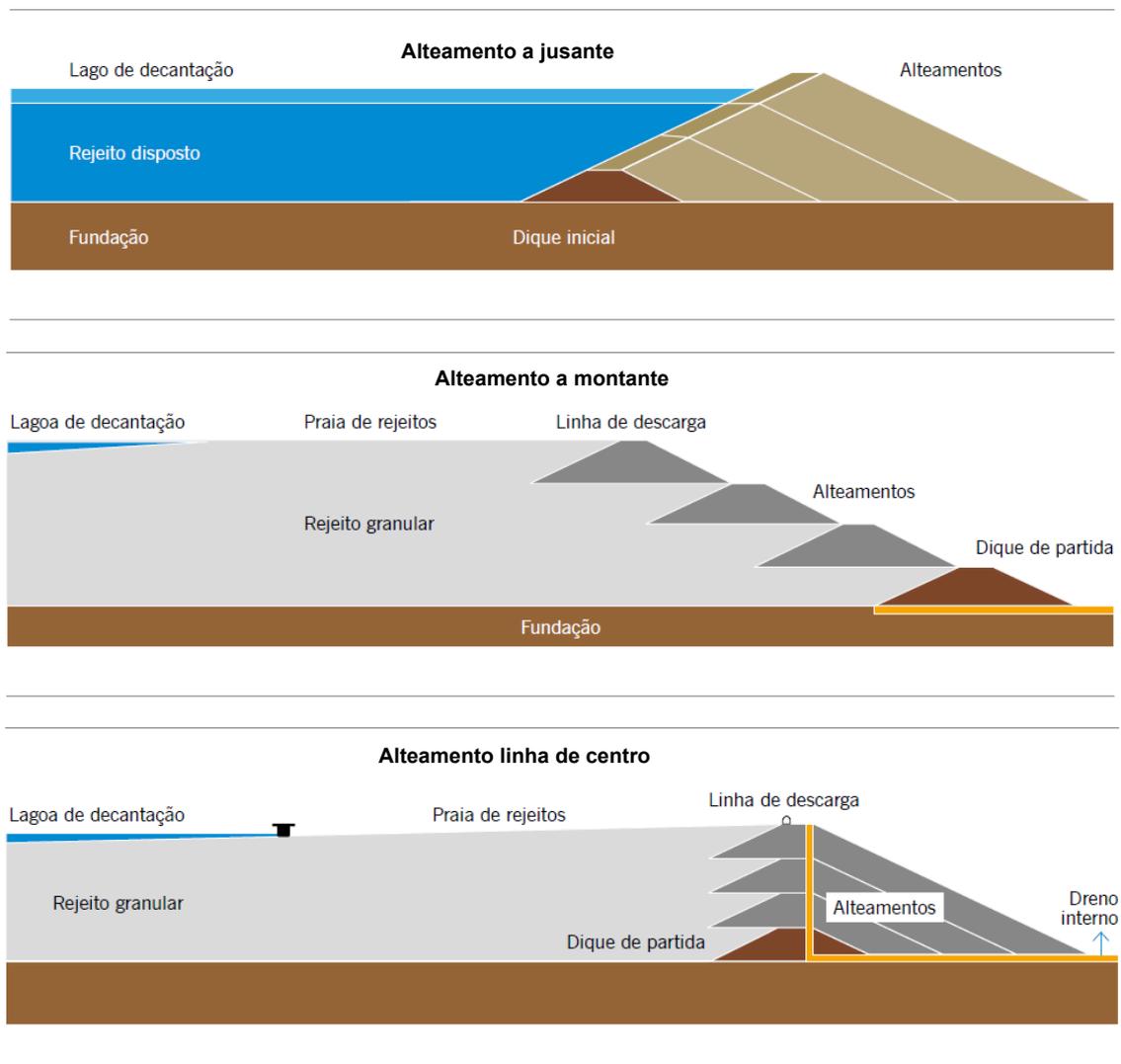
As principais alterações físicas à paisagem decorrentes de suas atividades são encontradas nas aberturas das cavas, disposição de material estéril (ou inerte ou não aproveitável) proveniente do decapeamento superficial e da disposição de rejeitos decorrentes dos processos de tratamento ou beneficiamento (IBRAM, 2016).

A forma mais comum para a disposição de rejeitos é construindo um dique de partida capaz de armazenar cerca de 2 a 3 anos de produção de rejeitos, e quando há a necessidade de armazenamento de mais rejeitos, são realizados os alteamentos. Os alteamentos, na maioria das vezes, são realizados a partir de três métodos construtivos distintos (**Figura 1**): método de montante, método de jusante e método

de linha de centro, utilizando solos de áreas de empréstimo, materiais estéreis ou até mesmo o próprio rejeito (ZARDARI, 2010).

As barragens de rejeito podem ser construídas com material compactado proveniente de áreas de empréstimo, ou com material do próprio rejeito, partículas de granulometria mais grossa, separadas pelo processo de ciclonação (FARIAS; PARONHOS, 2013 *apud* SABBO et al.,2017).

Figura 1 – Métodos de alteamento utilizados em barragens de rejeito, no Brasil.



(Fonte: IBRAM, 2016)

O método de construção de barragens mais antigo, simples e econômico é o método de montante em que a etapa inicial consiste na execução deste tipo de barragem com a construção de um dique de partida, normalmente de material argiloso ou enrocamento compactado. Posteriormente, o rejeito é lançado por canhões em

direção a montante da linha de simetria do dique, formando assim a praia de deposição, que se tornará a fundação e ocasionalmente fornecerá material de construção para o próximo alteamento, isso ocorre continuamente até que a cota final prevista em projeto seja atingida (ARAUJO, 2006).

Os métodos de alteamento por montante e pela linha de centro têm vantagens econômicas, pois apresentam redução do custo de implantação e têm o custo de construção e o custo operacional distribuídos no tempo. Entretanto, têm na água dos poros do rejeito e do reservatório o principal elemento estabilizador (IBRAM, 2016).

Segundo a Lei nº 14.066/2020, entende-se por alteamento a montante a metodologia construtiva de barragem em que os diques de contenção se apoiam sobre o próprio rejeito ou sedimento previamente lançado e depositado (BRASIL, 2020). Nesse mesmo sentido, o Art. 2º da Resolução ANM nº 95/2022, definiu como método de construção ou alteamento "a montante": metodologia construtiva de barragens onde os maciços de alteamento se apoiam sobre o próprio rejeito ou sedimento previamente lançado e depositado, estando também enquadrados nessa categoria os maciços formados sobre rejeitos de reservatórios já implantados (BRASIL, 2022).

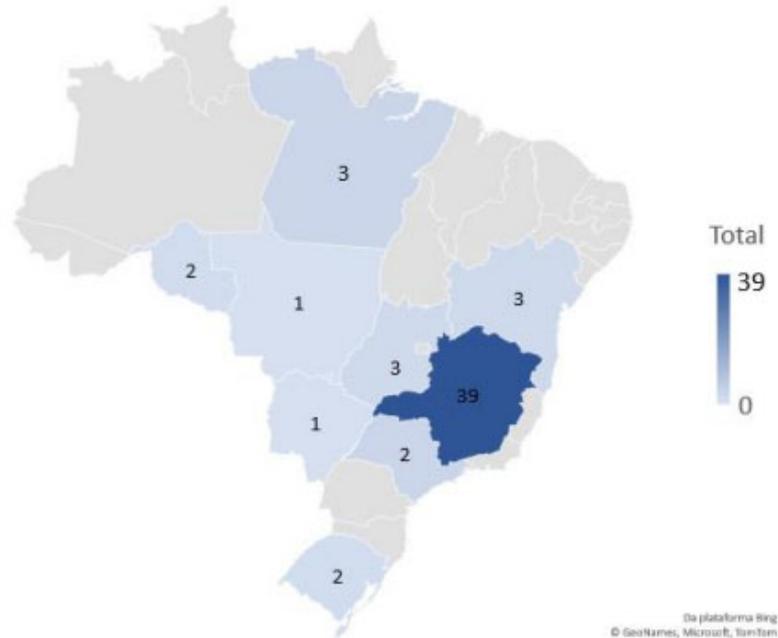
De acordo com Klohn (1981), as vantagens envolvidas no processo de alteamento para jusante consistem no controle do lançamento e da compactação, de acordo com técnicas convencionais de construção. Nenhum alteamento ou parte da barragem é construído sobre o rejeito previamente depositado. Além disso, os sistemas de drenagem interna podem ser instalados durante a construção da barragem e prolongados durante seu alteamento, permitindo o controle da linha de saturação na estrutura da barragem e aumentando sua estabilidade.

Entretanto, barragens alteadas pelo método de jusante necessitam de maiores volumes de material para construção, apresentando maiores custos associados ao processo de ciclagem ou ao empréstimo de material. Além disso, com este método, a área ocupada pelo sistema de contenção de rejeitos é muito maior, devido ao progresso da estrutura para jusante em função do acréscimo da altura (ARAUJO, 2006).

Minas Gerais é, atualmente, o estado com maior quantitativo de barragens de montante, totalizando 39 estruturas. Em seguida estão os estados do Pará, Bahia e

Goiás, cada um com 3 barragens; Rondônia, São Paulo e Rio Grande do Sul com 2 cada e, por fim, Mato Grosso e Mato Grosso do Sul com 1 barragem cada.

Figura 2 – Mapa com a distribuição geográfica das barragens a montante cadastradas no Brasil.



(Fonte: ANM, 2022a)

Como se observa na **Figura 2**, o somatório de todas as barragens de montante (17) em todos os estados ainda representa menos da metade do total de barragens existentes em Minas Gerais (39), demonstrando a enorme concentração desse tipo de estrutura no Estado e, por conseguinte, a preocupação com os passivos ambientais associados.

3.2 - Legislação Aplicável

No âmbito Federal, a Lei nº 12.334/2010, que estabeleceu a Política Nacional de Segurança de Barragens, trouxe grande evolução técnica no contexto das barragens. A referida lei criou o Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens (SNISB), o Sistema de Classificação de Barragens de acordo com o Risco (CRI) e Dano Potencial Associado (DPA), o Plano de Segurança de Barragens (PSB), o Sistema Nacional de Informações sobre o Meio Ambiente (SINIMA) e o Relatório de Segurança de Barragens (RSB).

Após a publicação de Portarias e Resoluções específicas pelos órgãos fiscalizadores, normatizando o assunto, como as Resoluções nº 143/2012 e 144/2012, do Conselho Nacional de Recursos Hídricos - CNRH, foi publicada a Portaria DNPM nº 70.389/2017, que estabeleceu os critérios a serem observados pelo empreendedor mineral, proprietário de barragens de mineração. Importantes evoluções foram estabelecidas por esta Portaria, tais como a especificação do conteúdo mínimo do PSB, das Inspeções de Segurança Regular e Especial, da Revisão Periódica de Segurança de Barragem (RPSB), do Plano de Ação de Emergência para Barragens de Mineração (PAEBM) e a criação do Cadastro Nacional de Barragens de Mineração e Sistema Integrado de Gestão em Segurança de Barragens de Mineração (SIGBM).

Ainda no contexto Federal, por meio da Resolução ANM nº 4/2019, substituída pela Resolução ANM nº 13/2019, foi proibida a construção de barragens alteadas pelo método de montante, especialmente em razão dos rompimentos das barragens da SAMARCO e da VALE, ambas alteadas por este método. Posteriormente, foi publicada a Resolução ANM nº 95, de 07 de fevereiro de 2022, que consolidou os atos normativos que dispõem sobre segurança de barragens de mineração.

O rompimento da barragem de Fundão localizada no Complexo de Germano em Mariana (SAMARCO) em 05/12/2015 e, posteriormente, em 25/01/2019, o rompimento da barragem I do Complexo Mina do Córrego do Feijão localizado em Brumadinho (Vale S/A), resultou, além dos severos impactos socioambientais, em uma profunda e ampla discussão com conseqüente reformulação do arcabouço legal e normativo no que tange à regulamentação das barragens de rejeito em Minas Gerais.

No contexto do Estado de Minas Gerais, como resultado das discussões que permearam o tema, foi promulgada a Lei Ordinária nº 23.291, de 25 de fevereiro de 2019, que instituiu a Política Estadual de Segurança de Barragens – PESB.

Em Minas Gerais, as ações da SEMAD e da FEAM estão norteadas pela referida Lei, a qual estabeleceu a atribuição do Sistema Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos - SISEMA a competência de realizar fiscalização ambiental nas barragens de rejeitos de mineração, disposição de resíduos industriais e de água no estado de Minas Gerais.

Conforme descrito no parágrafo único do art. 1º desta lei, as diretrizes da PESB aplicam-se a barragens destinadas à acumulação ou à disposição final ou temporária

de rejeitos e resíduos industriais ou de mineração e a barragens de água ou líquidos associados a processos industriais ou de mineração, que apresentem, no mínimo, uma das características a seguir:

- I – Altura do maciço, contada do ponto mais baixo da fundação à crista, maior ou igual a 10m (dez metros);*
 - II – Capacidade total do reservatório maior ou igual a 1.000.000m³ (um milhão de metros cúbicos);*
 - III – Reservatório com resíduos perigosos;*
 - IV – Potencial de dano ambiental médio ou alto, conforme regulamento.*
- (MINAS GERAIS, 2019a)*

A PESB determinou, entre outras ações, que os empreendedores responsáveis por barragens de contenção de rejeitos ou resíduos alteadas pelo método a montante, que estejam inativas ou em operação, providenciassem a descaracterização da estrutura no prazo de 3 anos, na forma do regulamento do órgão ambiental competente.

Art. 13 Fica vedada a concessão de licença ambiental para operação ou ampliação de barragens destinadas à acumulação ou à disposição final ou temporária de rejeitos ou resíduos industriais ou de mineração que utilizem o método de alteamento a montante.

§ 1º O empreendedor fica obrigado a promover a descaracterização das barragens inativas de contenção de rejeitos ou resíduos que utilizem ou que tenham utilizado o método de alteamento a montante, na forma do regulamento do órgão ambiental competente.

§ 2º O empreendedor responsável por barragem alteada pelo método a montante atualmente em operação promoverá, em até três anos contados da data de publicação desta lei, a migração para tecnologia alternativa de acumulação ou disposição de rejeitos e resíduos e a descaracterização da barragem, na forma do regulamento do órgão ambiental competente.

§ 3º Considera-se barragem descaracterizada, para fins do disposto neste artigo, aquela que não opera como estrutura de contenção de sedimentos ou rejeitos, não possuindo características de barragem, sendo destinada a outra finalidade.

§ 4º A reutilização, para fins industriais, dos sedimentos ou rejeitos decorrentes da descaracterização será objeto de licenciamento ambiental, observado o disposto no caput do art. 6º desta lei.

§ 5º O empreendedor a que se referem os §§ 1º e 2º enviará ao órgão ou à entidade ambiental competente, no prazo de noventa dias contados da data de publicação desta lei, cronograma contendo o planejamento de execução das obrigações previstas nos respectivos parágrafos. (MINAS GERAIS, 2019a)

A regulamentação da Lei nº 23.291/2019 por meio do Decreto nº 48.0140, de 25 de fevereiro de 2021, desencadeou uma série de procedimentos correlacionados à atualização das normas e parâmetros que eram utilizados pelo Estado. Neste cenário, a FEAM está trabalhando na elaboração de diversos termos de referência e, em conjunto com a SEMAD e demais casas do SISEMA, tem buscado operacionalizar

as diretrizes da lei. Neste contexto, a partir publicação da lei, foram emitidos atos do poder executivo relativos à gestão de barragens.

Posteriormente, em 21 de março de 2019, foi publicada a Resolução Conjunta SEMAD/FEAM nº 2.784, que determinou 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. Além disso, a referida resolução estabeleceu:

Art. 7º – Fica criado comitê com vistas a propor o estabelecimento de diretrizes, premissas e termos de referência para a descaracterização de barragens que utilizem ou que tenham utilizado o método de alteamento a montante no Estado de Minas Gerais, conforme previsto na legislação vigente, e a subsidiar, em caráter consultivo, as autoridades competentes, quanto à aplicação da Lei nº 23.291, de 25 de fevereiro de 2019 (MINAS GERAIS, 2019b)

Neste sentido, a Resolução Conjunta SEMAD/FEAM/IEF/ IGAM nº 2.827, de 24 de julho de 2019, detalhou a criação do comitê técnico para estabelecer as diretrizes e premissas de descaracterização de barragens que utilizem ou que tenham utilizado o método de alteamento a montante no Estado de Minas Gerais.

O referido comitê foi constituído por representantes da Fundação Estadual de Meio Ambiente (FEAM), da Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável (SEMAD), do Instituto Estadual de Florestas (IEF), do Instituto Mineiro de Gestão das Águas (IGAM), da Agência Nacional de Mineração (ANM), do Ministério Público Federal e outros especialistas com reconhecida experiência na área.

Os trabalhos técnicos desenvolvidos pelo comitê resultaram na elaboração e posterior aprovação do Termo de Referência, cujo conteúdo estabelece os requisitos mínimos de um Projeto para a Descaracterização de Barragens alteadas pelo método de montante no Estado.

Cumprе ressaltar que, embora haja previsão legal para disponibilização dos projetos de descaracterização das barragens de montante em Minas Gerais, conforme artigo 8º da Resolução Conjunta SEMAD/FEAM nº 2.784/2019, até 25/05/2022, os documentos não haviam sido disponibilizados pelo órgão ambiental (FEAM) e/ou pelas empresas responsáveis nos respectivos portais web.

Art. 8º – Concluída a descaracterização, o empreendedor deverá apresentar relatório à Feam que, no prazo de sessenta dias, deverá comunicar à ANM e verificar in loco o cumprimento das diretrizes e premissas da descaracterização, elaborando o respectivo relatório técnico, podendo contar com apoio de especialistas.

*Parágrafo único – O relatório técnico a que se refere o caput e as providências adotadas pela Feam ficarão disponíveis em sítio eletrônico para consulta da sociedade civil e órgãos de controle.
(MINAS GERAIS, 2019b)*

A **Tabela 1** apresenta uma síntese das principais leis e normas referentes à descaracterização de barragens a montante.

Tabela 1 – Síntese das principais leis e normas aplicáveis em operações de descaracterização de barragens a montante.

Lei/Norma	Assunto
Lei Federal nº 12.334, de 20 de setembro de 2010	Estabelece a Política Nacional de Segurança de Barragens – PNSB.
Resolução nº 143, de 10 de julho de 2012	Estabelece critérios gerais de classificação de barragens por categoria de risco, dano potencial associado e pelo seu volume, em atendimento ao art. 7º da Lei nº 12.334, de 20 de setembro de 2010.
Resolução nº 144, de 10 de julho de 2012	Estabelece diretrizes para implementação da Política Nacional de Segurança de Barragens, aplicação de seus instrumentos e atuação do Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens, em atendimento ao art. 20 da Lei nº 12.334, de 20 de setembro de 2010, que alterou o art. 35 da Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997.
Portaria DNPM nº 70.389/2017 (Portaria revogada pela Resolução ANM Nº 95, de 07 de fevereiro de 2022)	Cria o Cadastro Nacional de Barragens de Mineração, o Sistema Integrado de Gestão em Segurança de Barragens de Mineração e estabelece a periodicidade de execução ou atualização, a qualificação dos responsáveis técnicos, o conteúdo mínimo e o nível de detalhamento do Plano de Segurança da Barragem, das Inspeções de Segurança Regular e Especial, da Revisão Periódica de Segurança de Barragem e do Plano de Ação de Emergência para Barragens de Mineração, conforme art. 8º, 9º, 10, 11 e 12 da Lei nº 12.334 de 20 de setembro de 2010, que estabelece a Política Nacional de Segurança de Barragens – PNSB.
Lei Ordinária nº 23.291, de 25 de fevereiro de 2019	Estabelece a Política Estadual de Segurança de Barragens – PESB.
Resolução Conjunta SEMAD/FEAM nº 2.784 de 21 de março 2019	Reforça a determinação de 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 cria um comitê para estabelecer as diretrizes, premissas e termos de referência para a descaracterização de barragens que utilizem ou que tenham utilizado o método de alteamento a montante no estado de Minas Gerais, conforme previsto na legislação vigente.
Lei nº 14.066, de 30 de setembro de 2020	Altera a Lei nº 12.334, de 20 de setembro de 2010, que estabelece a Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB), a Lei nº 7.797, de 10 de julho de 1989, que cria o Fundo Nacional do Meio Ambiente (FNMA), a Lei nº

Lei/Norma	Assunto
	9.433, de 8 de janeiro de 1997, que institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, e o Decreto-Lei nº 227, de 28 de fevereiro de 1967 (Código de Mineração).
Decreto nº 48.0140, de 25 de fevereiro de 2021	Regulamenta dispositivos da Lei nº 23.291, de 25 de fevereiro de 2019, que institui a Política Estadual de Segurança de Barragens.
Portaria FEAM nº 678, de 06 de maio de 2021	Estabelece regras para o credenciamento de auditores para a prestação de serviços de auditoria técnica de segurança de barragens no âmbito da Política Estadual de Segurança de Barragens e dá outras providências.
Portaria FEAM nº 679, de 06 de maio de 2021	Estabelece procedimento a ser seguido para o cadastro e classificação das barragens submetidas à Política Estadual de Segurança de Barragens – PESB e dá outras providências. Descaracterização e descadastramento de barragens alteadas pelo método de montante.
Resolução ANM Nº 95, de 07 de fevereiro de 2022	Consolida os atos normativos que dispõem sobre segurança de barragens de mineração

Fonte: Do Autor, 2022

3.3 - Classificações Avaliadas no Contexto da Segurança das Barragens

As classificações das barragens foram obtidas no banco de dados do SIGBM e analisadas segundo o dano potencial, categoria de risco e nível de emergência.

3.3.1 - Classificação das Barragens – Dano Potencial e Categoria de Risco

A classificação das barragens de rejeito de mineração com relação ao Dano Potencial Associado (DPA) e à Categoria de Risco (CRI) é feita seguindo as diretrizes da Resolução ANM nº 95, de 07 de fevereiro de 2022, que consolidou os atos normativos sobre segurança de barragens de mineração. De acordo a referida Resolução, entende-se por:

Categoria de Risco (CRI): *classificação da barragem de acordo com os aspectos que possam influenciar na possibilidade de ocorrência de acidente ou desastre, levando-se em conta as características técnicas, o método construtivo, o estado de conservação, a idade do empreendimento e atendimento ao Plano de Segurança da Barragem;*

Dano Potencial Associado (DPA): *dano que pode ocorrer devido ao 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, impactos sociais, econômicos e ambientais;*
(BRASIL, 2022)

Com relação à CRI, as barragens são classificadas levando-se em conta os itens relacionados a seguir. Cada um desses itens recebe uma pontuação, a depender

das condições da barragem, e ao final o somatório dos pontos classifica a barragem de acordo com a categoria de risco, que pode ser “alto”, “médio” e “baixo”.

I - Características técnicas:

- a) altura do barramento;
- b) inclinação média dos taludes na seção principal;
- c) comprimento;
- d) vazão de projeto;
- e) controle de compactação;
- f) drenagem interna;
- g) fundação;
- h) método construtivo;
- i) instrumentação;
- j) idade da barragem.

II - Estado de conservação da barragem:

- k) confiabilidade das estruturas extravasoras;
- l) percolação;
- m) deformações e recalques;
- n) deterioração dos taludes / paramentos;
- o) drenagem superficial.

III - Plano de Segurança da Barragem.

- p) documentação de projeto;
- q) Estrutura Organizacional e Qualificação dos Profissionais na Equipe de Segurança da Barragem;
- r) Manuais de Procedimentos para inspeções de Segurança e Monitoramento;
- s) Plano de Ação Emergencial PAE (quando exigido pelo órgão fiscalizador);
- t) Relatórios de inspeção e monitoramento da instrumentação e de Análise de Segurança.

O DPA indica a gravidade das consequências de um eventual rompimento em uma barragem. Sua classificação também é feita considerando o somatório da pontuação atribuída a cada um dos itens avaliados:

- a) volume total do reservatório;

- b) existência de população a jusante;
- c) impacto ambiental;
- d) impacto socioeconômico.

O somatório da mensuração desses aspectos resulta na classificação de acordo com as faixas de pontuação: “baixo”, “médio” e “alto”.

3.3.2 - Classificação das Barragens - Nível de Emergência

As situações de emergência também são categorizadas segundo as diretrizes da Resolução ANM nº 95, de 07 de fevereiro de 2022. A referida Resolução estabeleceu que Nível de Emergência é a convenção utilizada para graduar as situações de emergência em potencial que possam comprometer a segurança da barragem (BRASIL, 2022).

As situações de emergência são subdivididas em 3 níveis, em função do risco atual para a segurança da estrutura: Nível de Emergência 1 (NE1); Nível de Emergência 2 (NE2); e Nível de Emergência 3 (NE3). Os critérios da Resolução ANM nº 95/2022 reforçam a importância de se avaliar, continuamente, a segurança das barragens de mineração, com base em análises de estabilidade atualizadas e representativas da situação atual de cada estrutura, e da implementação efetiva e célere de medidas de correção de anomalias identificadas.

Assim, o não atendimento aos parâmetros de relevância para a segurança de barragens de mineração, tais como o fator de segurança, o tempo de retorno mínimo para o dimensionamento do sistema extravasor e, a borda livre em acordo ao projeto serão gatilhos para a entrada em situação de emergência da estrutura (ANM, 2022b).

4 - METODOLOGIA

As informações necessárias ao desenvolvimento da presente monografia foram alcançadas por meio da coleta de dados secundários. Conforme definido por Mattar (1996):

“Dados secundários: são aqueles que já foram coletados, tabulados, ordenados e, às vezes, até analisados e que estão catalogados à disposição dos interessados. As fontes básicas de dados secundários são: a própria empresa, publicações, governos, instituições não governamentais e serviços padronizados de informações de marketing”. (MATTAR, 1996)

Os dados secundários foram obtidos na busca em banco de dados, artigos, sites das empresas responsáveis pelas barragens, sites oficiais do Estado de Minas Gerais e do Brasil, bem como outras fontes de informações de credibilidade reconhecida. Os dados secundários foram organizados e compilados para atender aos objetivos estabelecidos na monografia. A descrição pormenorizada da metodologia é apresentada a seguir.

4.1 - Seleção das Barragens e Obtenção do Banco de Dados do SIGBM

As barragens de rejeito de mineração que foram consideradas na presente monografia são aquelas cujo método construtivo é classificado como “alçamento a montante ou desconhecido” e que estão inseridas no Estado de Minas Gerais.

A seleção das barragens e posterior obtenção do banco de dados associado foi feita dentro do portal do SIGBM (**Figura 3**) e seguiu as seguintes etapas:

- 1) Acesso ao SIGBM - Sistema de Gestão de Segurança de Barragem de Mineração;
- 2) Aplicação de filtro por Estado, selecionando apenas “**Minas Gerais**”;
- 3) Aplicação de filtro da Política Nacional de Segurança de Barragens, selecionando apenas a opção “**Sim**”;
- 4) Aplicação de filtro do Método Construtivo, selecionando apenas a opção “**Alçamento a montante ou desconhecido**”;
- 5) Download do banco de dados no SIGBM em formato Excel (xlsx) no dia 31/08/2022.

Figura 3 – Tela do portal SIGBM com seleção dos filtros para download do banco de dados

The screenshot shows the 'Pesquisar Barragens' (Search Dams) interface on the ANM SIGBM portal. The interface includes a navigation bar with 'BARRAGENS', 'CADASTRO NACIONAL', 'ESTATÍSTICAS', and 'MAPAS'. Below the search title, there are several filter sections:

- Empreendedor:** Dropdown menu set to 'Todos'.
- Barragem(ns):** Dropdown menu set to 'Todos'.
- UF:** Text input field containing 'MG'.
- Município:** Dropdown menu set to 'Todos'.
- Minério Principal:** Dropdown menu set to 'Todos'.
- Possui Back Up Dam:** Radio buttons for 'Todos' (selected), 'Sim', and 'Não'.
- Categoria de Risco (CRI):** Checkboxes for 'N/A', 'Alto', 'Médio', and 'Baixo', all of which are checked.
- Dano Potencial Associado (DPA):** Checkboxes for 'N/A', 'Alto', 'Médio', and 'Baixo', all of which are checked.
- Necessita de PAEBM:** Radio buttons for 'Todos' (selected), 'Sim', and 'Não'.
- Inserida na PNSB:** Radio buttons for 'Todos', 'Sim' (selected), and 'Não'.
- Declaração de Condição de Estabilidade:** Radio buttons for 'Todos' (selected), 'Atestado', 'Não Atestado', and 'Não Enviado'.
- Declaração de Conformidade e Operacionalidade:** Radio buttons for 'Todos' (selected), 'Atestado', 'Não Atestado', and 'Não Enviado'.
- Nível de Alerta e Emergência:** Checkboxes for 'Sem emergência', 'Nível de Alerta', 'Nível de Emergência 1', 'Nível de Emergência 2', and 'Nível de Emergência 3', all of which are checked.

At the bottom of the filter section, there are two buttons: 'Pesquisar' (Search) and 'Limpar' (Clear).

Fonte: consulta ao portal do SIGBM

Dessa maneira, as barragens selecionadas foram aquelas que se enquadraram na Política Nacional de Segurança de Barragens, que estão localizadas em Minas Gerais e que foram construídas pelo método de alteamento a montante (ou método desconhecido). O banco de dados foi extraído do SIGBM após a aplicação dos respectivos filtros, resultando em uma seleção de 39 barragens.

Do banco de dados do SIGBM gerado em Excel (xlsx), foram extraídas para cada uma das 39 barragens as seguintes informações: nome, empreendedor, município, coordenadas geográficas, tipo de minério, categoria de risco, dano potencial associado e nível de emergência. A localização geográfica das barragens foi obtida também dentro SIGBM em extensão KML, para posterior utilização no Portal IDE-SISEMA. Essas informações foram compiladas e analisadas no software Excel.

Ao conjunto de dados obtidos, foi aplicada estatística descritiva básica, visando à definição da frequência absoluta e frequência relativa (percentual) para os atributos contemplados na monografia.

4.2 - Avaliação no Portal da IDE-SISEMA

Além das informações obtidas no SIGBM, o Portal de Infraestrutura de Dados Espaciais – IDE SISEMA foi acessado, em agosto e setembro de 2022, para obtenção dos atributos ambientais relacionados na **Tabela 2** a seguir. O contexto ambiental

dos locais onde as barragens estão inseridas foi avaliado na presente monografia e reflete a importância das áreas para a conservação da biodiversidade e manutenção da qualidade ambiental.

Tabela 2 – Atributos ambientais selecionados no portal IDE SISEMA e utilizados no presente trabalho

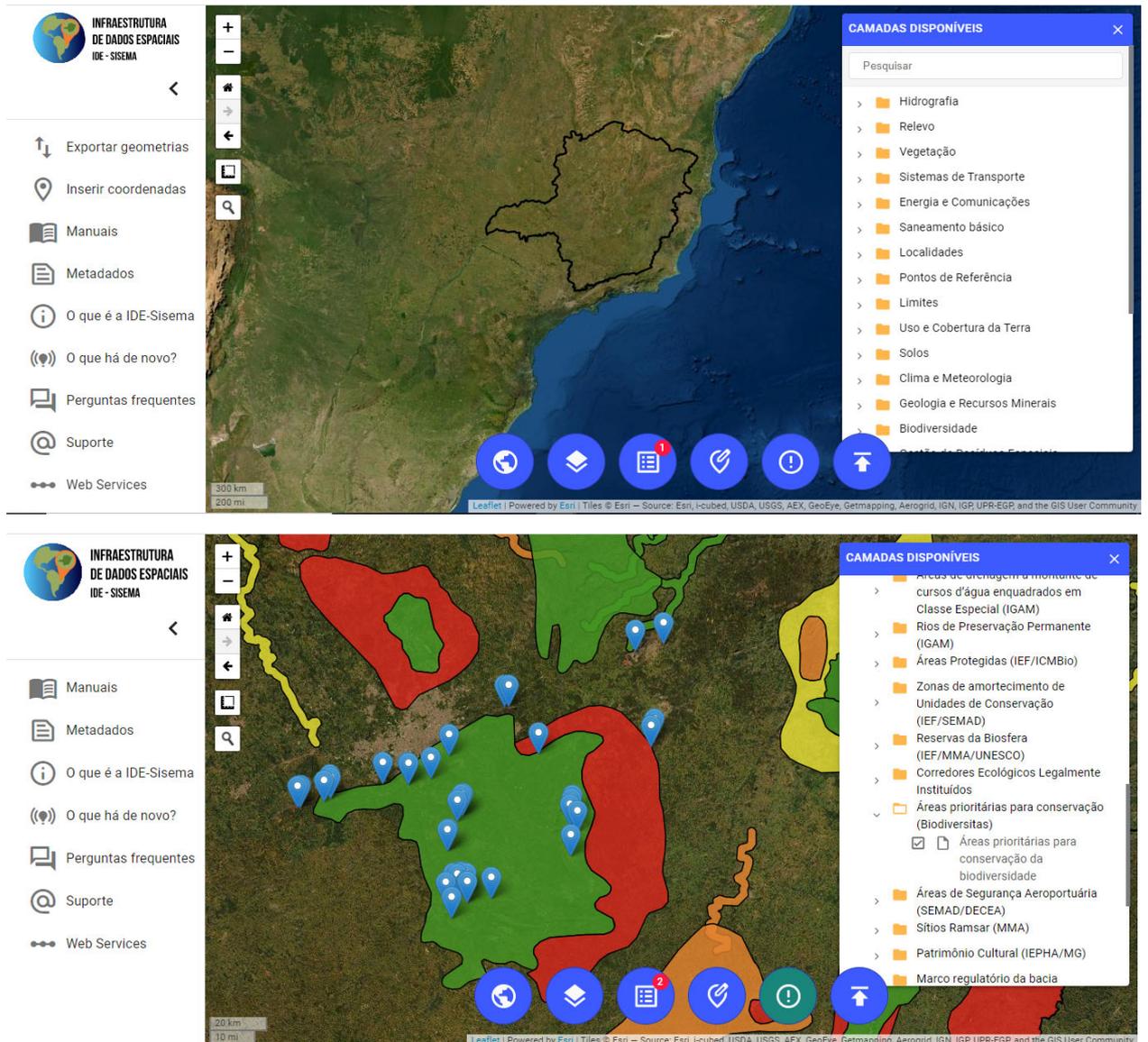
Informações extraídas do IDE SISEMA
Bioma
Unidade de Conservação Federal
Unidade de Conservação Estadual
Unidade de Conservação Municipal
Reserva Particular do Patrimônio Natural - RPPN
Área prioritária para conservação da biodiversidade
Reserva da biosfera da Mata Atlântica
Reserva da biosfera da Serra do Espinhaço
Áreas de drenagem a montante de cursos d'água enquadrados em Classe Especial
Rio de preservação permanente
Área de proteção especial estadual
Corredor ecológico

Fonte: Do Autor, 2022

As coordenadas geográficas obtidas no SIGBM em extensão KML foram importadas dentro do portal do IDE-SISEMA. Em seguida, as camadas dos atributos ambientais relacionados na **Tabela 2** foram habilitadas, permitindo uma avaliação espacial da interferência das barragens com os limites geográficos dos referidos atributos. As informações foram compiladas na planilha Excel para posterior elaboração dos gráficos e tabelas.

A **Figura 4** representa a tela do portal IDE-SISEMA, utilizada como fonte de dados ambientais.

Figura 4 – Telas do portal IDE-SISEMA utilizado para consulta aos dados ambientais relacionados na tabela 2



Fonte: consulta ao portal do IDE SISEMA

4.3 - Pesquisa sobre o status de descaracterização das barragens

Para obtenção de informações técnicas sobre o processo de descaracterização das barragens de rejeito alteadas pelo método de montante, foram direcionadas pesquisas nos sites oficiais das empresas responsáveis pelas barragens.

As pesquisas foram realizadas no período de agosto e setembro de 2022 e refletem as informações publicizadas pelas empresas neste período. Obviamente que, por se tratar de um tema dinâmico, as informações sintetizadas na presente monografia refletem exclusivamente o cenário à época da pesquisa.

5 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 - Diagnóstico Geral das Barragens

As 39 barragens selecionadas no portal SIGBM para serem discutidas na presente monografia estão relacionadas na **Tabela 3** a seguir, juntamente com o nome da respectiva empresa responsável e município de localização.

Tabela 3 – Relação de barragens consultadas no SIGBM e que foram utilizadas no presente trabalho

ID Barragem	Nome da Barragem	Nome do Empreendedor	Município
8421	5 (MAC)	VALE S.A.	Nova Lima
9037	Alemães	GERDAU ACOMINAS S/A	Ouro Preto
9632	Área IX	VALE S.A.	Ouro Preto
8552	B1	ITAMINAS COMERCIO DE MINERIOS SA	Sarzedo
8215	B3/B4	VALE S.A.	Nova Lima
8277	Baixo João Pereira	VALE S.A.	Congonhas
8941	Barragem 03 - Zé da Grotá	Minerita Minérios Itaúna Ltda.	Itatiaiuçu
8505	Barragem B1	MINERACAO GERAL DO BRASIL S/A	Brumadinho
9317	Barragem B1 - Mina Ipê	MINERACAO MORRO DO IPE S.A.	Brumadinho
9319	Barragem B1-Auxiliar - Mina Tico-Tico	MINERACAO MORRO DO IPE S.A.	Igarapé
8507	Barragem B2	MINERACAO GERAL DO BRASIL S/A	Brumadinho
8694	BARRAGEM B2	MINERIOS NACIONAL S.A.	Rio Acima
9320	Barragem B2 - Mina Tico-Tico	MINERACAO MORRO DO IPE S.A.	Igarapé
8693	BARRAGEM B2 AUXILIAR	MINERIOS NACIONAL S.A.	Rio Acima
8574	BARRAGEM B4	CSN MINERACAO S.A.	Congonhas
8496	Barragem B5	MOSAIC FERTILIZANTES P&K LTDA.	Araxá
8782	Barragem Central	SAFM MINERACAO LTDA	Itabirito
8849	Barragem de Aredes	SAFM MINERACAO LTDA	Itabirito
8765	Barragem de Germano	SAMARCO MINERACAO S A	Mariana
8955	Barragem de Rejeitos	ARCELORMITTAL BRASIL S.A.	Itatiaiuçu
8690	BARRAGEM DO VIGIA	CSN MINERACAO S.A.	Ouro Preto
9000	BARRAGEM REJEITOS	Extrativa Metalurgia S A	Fortaleza de Minas
8209	Campo Grande	VALE S.A.	Mariana
8751	Cava do Germano	SAMARCO MINERACAO S A	Mariana
8318	Conceição	VALE S.A.	Itabira
8207	Doutor	VALE S.A.	Ouro Preto
9533	ED Monjolo	VALE S.A.	Santa Bárbara
9532	ED Vale das Cobras	VALE S.A.	Rio Piracicaba
8283	Forquilha I	VALE S.A.	Ouro Preto
8286	Forquilha II	VALE S.A.	Ouro Preto
8290	Forquilha III	VALE S.A.	Ouro Preto
8302	Grupo	VALE S.A.	Ouro Preto
9536	Pilha 01	AVG EMPREENDIMENTOS MINERARIOS	Sabará
9537	Pilha 02	AVG EMPREENDIMENTOS MINERARIOS	Sabará

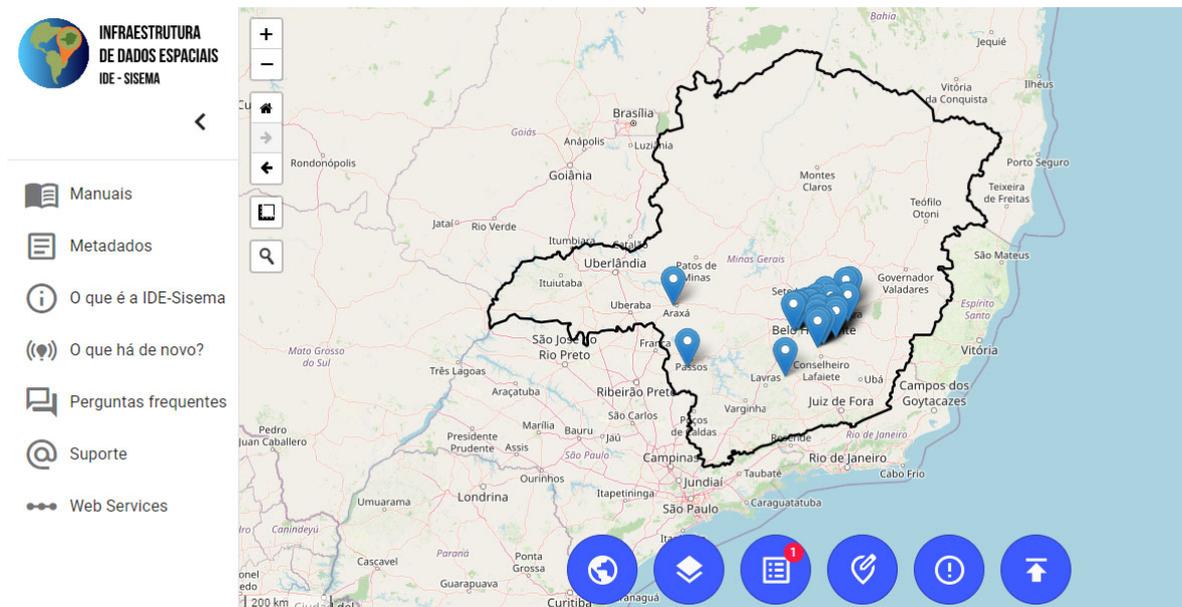
ID Barragem	Nome da Barragem	Nome do Empreendedor	Município
8332	Pontal	VALE S.A.	Itabira
8389	Sul Superior	VALE S.A.	Barão de Cocais
9100	Vargem Grande	VALE S.A.	Nova Lima
8857	Volta Grande 2	AMG BRASIL S.A.	Nazareno
9534	Xingu	VALE S.A.	Mariana

Fonte: elaborado pelo autor a partir dos dados consultados no SIGBM

Pela análise da localização das barragens feitas no portal do IDE-SISEMA, observou-se que elas estão concentradas, majoritariamente, na região central de Minas Gerais (36 barragens), o que se deve, principalmente, à existência do Quadrilátero Ferrífero, localizado na porção central do Estado (**Figura 5**).

De acordo com Castro et al (2020), a região do centro de Minas Gerais que, em meados do século passado, passou a ser conhecida como Quadrilátero Ferrífero (QFe), poderia ter sido, originalmente, chamada de Quadrilátero Aurífero, onde foram encontrados os mais numerosos e ricos depósitos auríferos que abasteceram a economia do Ciclo do Ouro. Com o passar do tempo, o território das serras dispostas em um distorcido quadrilátero revelou-se muito mais que aurífero, hospedeiro de uma das maiores reservas de minério de ferro de alto teor do mundo, além de vários outros depósitos minerais. Por este motivo, há uma grande concentração de barragens de rejeito de mineração nessa região.

Figura 5 – Localização das barragens pelo método de alteamento a montante, no estado de Minas Gerais.

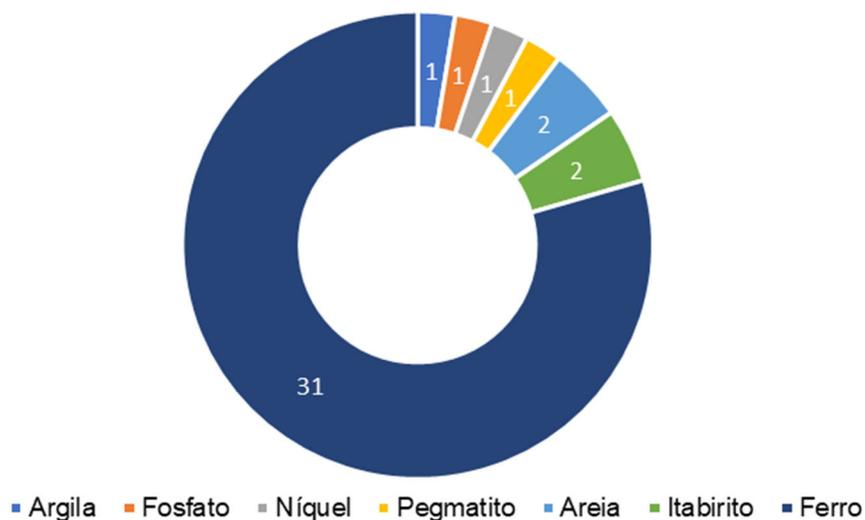


Fonte: consulta ao portal do IDE SISEMA

Com base nas informações obtidas no banco de dados do SIGBM, identificou-se que das 39 barragens alteadas pelo método a montante (ou desconhecido), a maior parte delas (31) está associada ao minério de ferro (**Gráfico 1**), o que justifica a concentração na região central do Estado, onde se localiza o Quadrilátero Ferrífero. Apenas 8 barragens estão associadas a outros minérios (Itabirito, Areia, Pegmatito, Níquel, Fosfato e Argila).

Gráfico 1 – Número de barragens em Minas Gerais alteadas pelo método de montante (ou desconhecido) e minério principal

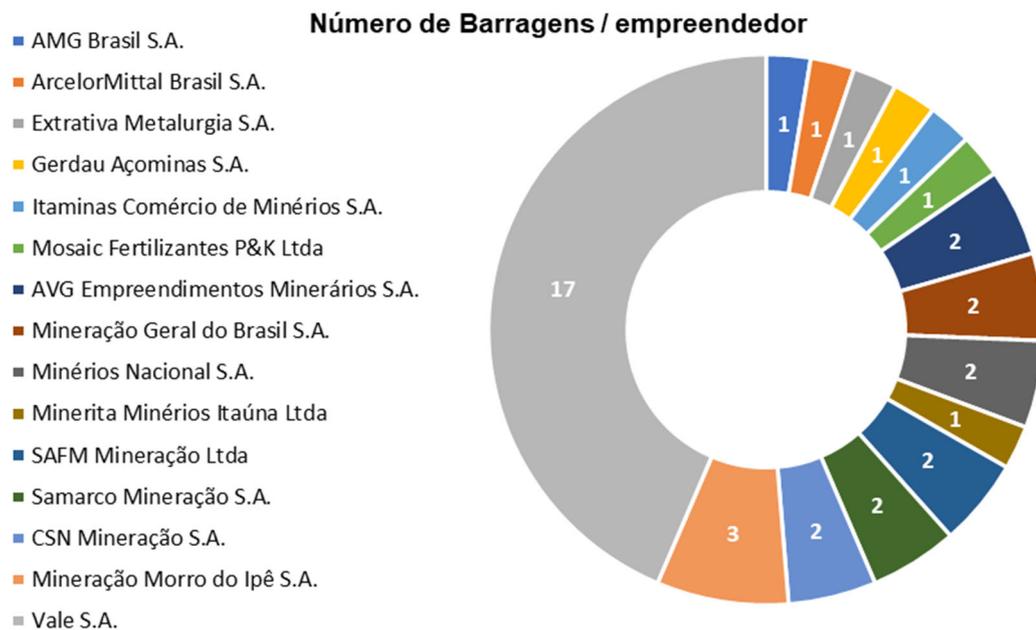
Número de Barragens / minério principal



Fonte: elaborado pelo autor a partir dos dados publicados no SIGBM

Do mesmo modo, também há concentração das barragens por empreendedor, sendo a empresa Vale responsável pelo maior número de barragens (17), o que representa 44% (**Gráfico 2**).

Gráfico 2 – Número de barragens em Minas Gerais alteadas pelo método de montante (ou desconhecido) e empreendedores



Fonte: elaborado pelo autor a partir dos dados publicados no SIGBM

O restante das barragens (22) está distribuído entre 14 empresas, o que representa 56% do total de barragens avaliadas na presente monografia (**Gráfico 2**).

5.1.1 - Classificação das Barragens – Dano Potencial, Categoria de Risco e Nível de Emergência

A **Tabela 4**, elaborada com base nos dados extraídos do SIGBM, relaciona as 39 barragens e as respectivas classificações com relação ao Dano Potencial Associado (DPA), Categoria de Risco (CRI) e Nível de Emergência (NE). O destaque em azul nas células se refere às barragens em nível máximo de emergência (NE3).

Tabela 4 – Relação de barragens consultadas no SIGBM e respectivos parâmetros DPA, CRI e NE. Destaque em azul para as barragens em nível máximo de emergência (3)

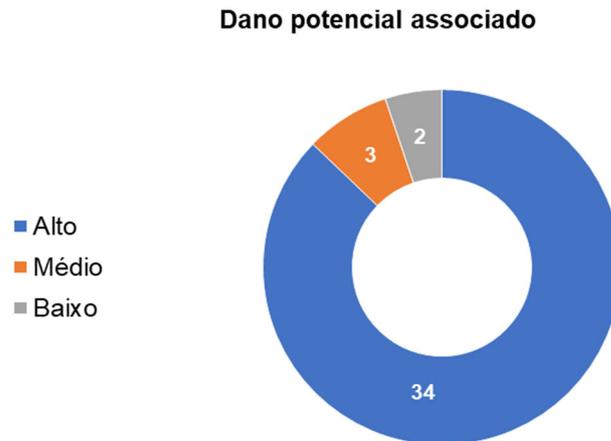
Nome da Barragem	Nome do Empreendedor	DPA	CRI	NE
5 (MAC)	VALE S.A.	Alto	Alto	1
Alemães	GERDAU ACOMINAS S/A	Alto	Baixo	S/E
Área IX	VALE S.A.	Alto	Alto	2
B1	ITAMINAS COMERCIO DE MINERIOS SA	Alto	Baixo	S/E
B3/B4	VALE S.A.	Alto	Alto	3
Baixo João Pereira	VALE S.A.	Médio	Médio	S/E

Nome da Barragem	Nome do Empreendedor	DPA	CRI	NE
Barragem 03 - Zé da Grotá	Minerita Minérios Itaúna Ltda.	Alto	Baixo	S/E
Barragem B1	MINERACAO GERAL DO BRASIL S/A	Baixo	Médio	S/E
Barragem B1 - Mina Ipê	MINERACAO MORRO DO IPE S.A.	Alto	Baixo	S/E
Barragem B1-Auxiliar - Mina Tico-Tico	MINERACAO MORRO DO IPE S.A.	Alto	Baixo	S/E
Barragem B2	MINERACAO GERAL DO BRASIL S/A	Baixo	Médio	S/E
BARRAGEM B2	MINERIOS NACIONAL S.A.	Alto	Baixo	S/E
Barragem B2 - Mina Tico-Tico	MINERACAO MORRO DO IPE S.A.	Alto	Médio	S/E
BARRAGEM B2 AUXILIAR	MINERIOS NACIONAL S.A.	Alto	Alto	2
BARRAGEM B4	CSN MINERACAO S.A.	Alto	Médio	S/E
Barragem B5	MOSAIC FERTILIZANTES P&K LTDA.	Alto	Baixo	S/E
Barragem Central	SAFM MINERACAO LTDA	Médio	Baixo	S/E
Barragem de Aredes	SAFM MINERACAO LTDA	Médio	Baixo	S/E
Barragem de Germano	SAMARCO MINERACAO S A	Alto	Baixo	S/E
Barragem de Rejeitos	ARCELORMITTAL BRASIL S.A.	Alto	Alto	3
BARRAGEM DO VIGIA	CSN MINERACAO S.A.	Alto	Baixo	S/E
BARRAGEM REJEITOS	Extrativa Metalurgia S A	Alto	Baixo	S/E
Campo Grande	VALE S.A.	Alto	Alto	1
Cava do Germano	SAMARCO MINERACAO S A	Alto	Baixo	S/E
Conceição	VALE S.A.	Alto	Baixo	S/E
Doutor	VALE S.A.	Alto	Alto	1
ED Monjolo	VALE S.A.	Alto	Baixo	S/E
ED Vale das Cobras	VALE S.A.	Alto	Baixo	S/E
Forquilha I	VALE S.A.	Alto	Alto	2
Forquilha II	VALE S.A.	Alto	Alto	2
Forquilha III	VALE S.A.	Alto	Alto	3
Grupo	VALE S.A.	Alto	Alto	2
Pilha 01	AVG EMPREENDIMENTOS MINERARIOS S.A.	Alto	Médio	S/E
Pilha 02	AVG EMPREENDIMENTOS MINERARIOS S.A.	Alto	Médio	S/E
Pontal	VALE S.A.	Alto	Alto	1
Sul Superior	VALE S.A.	Alto	Alto	3
Vargem Grande	VALE S.A.	Alto	Alto	1
Volta Grande 2	AMG BRASIL S.A.	Alto	Baixo	S/E
Xingu	VALE S.A.	Alto	Alto	2

Fonte: elaborado pelo autor a partir dos dados consultados no SIGBM

Foi possível identificar que das 39 barragens avaliadas, 34 apresentam DPA classificado como “alto”. Isso representa 87% das barragens. Três barragens (8%) apresentam DPA médio e apenas duas DPA baixo (5%) (**Gráfico 3**).

Gráfico 3 – Número de barragens em Minas Gerais alteadas pelo método de montante (ou desconhecido) e dano potencial associado



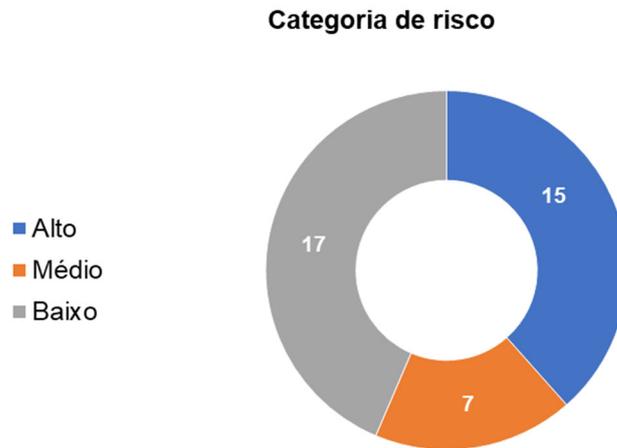
Fonte: elaborado pelo autor a partir dos dados publicados no SIGBM

O expressivo percentual encontrado para o DPA alto representa uma preocupação adicional às empresas, órgãos públicos e sociedade em geral, pois está associado às perdas de vidas humanas, impactos sociais, econômicos e ambientais que podem ocorrer em razão do rompimento, vazamento, infiltração no solo ou mau funcionamento de uma barragem, como definido pela Resolução ANM nº 95, de 07 de fevereiro de 2022.

Com relação à Categoria de Risco (CRI), 15 barragens estão classificadas como “alto risco” (38%), 17 como “baixo risco” (44%) e 7 “médio risco” (18%), como se observa no (**Gráfico 4**).

A categoria de risco das barragens considera aqueles aspectos que possam influenciar na possibilidade de ocorrência de acidente, tais como as características técnicas, o método construtivo, o estado de conservação, a idade do empreendimento e atendimento ao Plano de Segurança da Barragem. Isso evidencia, juntamente com o fato de que todas as 15 barragens com CRI alto possuem também DPA alto (**Tabela 4**), a importância e a celeridade com que os processos de descaracterização dessas estruturas sejam conduzidos pelas empresas responsáveis e pelos órgãos fiscalizadores.

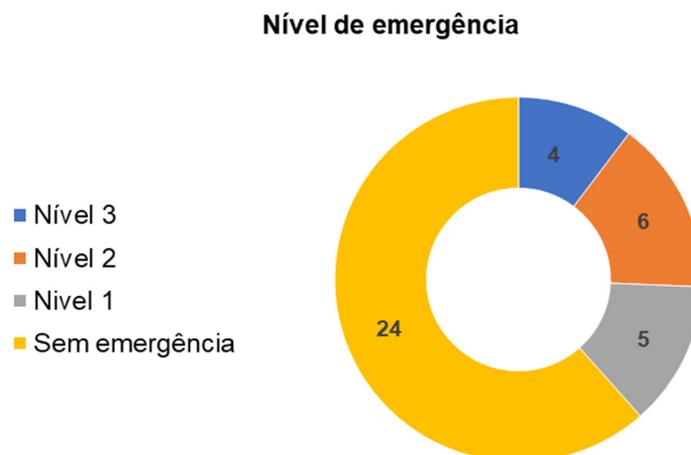
Gráfico 4 – Número de barragens em Minas Gerais alteadas pelo método de montante (ou desconhecido) e categoria de risco



Fonte: elaborado pelo autor a partir dos dados publicados no SIGBM

Para o Nível de Emergência (**Gráfico 5**), observou-se que das 39 barragens analisadas, 24 foram classificadas com “Sem Emergência”, o que representa 62% do total de barragens. Seis barragens estão em “Nível 2” de emergência (15%), cinco em “Nível 1” (13%) e quatro no “Nível 3” (10%).

Gráfico 5 – Número de barragens em Minas Gerais alteadas pelo método de montante (ou desconhecido) e nível de emergência



Fonte: elaborado pelo autor a partir dos dados publicados no SIGBM

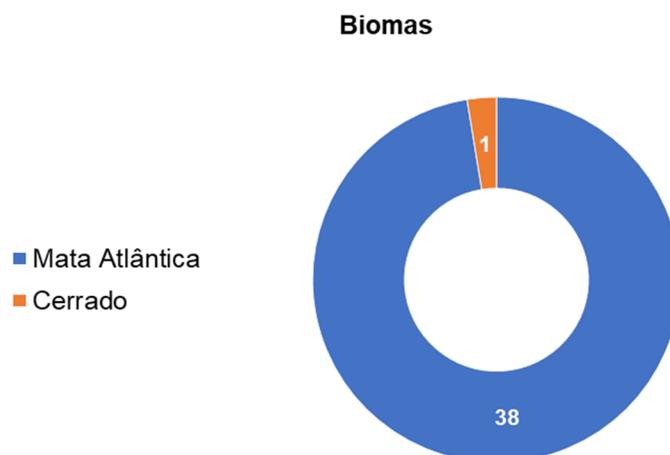
Das quatro barragens classificadas com o Nível de Emergência máximo (Nível 3), todas elas possuem DPA alto (B3/B4, Forquilha III e Sul Superior da empresa Vale e Barragem de Rejeitos da ArcelorMittal - **Tabela 4**). Nesse sentido, há de se ressaltar

novamente a importância de os processos de descaracterização das barragens serem conduzidos com o maior nível de segurança possível para minimizar, sobretudo, uma eventual condição de instabilidade que possa ocasionar a sua ruptura. Como destacado por Tomé & Ribeiro (2019), barragens de rejeito, ativas ou desativadas, podem representar uma grande ameaça à vida humana e ao meio ambiente caso não sejam adequadamente monitoradas e descaracterizadas.

5.1.2 - Biomas

Ao sobrepor a localização das 39 barragens avaliadas na presente monografia aos limites dos Biomas delineados conforme Lei nº 11.428, de 22 de dezembro de 2006, observou-se que 38 estruturas estão localizadas no Bioma da Mata Atlântica e 1 no Cerrado (**Gráfico 6**), isso representa um percentual de 98% e 2%, respectivamente, embora o Cerrado seja o maior bioma do Estado, seguido pelo Bioma da Mata Atlântica.

Gráfico 6 – Número de barragens em Minas Gerais alteadas pelo método de montante (ou desconhecido) e os respectivos biomas



Fonte: elaborado pelo autor a partir dos dados consultados no IDE SISEMA

Em razão disso, as restrições legais pertinentes ao Bioma Mata Atlântica devem ser observadas no processo de descaracterização das barragens, especialmente ao se considerar que o referido Bioma é protegido por regime jurídico diferenciado, tal como estabelecido na Lei Federal nº 11.428/2006, que dispõe sobre a utilização e proteção da vegetação nativa do Bioma Mata Atlântica. Isso porque o

bioma tem regime jurídico geral e especial diferenciados em razão da sua importância ecológica. Como mencionado na Lei nº 11.428, de 22 de dezembro de 2006, que dispõe sobre a utilização e proteção da vegetação nativa do Bioma Mata Atlântica:

*Art. 6º A proteção e a utilização do Bioma Mata Atlântica têm por objetivo geral o desenvolvimento sustentável e, por objetivos específicos, a **salvaguarda da biodiversidade**, da saúde humana, dos valores paisagísticos, estéticos e turísticos, do regime hídrico e da estabilidade social.*

.....
Art. 7º A proteção e a utilização do Bioma Mata Atlântica far-se-ão dentro de condições que assegurem:

I - a manutenção e a recuperação da biodiversidade, vegetação, fauna e regime hídrico do Bioma Mata Atlântica para as presentes e futuras gerações;

II - o estímulo à pesquisa, à difusão de tecnologias de manejo sustentável da vegetação e à formação de uma consciência pública sobre a necessidade de recuperação e manutenção dos ecossistemas;

III - o fomento de atividades públicas e privadas compatíveis com a manutenção do equilíbrio ecológico;

IV - o disciplinamento da ocupação rural e urbana, de forma a harmonizar o crescimento econômico com a manutenção do equilíbrio ecológico.

(BRASIL, 2006)

Somente a barragem de rejeito de fosfato da empresa MOSAIC FERTILIZANTES P&K LTDA, localizada em Araxá (MG), fica dentro dos limites do Cerrado, portanto, o regime jurídico estabelecido pela Lei Federal nº 11.428/2006 não se aplica a esta barragem.

5.1.3 - Unidades de Conservação

A **Tabela 5** apresentada a seguir mostra a relação das 39 barragens contempladas na monografia e as respectivas unidades de conservação (UC) de âmbito federal, estadual, municipal e particular (RPPN).

Tabela 5 – Relação de barragens e as respectivas unidades de conservação, com destaque para as barragens com DPA alto, CRI alto e NE3

Informações da Barragem					Informações Ambientais			
Nome da Barragem	Nome do Empreendedor	DPA	CRI	NE	UC Federal	UC Estadual	UC Municipal	RPPN
5 (MAC)	VALE	Alto	Alto	1		APA Estadual Sul RMBH		
Alemães	GERDAU	Alto	Baixo	S/E				
Área IX	VALE	Alto	Alto	2				
B1	ITAMINAS	Alto	Baixo	S/E				

Informações da Barragem					Informações Ambientais			
Nome da Barragem	Nome do Empreendedor	DPA	CRI	NE	UC Federal	UC Estadual	UC Municipal	RPPN
B3/B4	VALE	Alto	Alto	3		APA Estadual Sul RMBH		
Baixo João Pereira	VALE	Médio	Médio	S/E				
Barragem 03 - Zé da Grotta	Minerita	Alto	Baixo	S/E				
Barragem B1	MINERACAO GERAL DO BRASIL	Baixo	Médio	S/E		APA Estadual Sul RMBH		
Barragem B1 - Mina Ipê	MINERACAO MORRO DO IPE	Alto	Baixo	S/E				
Barragem B1-Auxiliar - Mina Tico-Tico	MINERACAO MORRO DO IPE	Alto	Baixo	S/E				
Barragem B2	MINERACAO GERAL DO BRASIL	Baixo	Médio	S/E		APA Estadual Sul RMBH		
Barragem B2	MINERIOS NACIONAL	Alto	Baixo	S/E		APA Estadual Sul RMBH		
Barragem B2 - Mina Tico-Tico	MINERACAO MORRO DO IPE	Alto	Médio	S/E				
Barragem B2 auxiliar	MINERIOS NACIONAL	Alto	Alto	2		APA Estadual Sul RMBH		
Barragem B4	CSN	Alto	Médio	S/E				
Barragem B5	MOSAIC	Alto	Baixo	S/E				
Barragem Central	SAFM	Médio	Baixo	S/E				
Barragem de Aredes	SAFM	Médio	Baixo	S/E				
Barragem de Germano	SAMARCO	Alto	Baixo	S/E				
Barragem de Rejeitos	ARCELORMITTAL	Alto	Alto	3				
Barragem do vigia	CSN	Alto	Baixo	S/E				
Barragem rejeitos	Extrativa Metalurgia	Alto	Baixo	S/E				
Campo Grande	VALE	Alto	Alto	1				
Cava do Germano	SAMARCO	Alto	Baixo	S/E				
Conceição	VALE	Alto	Baixo	S/E				
Doutor	VALE	Alto	Alto	1				
ED Monjolo	VALE	Alto	Baixo	S/E				
ED Vale das Cobras	VALE	Alto	Baixo	S/E				
Forquilha I	VALE	Alto	Alto	2				
Forquilha II	VALE	Alto	Alto	2				
Forquilha III	VALE	Alto	Alto	3				
Grupo	VALE	Alto	Alto	2				
Pilha 01	AVG	Alto	Médio	S/E				
Pilha 02	AVG.	Alto	Médio	S/E				
Pontal	VALE	Alto	Alto	1			APA Municipal Piracicaba	
Sul Superior	VALE	Alto	Alto	3				

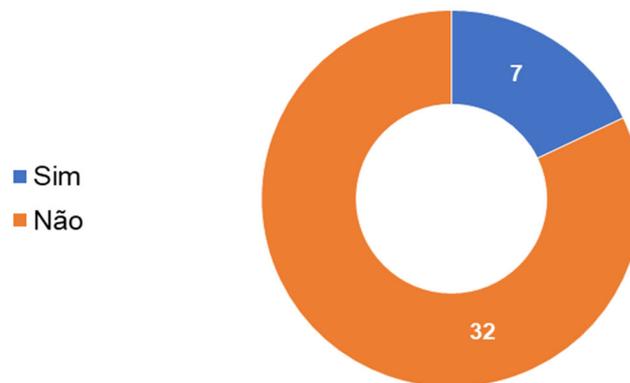
Informações da Barragem					Informações Ambientais			
Nome da Barragem	Nome do Empreendedor	DPA	CRI	NE	UC Federal	UC Estadual	UC Municipal	RPPN
Vargem Grande	VALE	Alto	Alto	1		APA Estadual Sul RMBH		
Volta Grande 2	AMG	Alto	Baixo	S/E				
Xingu	VALE	Alto	Alto	2				

Fonte: elaborado pelo autor a partir dos dados consultados no IDE SISEMA e SIGBM

Nenhuma das 39 barragens avaliadas está situada em unidade de conservação federal e em Reserva Particular do Patrimônio Natural (RPPN). Por outro lado, 7 delas estão dentro dos limites da unidade de conservação estadual denominada APA Estadual Sul Região Metropolitana de Belo Horizonte e classificada como de Uso Sustentável (**Gráfico 7**), com destaque especial para a Barragem B3/B4 da empresa Vale que, além de estar situada na APA, apresenta DAP alto, CRI alto e Nível Máximo de Emergência.

Gráfico 7 – Número de barragens em Minas Gerais alteadas pelo método de montante (ou desconhecido) inseridas em unidades de conservação estadual

Unidade de conservação estadual



Fonte: elaborado pelo autor a partir dos dados consultados no IDE SISEMA

Com relação à unidade de conservação municipal, a barragem Pontal da VALE S.A. está situada na APA Municipal Piracicaba, também classificada como de Uso Sustentável, sendo a única barragem inserida nessa modalidade.

Gráfico 8 – Número de barragens em Minas Gerais alteadas pelo método de montante (ou desconhecido) inseridas em unidades de conservação municipal



Fonte: elaborado pelo autor a partir dos dados consultados no IDE SISEMA

Ainda que nenhuma barragem esteja inserida dentro de unidade de conservação com regime de proteção integral - fato positivo - é válido salientar que oito barragens estão situadas em unidades de conservação de uso sustentável e, conforme Lei Federal nº 9.985/2000, que instituiu o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza (SNUC), alguns dos principais objetivos das UCs são: proteger as espécies ameaçadas de extinção; proteger paisagens naturais e pouco alteradas de notável beleza cênica; contribuir para a conservação da variedade de espécies biológicas e dos recursos genéticos no território nacional e nas águas jurisdicionais; proteger ou restaurar ecossistemas degradados; valorizar econômica e socialmente a diversidade biológica; promover o desenvolvimento sustentável a partir dos recursos naturais; proteger as características relevantes de natureza geológica, morfológica, geomorfológica, espeleológica, arqueológica, paleontológica e cultural; dentre outros (BRASIL, 2000).

5.1.4 - Áreas Prioritárias para Conservação da Biodiversidade

A **Tabela 6** a seguir apresenta a relação completa das barragens e as respectivas áreas prioritárias para conservação da biodiversidade, conforme categorias propostas pela publicação “Biodiversidade em Minas Gerais: um Atlas para sua Conservação”, editado pela Fundação Biodiversitas em 2005.

Tabela 6 – Relação de barragens e as respectivas categorias de áreas prioritárias para conservação da biodiversidade, com destaque para as barragens com DPA alto, CRI alto e NE3

Informações da Barragem					Informações Ambientais			
Nome da Barragem	Nome do Empreendedor	DPA	CRI	NE	Especial	Extrema	Muito Alta	Alta
5 (MAC)	VALE	Alto	Alto	1	X			
Alemães	GERDAU	Alto	Baixo	S/E	X			
Área IX	VALE	Alto	Alto	2	X			
B1	ITAMINAS	Alto	Baixo	S/E	X			
B3/B4	VALE	Alto	Alto	3	X			
Baixo João Pereira	VALE	Médio	Médio	S/E	X			
Barragem 03 - Zé da Grotá	Minerita	Alto	Baixo	S/E				
Barragem B1	MINERACAO GERAL DO BRASIL	Baixo	Médio	S/E	X			
Barragem B1 - Mina Ipê	MINERACAO MORRO DO IPE	Alto	Baixo	S/E	X			
Barragem B1-Auxiliar - Mina Tico-Tico	MINERACAO MORRO DO IPE	Alto	Baixo	S/E	X			
Barragem B2	MINERACAO GERAL DO BRASIL	Baixo	Médio	S/E	X			
Barragem B2	MINERIOS NACIONAL	Alto	Baixo	S/E	X			
Barragem B2 - Mina Tico-Tico	MINERACAO MORRO DO IPE	Alto	Médio	S/E	X			
Barragem B2 auxiliar	MINERIOS NACIONAL	Alto	Alto	2	X			
Barragem B4	CSN	Alto	Médio	S/E	X			
Barragem B5	MOSAIC	Alto	Baixo	S/E				
Barragem Central	SAFM	Médio	Baixo	S/E	X			
Barragem de Aredes	SAFM	Médio	Baixo	S/E	X			
Barragem de Germano	SAMARCO	Alto	Baixo	S/E	X			
Barragem de Rejeitos	ARCELORMITTAL	Alto	Alto	3				
Barragem do vigia	CSN	Alto	Baixo	S/E	X			
Barragem rejeitos	Extrativa Metalurgia	Alto	Baixo	S/E				
Campo Grande	VALE	Alto	Alto	1	X			
Cava do Germano	SAMARCO	Alto	Baixo	S/E	X			
Conceição	VALE	Alto	Baixo	S/E				
Doutor	VALE	Alto	Alto	1	X			
ED Monjolo	VALE	Alto	Baixo	S/E		X		
ED Vale das Cobras	VALE	Alto	Baixo	S/E				
Forquilha I	VALE	Alto	Alto	2	X			
Forquilha II	VALE	Alto	Alto	2	X			
Forquilha III	VALE	Alto	Alto	3	X			
Grupo	VALE	Alto	Alto	2	X			

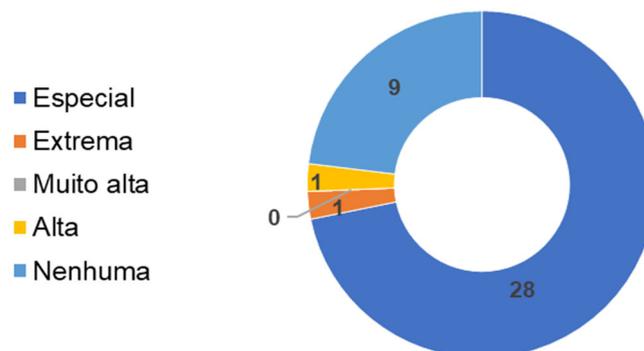
Informações da Barragem					Informações Ambientais			
Nome da Barragem	Nome do Empreendedor	DPA	CRI	NE	Especial	Extrema	Muito Alta	Alta
Pilha 01	AVG	Alto	Médio	S/E				
Pilha 02	AVG.	Alto	Médio	S/E				
Pontal	VALE	Alto	Alto	1				
Sul Superior	VALE	Alto	Alto	3	X			
Vargem Grande	VALE	Alto	Alto	1	X			
Volta Grande 2	AMG	Alto	Baixo	S/E				X
Xingu	VALE	Alto	Alto	2	X			

Fonte: elaborado pelo autor a partir dos dados consultados no IDE SISEMA e SIGBM

Considerando as 39 barragens abordadas por esta monografia, observa-se que 29 (71%) delas estão localizadas dentro de áreas consideradas “Especial” para conservação da biodiversidade (**Gráfico 9**), evidenciado a importância ecológica dos locais onde foram implantadas tais estruturas. Destaque especial para as Barragens B3/B4, Forquilha III e Sul Superior, que apresentam DAP alto, CRI alto e Nível Máximo de Emergência, todas situadas em área classificada como "Especial".

Gráfico 9 – Número de barragens em Minas Gerais alteadas pelo método de montante (ou desconhecido) inseridas em áreas prioritárias para conservação da biodiversidade

Área prioritária para conservação da biodiversidade



Fonte: elaborado pelo autor a partir dos dados consultados no IDE SISEMA

Atuando em consonância com os princípios sobre a Diversidade Biológica, da qual o Brasil é signatário, o Estado de Minas Gerais adotou o Atlas de Áreas Prioritárias para Conservação da Biodiversidade, elaborado pela Biodiversitas, comunidade científica e órgãos ambientais estaduais, como o documento norteador

do licenciamento ambiental no território mineiro (BIODIVERSITAS, 2005). Dessa forma, os procedimentos técnico-administrativos junto ao órgão ambiental de Minas Gerais para descaracterização das barragens devem levar em conta a localização das estruturas em relação ao zoneamento definido, uma vez que a Deliberação Normativa COPAM nº 55, de 13 de junho de 2000 reconheceu o zoneamento proposto no Atlas.

5.1.5 - Reserva da Biosfera

A **Tabela 7** apresenta a relação completa das barragens e as respectivas zonas que compõem a Reserva da Biosfera da Mata Atlântica. Ao se avaliar a localização das 39 barragens em sobreposição aos limites da reserva, foi possível identificar que 5 estão situadas no núcleo, 13 na área de amortecimento, 13 na área de transição e 8 fora dos limites (**Gráfico 10**).

Destaque deve ser dado à Barragem B3/B4 da Vale, localizada no núcleo da reserva e classificada como DPA alto, CRI alto e Nível de Emergência Máximo (3).

Tabela 7 – Relação de barragens e reservas da biosfera – Mata Atlântica, com destaque para as barragens com DPA alto, CRI alto e NE3

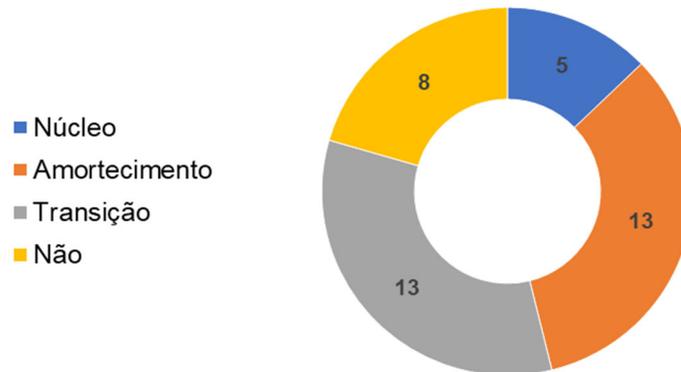
Informações da Barragem					Informações Ambientais			
Nome da Barragem	Nome do Empreendedor	DPA	CRI	NE	Núcleo	Amortecimento	Transição	Nenhuma
5 (MAC)	VALE	Alto	Alto	1	X			
Alemães	GERDAU	Alto	Baixo	S/E			X	
Área IX	VALE	Alto	Alto	2			X	
B1	ITAMINAS	Alto	Baixo	S/E			X	
B3/B4	VALE	Alto	Alto	3	X			
Baixo João Pereira	VALE	Médio	Médio	S/E	X			
Barragem 03 - Zé da Grotta	Minerita	Alto	Baixo	S/E				X
Barragem B1	MINERACAO GERAL DO BRASIL	Baixo	Médio	S/E	X			
Barragem B1 - Mina Ipê	MINERACAO MORRO DO IPE	Alto	Baixo	S/E				X
Barragem B1- Auxiliar - Mina Tico-Tico	MINERACAO MORRO DO IPE	Alto	Baixo	S/E			X	
Barragem B2	MINERACAO GERAL DO BRASIL	Baixo	Médio	S/E	X			
Barragem B2	MINERIOS NACIONAL	Alto	Baixo	S/E		X		

Informações da Barragem					Informações Ambientais			
Nome da Barragem	Nome do Empreendedor	DPA	CRI	NE	Núcleo	Amortecimento	Transição	Nenhuma
Barragem B2 - Mina Tico-Tico	MINERACAO MORRO DO IPE	Alto	Médio	S/E			X	
Barragem B2 auxiliar	MINERIOS NACIONAL	Alto	Alto	2		X		
Barragem B4	CSN	Alto	Médio	S/E			X	
Barragem B5	MOSAIC	Alto	Baixo	S/E				
Barragem Central	SAFM	Médio	Baixo	S/E		X		
Barragem de Aredes	SAFM	Médio	Baixo	S/E		X		
Barragem de Germano	SAMARCO	Alto	Baixo	S/E		X		
Barragem de Rejeitos	ARCELORMITTAL	Alto	Alto	3				X
Barragem do vigia	CSN	Alto	Baixo	S/E			X	
Barragem rejeitos	Extrativa Metalurgia	Alto	Baixo	S/E				X
Campo Grande	VALE	Alto	Alto	1		X		
Cava do Germano	SAMARCO	Alto	Baixo	S/E		X		
Conceição	VALE	Alto	Baixo	S/E				X
Doutor	VALE	Alto	Alto	1		X		
ED Monjolo	VALE	Alto	Baixo	S/E				X
ED Vale das Cobras	VALE	Alto	Baixo	S/E				X
Forquilha I	VALE	Alto	Alto	2			X	
Forquilha II	VALE	Alto	Alto	2			X	
Forquilha III	VALE	Alto	Alto	3			X	
Grupo	VALE	Alto	Alto	2			X	
Pilha 01	AVG	Alto	Médio	S/E		X		
Pilha 02	AVG.	Alto	Médio	S/E		X		
Pontal	VALE	Alto	Alto	1			X	
Sul Superior	VALE	Alto	Alto	3		X		
Vargem Grande	VALE	Alto	Alto	1		X		
Volta Grande 2	AMG	Alto	Baixo	S/E			X	
Xingu	VALE	Alto	Alto	2		X		

Fonte: elaborado pelo autor a partir dos dados consultados no IDE SISEMA e SIGBM

Gráfico 10 – Número de barragens em Minas Gerais alteadas pelo método de montante (ou desconhecido) inseridas em reserva da biosfera da mata atlântica

Reserva da biosfera da mata atlântica



Fonte: elaborado pelo autor a partir dos dados consultados no IDE SISEMA

Importante mencionar que Reserva da Biosfera é um modelo, adotado internacionalmente, de gestão integrada, participativa e sustentável dos recursos naturais. Essas áreas devem ser locais de excelência para trabalhos de pesquisa científica, experimentação e demonstração de enfoques para conservação e desenvolvimento sustentável na escala regional. Cada Reserva da Biosfera é constituída por três zonas: **áreas-núcleo**, destinadas à proteção integral da natureza; **zonas de amortecimento**, onde só são admitidas atividades que não resultem em dano para as áreas-núcleo; **zonas de transição**, sem limites rígidos, onde o processo de ocupação e o manejo dos recursos naturais são planejados e conduzidos de modo participativo e em bases sustentáveis (MMA, 2022).

Com relação à Reserva da Biosfera do Espinhaço, a listagem completa das barragens e as respectivas zonas constam na **Tabela 8**.

Tabela 8 – Relação de barragens e reservas da biosfera – Espinhaço, com destaque para as barragens com DPA alto, CRI alto e NE3

Informações da Barragem					Informações Ambientais			
Nome da Barragem	Nome do Empreendedor	DPA	CRI	NE	Núcleo	Amortecimento	Transição	Nenhuma
5 (MAC)	VALE	Alto	Alto	1		X		
Alemães	GERDAU	Alto	Baixo	S/E		X		
Área IX	VALE	Alto	Alto	2		X		
B1	ITAMINAS	Alto	Baixo	S/E		X		
B3/B4	VALE	Alto	Alto	3		X		

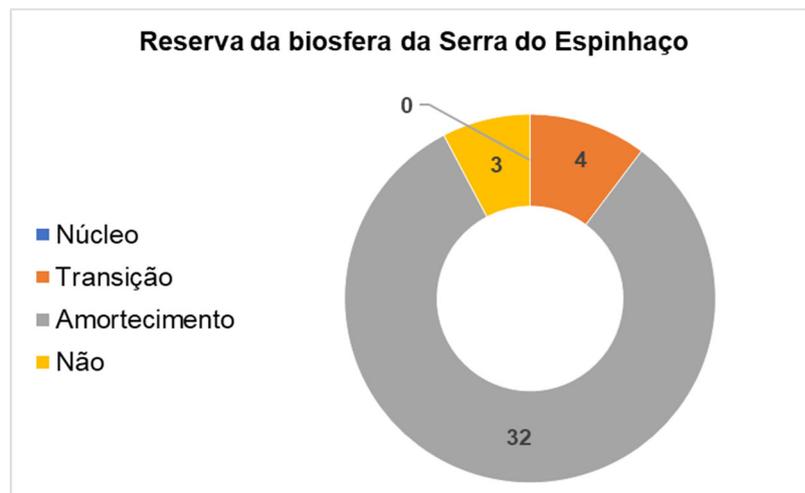
Informações da Barragem					Informações Ambientais			
Nome da Barragem	Nome do Empreendedor	DPA	CRI	NE	Núcleo	Amortecimento	Transição	Nenhuma
Baixo João Pereira	VALE	Médio	Médio	S/E		X		
Barragem 03 - Zé da Grotá	Minerita	Alto	Baixo	S/E		X		
Barragem B1	MINERACAO GERAL DO BRASIL	Baixo	Médio	S/E		X		
Barragem B1 - Mina Ipê	MINERACAO MORRO DO IPE	Alto	Baixo	S/E		X		
Barragem B1- Auxiliar - Mina Tico-Tico	MINERACAO MORRO DO IPE	Alto	Baixo	S/E		X		
Barragem B2	MINERACAO GERAL DO BRASIL	Baixo	Médio	S/E		X		
Barragem B2	MINERIOS NACIONAL	Alto	Baixo	S/E		X		
Barragem B2 - Mina Tico-Tico	MINERACAO MORRO DO IPE	Alto	Médio	S/E		X		
Barragem B2 auxiliar	MINERIOS NACIONAL	Alto	Alto	2		X		
Barragem B4	CSN	Alto	Médio	S/E		X		
Barragem B5	MOSAIC	Alto	Baixo	S/E				X
Barragem Central	SAFM	Médio	Baixo	S/E		X		
Barragem de Aredes	SAFM	Médio	Baixo	S/E		X		
Barragem de Germano	SAMARCO	Alto	Baixo	S/E		X		
Barragem de Rejeitos	ARCELORMITTAL	Alto	Alto	3		X		
Barragem do vigia	CSN	Alto	Baixo	S/E		X		
Barragem rejeitos	Extrativa Metalurgia	Alto	Baixo	S/E				X
Campo Grande	VALE	Alto	Alto	1		X		
Cava do Germano	SAMARCO	Alto	Baixo	S/E		X		
Conceição	VALE	Alto	Baixo	S/E			X	
Doutor	VALE	Alto	Alto	1		X		
ED Monjolo	VALE	Alto	Baixo	S/E			X	
ED Vale das Cobras	VALE	Alto	Baixo	S/E			X	
Forquilha I	VALE	Alto	Alto	2		X		
Forquilha II	VALE	Alto	Alto	2		X		
Forquilha III	VALE	Alto	Alto	3		X		
Grupo	VALE	Alto	Alto	2		X		
Pilha 01	AVG	Alto	Médio	S/E		X		
Pilha 02	AVG.	Alto	Médio	S/E		X		
Pontal	VALE	Alto	Alto	1			X	
Sul Superior	VALE	Alto	Alto	3		X		
Vargem Grande	VALE	Alto	Alto	1		X		

Informações da Barragem					Informações Ambientais			
Nome da Barragem	Nome do Empreendedor	DPA	CRI	NE	Núcleo	Amortecimento	Transição	Nenhuma
Volta Grande 2	AMG	Alto	Baixo	S/E				X
Xingu	VALE	Alto	Alto	2		X		

Fonte: elaborado pelo autor a partir dos dados consultados no IDE SISEMA e SIGBM

Das 39 barragens, nenhuma encontra-se no núcleo, 32 na zona de amortecimento, 4 na zona de transição e 3 fora dos limites (**Gráfico 11**). Destaque especial para as Barragens B3/B4, Forquilha III, Sul Superior (empresa Vale) e Barragem de Rejeito (Arcelormittal), que apresentam DAP alto, CRI alto e Nível Máximo de Emergência, todas situadas na zona de amortecimento da Reserva da Biosfera.

Gráfico 11 – Número de barragens em Minas Gerais alteadas pelo método de montante (ou desconhecido) inseridas em reserva da biosfera da Serra do Espinhaço



Fonte: elaborado pelo autor a partir dos dados consultados no IDE SISEMA

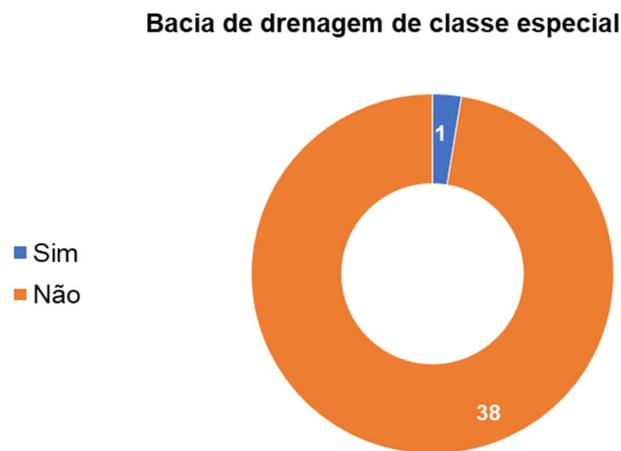
A Reserva da Biosfera do Espinhaço, assim como a Reserva da Mata Atlântica, são espaços territoriais de suma importância para conservação da biodiversidade.

5.1.6 - Outras Classificações de Interesse Ambiental

5.1.6.1 Bacia de Drenagem de Classe Especial

Das 39 barragens avaliadas, apenas a barragem Sul Superior da VALE está localizada em área de drenagem a montante de curso d'água enquadrado em Classe Especial (**Gráfico 12**), conforme Deliberação Normativa COPAM nº 09, de 19 de abril de 1994, que dispôs sobre o enquadramento da Bacia do Rio Piracicaba.

Gráfico 12 – Número de barragens em Minas Gerais alteadas pelo método de montante (ou desconhecido) inseridas em bacia de drenagem de classe especial



Fonte: elaborado pelo autor a partir dos dados consultados no IDE SISEMA

A barragem está situada no Trecho 29, classificado como “Classe Especial”. Esse trecho contempla o Rio Barão de Cocais, das nascentes até a confluência com o córrego Vieira. Como destacado na Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH-MG nº 01, de 05 de maio de 2008, que dispôs sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para seu enquadramento, as águas de classe especial são destinadas:

Art. 4º As águas doces estaduais são classificadas em:

I - classe especial: águas destinadas:

- a) ao abastecimento para consumo humano, com filtração e desinfecção;
- b) preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas; e
- c) preservação dos ambientes aquáticos em unidades de conservação de proteção integral.

.....

Art. 12. Nas águas de classe especial deverão ser mantidas as condições naturais do corpo de água.

Art. 27. Nas águas de classe especial é vedado o lançamento de efluentes ou disposição de resíduos domésticos, agropecuários, de aquicultura, industriais e de quaisquer outras fontes de poluição, mesmo que tratados.
(MINAS GERAIS, 2008)

Essa situação deve ser cuidadosamente avaliada pela empresa durante todo o processo de descaracterização da barragem, tendo em vista a importância dos corpos hídricos de “Classe Especial”. Com efeito, o artigo 27 citado acima veda o lançamento de efluentes nos corpos hídricos de classe especial. Além disso, a barragem está classificada como DPA alto, CRI alto e NE máximo (3).

5.1.6.2 Rios de preservação permanente

Ao sobrepor a localização das 39 barragens com os rios de preservação permanente definidos pela Lei nº 15.082, de 27 de abril de 2004, observou-se que nenhuma delas está situada nesses corpos hídricos.

5.1.6.3 Área de Proteção Especial Estadual

A **Tabela 9** a seguir relaciona todas as barragens objeto de avaliação e as Áreas de Proteção Especial Estadual associadas.

Tabela 9 – Relação de barragens e áreas de proteção especial estadual (APEE), com destaque para as barragens com DPA alto, CRI alto e NE3

Informações da Barragem					Informações Ambientais			
Nome da Barragem	Nome do Empreendedor	DPA	CRI	NE	APEE Bacia hidrográfica do Rio Manso	APEE Ouro Preto/Mariana	APEE Bacia hidrográfica do Córrego dos Fchos	Nenhuma
5 (MAC)	VALE	Alto	Alto	1				X
Alemães	GERDAU	Alto	Baixo	S/E		X		
Área IX	VALE	Alto	Alto	2		X		
B1	ITAMINAS	Alto	Baixo	S/E				X
B3/B4	VALE	Alto	Alto	3			X	
Baixo João Pereira	VALE	Médio	Médio	S/E				X
Barragem 03 - Zé da Grota	Minerita	Alto	Baixo	S/E	X			

Informações da Barragem					Informações Ambientais			
Nome da Barragem	Nome do Empreendedor	DPA	CRI	NE	APEE Bacia hidrográfica do Rio Manso	APEE Ouro Preto/Mariana	APEE Bacia hidrográfica do Córrego dos Fechos	Nenhuma
Barragem B1	MINERACAO GERAL DO BRASIL	Baixo	Médio	S/E				X
Barragem B1 - Mina Ipê	MINERACAO MORRO DO IPE	Alto	Baixo	S/E	X			
Barragem B1- Auxiliar - Mina Tico-Tico	MINERACAO MORRO DO IPE	Alto	Baixo	S/E				X
Barragem B2	MINERACAO GERAL DO BRASIL	Baixo	Médio	S/E				X
Barragem B2	MINERIOS NACIONAL	Alto	Baixo	S/E				X
Barragem B2 - Mina Tico-Tico	MINERACAO MORRO DO IPE	Alto	Médio	S/E				X
Barragem B2 auxiliar	MINERIOS NACIONAL	Alto	Alto	2				X
Barragem B4	CSN	Alto	Médio	S/E				X
Barragem B5	MOSAIC	Alto	Baixo	S/E				X
Barragem Central	SAFM	Médio	Baixo	S/E				X
Barragem de Aredes	SAFM	Médio	Baixo	S/E				X
Barragem de Germano	SAMARCO	Alto	Baixo	S/E		X		
Barragem de Rejeitos	ARCELORMITTAL	Alto	Alto	3	X			
Barragem do vigia	CSN	Alto	Baixo	S/E		X		
Barragem rejeitos	Extrativa Metalurgia	Alto	Baixo	S/E				X
Campo Grande	VALE	Alto	Alto	1		X		
Cava do Germano	SAMARCO	Alto	Baixo	S/E		X		
Conceição	VALE	Alto	Baixo	S/E				X
Doutor	VALE	Alto	Alto	1		X		
ED Monjolo	VALE	Alto	Baixo	S/E				X
ED Vale das Cobras	VALE	Alto	Baixo	S/E				X
Forquilha I	VALE	Alto	Alto	2		X		
Forquilha II	VALE	Alto	Alto	2		X		
Forquilha III	VALE	Alto	Alto	3		X		
Grupo	VALE	Alto	Alto	2		X		
Pilha 01	AVG	Alto	Médio	S/E				X
Pilha 02	AVG.	Alto	Médio	S/E				X
Pontal	VALE	Alto	Alto	1				X
Sul Superior	VALE	Alto	Alto	3				X
Vargem Grande	VALE	Alto	Alto	1				X
Volta Grande 2	AMG	Alto	Baixo	S/E				X

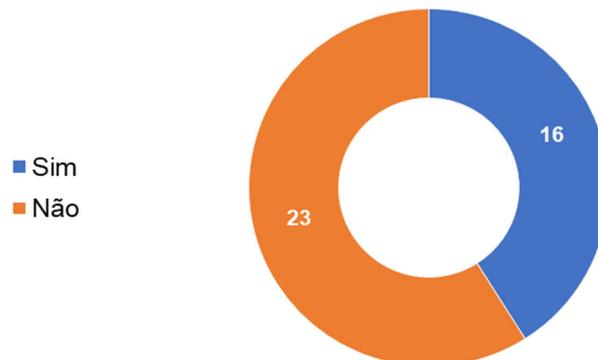
Informações da Barragem					Informações Ambientais			
Nome da Barragem	Nome do Empreendedor	DPA	CRI	NE	APEE Bacia hidrográfica do Rio Manso	APEE Ouro Preto/Mariana	APEE Bacia hidrográfica do Córrego dos Fechos	Nenhuma
Xingu	VALE	Alto	Alto	2		X		

Fonte: elaborado pelo autor a partir dos dados consultados no IDE SISEMA e SIGBM

Das 39 barragens de rejeito avaliadas, 23 não estão inseridas em áreas de proteção especial e 16 estão inseridas (**Gráfico 13**), sendo 4 na APEE da Bacia Hidrográfica do Rio Manso, 13 na APEE Ouro Preto/Mariana e 1 na APEE Sub-bacia hidrográfica do Córrego dos Fechos.

Gráfico 13 – Número de barragens em Minas Gerais alteadas pelo método de montante (ou desconhecido) inseridas em áreas de proteção especial

Área de proteção especial



Fonte: elaborado pelo autor a partir dos dados consultados no IDE SISEMA

Destaca-se também que das quatro barragens classificadas com o nível máximo de emergência, três estão localizadas no interior de áreas de proteção especial (Barragem B3/B4 da Vale na APE Estadual Sub-bacia Hidrográfica do Córrego dos Fechos, Barragem da ArcelorMittal na APE Estadual Bacia Hidrográfica do Rio Manso e a Barragem Forquilha III da Vale na APE Estadual Ouro Preto/Mariana).

Observou-se também que três barragens estão situadas dentro dos limites da APE Estadual Bacia Hidrográfica do Rio Manso. São elas: Barragem 03 - Zé da Grota (Minerita Minérios Itaúna Ltda.); Barragem B1 - Mina Ipê (Mineração Morro do Ipê S.A.); e Barragem de Rejeitos (ArcelorMittal Brasil S.A.). A relevância da APE

(instituída pelo Decreto nº 27.928, de 15/03/88) se dá, principalmente, em razão da proteção do manancial de abastecimento de água da Grande Belo Horizonte. Isso está evidenciado no próprio decreto de criação:

*“Art. 1º - Ficam definidas como áreas de proteção especial, **para fins de preservação de mananciais**, os terrenos que integram a bacia hidrográfica do Rio Manso, com a superfície total aproximada de 670,00 km², alcançando parte dos Municípios de Rio Manso, Crucilândia, Brumadinho, Bonfim e Itatiaiuçu...” (MINAS GERAIS, 1988)*

Em razão disso, há de se destacar que as intervenções necessárias à descaracterização das barragens localizadas na APEE do Rio Manso, merecem cuidados adicionais, tendo em vista a importância do sistema Rio Manso com fonte de abastecimento de água para grande Belo Horizonte.

5.1.6.4 Corredores Ecológicos

Nenhuma das 39 barragens avaliadas na presente monografia está inserida em corredores ecológicos legalmente instituídos em Minas Gerais. Atualmente, existe apenas um corredor ecológico reconhecido pelo IEF em Minas Gerais, o de Sossego-Caratinga, inserido na área de abrangência da região Rio Doce e Zona da Mata Mineira e que interliga as Reservas Particulares do Patrimônio Natural (RPPNs) Mata do Sossego, sob gestão da Organização Não Governamental (ONG) Fundação Biodiversitas, e Feliciano Miguel Abdala, sob gestão da Preserve Muriqui. O Corredor foi reconhecido pelo Decreto Estadual nº 397 em 01 de agosto de 2014 e abrange uma área de 66.424,56 hectares inserida no bioma Mata Atlântica em sete municípios mineiros: Manhuaçu, Simonésia, Caratinga, Santa Rita de Minas, Ipanema, Santa Bárbara do Leste e Piedade de Caratinga (IEF, 2017).

5.1.7 - A descaracterização das barragens de montante em Minas Gerais pelas empresas responsáveis

Atualmente ainda há 39 barragens de rejeito de mineração a montante em Minas Gerais, todas elas com obrigação legal de descaracterização (Resolução ANM nº 95, de 07 de fevereiro de 2022). Esse método, como citado por Cardozo *et al* (2019), não é em si inadequado em comparação com os demais métodos construtivos de

barragens de rejeito. Entretanto, apresenta maior complexidade e necessidade de controle construtivo e gerencial que envolve rigoroso monitoramento, instrumentação, medidas corretivas e gestão de risco. Por essa razão, e pelo fato de haver uma tendência de total transferência de responsabilidade para os empreendedores, com maior restrição às formas de disposição e maior pressão por parte da sociedade para eliminação das estruturas convencionais, as mineradoras têm buscado realizar estudos no sentido de absorver novas tecnologias de disposição de rejeitos e de aproveitamento dos rejeitos (BENTO, 2017).

O objetivo da descaracterização de barragens de rejeito é reduzir riscos para as comunidades e para o meio ambiente. Com efeito, uma revisão sistemática realizada por Massignan & Sánchez (2022) encontrou estudos sobre fechamento de barragens de rejeitos que descrevem e discutem as técnicas empregadas para a estabilização física e química dessas estruturas, mas há poucas pesquisas sobre os impactos ambientais das obras necessárias para garantir a estabilidade.

As informações apresentadas a seguir são públicas e foram obtidas em consulta ao portal web das empresas que possuem barragem construída pelo método de montante (ou desconhecido) em Minas Gerais. A consulta aos portais foi realizada ao longo de agosto e setembro de 2022, de modo que informações adicionadas, retiradas e/ou alteradas posteriormente a esse período não constarão na presente monografia.

A pesquisa teve foco nas informações sobre as técnicas que estão sendo empregadas na recuperação das áreas degradadas dentro do contexto da descaracterização das barragens. Não obstante, outras informações foram sintetizadas com intuito de mostrar o status dos processos de descaracterização das barragens e a publicização das informações pelas empresas.

Nesse contexto, cumpre ressaltar que, embora haja previsão legal para disponibilização dos projetos de descaracterização das barragens de montante em Minas Gerais, conforme artigo 8º da Resolução Conjunta SEMAD/FEAM nº 2.784/2019, até 25/05/2022, os documentos não haviam sido disponibilizados pelo órgão ambiental (FEAM) e/ou pelas empresas responsáveis nos respectivos portais web, o que impediu uma consulta pormenorizada aos projetos de descaracterização.

A **Tabela 10** a seguir relaciona os endereços que foram objeto de pesquisa.

Tabela 10 – Relação de barragens, empreendedores e endereço web consultado

Nome da barragem	Nome do empreendedor	Endereço web
5 (MAC)	VALE S.A.	http://www.vale.com/brasil/PT/business/mining/de-characterization/Paginas/default.aspx
Área IX		
B3/B4		
Baixo João Pereira		
Conceição		
Doutor		
ED Monjolo		
ED Vale das Cobras		
Forquilha I		
Forquilha II		
Campo Grande		
Forquilha III		
Grupo		
Pontal		
Sul Superior		
Vargem Grande		
Xingu		
BARRAGEM AUXILIAR DO VIGIA	CSN MINERACAO S.A.	https://esg.csn.com.br/gestao-de-barragens/
BARRAGEM B4		
BARRAGEM DO VIGIA		
Barragem B1 - Mina Ipê	MINERACAO MORRO DO IPE S.A.	https://www.ipemineracao.com.br/empreendimento/barragens/
Barragem B1-Auxiliar - Mina Tico-Tico		
Barragem B2 - Mina Tico-Tico		
Cava do Germano	SAMARCO MINERACAO S A	https://www.samarco.com/descaracterizacao-de-barragens-segue-com-planejamento-e-seguranca/
Barragem de Germano		
Barragem de Rejeitos	ARCELORMITTAL BRASIL S.A.	https://brasil.arcelormittal.com/serra-azul/seguranca-e-barragem#descaracterizacao
Barragem Central	SAFM MINERACAO LTDA	http://safm.com.br/?page_id=888
Barragem de Aredes		
Barragem 01 - Jose Jaime	Minerita Minérios Itaúna Ltda.	http://www.minerita.com.br/site/barragens.php
Barragem 03 - Zé da Grota		
BARRAGEM B2	MINERIOS NACIONAL S.A.	https://esg.csn.com.br/gestao-de-barragens/
BARRAGEM B2 AUXILIAR		
Barragem B1	MINERACAO GERAL DO BRASIL S/A	Não foi identificado portal web da empresa
Barragem B2		
Barragem B5	MOSAIC FERTILIZANTES P&K LTDA.	https://mosaicco.com.br/Article/Seguran%C3%A7a-das-barragens
B1	ITAMINAS COMERCIO DE MINERIOS SA	https://www.itaminas.com.br/
Alemães	GERDAU ACOMINAS S/A	https://www2.gerdau.com.br/
BARRAGEM REJEITOS	Extrativa Metalurgia S A	http://www.extrativametalurgia.com.br/

Nome da barragem	Nome do empreendedor	Endereço web
Volta Grande 2	AMG BRASIL S.A.	https://amg-br.com/pt/
Pilha 01	AVG EMPREENDIMENTOS MINERARIOS	https://avg.com.br/mineracao/
Pilha 02	S.A.	

Fonte: elaborado pelo autor

Observou-se por meio das pesquisas aos portais web das empresas responsáveis pelas barragens a adoção de obras para descaracterização das estruturas, assim como previsto na Lei Ordinária 23.291, de 25 de fevereiro de 2019, que instituiu a Política Estadual de Segurança de Barragens (PESB). Nesse contexto, oito empresas vêm disponibilizando conteúdo técnico e informativo sobre o processo de descaracterização das suas barragens de montante. Por outro lado, não foi possível encontrar informações nos portais de sete empresas.

De todo modo, a pesquisa realizada obteve êxito no que se refere as informações básicas do processo de descaracterização, como será relatado a seguir para cada empresa.

5.1.7.1 Descaracterização apresentada pela empresa Vale S/A

Não foram localizados no portal web (www.vale.com/brasil/PT/business/mining/de-characterization/Paginas/default.aspx) da empresa os relatórios de descaracterização das barragens de montante. Entretanto, foi possível acessar vídeos com informações gerais no que concerne o processo de descaracterização adotado pela empresa. Foi identificado um compilado de ações e iniciativas direcionadas à descaracterização, obras de contenção e reforço de barragens.

Segundo a empresa, antes de qualquer iniciativa no processo de descaracterização, é necessário desenvolver um estudo minucioso e aprofundado para entender as condições e especificidades que a barragem possui naquele local e, após isso, definir qual será a forma mais segura para descaracterização da barragem. Todo processo é acompanhado por auditorias externas.

Em alguns casos, são necessários reforços do maciço da barragem para melhorar a estabilidade, para posteriormente promover a remoção total ou parcial do rejeito, garantindo que a barragem perca sua função de armazenamento. O rejeito

removido será disposto em cavas exauridas e em pilhas de estéril e de rejeitos. A etapa final é a revegetação para integrar a área ao ambiente local.

Avalia-se também a necessidade de construção de estruturas de contenção a jusante da barragem, para conter os rejeitos em uma eventual ruptura da barragem durante o processo de descaracterização. Após a descaracterização da barragem, a estrutura de contenção será removida e o local revegetado. Segundo informado pela empresa, os processos de descaracterização permitem que as áreas sejam reflorestadas e reintegradas ao ambiente natural.

A empresa informa também que utiliza tecnologia de ponta com equipamentos não tripulados, operados remotamente, sondagem remota para estudo do rejeito e linhas de vida para retirada de trabalhadores com rapidez em caso de emergência.

5.1.7.2 Descaracterização apresentada pela empresa CSN

O portal web (<https://esg.csn.com.br/gestao-de-barragens/>) da empresa informa que as barragens construídas pelo método a montante estão em franco processo de descaracterização e descomissionamento. Entretanto, não foram encontradas informações técnicas adicionais no que se refere o processo de descaracterização.

A empresa informa também que a condução dos projetos de descaracterização e a gestão de segurança das estruturas seguem as melhores práticas nacionais e internacionais. Além disso, está investindo na independência gradual das barragens e foco na segurança e sustentabilidade do negócio.

5.1.7.3 Descaracterização apresentada pela empresa Mineração Morro do Ipê

Conforme informações disponibilizadas pela empresa em seu portal web (<https://www.ipemineracao.com.br/empreendimento/barragens/>), as suas barragens de rejeito estão desativadas, não são mais utilizadas para depositar rejeitos gerados no processo de tratamento do minério e cumpre todas as exigências da Agência Nacional de Mineração (ANM), incluindo a realização de auditorias diárias e relatórios regulares sobre a estabilidade das barragens. Explica também que desde o início de

2018, a mineradora investe em novas tecnologias para substituir a necessidade de barragens tradicionais com um sistema de filtragem de rejeitos.

No que se refere ao processo de descaracterização das barragens, não foram identificadas informações técnicas no portal web. Entretanto, observou-se que a empresa adota um Programa de Recuperação de Áreas Degradadas, fornecendo à área degradada condições favoráveis a reestruturação da vida num ambiente que não tem condições físicas, químicas e/ou biológicas de se regenerar por si só. Na recuperação dessas áreas são aplicadas técnicas de hidrossemeadura e hidromanta sobre o terreno.

5.1.7.4 Descaracterização apresentada pela empresa Samarco

A Samarco informa em seu portal web (<https://www.samarco.com/descaracterizacao-de-barragens-segue-com-planejamento-e-seguranca/>) que assinou o Termo de Compromisso com o Governo de Minas, por meio da Fundação Estadual do Meio Ambiente (Feam), o Ministério Público de Minas Gerais (MPMG) e o Ministério Público Federal (MPF), e interveniência da Agência Nacional de Mineração (ANM), para descaracterização da Barragem e Cava do Germano, em Mariana (MG).

É informado também que as obras de descaracterização foram iniciadas antes da Lei 23.291/2019, e que estão em estágio avançado, sendo acompanhadas mensalmente pelo Ministério Público de Minas Gerais por meio de auditoria independente especializada, atendendo às normas estaduais e federais vigentes. Ademais, salienta que as barragens em descaracterização não recebem rejeitos desde 2015 e não fazem mais parte do processo produtivo.

O projeto de descaracterização ocorrerá em três etapas, em conformidade com a legislação vigente e normas nacionais e internacionais estabelecidas. A primeira etapa visa à garantia da estabilidade de longo prazo das estruturas; a segunda contempla a implantação do sistema de drenagem superficial, e a terceira se refere à reconformação e a revegetação da área.

O objetivo da Samarco, conforme informado, é garantir que as intervenções sejam concluídas em um prazo adequado, mantendo a estabilidade das estruturas, ao longo de toda a obra.

5.1.7.5 Descaracterização apresentada pela empresa ArcelorMittal Brasil S.A.

A empresa informa por meio do seu portal web (<https://brasil.arcelormittal.com/serra-azul/seguranca-e-barragem#descaracterizacao>) que firmou com os Ministérios Públicos Federal e Estadual termo de acordo que prorroga o prazo para a entrega do projeto executivo da descaracterização da barragem da Mina de Serra Azul até novembro de 2022. O prazo se fez necessário em virtude das especificidades técnicas da estrutura, o que demandará a realização de estudos complementares para garantia de que todas as intervenções no barramento ocorram de forma segura. Somente após a conclusão desses estudos e do projeto será possível indicar prazo para conclusão da descaracterização.

A ArcelorMittal informa também que a barragem da Mina de Serra Azul está desativada desde 2012 e que vai descaracterizá-la, com a retirada do material contido em seu interior. Para viabilizar o processo de descaracterização, e em cumprimento às normativas da ANM, a empresa informa que deu início à construção de uma Estrutura de Contenção a Jusante (ECJ) próxima à barragem da Mina de Serra Azul, no distrito de Pinheiros – município de Itatiaiuçu. O objetivo da estrutura é conter todo o rejeito da barragem e reduzir danos ambientais e materiais na hipótese de um rompimento.

Assim como visto no caso da VALE S/A, a ArcelorMittal informa que realizou, com sucesso, testes utilizando equipamentos controlados remotamente na área onde será construída a ECJ. O objetivo foi entender as funcionalidades dos equipamentos para adequá-los ao projeto da construção à tecnologia de controle remoto. A iniciativa de utilizar equipamentos controlados remotamente tem o objetivo de assegurar a segurança dos trabalhadores da obra.

No portal web da ArcelorMittal, é informado que o projeto de descaracterização da barragem da Mina de Serra Azul está em fase de desenvolvimento e que a descaracterização da barragem consiste na retirada de todo o material contido em seu interior, o desmonte da estrutura e posterior reintegração ao ambiente. A partir do projeto será possível determinar o prazo necessário para a descaracterização. Destacando a importância da conclusão da ECJ e aumento do fator de segurança da barragem para dar o início ao trabalho de descaracterização.

Nesse sentido, para melhorar as condições de segurança da barragem, a empresa cita a construção de um canal periférico para minimizar o aporte de água na estrutura, além da manutenção de drenos, retirada de vegetação invasiva e eliminação de cupinzeiros e formigueiros.

5.1.7.6 Descaracterização apresentada pela empresa SAFM Mineração Ltda

A empresa disponibiliza em seu portal web (http://safm.com.br/?page_id=888) os relatórios de descaracterização das barragens Arêdes e Central, assim, as informações sintetizadas a seguir foram extraídas e compiladas com base nos seguintes relatórios:

- Relatório Mensal de Acompanhamento das Obras de Descaracterização da Barragem Arêdes, Abril/2022, elaborado pela empresa MLF Geomecânica;
- Relatório Mensal de Acompanhamento das Obras de Descaracterização da Barragem Arêdes Julho/2022, elaborado pela empresa MLF Geomecânica;
- Relatório Mensal de Acompanhamento das Obras de Descaracterização da Barragem Central, Abril/2022, elaborado pela empresa MLF Geomecânica;
- Relatório Mensal de Acompanhamento das Obras de Descaracterização da Barragem Central, Julho/2022, elaborado pela empresa MLF Geomecânica.

O projeto de descaracterização das duas barragens (Arêdes e Central), conforme informado pela empresa, contempla a conformação topográfica da área através da remoção dos rejeitos depositados, considerando os aspectos sobre estabilidade, controle de erosões e drenagens. O descomissionamento proposto foi baseado principalmente em estudos geotécnicos e hidrológico-hidráulicos, de tal modo a garantir condições seguras tanto quanto à estabilidade da área, bem como passagem das águas no descomissionamento do sistema.

A concepção tem como uma das premissas o desvio da drenagem da área de montante, procurando manter apenas a contribuição superficial restrita à área reconformada, com sistema de drenagem superficial compatível com a sua área de contribuição.

A remoção do rejeito ocorrerá em fatias horizontais de 4 metros de espessura, escavando-se os finos presentes na barragem. A remoção dos finos ocorrerá até que se atinja o terreno natural. A cada remoção do maciço/ reservatório, a empresa

informa que será preservado o bordo livre de pelo menos 1,0 metro, preferencialmente direcionando ao vertedor das barragens, objetivando manter-se o cenário de circulação dos deflúvios pluviais sobre os remanescentes das barragens, até que elas sejam totalmente removidas, ficando a área mais próxima do terreno natural.

Os materiais retirados, estéreis do maciço e rejeitos sólidos do reservatório serão transportados e depositados em Pilha que será implantada em área de propriedade da SAFM.

No que concerne a terraplanagem, a empresa informa que para a recuperação das áreas foi projetada uma reconformação topográfica, procurando restabelecer a topografia mais próxima possível da que existia anteriormente e conciliando também uma superfície estável. Isto envolverá a movimentação de cerca de 508.314 m³ de rejeito/ estéreis para barragem de Arêdes e 422.951,28m³ de rejeito/ estéreis para a barragem Central.

Com relação à drenagem superficial, está previsto um sistema de drenagem que terá a finalidade de captar e redirecionar as águas precipitadas na área, conduzindo-as para local de deságue seguro, sem comprometimento da obra. Além disso, as drenagens projetadas permitirão o rápido escoamento das águas superficiais, minimizando desta forma as possibilidades de infiltrações e carreamento de materiais.

Sobre a implantação de cobertura vegetal, a empresa especifica que gradativamente a finalização dos taludes e bermas definitivos das obras do descomissionamento, serão feitos os acertos geométricos finais, lançamento de solos orgânicos e revegetação sobre taludes e bermas.

Para os taludes de corte, está sendo proposta a semeadura manual de gramíneas e leguminosas: *Melinis minutiflora* (Capim meloso), *Avena stringosa* (Aveia preta), *Crotalária sp* (Crotalária), *Sesbania viagata* (Sesbânia), *Cajanus cajan* (Feijão guandú) e *Calopogonium mucunoides* (Calopogônio).

Para as bermas e platôs, a empresa propõe a implantação de cobertura vegetal utilizando-se espécies arbóreas e arbustivas em espaçamento 4 x 4 m, tais como: *Luehea divaricata* (Açoita cavalo); *Anadenanthera peregrina* (Angico), *Rollinia sylvatica* (Araticum); *Lacistema hasslerianum* (Cafezinho); *Cupania vernalis* (Camboatá); *Cedrela odorata* (Cedro); *Copaifera langsdorffii* (Copaíba); *Cecropia*

pachystachia (Embaúba); *Ingá sp* (Ingá); *Tabebuia impetiginosa* (Ipê roxo); *Tapiria guianensis* (Pau pombo); *Cróton urucurana* (Sangra d'água).

5.1.7.7 Descaracterização apresentada pela empresa Minerita Minérios Itaúna Ltda

A empresa disponibiliza em seu portal web (<http://www.minerita.com.br/site/barragens.php>) relatório mensal de acompanhamento dos processos de descaracterização das barragens, entretanto não foram encontradas informações relativas ao projeto de descaracterização, bem como as ações de recuperação de áreas degradadas. Os relatórios disponibilizados apresentam informações institucionais, administrativas e operacionais, como o volume de rejeito removido da barragem e cronograma.

5.1.7.8 Descaracterização apresentada pela empresa Minérios Nacional S.A.

Não foram encontradas informações oficiais publicadas no portal web da empresa (<https://esg.csn.com.br/gestao-de-barragens/>).

5.1.7.9 Descaracterização apresentada pela empresa Mineração Geral do Brasil S.A.

Não foram encontradas informações oficiais.

5.1.7.10 Descaracterização apresentada pela empresa Mosaic Fertilizantes P&K Ltda

Não foram encontradas informações oficiais publicadas no portal web da empresa (<https://mosaicco.com.br/Article/Seguran%C3%A7a-das-barragens>).

5.1.7.11 Descaracterização apresentada pela empresa Itaminas Comércio de Minérios S.A.

Não foram encontradas informações oficiais publicadas no portal web da empresa (<https://www.itaminas.com.br/>).

5.1.7.12 Descaracterização apresentada pela empresa Gerdau Açominas S.A.

Não foram encontradas informações oficiais publicadas no portal web da empresa (<https://www2.gerdau.com.br/>)

5.1.7.13 Descaracterização apresentada pela empresa Extrativa Metalúrgica S.A.

Não foram encontradas informações oficiais publicadas no portal web da empresa (<http://www.extrativametallurgia.com.br/>)

5.1.7.14 Descaracterização apresentada pela empresa AMG Brasil S.A.

A empresa disponibiliza em seu portal web (<https://amg-br.com/pt/>) o relatório de descaracterização da Volta Grande 2, assim, as informações sintetizadas a seguir foram extraídas e compiladas com base no seguinte relatório:

- Relatório trimestral acerca do andamento das obras de descaracterização da barragem Volta Grande 02

A empresa informa que a barragem se encontra inativa e em processo de descaracterização/descomissionamento. O material depositado na barragem deve ser removido com a finalidade de reaproveitamento industrial, possibilitando a produção de concentrado de espodumênio na unidade produtiva da AMG. A remoção do material da barragem deve ser realizada em bancadas definidas, respeitando-se os parâmetros geotécnicos e hidrológico/hidráulico, bem como o porte dos equipamentos a serem empregados nas operações.

O projeto apresentado pela empresa aos órgãos competentes recomenda pela descaracterização da estrutura tal qual ela se encontra, pois não possui mais características de barragem, assemelhando-se a empilhamentos drenados. O projeto não prevê obras de estabilização ou reforço, devido as condições de segurança que a estrutura se encontra.

A empresa reforça que são adotadas medidas de controle operacionais para manter a segurança da barragem durante o processo de remoção dos rejeitos, dentre as quais pode-se citar: construção de canal perimetral ao reservatório de rejeitos para conduzir as águas de escoamento superficial da bacia hidrográfica a montante do reservatório; remoção dos rejeitos em camadas horizontais e por etapas; construção de canal de drenagem no interior do reservatório para promover o desaguamento do rejeito e melhorar as condições de escavação e de tráfego de equipamentos de carga e transporte; dentre outras.

5.1.7.15 Descaracterização apresentada pela empresa AVG Empreendimentos Minerários S.A.

Não foram encontradas informações oficiais publicadas no portal web da empresa (<https://avg.com.br/mineracao/>).

6 - CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base nos dados apresentados na presente monografia, foi possível concluir que o contexto atual das barragens de mineração em Minas Gerais, alteadas pelo método de montante, ainda é crítico sob o ponto de vista dos aspectos estudados, principalmente ao se considerar a presença de barragens com DPA Alto em Nível de Emergência 3, localizadas em áreas sensíveis do ponto de vista socioambiental.

Por outro lado, observou-se que houve grande evolução da legislação que trata das barragens de rejeito, especialmente com a publicação da Resolução ANM nº 95/2022 no âmbito federal e da Lei nº 23291/2019 que estabeleceu a Política Estadual de Segurança de Barragens, vedando expressamente, em seu artigo 13, o licenciamento ambiental de barragens que utilizem o método de alteamento a montante, bem como a exigência de sua descaracterização.

As informações técnicas das barragens extraídas do banco de dados do SIGBM, sintetizadas por meio dos gráficos e tabelas, possibilitam a compreensão, por parte do público eventualmente interessado, de uma forma mais didática e objetiva. Ademais, a avaliação integrada entre as informações técnicas das barragens e as informações de cunho ambiental extraídas do IDE-SISEMA, trouxeram elementos que evidenciaram um contexto ainda preocupante, tendo em vista que a maior parte das barragens (95%) está inserida em áreas importantes do ponto de vista ecológico, tais como unidades de conservação, reserva da biosfera, áreas prioritárias para conservação da biodiversidade, dentre outras.

Por fim, as empresas responsáveis pelas barragens de montante em Minas Gerais vêm disponibilizando frequentemente conteúdos informativos e técnicos acerca da descaracterização das suas estruturas, o que é bastante positivo pensando no acesso da população aos documentos. Entretanto, essa situação não está presente na totalidade das empresas (7 de 15 empresas não vêm disponibilizando), o que prejudica o acesso às informações que deveriam ser públicas, dada a notoriedade e importância do tema.

REFERÊNCIAS

ANA - Agência Nacional de Águas. Superintendência de planejamento de recursos hídricos - Encarte Especial sobre a Bacia do Rio Doce Rompimento da Barragem em Mariana/MG, 2016. 49 p. Disponível em: <http://arquivos.ana.gov.br/RioDoce/EncarteRioDoce_22_03_2016v2.pdf>. Acesso em: maio de 2022.

ANM – Agência Nacional de Mineração (a). Report trimestral de descaracterização de barragens a montante. Brasília, 2022.

ANM – Agência Nacional de Mineração (b). 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/anm/pt-br/assuntos/noticias/veja-o-que-muda-com-a-resolucao-anm-ndeg-95-2022> . Acesso em: outubro de 2022.

ARAUJO, C. B. de Contribuição ao Estudo do Comportamento de Barragens de Rejeito de Mineração de Ferro. Dissertação - Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, 2006, 133 p.

ARAÚJO, W. Descaracterização e descomissionamento de barragens de rejeito. Instituto Minere, 18 out. 2018. Disponível em: <<https://institutominere.com.br/blog/descaracterizacao-e-descomissionamento-de-barragens-de-rejeitosuma-tendencia-ou-realidade>>. Acesso em: maio de 2022.

BENTO, G.R. Fechamento de Barragens de Contenção de Rejeitos da Mineração. Dissertação de Mestrado Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP). Ouro Preto (MG). 2017.

BIODIVERSITAS. Biodiversidade em Minas Gerais: Um Atlas para Sua Conservação (2005). Disponível em: <https://biodiversitas.org.br/atlas-da-biodiversidade-de-minas-gerais/>. Acesso em: maio de 2022.

BRASIL. Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000. Regulamenta o art. 225, § 1o, incisos I, II, III e VII da Constituição Federal, institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9985.htm. Acesso em: maio de 2022.

BRASIL. Lei nº 11.428, de 22 de dezembro de 2006, que dispõe sobre a utilização e proteção da vegetação nativa do Bioma Mata Atlântica. Disponível em: https://www.camara.leg.br/proposicoesWeb/prop_mostrarintegra?codteor=645180 Acesso em: maio de 2022.

BRASIL. Lei nº 14.066, de 30 de setembro de 2020. Altera a Lei nº 12.334, de 20 de setembro de 2010, que estabelece a Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB), a Lei nº 7.797, de 10 de julho de 1989, que cria o Fundo Nacional do Meio Ambiente (FNMA), a Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997, que institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, e o Decreto-Lei nº 227, de 28 de fevereiro de 1967 (Código de Mineração). Disponível em: <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/lei-n-14.066-de-30-de-setembro-de-2020-280529982>. Acesso em: maio de 2022.

BRASIL. Resolução ANM nº 95, de 07 de fevereiro de 2022. Consolida os atos normativos que dispõem sobre segurança de barragens de mineração. Disponível em: <file:///C:/Users/Dell/Downloads/RESOLU%C3%87%C3%83O%20ANM%2095-2022%20final%2005-2022.pdf>. Acesso em: maio de 2022.

CARDOZO, F.A.C., CORDOVA, D.P. e RUYER, C.A. Considerações Sobre Barragens de Rejeito da Mineração e Utilização do Método de Montante. X Seminário de Engenharia Geotécnica do Rio Grande do Sul. Santa Maria (RS), 2019.

CASTRO, P. T. A; ENDO, ISSAMU; GANDINI, L. Quadrilátero Ferrífero: A. avanços do conhecimento nos últimos 50 anos. Belo horizonte, 2020.

ESPÓSITO, T. J. Metodologia probabilística e observacional aplicada a barragens de rejeito construídas por aterro hidráulico. 2000. 363 f. Tese (Doutorado em Geotecnia) – Universidade Federal de Brasília, Brasília, 2000.

FARIAS, Rideci; PARANHOS, Haroldo. Geotecnia Ambiental: Barragens de rejeito. 1º semestre, 2013. 10 p. Notas de Aula. UnB. Brasília, DF.

IEF – Instituto Estadual de Florestas, 2017. Corredores Ecológicos permitem conexão de fragmentos florestais do Estado. Disponível em <http://www.ief.mg.gov.br/noticias/2246-corredores-ecologicos-permitem-conexao-de-fragmentos-florestais-do-estado>. Acesso em: maio de 2022.

IBRAM - Instituto Brasileiro de Mineração. Gestão e Manejo de Rejeitos da Mineração; organizador, Instituto Brasileiro de Mineração. 1.ed. - Brasília: IBRAM, 2016. 128 p. ISBN: 978-85-61993-10-8. Disponível em: <https://ibram.org.br/wp-content/uploads/2021/02/Gestao-e-Manejo-de-Rejeitos-da-Mineracao-2016.pdf> Acesso em: maio de 2022.

KLOHN, E. J. The development of current tailing dam design and construction methods. In: WILSON, D. (Ed.) Design and construction of tailing dams. Golden: Colorado School of Mines, 1981.

LEAL, F.C.A., GOMES, W.V., SILVA, P.J.L., GONÇALVES, P.H.F, NETO, O.F.N, JUNIOR, O.F.S. Uma revisão dos acidentes em barragens de rejeito de mineração da América do Sul e o cenário brasileiro. Revista de Geociências do Nordeste. Natal (RN), 2022.

MASSIGNAN, R.S., SANCHEZ, L.E. O que significa descaracterizar barragens de rejeitos de mineração? Uma revisão sistemática da literatura. Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental – ABES. Rio de Janeiro – RJ (2022).

MATTAR, Fauze N. Pesquisa de marketing: metodologia, planejamento. 3. ed. São Paulo: Atlas, 1996.

MINAS GERAIS. Decreto nº 27.928, de 15/03/1988. Define área de proteção especial, situada nos municípios de Rio Manso, Crucilândia, Brumadinho, Bonfim, e Itatiaiuçu, para fins de preservação de mananciais. Disponível em:

<https://www.almg.gov.br/legislacao-mineira/DEC/27928/1988/>. Acesso em: maio de 2022.

MINAS GERAIS. Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH-MG nº 01, de 05 de maio de 2008. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para seu enquadramento. Disponível em: <http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=8151>. Acesso em: junho de 2022.

MINAS GERAIS (a). Lei Ordinária nº 23.291, de 25 de fevereiro de 2019. Estabelece a Política Estadual de Segurança de Barragens – PESB. Disponível em: <https://www.almg.gov.br/legislacao-mineira/LEI/23291/2019/>. Acesso em: maio de 2022.

MINAS GERAIS (b). Resolução Conjunta SEMAD/ FEAM nº 2.784, de 21 de março 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. Disponível em: <http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=48138>. Acesso em: maio de 2022.

MMA – Ministério do Meio Ambiente. 2022. Disponível em: <https://antigo.mma.gov.br/areas-protegidas/instrumentos-de-gestao/reserva-da-biosfera.html>. Acesso em: outubro de 2022.

SABBO, G. R.; ASSIS, M. M. G. de; Berterquini, A. B. Tavares 3Revista Engenharia em Ação UniToledo, Araçatuba, SP, v. 02, n. 01, p. 3-15, jan./ago. 2017.

THOMÉ, R.; RIBEIRO, L. G. G. A descaracterização de barragens de rejeito e o plano de fechamento de mina como instrumentos de mitigação de riscos na mineração. Veredas do Direito, Belo Horizonte, 2019.

VALE. 2019. Disponível em: <http://www.vale.com/esg/pt/Paginas/Brumadinho.aspx>. Acesso: maio de 2022.