

# ESTRUTURA DE CONTENÇÃO COMO MEDIDA MITIGATÓRIA PARA DESCARACTERIZAÇÃO DE BARRAGENS COM ALTEAMENTO A MONTANTE DA MINA FÁBRICA, MG

CONTAINMENT STRUCTURE AS A MITIGATORY MEASURE FOR THE DISCHARACTERIZATION OF DAMS WITH HIGHING UPSTAND THE FÁBRICA MINE, MG

ANA PAULA ARAUJO

*Engenheira de Minas, Engenheira Master na Vale S.A., aluna do curso de Especialização do Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT, São Paulo*

WILSON SHOJI IYOMASA

*Dr. Geólogo, docente do curso de Especialização e pesquisador do Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT, São Paulo, wsi@ipt.br*

ISABEL CRISTINA CARVALHO FIAMMETTI

*Tecnóloga, assistente de pesquisa do Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT, São Paulo*

## RESUMO ABSTRACT

Os desastres socioambientais ocorridos em Minas Gerais nas barragens de rejeitos em Mariana e Brumadinho trouxeram a necessidade de rever a legislação estadual e federal, especificamente sobre segurança de barragens. A principal alteração, que afetou diretamente no setor da mineração, foi o impedimento de novas construções de barragens de rejeitos pelo método de alteamento pela linha de montante, bem como a obrigatoriedade em promover a descaracterização (Lei 14.006/20) das estruturas ainda existentes, que já não recebem aporte de rejeitos provenientes das atividades de mineração. Aborda-se neste relato o estudo e a construção da Estrutura de Contenção à Jusante (ECJ), edificada ao longo da principal drenagem onde foram construídas quatro barragens de rejeitos, “em cascata”, que necessitam ser descaracterizadas, conforme nova legislação vigente. A capacidade de armazenamento dessa ECJ é tal que deve suportar e reter o somatório dos volumes das quatro barragens, acrescida de uma quinta barragem que não será descaracterizada, porém situa-se nas proximidades das demais e pode sofrer danos em caso da ocorrência de colapsos em cascata. A decisão dos empreendedores pela construção dessa ECJ de custo elevado, ainda que não seja exigência estabelecida nas novas leis e normas, visou trazer mais segurança à população e ao meio ambiente que já so-

The social and environmental disasters occurred in Minas Gerais in tailings dams (Mariana and Brumadinho) demanded to do news federal laws, specifically on dam safety. The main change, which directly affected the mining sector, was the impediment of new construction of tailings dams of upstream line method, as well as was necessary to promote the mischaracterization (Lei 14.006/20) these structures which no longer receive mining tailings. This report discusses the study and construction of the Downstream Containment Structure (ECJ), built along the main drainage where it was have constructed four tailings dams in line, which need to be mischaracterized. The storage capacity of this ECJ is such that it must support and retain the sum of the volumes of the four dams, plus a fifth dam that will not be mischaracterized, but is located in line the main drainage. The decision to construct this high cost ECJ, not a requirement in the new laws, was adopted to bring more security to the population and the environment to avoid problems like dams collapses in Mariana and Brumadinho. This decision was due to a series of studies and analyses, whose the risks arising from the processes for mischaracterization four tailings dams (upstream line method) along the main drainage.

freram muito com os colapsos das barragens de rejeitos ocorridos em Mariana e Brumadinho. É importante mencionar que tal decisão foi decorrente de uma série de estudos e análises quando foram considerados os riscos decorrentes dos processos para descaracterização de barragens, bem como pela necessidade em adotar medidas rigorosas quanto à segurança do sistema em cascata. São apresentados os resultados do estudo de *Dam Break* efetuados para este cenário.

**Palavras-Chave** – Barragens com alteamento à montante; Descaracterização de barragens; Estrutura de contenção à jusante; Legislação de barragens.

## 1. INTRODUÇÃO

Após as ocorrências dos colapsos das barragens em Mariana, em novembro de 2015, e em Brumadinho, em janeiro de 2019, as legislações sobre barragens sofreram alterações significativas no cenário nacional, em especial no setor da mineração sobretudo no estado de Minas Gerais.

Intensas discussões técnicas e de políticas ambientais levaram o Congresso Nacional a estabelecer legislações mais rígidas que impedem a construção de novas barragens de rejeitos com alteamento a montante, bem como estabeleceu critérios e prazo para descaracterização desses tipos de construções, sobretudo daquelas que já não recebem aporte de sedimentos ou rejeitos, como consta na Lei 14.066/20.

Neste contexto um estudo complexo foi desenvolvido para a execução segura dos trabalhos de descaracterização de quatro (4) barragens de rejeito da Mina Fábrica no estado de Minas Gerais. Uma estrutura de contenção a jusante (barragem de concreto compactado a rolo) foi construída como medida mitigadora aos riscos associados no processo de descaracterização.

A construção de uma estrutura de contenção desse tipo, descrito no presente artigo incorpora práticas de sustentabilidade ambiental, inclusão social e governança ao universo corporativo das empresas, que se demonstram empenhadas em garantir a segurança, integridade ambiental e social. Adicionalmente, registra-se que o grau elevado de risco para a descaracterização sucessiva de barragens com alteamentos de linha de montante,

The results of the Dam Break study performed for this situation are presented.

**Keywords** – Dams raised upstream; Decharacterization of dams; Downstream containment structure; Dam legislation.

ao longo de mesma drenagem, pode constituir-se em sistema de colapso com efeito do tipo cascata: rupturas sucessivas iniciando-se pela estrutura mais a montante.

## 2. LEGISLAÇÃO DE BARRAGENS DE MINERAÇÃO NO BRASIL E NO ESTADO DE MINAS GERAIS

A legislação brasileira sobre barragens como um todo está passando por modificações sucessivas e necessárias tanto no âmbito federal como nos estaduais. As normas mais recentes e de maior relevância são:

- a Lei nº 14.066, de 30/9/2020 que alterou a Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB), instituída pela Lei nº 12.334/2010;
- as resoluções expedidas pela Agência Nacional de Mineração (ANM); e
- no estado de Minas Gerais, que abriga o maior número de barragens de rejeitos do país, foi instituída a Lei Estadual nº 23.291, de 25/2/2019, que versa sobre a Política Estadual de Segurança de Barragens (Pesb) e suas sucessivas regulamentações que estimularam outras normas e diretrizes de âmbito estadual.

Para ilustrar as sucessivas inserções das legislações vigentes, a **Figura 1** mostra a cronologia das alterações implementadas ao longo da linha do tempo dos últimos 10 anos (de 2010 a 2020).

A legislação mais severa foi decorrente dos dois últimos grandes desastres socioambientais

ocorridos em Minas Gerais: barragem de rejeitos do córrego do Fundão da Mina do Germano, em Mariana; e barragem B1, da Mina Córrego do Feijão, em Brumadinho. Dois dos principais aspectos das novas legislações são: a) o impedimento de novas construções de barragens de rejeitos com alteamento de linha de montante; b) determinação da descaracterização das já existentes e em desuso. Cabe destacar que a descaracterização de barragens não é um processo para descomissionamento ou desativação e tampouco para remoção da estrutura construída, como destacado nos parágrafos do próximo item.

Em complemento às normativas citadas na linha do tempo de regulamentações foram publicadas pela ANM mais três resoluções: 1) a Resolução N° 51, de 24 de dezembro de 2020 que cria e estabelece a periodicidade de execução ou atualização, a qualificação dos responsáveis técnicos, o conteúdo mínimo e o nível de detalhamento da Avaliação de Conformidade e Operacionalidade do PAEBM (Plano de Ações Emergenciais de Barragens de Mineração), que compreende o Relatório de Conformidade e Operacionalidade do PAEBM; 2) a Resolução ANM N° 56, de 28 de janeiro de 2021, que altera dispositivos da Resolução n° 51; e 3) Resolução ANM N° 95, de 07 de

fevereiro de 2022, que consolida os atos normativos que dispõem sobre segurança de barragens de mineração.

Barragens com metodologia construtiva com linha de montante, como mencionado, são aquelas cujos alteamentos, para ampliar sua capacidade em reter rejeitos, são realizados em etapas sucessivas. Esse processo de alteamento é feito, em geral, concomitantemente à extração de minério, e a construção do corpo do barramento para alteamento é executado com o próprio rejeito da mineração. A construção é feita por meio de lançamento hidráulico de rejeitos sobre a camada de depósito da etapa anterior, como ilustra a **Figura 2**. Este método construtivo, embora sejam executados sistemas de drenagens internas, possibilita ao barramento de rejeitos maior susceptibilidade às infiltrações de água tanto pelo corpo como pelas suas fundações. Tal fato pode reduzir a estabilidade da estrutura de barramento, logo o fator de segurança decresce, e consequentemente aumenta o risco de rompimento. Adicione-se a essa característica que o volume de rejeitos depositados sob os sucessivos alteamentos faz parte da estrutura do barramento como um todo, como mostra a **Figura 2**.

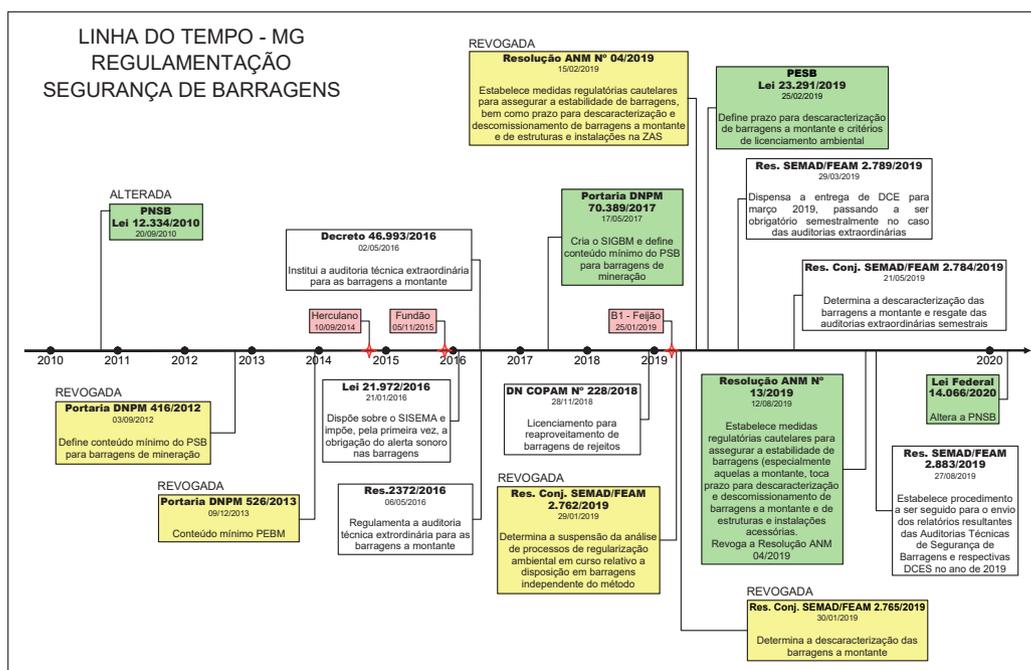
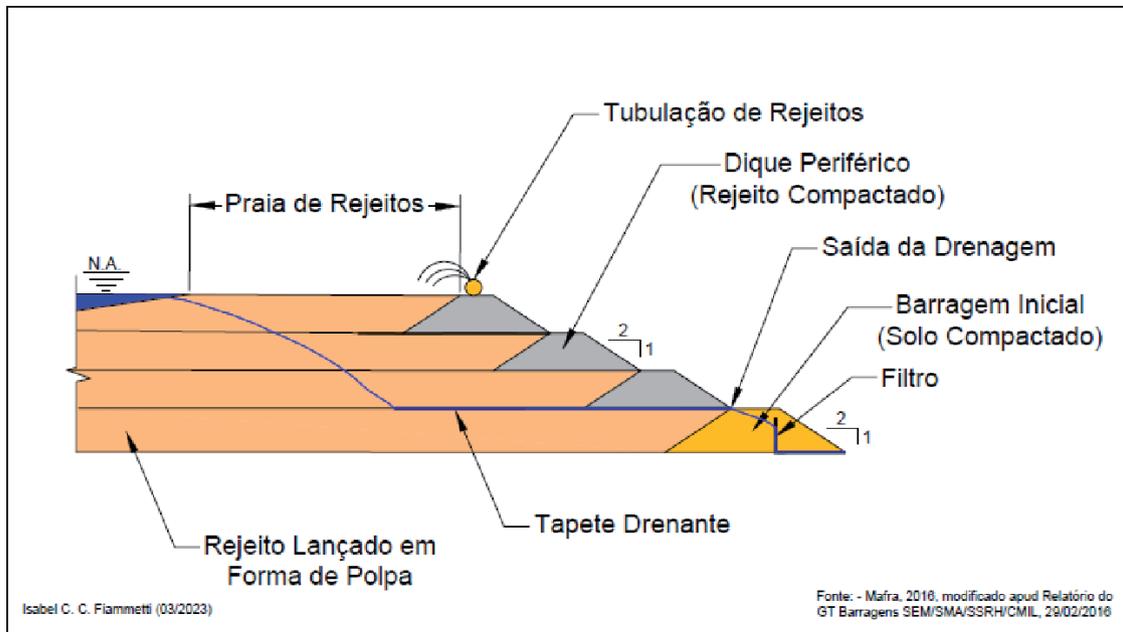


Figura 1- Linha do tempo da Regulamentação de Segurança de Barragens em Minas Gerais. Fonte: Araujo (2021).



**Figura 2-** Seção esquemática de barragem de rejeitos com alteamento pelo método da Linha de Montante. Notar a indicação esquemática do maciço de fundações dos alteamentos sucessivos e um sistema de drenagem interna.

### 3. DESCARACTERIZAÇÃO DE BARRAGENS

Vários termos foram utilizados para a etapa final do empreendimento de uma barragem de rejeitos: descomissionamento, desativação, desconstrução entre outros termos. A Portaria nº 32/2020 da ANM trata o descomissionamento como uma etapa da descaracterização. E de acordo com essa Portaria a barragem de mineração descaracterizada é aquela que “não recebe, permanentemente, aporte de rejeitos e/ou sedimentos provenientes de sua atividade fim, a qual deixa de possuir características ou de exercer função de barragem, de acordo com o projeto técnico, compreendendo, mas não se limitando as etapas concluídas de:

**Descomissionamento:** encerramento das operações com a remoção das infraestruturas associadas, tais como, mas não se limitando, a espigotes, tubulações, exceto aquelas destinadas à garantia da segurança da estrutura;

**Controle hidrológico e hidrogeológico:** adoção de medidas efetivas para reduzir ou eliminar o aporte de águas superficiais e subterrâneas para o reservatório;

**Estabilização:** execução de medidas tomadas para garantir a estabilidade física e química de longo prazo das estruturas que permanecem no local; e

**Monitoramento:** acompanhamento pelo período necessário para verificar a eficácia das medidas de estabilização” (Lei nº 14.066/2020).

A descaracterização (SIMA, 2019, p.95; Portaria nº 32/2020 da ANM) de uma estrutura geotécnica é um procedimento bastante complexo, que requer o envolvimento de inúmeras discussões técnicas, investigações e instrumentações complementares e específicas para elaboração de um projeto executivo tal como é requerido em projetos de construção civil. As determinações legais são recentes, inéditas e os riscos associados ao processo para a descaracterização das barragens construídas com linha de montante, principalmente aquelas que não têm a sua estabilidade declarada, são elevadíssimos. Portanto, é essencial desenvolver um estudo minucioso e aprofundado a fim de entender as particularidades de cada estrutura para só a partir daí determinar a melhor alternativa prática para a sua descaracterização. A instrumentação geotécnica existente, que atendeu no monitoramento das estruturas em funcionamento, deve ser complementada para acompanhar o comportamento das estruturas e suas vizinhanças durante as etapas de trabalho do processo de descaracterização. De forma semelhante, eventual campanha de investigações e ensaios complemen-

tares deve ser realizada para elaborar o projeto executivo da descaracterização, conforme as normas e leis vigentes e as boas práticas de engenharia na elaboração de projetos básicos e executivos de obras civis (Leis 8.666/1993 e 13.303/2015; CRUZ, 2004).

A obrigatoriedade da descaracterização das barragens com alteamento a montante está respaldada tanto na legislação federal (Lei nº 12.334/2010, alterada pela Lei nº 14.066/2020, e Resolução nº 13/2019 da ANM), quanto à normativa estadual mineira por meio da Lei nº 23.291/2019. É necessário destacar que a Constituição Federal permite aos estados implementações de leis contributivas com a federal, e adicione-se que no caso do setor de mineração, o Estado de Minas abriga o maior número de barragens de rejeitos do país.

#### 4. BARRAGENS COM ALTEAMENTO A MONTANTE ASSEGURADAS PELA ESTRUTURA DE CONTENÇÃO À JUSANTE DO COMPLEXO MINA FÁBRICA

Para atender a nova legislação vigente e proporcionar maior segurança ao processo de descaracterização, no caso específico do complexo da Mina Fábrica, uma estrutura contenção à jusante (ECJ) está em construção. A ECJ localiza-se cerca de 11 km à jusante das barragens de rejeitos de Forquilhas I, Forquilhas II, Forquilhas III, Forquilhas IV e Grupo, cujas barragens foram alteadas pelo método da linha de montante. Os estudos para descaracterização estão sendo efetuados e concluídos.

A barragem Forquilha IV localiza-se no córrego Bocaina, afluente do rio Mata Porcos, e as barragens de Forquilha I e II foram construídas em dois vales estreitos adjacentes e à montante de Forquilha IV. Já as barragens de Forquilha III e Grupo estão localizadas mais a montante, a leste e sudoeste de Forquilha II e I, respectivamente, conforme é possível observar no mapa de localização disponibilizado na **Figura 3**.

Na **Tabela 1** são apresentadas as características físicas gerais das barragens de rejeitos com alturas variáveis desde 44,13m até 105,0m e com capacidade de até 22hm<sup>3</sup> ou 22.000.000m<sup>3</sup>. O total de rejeitos dessas barragens é da ordem de 60,726 milhões de metros cúbicos.

Pelas normas vigentes da ANA – Agência Nacional de Águas, todas as barragens que constam na Tabela 1 possuem parâmetros associados às características físicas construtivas, denominado por Categoria de Risco (CRI), valores classificados como altos. Adicione-se, ainda, o parâmetro Dano Potencial Associado (DPA), também classificado como alto. Este parâmetro está associado à potencialidade em causar danos às construções, à população e ao meio ambiente em caso de ruptura da estrutura de contenção de rejeitos. A conjugação desses dois parâmetros (CRI e DPA) indica a necessidade de as barragens possuírem, individualmente, o PAEBM, estabelecer as Zona de Auto Salvamento (ZAS) e Zona de Segurança Secundária (ZSS), bem como promover treinamento da população que pode ser afetada em caso de ocorrência de ruptura. Esse tipo de treinamento deve contemplar a participação da Defesa Civil.

Portanto, para quaisquer trabalhos de intervenção nessas estruturas há que se considerar o grande risco para a região de jusante, que motivou os empreendedores a decidirem pela adoção da inserção de uma estrutura de contenção à jusante (ECJ), em particular para a situação do complexo da Mina Fábrica, onde as estruturas de contenção de rejeitos estão dispostas em “cascata”, ou seja, no caso de ruptura da estrutura de montante pode ocorrer processo somatório de rupturas com as estrutura de jusante, cujo impacto pode resultar em danos de grande magnitude. É importante lembrar que o estado de Minas Gerais sofreu impactos gigantescos, inclusive com vítimas fatais, nas duas grandes rupturas de barragens de rejeitos (2015 e 2019).



**Figura 3** - Localização das barragens asseguradas pela ECJ de Mina Fábrica. Fonte: Google Earth acessado às 19:49 do dia 12/12/21.

Tabela 1- Características gerais das barragens com método construtivo com alteamento à montante da mineração Mina Fábrica – Adaptado de planilha de dados, SINISB.

Nome da Barragem	UF	Município	Categoria de Risco	Dano Potencial Associado	Regulada pela PNSB	Altura da Fundação (m)	Capacidade (hm³)	Tipo de Material
Forquilha I	MG	OURO PRETO	Alto	Alto	Sim	98,3	12,763	Terra
Forquilha II	MG	OURO PRETO	Alto	Alto	Sim	93	22,778	Terra
Forquilha III	MG	OURO PRETO	Alto	Alto	Sim	77	19,476	Terra
Forquilha IV	MG	OURO PRETO	Alto	Alto	Sim	105	3,748	Rejeitos
Grupo	MG	OURO PRETO	Alto	Alto	Sim	44,13	1,961	Terra

## 5. ESTRUTURA DE CONTENÇÃO À JUSANTE (ECJ)

Como medida mitigatória para a descaracterização das barragens da Mina Fábrica, localizada em Congonhas, Minas Gerais, está na fase final de construção no Ribeirão Mata dos Porcos (afluente do rio Itabirito) uma estrutura de contenção em Concreto Compactado a Rolo, barragem do tipo

CCR (ADRIOLLO, 1998a), como mostram as Figuras 4 e 5.

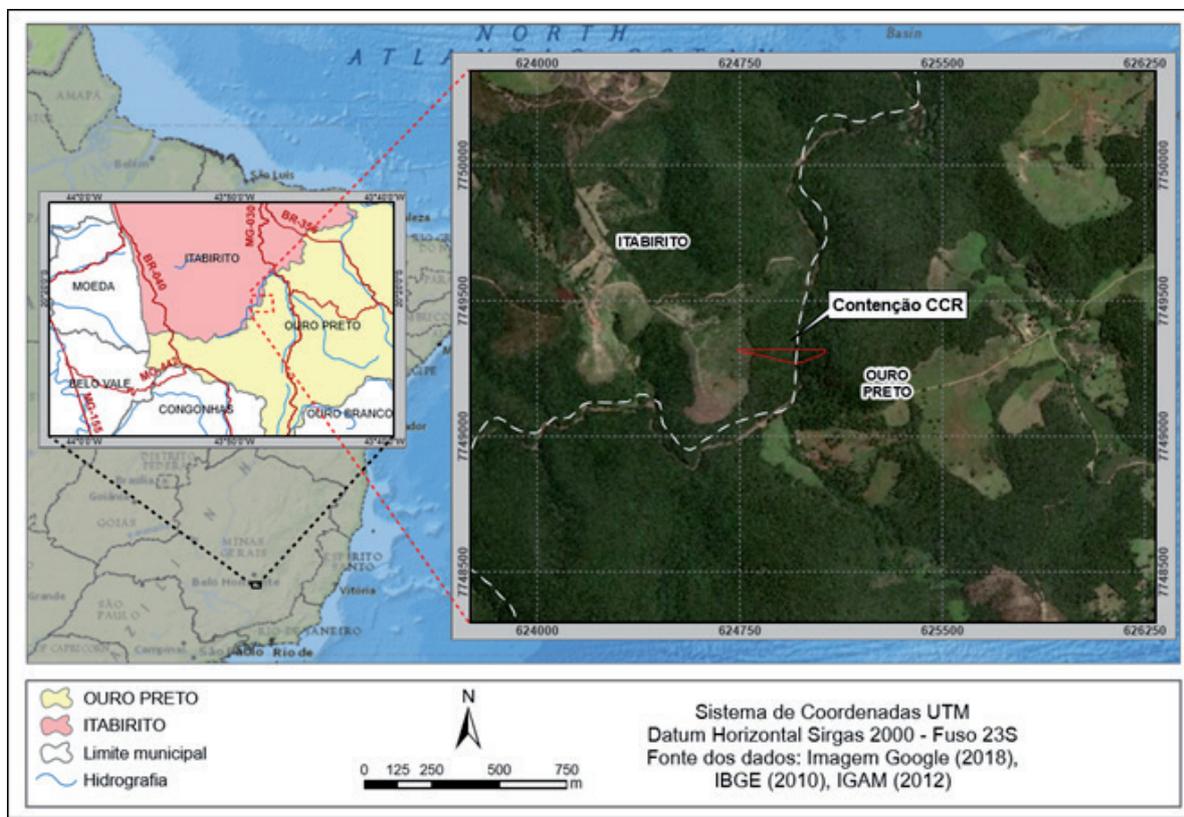
A localização da barragem CCR e suas dimensões buscam atender aos resultados dos estudos de modelagem computacional para simulações de colapsos, denominado *Dam Break*, das barragens de Forquilha I, II, III, IV e Grupo. O propósito dessa estrutura é reduzir ao máximo os impactos à

população e ao meio ambiente, situados a jusante das barragens de contenção de rejeitos.

A nova estrutura de contenção à jusante (ECJ), em processo construtivo na etapa de descaracterização, está localizada entre os municípios de Itabirito e Ouro Preto, Minas Gerais, e possui a finalidade para conter os rejeitos dispostos no reservatório das estruturas situadas à montante e construídas pelo método de alteamento de linha de montante, no caso de uma eventual ruptura, durante as construções de obras de descaracterização. Esta estrutura visa proteger a Zona de Segurança Secundária (ZSS) das barragens, que inclui, além de Itabirito, os municípios de Rapo-

sos, Rio Acima, Nova Lima e três bairros de Belo Horizonte (Bairros Jardim Vitória III, Beija-Flor e Maria Tereza).

A ECJ possui a função de reter todo o rejeito, em um cenário hipotético de rompimento simultâneo ou sequencial de montante para jusante das barragens alteadas pelo método de linha de montante (Forquilha I, II, III e Grupo), que necessariamente devem ser descaracterizadas, conforme legislação vigente. Sua capacidade de retenção inclui, ainda, os rejeitos da barragem Forquilha IV, que está próxima das demais, mas que não será descaracterizada, já que não se trata de estrutura edificada pelo método da linha de montante.



**Figura 4** - Mapa de localização da Estrutura de Contenção de Jusante, entre os municípios de Itabirito e Ouro Preto, MG. Fonte: Google Earth acessado às 20:35 do dia 12/12/21.



**Figura 5** - Localização das barragens em relação à ECJ de Mina Fábrica, situada a jusante das estruturas existentes de contenção de rejeitos que devem ser descaracterizadas. A linha tracejada indica o traçado do curso d'água. Fonte: Google Earth acessado às 20:35 do dia 12/12/21.

## 5.1 Aspectos gerais do projeto construtivo da ECJ

Essa estrutura consiste de uma barragem do tipo de contenção de rejeitos, porém construída pelo mesmo tipo dos procedimentos técnicos empregados na construção de barragens para acúmulo de água, seja para geração de energia elétrica como para uso múltiplo de água. Tal barragem é do tipo gravidade, executada em concreto seco e compactado por meio de equipamento de compactação (ADRIOLLO, 1998b) e contempla uma galeria de desvio construída de concreto convencional. A barragem possui altura máxima aproximada de 95m, base com largura máxima da ordem de 100m e extensão de crista de aproximadamente 330m. Essa estrutura está em fase final de construção e possui capacidade para conter todos os rejeitos dispostos atualmente nos reservatórios das 5 barragens em questão do complexo Mina Fábrica.

A estratégia construtiva da ECJ de Mina Fábrica foi elaborada para ser desenvolvida em duas etapas:

1ª Fase – Construção até a elevação 949 mm cuja capacidade permite conter os rejeitos de Forquilha III, ou do conjunto das barragens Forquilha I, II e IV, já que o rompimento hipotético de Forquilha III não impacta a estrutura das demais barragens.

2ª Fase – Alteamento até a elevação 967m: capacidade para conter 100% dos rejeitos em caso de rompimento de todas as estruturas, inclusive da barragem Grupo.

A **Figura 6** mostra de forma esquemática os quantitativos de trabalhadores e de materiais mobilizados na construção da ECJ, e a **Figura 7** mostra a imagem aérea da Estrutura de Contenção à Jusante em sua etapa de finalização.

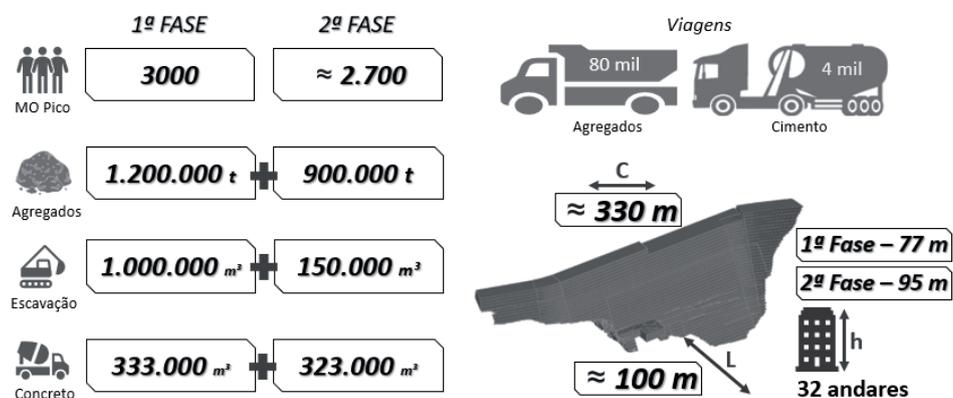


Figura 6 – Quantitativos para a construção do Projeto - ECJ Mina Fábrica.



Figura 7 - Imagem aérea obtida por drone da ECJ de Mina Fábrica, agosto de 2021.

## 5.2 Mancha de inundação

Os estudos de modelagem numérica (*Dam Break*) foram desenvolvidos visando avaliar o impacto de uma potencial ruptura das barragens de rejeitos, mencionadas anteriormente, na área retida pela barragem de *backup* (barragem ECJ). Na **Figura 8** é possível observar as estimativas dos tempos de chegada da mancha de inundação de uma ruptura hipotética geral de todas as estruturas de contenção de rejeitos e/ou consecutivas das 5 barragens (4 barragens dispostas em forma

de cascata). Considerações geotécnicas foram realizadas, fundamentadas em dados existentes das barragens de rejeitos a fim de se definir os cenários de falhas a serem considerados. Avaliou-se pelas características das estruturas e dos tipos de rejeitos acumulados, e optou-se em selecionar a modelagem mais adequada, considerando que o fluxo de rejeitos é do tipo fluido visco plástico não newtoniano. Pelas características físicas do vale a jusante admitiram-se perdas de cargas decorrentes de obstáculos existentes nos valões entre outras condicionantes estabelecidas na modelagem.

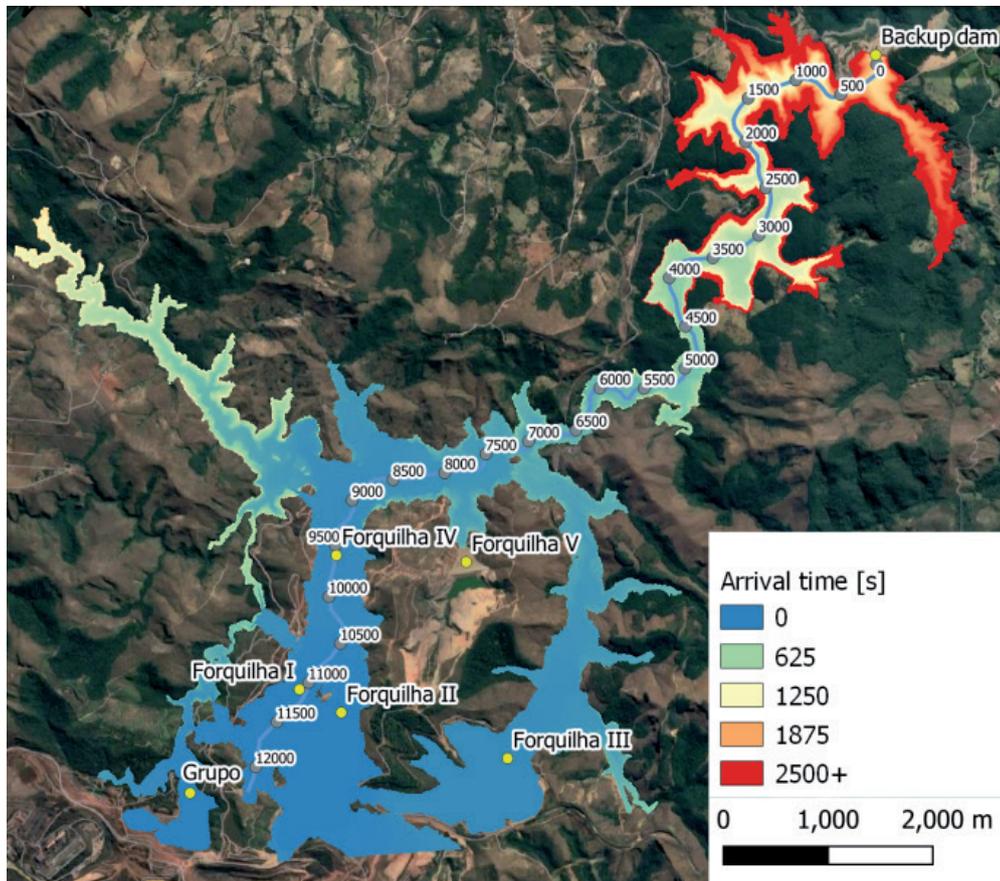


Figura 8 - Tempo de chegada da mancha de inundação à Backup Dam (ECJ). Fonte: Relatório Fugro, 2020.

## CONCLUSÕES

O processo para descaracterização das barragens de rejeitos construídas pelo método de alteamento linha de montante do complexo de estruturas da Mina Fábrica visa atender a nova legislação vigente, em especial a do estado de Minas Gerais. Destacam-se que essas novas legislações, sobretudo as de barragens de mineração, não trazem a obrigatoriedade em construir barragens com nível de segurança semelhante às de acumulação de água para geração de energia elétrica ou para uso múltiplo, tampouco de estrutura do tipo da construção da ECJ da Mina Fábrica. No entanto, a disposição das barragens de contenção existentes nessa mineração e vinculado aos impactos já sofridos pela população decorrentes dos desastres de Mariana e Brumadinho, a alta direção do empreendimento de mineração optou pela construção de estrutura robusta e com menor risco de colapso. Tal decisão proporciona maior nível de segurança para a população, bem como reduz o

risco de impactos ao meio ambiente, no caso da necessidade de se conter rejeitos decorrentes da mobilização simultânea das barragens existentes e dispostas em “cascata”. Destaca-se que o volume a ser mobilizado e os esforços gerados foram previstos nos estudos de descaracterização das 5 estruturas.

Sob a ótica de que não existe obras de engenharia civil com risco zero, portanto, todas possuem maior ou menor risco, a construção da estrutura de contenção de jusante (ECJ), por meio da edificação de uma barragem de concreto compactado a rolo, apresentou-se como medida mitigadora de menor risco para um cenário hipotético de ocorrência de ruptura total e simultânea ou sequencial das cinco barragens de rejeitos de Mina Fábrica situadas a montante da ECJ.

A finalização da ECJ permitirá o início dos trabalhos, com maior segurança, do processo físico de estudos, investigações e instrumentações complementares para caracterização geológica-geotécnica das estruturas e reservatórios para

fins de elaboração dos projetos executivos de descaracterização das 5 barragens do complexo Mina Fábrica. Tais atividades devem ser precedidas por campanha de instalação de novos instrumentos geotécnicos para acompanhamento do comportamento das estruturas existentes durante o processo de descaracterização do sistema de 5 barragens, seja por meio de intervenções pontuais eventualmente necessárias ou a execução propriamente dita das obras para descaracterização das barragens.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem aos responsáveis pela permissão na divulgação dos dados que contribuem no desenvolvimento de estudos relacionados à segurança de barragens, principalmente, na busca de soluções tecnológicas necessárias nesse novo cenários da mineração que requer a adoção da descaracterização de barragens.

## REFERÊNCIAS

ADRIOLLO, F.R. Barragens CCR – Discussões relacionadas ao projeto, planejamento da construção, controle de qualidade e suas interrelações. *In: SEMINÁRIO NACIONAL DE CONCRETO COMPACTADO COM ROLO*, 3, 1998a, Foz do Iguaçu. Anais...Foz do Iguaçu, novembro. p.21-25.

ADRIOLLO, F.R. *The use of roller compacted concrete*. São Paulo: Oficina de Textos. 1998b.

ARAUJO, W. Descaracterização de Barragens. Curso online: Instituto Minere, 2021.

BRASIL. Lei nº 12.334, de 20 de setembro de 2010. Estabelece a Política Nacional de Segurança de Barragens destinadas à acumulação de água para quaisquer usos, à disposição final ou temporária de rejeitos e à acumulação de resíduos industriais, cria o Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens e altera a redação do art. 35 da Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997, e do art. 4º da Lei nº 9.984, de 17 de julho de 2000. Diário Oficial da União, 21 set. 2010. Disponível em: <[https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2010/lei/l12334.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12334.htm)>. Acesso em: 20 nov. 2021.

BRASIL. Lei nº 14.066, de 30 de setembro de 2020. Altera a Lei nº 12.334, de 20 de setembro de 2010. Diário Oficial da União, 01 out. 2020. Disponível em: <[www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_Ato2019-2022/2020/Lei/L14066.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2019-2022/2020/Lei/L14066.htm)>. Acesso em: 20 nov. 2021.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. Agência Nacional de Mineração (ANM). Resolução Nº 13, de 08 de agosto de 2019. Estabelece medidas regulatórias objetivando assegurar a estabilidade de barragens de mineração, notadamente aquelas construídas ou alteadas pelo método denominado “a montante” ou por método declarado como desconhecido e dá outras providências. Diário Oficial da União, 12 ago. 2019. Disponível em: <<https://www.in.gov.br/web/dou/-/resolucao-n-13-de-8-de-agosto-de-2019-210037027>>. Acesso em: 20 nov. 2021.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. Agência Nacional de Mineração (ANM). Resolução Nº 51, de 24 de dezembro de 2020. Cria e estabelece a periodicidade de execução ou atualização, a qualificação dos responsáveis técnicos, o conteúdo mínimo e o nível de detalhamento da Avaliação de Conformidade e Operacionalidade do PAEBM - ACO, que compreende o Relatório de Conformidade e Operacionalidade do PAEBM - RCO e a Declaração de Conformidade e Operacionalidade do PAEBM - DCO. Diário Oficial da União, 29 dez. 2020. Disponível em: <<https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/resolucao-n-51-de-24-de-dezembro-de-2020-296821959>>. Acesso em: 11 jan. 2022.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. Agência Nacional de Mineração (ANM). Resolução Nº 56, de 28 de janeiro de 2021. Altera dispositivos da Resolução nº 51, de 24 de dezembro de 2020, publicada em 29 de dezembro de 2020. Diário Oficial da União, 16 fev. 2022. Disponível em: <<https://www.in.gov.br/web/dou/-/resolucao-n-95-de-7-de-fevereiro-de-2022-380760962>>. Acesso em: 21 fev. 2022.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. Agência Nacional de Mineração (ANM). Resolução Nº 95, de 07 de fevereiro de 2022. Consolida os atos normativos que dispõem sobre segurança de bar-

ragens de mineração. Diário Oficial da União, 29 jan. 2021. Disponível em: <<https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/resolucao-anm-n-56-de-28-de-janeiro-de-2021-301401259>>. Acesso em: 11 jan. 2022.

BRASIL. Resolução ANA N° 121, de 09 de maio de 2022. Altera a Resolução da ANA n° 236, de 30 de janeiro de 2017, que 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 e do Plano de Ação de emergência. Disponível em: <<https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/resolucao-ana-n-121-de-9-de-maio-de-2022-399679177>>. Acesso em: 26 fev. 2023.

CRUZ, Paulo Teixeira da. 100 barragens brasileiras: casos históricos, materiais de construção, projeto. 2. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2004. 680 p.

MAFRA, J. M. Q. (VOGBR). Construção de Barragens de Rejeitos de Mineração. Seminário Técnico - Barragens de Mineração (SEM-SP). Anais. São

Paulo: Secretaria de Energia e Mineração, 2016. Disponível em: <http://www.energia.sp.gov.br/a2sitebox/arquivos/documentos/872.pdf>

MINAS GERAIS. Lei n° 23.291, de 25 de fevereiro de 2019. Institui a política estadual de segurança de barragens. Diário do Executivo, 26 fev. 2019. Disponível em: <[www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=47899](http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=47899)>. Acesso em: 20 nov. 2021.

FUGRO Relatório Técnico - C167832-R-01, emitido em 10-09-2020.

SIMA - Secretaria de Infraestrutura e Meio Ambiente do Estado de São Paulo. Barragens no Estado de São Paulo: relatório do grupo de trabalho, 2019. São Paulo, 384p.

SINISB - Sistema Nacional de Informações Sobre Segurança de Barragens, 2022. Informações de barragens. Disponível em: <<https://www.snisb.gov.br/>>. Acesso em: 05 fev. 2022.