

COPELMI MINERAÇÃO LTDA

PAEBM

**PLANO DE AÇÃO DE EMERGÊNCIA
PARA BARRAGENS DE MINERAÇÃO**

**BARRAGEM DA BACIA DE FINOS
MINA DO RECREIO**

MARÇO/2026

	PLANO DE AÇÃO DE EMERGÊNCIA PARA BARRAGENS DE MINERAÇÃO - Mina do Recreio -	PAEBM-BAR-RE-01
		Revisão: 09
		Data: 05/03/2026

1. APRESENTAÇÃO DO PAEBM – MINA DO RECREIO

O Plano de Ação Emergencial para Barragens de Mineração (PAEBM) da Mina do Recreio, elaborado pela Copelmi Mineração Ltda, identifica as situações de emergência que podem surgir devido a problemas de estabilidade na barragem. O documento define as ações imediatas necessárias para a regularização de danos e estabelece os agentes do sistema de comunicação responsáveis pela gestão de anomalias.

O principal objetivo do PAEBM é a minimização de danos e a preservação de vidas humanas, especialmente em casos de ruptura do barramento.

A Bacia de Finos da Mina do Recreio foi classificada como uma barragem (aterro de rejeitos) com categoria de risco baixo, porém de dano potencial associado alto, até o presente momento encontra-se descomissionada, em monitoramento passivo e a curto prazo estará descaracterizada.

O PAEBM abrange:

- A caracterização da barragem;
- Critérios técnicos para identificar anomalias ou condições de ruptura potencial;
- Procedimentos preventivos e corretivos em emergências;
- Protocolos de notificação e alerta, para comunicação com entidades responsáveis pela gestão de emergências;
- Estudos e mapas de inundação considerando a hipótese de ruptura por liquefação;
- A definição da Zona de Autossalvamento (ZAS).

1.1. Objetivos

O Plano de Ação Emergencial para Barragens de Mineração (PAEBM) da barragem da Bacia de Finos da Mina do Recreio tem como objetivos principais:

- Identificar e analisar possíveis situações de emergência relacionadas à estrutura da barragem;
- Estabelecer procedimentos para identificação e notificação de falhas de funcionamento ou condições que possam resultar em ruptura potencial da barragem;
- Definir procedimentos preventivos e corretivos, com a indicação clara dos responsáveis pelas ações, a serem adotados em situações de emergência;
- Apresentar o estudo e mapa de inundação, considerando uma hipotética ruptura por liquefação;
- Delimitar a zona de autossalvamento (ZAS), com base nos cenários de emergência identificados;
- Desenvolver uma estratégia de divulgação e alerta, garantindo a comunicação com colaboradores e empresas parceiras que atuam na ZAS.

	PLANO DE AÇÃO DE EMERGÊNCIA PARA BARRAGENS DE MINERAÇÃO - Mina do Recreio -	PAEBM-BAR-RE-01
		Revisão: 09
		Data: 05/03/2026

2. IDENTIFICAÇÃO E CONTATOS DO PAEBM

2.1. Identificação do Empreendimento

Tabela 1 – Identificação do empreendimento

Identificação do Empreendimento	
Nome da estrutura	Barragem da Bacia de Finos da Mina do Recreio
Empreendedor	COPELMI Mineração Ltda
CNPJ	33.059.528/0003-57
Endereço	BR 290 – Km 178 – Vila Santo Antônio – Butiá/RS
Telefone	(51) 3652-1211
Unidade	Mina do Recreio
Representante legal	Carlos Weinschenck de Faria
Responsável técnico	Alexandre Grigorieff
Registro do CREA	RS080977

2.1.2. Listagem de contatos emergenciais

Em caso de situação de emergência deverão ser notificadas às áreas internas da COPELMI que possuem atuação no PAEBM, bem como os órgãos públicos de esferas municipal, estadual e nacional. Os contatos de emergência estão listados nas Tabelas 2, 3 e 4.

Tabela 2 – Contatos emergenciais da equipe interna em uma situação de emergência

CONTATOS PRIORITÁRIO EM SITUAÇÃO DE EMERGÊNCIA		
Elemento de Notificação	Nome do Responsável	Telefone
Coordenador - PAEBM	João Francisco L. Feijó	(51) 99962-4811
Coordenados Substituto - PAEBM	Márcio Ronchi	(51) 99883-5474
Empreendedor	Carlos Weinschenck de Faria	(51) 3254-5700
Relações públicas	Cristiano C. Weber	(51) 99866-0377
Responsável técnico	Alexandre Grigorieff	(51) 99965-4297
OPERACIONAL, SEGURANÇA DO TRABALHO, COMUNICAÇÃO		
Elemento de Notificação	Nome do Responsável	Telefone
Beneficiamento	Supervisor do turno	(51) 99656-7129
Geologia	Gustavo Bastiani	(51) 99733-1078
Manutenção elétrica	José Luís Longhi Netto	(51) 99916-4376
Manutenção mecânica	Norberto José Confortin	(51) 99674-6171

	PLANO DE AÇÃO DE EMERGÊNCIA PARA BARRAGENS DE MINERAÇÃO - Mina do Recreio -	PAEBM-BAR-RE-01
		Revisão: 09
		Data: 05/03/2026

Meio Ambiente, Controle e qualidade	Daniela da Silva	(51) 99656-7128
Planejamento	Anuar Bergamaschi Pires	(51) 99783-0323
Recursos humanos	Priscila Vaz	(51) 99895-9134
Recuperação de área	Wladimir José Nunes	(51) 99644-1469
Segurança do trabalho	Elusardo Lechner	(51) 99567-3497

SEGURANÇA PATRIMONIAL

Auxiliar de segurança patrimonial	Adriano Freitas de Moura	(51) 99879-9954
	Giovane Job	
	Gustavo Martins da Silva	
	José Ido do Nascimento	
	Manoela Flores da Silva	
	Pamela Flores Fernandes	

Tabela 3 – Contatos emergenciais das consultorias em uma situação de emergência

Consultoria	Nome do Responsável	Telefone
ACZ Engenharia e Mineração	André Cezar Zingano	(51) 98411-9935
Fundação Luiz Englert	Jair Carlos Koppe	(51) 99965-4847
GeoMZ – Soluções e Inovação	Marília Abrão Zeni	(51) 98220-8521

Tabela 4 – Contatos emergenciais externos em uma situação de emergência

Instituição	Nome	Telefone / e-mail
ANM – Agência Nacional de Mineração – Brasília	Eliezer Senna Gonçalves Junior	(61) 3312-6970 Eliezer.Junior@anm.gov.br
ANM – Agência Nacional de Mineração – Rio Grande do Sul	José Eduardo da Costa Duarte	anm.rs@anm.gov.br
CENAD - Centro Nacional de Gerenciamento de Risco e Desastres	Armin Augusto Braun	(61) 2034-4600 / plantaocenad@gmail.com
Defesa Civil – Butiá/RS	Coordenadoria Municipal de Defesa Civil	(51) 98048-6745 / defesacivil@butia.rs.gov.br
Defesa Civil - Rio Grande do Sul	Coronel PM Luciano Chaves Boeira	(51) 3221-7098 / defesacivil-metropolitana@casamilitar.rs.gov.br
FEPAM - Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luis Roessler	Equipe de Plantonistas da Divisão de Emergências Ambientais	(51) 99982-7840 / emergencia@fepam.rs.gov.br
Prefeitura Municipal de Butiá/RS	Jefferson Salatiel Vieira	(51) 3270-6000 jefferson.vieira@butia.rs.gov.br

	PLANO DE AÇÃO DE EMERGÊNCIA PARA BARRAGENS DE MINERAÇÃO - Mina do Recreio -	PAEBM-BAR-RE-01
		Revisão: 09
		Data: 05/03/2026

3. RESPONSABILIDADES E ATRIBUIÇÕES NO PAEBM

3.1. Empreendedor

- Elaborar o PAEBM, incluindo o estudo e o mapa de inundação;
- Quando solicitado formalmente disponibilizar informações de ordem técnica às entidades de fiscalização e de defesa civil;
- Promover treinamentos internos, com no máximo 06 (seis) meses, e manter os respectivos registros junto ao PAEBM;
- Realizar, juntamente com os órgãos locais de proteção e defesa civil, exercício prático de simulação de situação de emergência com a população da área potencialmente afetada por eventual ruptura da barragem e, caso solicitado formalmente pela Defesa Civil e manter os registros junto ao PAEBM;
- Designar formalmente o coordenador e o substituto do PAEBM;
- Possuir equipe de segurança da barragem capaz de detectar, avaliar e classificar as situações de emergência em potencial, de acordo com os níveis de alerta e emergência, descritos no Art. 41 da Resolução ANM 95.
- Declarar situação de emergência e executar as ações descritas no PAEBM;
- Executar as ações previstas no fluxograma de notificação;
- Notificar a defesa civil estadual, municipal e nacional, as prefeituras envolvidas, os órgãos ambientais competentes e a ANM em caso de situação de emergência;
- Emitir e enviar, via SIGBM, a DEE, de acordo com o modelo do estabelecido no citado sistema, em até 5 (cinco) dias após o encerramento da citada emergência;
- Providenciar a elaboração do RCCA, conforme art. 43 desta Resolução, com a ciência do responsável legal da barragem, dos organismos de defesa civil e das prefeituras envolvidas;
- Fornecer aos organismos de defesa civil municipais os elementos necessários para a elaboração dos Planos de Contingência em toda a extensão do mapa de inundação;
- Prestar apoio técnico aos municípios potencialmente impactados nas ações de elaboração e desenvolvimento dos Planos de Contingência Municipais, realização de simulados e audiências públicas;
- Estabelecer, em conjunto com a Defesa Civil, estratégias de alerta, comunicação e orientação à população potencialmente afetada na ZAS, sobre procedimentos a serem adotados nas situações de emergência auxiliando na elaboração e implementação do plano de ações na citada zona;

	PLANO DE AÇÃO DE EMERGÊNCIA PARA BARRAGENS DE MINERAÇÃO - Mina do Recreio -	PAEBM-BAR-RE-01
		Revisão: 09
		Data: 05/03/2026

- Alertar a população potencialmente afetada na ZAS, caso se declare Nível de Emergência 3, sem prejuízo das demais ações previstas no PAEBM e das ações das autoridades públicas competentes;
- Ter pleno conhecimento do conteúdo do PAEBM, nomeadamente do fluxo de notificações;
- Assegurar a divulgação do PAEBM e o seu conhecimento por parte de todos os entes envolvidos;
- Orientar, acompanhar e dar suporte no desenvolvimento dos procedimentos operacionais do PAEBM;
- Avaliar, em conjunto com a equipe técnica de segurança de barragem, a gravidade da situação de emergência identificada;
- Acompanhar o andamento das ações realizadas, frente à situação de emergência e verificar se os procedimentos necessários foram seguidos;
- Executar as notificações previstas no fluxograma de notificações;
- Instalar, nas comunidades inseridas na ZAS, sistema sonoro ou outra solução tecnológica de maior eficácia, com redundância, visando alertar a ZAS, tendo como base o item 5.3 do "Caderno de Orientações para Apoio à Elaboração de Planos de Contingência Municipais para Barragens", instituído pela Portaria nº 187, de 26 de outubro de 2016, da Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil do Ministério da Integração Nacional ou documento legal que venha a sucedê-lo;
- Para os casos não contemplados no inciso XXII, e quando o item de "população a jusante" obtiver pontuação 3 (três) ou 5 (cinco), instalar sistema sonoro ou outra solução tecnológica de maior eficácia no entorno da estrutura, preferencialmente fora da mancha de inundação de modo a alertar as pessoas possivelmente afetadas;
- Prover os recursos necessários à garantia de segurança da barragem e, em caso de acidente ou desastre, à reparação dos danos à vida humana, ao meio ambiente e aos patrimônios público e privado, até o descadastramento da estrutura;
- Notificar imediatamente à ANM, à autoridade licenciadora do Sisnama e ao órgão de proteção e defesa civil qualquer alteração das condições de segurança da barragem que possa implicar acidente ou desastre.

3.2. Coordenador e/ou substituto do PAEBM

O coordenador do PAEBM é o profissional, designado pelo empreendedor da Barragem, o Sr. João Francisco Linck Feijó e, bom como, o substituto o Sr. Márcio Ronchi com autonomia e autoridade para desempenhar a coordenação do plano de emergência, treinado e capacitado para o desempenho da função. No Anexo 1 encontra-se a declaração da designação pelo empreendedor do coordenador e o substituto do PAEBM.

Suas principais atribuições são:

	PLANO DE AÇÃO DE EMERGÊNCIA PARA BARRAGENS DE MINERAÇÃO - Mina do Recreio -	PAEBM-BAR-RE-01
		Revisão: 09
		Data: 05/03/2026

- Ter conhecimento pleno do conteúdo do PAEBM, nomeadamente do fluxo de notificações;
- Orientar, acompanhar e dar suporte no desenvolvimento dos procedimentos operacionais do PAEBM;
- Avaliar em conjunto com a equipe técnica da barragem a gravidade da situação de emergência identificada, conforme os Níveis de Emergência 1, 2 e 3;
- Comunicar ao empreendedor a ocorrência e classificação da mesma, quanto ao Nível de Emergência;
- Comunicar às Defesas Civas a ocorrência e classificação da mesma quanto ao Nível de Emergência;
- Executar as notificações previstas no fluxograma de notificações;
- Solicitar o acionamento do sistema de alerta à população potencialmente afetada na Zona de Autossalvamento (ZAS), a partir do Nível de Emergência 2;
- Estar à disposição dos organismos de defesa civil e demais órgãos governamentais por meio do número de telefone constante do PAEBM, em caso de situação de emergência declarada, e disponibilizar informações, de ordem técnica, quando solicitado formalmente;
- Incluir a abertura no SIGBM, elaborar o Relatório de Inspeção Especial e deverá emitir a Declaração de Encerramento da Emergência (DEE);
- Apoiar e suportar os organismos de defesa civil no planejamento e resgate dos atingidos e nos procedimentos de evacuação da população potencialmente afetada localizada na ZAS (quando houver), quando esta opção for a definida entre o empreendedor e os atores envolvidos no plano de evacuação, como Prefeitura Municipal e Defesa Civil;
- Coordenar o acolhimento inicial nos Pontos de Encontro (PE's) na ZAS (quando houver população na Zona de Autossalvamento);
- Coordenar a evacuação interna quando necessário;
- Autorizar bloqueio das vias internas e saídas de veículos da área interna do empreendimento da barragem;
- Garantir a disponibilidade dos recursos necessários a serem utilizados nas ações corretivas e/ou emergenciais, tais como equipamentos, materiais e mão de obra;
- Coordenar e acompanhar o andamento das ações realizadas frente à situação de emergência e verificar se os procedimentos necessários e designados para a Equipe Técnica de emergência da Barragem, nomeada no fluxo de notificação foram seguidos;
- Coordenar o encerramento da situação de emergência, o preenchimento do Formulário de Declaração de Encerramento da Emergência, quando esta for concluída, e o Relatório de Causas e Consequências do Evento de Emergência em caso de ocorrência de Nível 3.

	PLANO DE AÇÃO DE EMERGÊNCIA PARA BARRAGENS DE MINERAÇÃO - Mina do Recreio -	PAEBM-BAR-RE-01
		Revisão: 09
		Data: 05/03/2026

3.3. Equipe técnica

- Executar medidas emergenciais como atuar diretamente na contenção, estabilização e mitigação de riscos em caso de incidente na barragem;
- Operar equipamentos pesados: escavadeiras, carregadeiras e caminhões para abertura de rotas de fuga, remoção de materiais e apoio logístico;
- Apoiar evacuação e segurança: auxiliar na retirada de trabalhadores e comunidades da Zona de Autossalvamento (ZAS);
- Comunicar ocorrências: reportar à coordenação e às autoridades sobre a evolução da situação;
- Manter prontidão: estar disponível para acionamento imediato, conforme protocolos do PAEBM.

3.4. Equipe de consultoria

- Fornecer análises de risco geotécnico e hidrológico;
- Facilitar a comunicação entre empreendedor, Defesa Civil, ANM e demais órgãos competentes;
- Apoiar na elaboração de protocolos de acionamento e fluxos de informação durante emergências;
- Emitir relatórios técnicos de conformidade e recomendações de melhoria;
- Monitorar a execução das ações previstas no PAEBM;
- Propor medidas de mitigação e cenários de resposta.

3.5. Equipe de segurança patrimonial

- Monitorar entradas e saídas da área da barragem e das instalações da mina;
- Restringir o acesso de pessoas não autorizadas durante emergências;
- Apoiar na organização de pontos de encontro e rotas de evacuação;
- Atuar como elo de comunicação entre a equipe operacional e a coordenação do PAEBM;
- Seguir protocolos de segurança definidos no PAEBM e nas normas da ANM;
- Participar de simulados e treinamentos periódicos para estar preparado para emergências.

3.6. Defesa Civil: municipal e estadual

- Atuar de acordo com as prerrogativas definidas na Lei Federal 12.608/2012, Lei 12.340/2010 e Portaria do Ministério da Integração nº 413/2018;
- Atuar conforme definido em seu plano de contingência, notadamente com as

	PLANO DE AÇÃO DE EMERGÊNCIA PARA BARRAGENS DE MINERAÇÃO - Mina do Recreio -	PAEBM-BAR-RE-01
		Revisão: 09
		Data: 05/03/2026

ações de evacuação e abrigagem temporária da população, e em linha com o “Caderno de Orientações para Apoio à Elaboração de Planos de Contingência Municipais para Barragens” instituído pela Portaria nº 187, de 26 de outubro de 2016 da Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil do Ministério da Integração Nacional.

4. DESCRIÇÃO GERAL DA BARRAGEM E ESTRUTURAS ASSOCIADAS

A Barragem da Bacia de Finos da Mina do Recreio está localizada em Butiá/RS, na Mina do Recreio, administrada pela COPELMI Mineração Ltda. As principais características da estrutura estão listadas na Tabela 5.

Tabela 5 – Características gerais da Barragem da Bacia de Finos da Mina do Recreio

Características Gerais	
Localização (SIRGAS 2000)	30° 08'42"8 latitude Sul e 52° 00'16"4 longitude leste
Endereço	BR 290 – Km 178 – Vila Santo Antônio – Butiá/RS
Finalidade	Bacia de sedimentação de rejeitos finos
Tipo de rejeitos	Rejeitos finos de carvão mineral
Metodologia construtiva	Montante
Altura da Barragem (m)	20
Volume do Reservatório (m³)	2.926.160
Área total (ha)	60
Categoria de Risco	Baixo
Dano Potencial Associado	Alto
Bacia Hidrográfica	Baixo Jacuí
Situação atual	Descomissionada e em monitoramento passivo

No processo de beneficiamento do carvão da Mina do Recreio são produzidos dois tipos de rejeito. Um deles, refere-se a um material “grosso”, com granulometria de areia média e grossa com pedregulhos, que é disposto na forma seca em áreas de bota-fora. O outro, fino, denominado Xilame, que apresenta granulometria de areia fina siltosa, sendo disposto na forma úmida ou hidráulica.

O barramento da barragem de rejeitos da Mina do Recreio consistiu em um barramento com estrutura do maciço mista, construída predominantemente com rejeitos “grosso” oriundo da planta de beneficiamento da mina. Esta barragem foi concebida e empregada, especificamente, para a retenção e disposição dos rejeitos finos da planta de beneficiamento.

Em seu início, a barragem foi posicionada sobre um pilar rochoso (siltito) que separava a bacia de água do lavador de uma pequena cava de mineração que existiu à época. A referida cava possuía uma profundidade média de cerca 30 m e foi preenchida

	PLANO DE AÇÃO DE EMERGÊNCIA PARA BARRAGENS DE MINERAÇÃO - Mina do Recreio -	PAEBM-BAR-RE-01
		Revisão: 09
		Data: 05/03/2026

inicialmente por material estéril proveniente de cortes de lavra, gerando uma espessura de, aproximadamente, 10 metros. Posteriormente, a cava foi preenchida com rejeitos finos da planta de beneficiamento. Com o preenchimento desta cava, e com a construção do barramento inicial, foi dado início à disposição de rejeitos em cota acima da cota do terreno existente (cota 61,8 m).

No princípio, os alteamentos do barramento foram realizados pelo método à jusante até a cota 68,8 m. A utilização do método à jusante teve como meta criar um reforço ou uma berma de equilíbrio na base do aterro.

O barramento foi posicionado no lado leste do depósito. O restante do depósito apresentava uma topografia formada por elevações suaves do terreno. Na medida em que a barragem foi sendo preenchida, foram ocorrendo os alteamentos no barramento leste, formados pelos rejeitos “grossos” da planta de beneficiamento, sendo preenchido o espaço existente entre o barramento leste e as referidas elevações do terreno existentes ao redor da barragem.

Com a continuidade do alteamento e o preenchimento do espaço existente inicial, a barragem começou a expansão de sua área através da construção de diques de contorno de pequena altura. Isto ocorreu na continuidade do barramento leste original (barramento principal) e na porção norte da barragem. A barragem, nos seus lados sul e oeste, continuou confinada pelo terreno existente até o final da operação da barragem. Na medida em que a barragem foi sendo alteada, o vertedouro foi sendo realocado. Ao longo dos primeiros anos até 2011, o vertedouro foi construído no lado sul da barragem. A partir de 2011, o vertedouro passou a ser construído no lado norte.

Ao longo da expansão de área da barragem, foram sendo reposicionadas as valetas do entorno da barragem, às quais evitam a entrada de águas da drenagem externa da barragem para o seu interior.

Em 2019, com a impossibilidade de novos alteamentos nas barragens construídas pelo método à montante definido pelas Resoluções ANM n.º 04 e n.º 13 (a barragem encontrava-se na cota 79,8 m), a empresa buscou uma alternativa para a barragem, de modo que pudesse acomodar seus rejeitos finos e, assim, permitir a continuidade da operação da planta de beneficiamento e das minas existentes nas proximidades desta planta. A solução adotada foi a construção de duas bacias (cavas), as quais passariam a receber o rejeito fino produzido pela planta.

Em janeiro de 2020, levando em consideração às exigências das Resoluções da ANM, foi dado início à construção do reforço da barragem com o objetivo de aumentar a sua estabilidade, eliminar as surgências existentes, à época, no barramento principal e iniciar o preparo da barragem para o seu fechamento. Os materiais utilizados no reforço da barragem (argila e siltito) foram originários da obra de escavação da Bacia 1. A obra do reforço foi concluída no início do segundo semestre de 2020. A inclinação do barramento principal, que antes do reforço variava de 2,5:1 a 6:1, após o reforço, passou a ser de 8:1, na maior parte

	PLANO DE AÇÃO DE EMERGÊNCIA PARA BARRAGENS DE MINERAÇÃO - Mina do Recreio -	PAEBM-BAR-RE-01
		Revisão: 09
		Data: 05/03/2026

da extensão do barramento.

Após a conclusão do reforço, foi dado início ao recobrimento da praia de rejeitos da barragem através do emprego dos materiais escavados da Bacia 2, iniciando assim, a descaracterização da estrutura. Na mesma época, foi realizado o descomissionamento da barragem com a remoção de todas as infraestruturas que compunham a barragem e que permitiam a sua operação.

A construção e a operação destas bacias foram licenciadas pelo órgão ambiental do estado do Rio Grande do Sul, FEPAM. A emissão da Licença de Operação - LO da Bacia 1 se deu em fevereiro de 2021. Após a emissão da LO, a Copelmi, de imediato, paralisou o envio dos rejeitos para a barragem e passou a bombear o rejeito fino para a bacia (cava) licenciada.

A continuidade do recobrimento da estrutura com materiais silte-argilosos, ocorreu até janeiro de 2022. Após esta data, foram executadas as obras de recobrimento da barragem com solo vegetal (*top-soil*) e lodo orgânico (até junho/2022), seguidas da correção da acidez do solo e do plantio de gramíneas (até julho 2022) e construção das estruturas de drenagem das águas pluviais direcionadas para a área da estrutura (julho 2022).

5. DETECÇÃO, AVALIAÇÃO E CLASSIFICAÇÃO DAS SITUAÇÕES DE ALERTA E/OU DE EMERGÊNCIA EM NÍVEIS 1, 2 E/OU 3

5.1 Classificação dos níveis de alerta e emergência

A detecção de uma situação de emergência inicia-se a partir de: inspeções de campo realizadas pela equipe técnica, ou através de observações de irregularidades percebidas por outros colaboradores da COPELMI ou terceiros, ou através das câmeras de monitoramento, ou pelo deslocamento dos marcos topográficos através do monitoramento da estação robótica ou pelo nível de água dos piezômetros ou indicadores de níveis d'água. Após a identificação de uma situação insegura, a equipe técnica avalia, classifica e aciona o Coordenador do PAEBM caso seja configurada uma situação de emergência.

A COPELMI ao ter conhecimento de uma situação de alerta ou de emergência expressa no art. 40 da Resolução n.º 95, deve avaliá-la e classificá-la, por intermédio do coordenador do PAEBM e da equipe de segurança de barragens, de acordo com os seguintes Níveis da Tabela 6.

	PLANO DE AÇÃO DE EMERGÊNCIA PARA BARRAGENS DE MINERAÇÃO - Mina do Recreio -	PAEBM-BAR-RE-01
		Revisão: 09
		Data: 05/03/2026

Tabela 6 – Níveis de alerta e emergência

Situação	Nível	Definição
Alerta	-	• Detectada anomalia com pontuação 6 (seis) na mesma coluna do Quadro 3 - Matriz de Classificação Quanto à Categoria de Risco (1.2 - Estado de Conservação) do Anexo IV em 2 (dois) EIR seguidos; ou • Detectada anomalia que não implique em risco imediato à segurança, mas que deve ser controlada e monitorada; • A critério da ANM.
	NE1	• Quando a barragem de mineração estiver com Categoria de Risco Alta; ou • Quando for detectada anomalia com pontuação 6 (seis) na mesma coluna do Quadro 3 – Matriz de Classificação Quanto à Categoria de Risco (1.2 - Estado de Conservação) do Anexo IV em 4 (quatro) EIR seguido; ou • Quando for detectada anomalia com pontuação 10 (dez) no EIR; ou • Qualquer situação elencada no § 1º do art. 5º da Resolução ANM 95; ou • Quando o Fator de Segurança drenado estiver entre $1,3 \leq FS < 1,5$ ou Fator de Segurança não drenado de pico estiver entre $1,2 \leq FS < 1,3$ ou quando o Fator de Segurança não drenado de pico estiver entre $1,2 \leq FS < 1,5$ para os casos elencados no inciso I, § 5º, do art. 54 desta Resolução; ou • Para qualquer outra situação com potencial comprometimento de segurança da estrutura.
Emergência	NE2	• Quando o resultado das ações adotadas na anomalia referida no inciso I for classificado como “não controlado”, de acordo com a definição do § 1º do art. 31 desta Resolução; ou • Quando o Fator de Segurança drenado estiver entre $1,1 \leq FS < 1,3$ ou Fator de Segurança não drenado de pico estiver entre $1,0 \leq FS < 1,2$.
	NE3	• A ruptura é inevitável ou está ocorrendo; ou • Quando o Fator de Segurança drenado estiver abaixo de 1,1 ou Fator de Segurança não drenado de pico estiver abaixo de 1,0.

§ 1º Após a classificação quanto aos Níveis de Emergência, o coordenador do PAEBM deve declarar Situação de Emergência e executar as ações descritas neste PAEBM;

	PLANO DE AÇÃO DE EMERGÊNCIA PARA BARRAGENS DE MINERAÇÃO - Mina do Recreio -	PAEBM-BAR-RE-01
		Revisão: 09
		Data: 05/03/2026

§ 2º Declarada a Situação de Emergência, o coordenador do PAEBM deve comunicar e estar à disposição dos organismos de defesa civil por meio do número de telefone constante do PAEBM para essa finalidade;

§ 3º Quando a barragem for classificada em nível de emergência, o empreendedor deverá imediatamente, sob pena de embargo ou suspensão de atividade da barragem de mineração, interromper o lançamento de efluentes e (ou) rejeitos no reservatório, e manter os serviços de monitoramento, manutenção e conservação da estrutura de contenção de rejeitos e sedimentos.

Tabela 7 – Critérios na classificação do nível de emergência 1 (NE1)

Nível de emergência	Situação
NE1	CATEGORIA DE RISCO Quando a barragem de mineração estiver com Categoria de Risco Alta.
	ESTADO DE CONSERVAÇÃO Quando for detectada anomalia com pontuação 6 (seis) na mesma coluna do Quadro 3 – Matriz de Classificação Quanto à Categoria de Risco (1.2 - Estado de Conservação) do Anexo IV em 4 (quatro) EIR seguido; ou
	Quando for detectada anomalia com pontuação 10 (dez) no EIR
	INSTABILIZAÇÃO / PRESSÃO E NÍVEL D'ÁGUA NO MACIÇO No caso da análise de estabilidade elaborada, na seção transversal (CC') monitorada por indicadores de nível s' água instalados em posições que permitam definir a rede de fluxo estabelecida no maciço e na fundação, quando o Fator de Segurança drenado estiver entre $1,3 \leq FS < 1,5$ ou Fator de Segurança não drenado de pico estiver entre $1,2 \leq FS < 1,3$ ou quando o Fator

 COPELMI MINERAÇÃO LTDA.	PLANO DE AÇÃO DE EMERGÊNCIA PARA BARRAGENS DE MINERAÇÃO - Mina do Recreio -	PAEBM-BAR-RE-01
		Revisão: 09
		Data: 05/03/2026

	de Segurança não drenado de pico estiver entre $1,2 \leq FS < 1,5$ (Anexo 2). PERCOLAÇÃO E/OU PIPING Percolação não controlada emergindo no talude de jusante do maciço, na fundação, nas ombreiras no contato com o maciço, fundação e/ou no contato com estruturas de concreto, com carreamento de sólidos ou com vazão crescente ou infiltração do material contido. DEFORMAÇÃO Descolamento dos prismas topográficos medidos pela estação robótica, os limites estão definidos na carta de risco (Anexo 3).
--	--

Tabela 8 – Critérios na classificação do nível de emergência 2 (NE2)

Nível de emergência	Situação
NE2	ESTADO DE CONSERVAÇÃO Situação das anomalias detectadas no NE1, quando não controladas ou com comprovada evolução. PERCOLAÇÃO E/OU PIPING Surgência pelo maciço, fundação e/ou no contato com estruturas de concreto, caracterizada no NE-1, persiste e soluções adotadas não foram efetivas, portanto, a anomalia não foi extinta ou controlada. DEFORMAÇÃO Descolamento dos prismas topográficos medidos pela estação robótica, os limites estão definidos na carta de risco (Anexo 3).

 COPELMI MINERAÇÃO LTDA.	PLANO DE AÇÃO DE EMERGÊNCIA PARA BARRAGENS DE MINERAÇÃO - Mina do Recreio -	PAEBM-BAR-RE-01
		Revisão: 09
		Data: 05/03/2026

Tabela 9 – Critérios na classificação do nível de emergência 3 (NE3)

Nível de emergência	Situação
NE3	ESTADO DE CONSERVAÇÃO Situação encontra-se fora do controle e está afetando a segurança estrutural da barragem de maneira severa e irreversível. Ruptura iminente ou está ocorrendo.
	PERCOLAÇÃO E/OU PIPING Erosão regressiva com formação e progressão do tubo (piping) e vazão crescente. Situação sem controle.
	DEFORMAÇÃO Descolamento dos prismas topográficos medidos pela estação robótica, os limites estão definidos na carta de risco (Anexo 3).

6. AÇÕES ESPERADAS PARA CADA NÍVEL DE EMERGÊNCIA

Após a detecção de qualquer anomalia ou ocorrência, a primeira ação a ser empreendida pelo coordenador do PAEBM é a classificação do nível de resposta. Posteriormente, consoante a classificação estabelecida, deve-se seguir as ações predefinidas para cada nível de resposta. Nos casos mais simples, que é o da barragem Bacia de Fino da Mina do Recreio, as ações de resposta estão concentradas no coordenador do PAEBM. Na Tabela 10, estão registradas ações a serem implementadas pelo coordenador para nível NE1, na Tabela 11 encontram-se as ações para nível NE2, na Tabela 12 ações para nível de resposta NE3.

	PLANO DE AÇÃO DE EMERGÊNCIA PARA BARRAGENS DE MINERAÇÃO - Mina do Recreio -	PAEBM-BAR-RE-01
		Revisão: 09
		Data: 05/03/2026

Tabela 10 – Nível de resposta NE1 - ações de resposta a ser implementada pelo coordenador do PAEBM

Ação	Quando	Tipo
- Promover a avaliação da natureza e extensão do incidente; - Declarar o nível de resposta amarelo.	- Após detectar a anomalia ou ocorrência.	- Classificação do nível de resposta.
- Notificar os recursos internos; - Nos casos restantes notificação no sentido de intensificar o monitoramento; - Notificar o empreendedor; - Promover contato com autoridades externas com responsabilidades instituídas.	- Após identificar o nível de resposta.	- Notificação interna e externa de entidades com responsabilidades instituídas para apoio na gestão da emergência.
- Implementar o monitoramento ou a observação mais intensa da barragem; - Monitorar as descargas a jusante, consultar o mapa de inundação, registrar todas as observações e ações; - Verificar a operacionalidade dos meios de emergência, sistemas de comunicação, grupos de emergência, sistemas de notificação e alerta; - Mobilizar os meios de apoio humanos, materiais e logísticos.	- Após identificar o nível de resposta e ao longo de toda a situação de emergência.	- Monitoramento da situação.
- Implementar medidas preventivas e corretivas promover o deslocamento de técnicos especialistas para avaliar a natureza e extensão do incidente e propor soluções.	- Durante a situação de alerta.	- Implementação de medidas preventivas e corretivas em função do tipo de ocorrência.



 COPELMI MINERAÇÃO LTDA.	PLANO DE AÇÃO DE EMERGÊNCIA PARA BARRAGENS DE MINERAÇÃO - Mina do Recreio -	PAEBM-BAR-RE-01
		Revisão: 09
		Data: 05/03/2026

Ação	Quando	Tipo
- Notificar a entidade fiscalizadora; - Manter contato com as entidades alertadas durante a ocorrência com informações regulares e sempre que os níveis de água e os volumes descarregados se alterem significativamente.	- Durante a situação de alerta.	- Notificação e alerta.
- Verificar se as medidas implementadas deram resultado, declarando o encerramento da emergência e elaborando o relatório de encerramento de eventos de emergência; - Verificar se a situação retrocedeu para o nível de resposta verde, ou se a situação evoluiu para o nível de resposta laranja.	- Após aplicar as medidas.	- Reclassificação do nível de resposta.

Tabela 11 – Nível de resposta NE2 - ações de resposta a ser implementada pelo coordenador do PAEBM

Ação	Quando	Tipo
- Promover a avaliação da natureza e extensão do incidente; - Declarar o nível de resposta laranja.	- Após detectar a anomalia ou ocorrência.	- Classificação do nível de resposta.
- Notificar os recursos internos para ficarem em estado de vigilância permanente; - Notificar o empreendedor; - Promover contato com entidades externas com responsabilidades instituídas.	- Após identificar o nível de resposta.	- Notificação interna e externa das entidades com responsabilidades instituídas para apoio na gestão da emergência.



	PLANO DE AÇÃO DE EMERGÊNCIA PARA BARRAGENS DE MINERAÇÃO - Mina do Recreio -	PAEBM-BAR-RE-01
		Revisão: 09
		Data: 05/03/2026

- Proceder à evacuação do pessoal que trabalha nas imediações da barragem que não são necessários para a gestão de emergência; - Condicionar o acesso à zona da barragem; - Implementar monitoramento contínuo das afluentes e efluentes da barragem; - Registrar todas ações e observações; - Verificar a operacionalidade dos meios de emergência.	- Após identificar o nível de resposta e ao longo de toda a situação de alerta.	- Monitoramento da situação.
- Implementar medidas preventivas e corretiva; - Promover o deslocamento de especialistas à barragem.	- Durante a situação de alerta.	- Implementação de medidas preventivas e corretivas em função do tipo de ocorrência.
- Notificar as entidades conforme fluxograma de notificação; - Informar regularmente as autoridades da situação da barragem; - Alerta: acionar a serine evacuação de pessoas que possam estar na área da ZAS; - Proceder à evacuação de todo pessoal que trabalha a jusante da barragem, manter unicamente o estritamente fundamental para a gestão de emergência.	- Durante a situação de alerta.	- Alerta e aviso.
- Verificar se as medidas implementadas deram resultado e se a situação retrocedeu para o nível de amarelo (elaborando relatório de encerramento de eventos de emergência) ou se a situação evoluiu para o nível de vermelho.	- Após aplicar as medidas.	- Reclassificação do nível de resposta.

	PLANO DE AÇÃO DE EMERGÊNCIA PARA BARRAGENS DE MINERAÇÃO - Mina do Recreio -	PAEBM-BAR-RE-01
		Revisão: 09
		Data: 05/03/2026

Tabela 12 – Nível de resposta NE3 - ações de resposta a ser implementada pelo coordenador do PAEBM

Ação	Quando	Tipo
- Promover a avaliação da natureza e extensão do incidente; - Declarar o nível de resposta vermelho.	- Após detectar a anomalia ou ocorrência.	- Classificação do nível de resposta.
- Notificar os recursos internos de gestão de emergência no sentido de se retirarem para a sala de emergência; - Notificar o empreendedor; - Promover contato com as entidades externas.	- Após identificar o nível de resposta.	- Notificação interna e externa das entidades com responsabilidades instituídas para apoio na gestão da emergência.
- Vedar o acesso à zona da barragem; - Implantar o monitoramento contínuo da barragem; - Registrar todas as ações e observações; - Verificar a funcionalidade dos meios de emergência; - Mobilizar os meios de apoio humano, materiais e logísticos considerados necessários.	- Após identificar o nível de resposta e ao longo de toda a situação de alerta.	- Monitoramento da situação.
- Implementar medidas preventivas e corretiva; - Reduzir o armazenamento ou esvaziar o reservatório no caso de anomalias do comportamento estrutural da barragem.	- Durante a situação de alerta.	- Implementação de medidas preventivas e corretivas em função do tipo de ocorrência.
- Notificar as entidades conforme fluxograma de notificações; - Manter contato durante a ocorrência com informações regulares da evolução das condições da barragem;	- Durante a situação de alerta.	- Alerta e aviso.
- Verificar se as medidas implementadas deram resultado e se a situação retrocedeu para o nível de resposta laranja; - Se ocorreu ruptura, elaborando o relatório de encerramento de eventos de emergência.	- Após a aplicação das medidas.	- Reclassificação do nível de resposta.



	PLANO DE AÇÃO DE EMERGÊNCIA PARA BARRAGENS DE MINERAÇÃO - Mina do Recreio -	PAEBM-BAR-RE-01
		Revisão: 09
		Data: 05/03/2026

7. DESCRIÇÃO DOS PROCEDIMENTOS PREVENTIVOS E CORRETIVOS

7.1. Descrição dos procedimentos preventivos

As inspeções visuais e a instrumentação são as ferramentas principais do monitoramento da barragem Bacia de Finos da Mina do Recreio permitindo a detecção de eventos que podem acarretar danos a barragem. A equipe responsável pelas inspeções tem a responsabilidade de identificar potenciais problemas na barragem, avaliar as causas dos mesmos e alertar a equipe de segurança.

Os dados de instrumentação devem ser interpretados e avaliados, tendo em vista o caráter de previsão de problemas que podem estar estampados nesses dados. A inspeção deve avaliar o funcionamento dos instrumentos e a coerência dos dados obtidos durante as medições. A partir dessa avaliação as medidas necessárias deverão ser implementadas. As Cartas de Risco, no Anexo 2 e 3, indicam o nível de risco para uma condição específica de medidas do nível d'água nos indicadores de nível d'água (INAs) na seção crítica da barragem e nos prismas ópticos para deslocamentos do talude de jusante.

A Tabela 13 apresenta os procedimentos preventivos de inspeção de barragem, a frequência, o tipo de registro e quem realiza a inspeção definidos pela COPELMI.

Tabela 13 – Procedimentos preventivos de inspeção da barragem

Tipo de inspeção/monitoramento	Periodicidade	Registro	Responsável
Visual	Segunda-feira à sábado	RG-GE-240 - Monitoramento e Controle	Equipe de monitoramento da barragem
Regular	Quinzenal	RG-GE-153 - Ficha de inspeção regular da barragem e Extrato de inspeção regular (EIR) no SIGBM	Equipe de inspeção interna
Especial	Quando necessário	RG-GE-241 – Ficha Inspeção Especial Diária da Barragem; EIE – Extrato de inspeção especial no SIGBM	Equipe de inspeção interna e consultoria externa
Indicadores de níveis d'água, piezômetros, calha parshall	Segunda-feira à sábado	RG-GE-240 - Monitoramento e Controle	Equipe de monitoramento da barragem
Prismas ópticos	Domingo à domingo	Estação robótica	Equipe de planejamento

	PLANO DE AÇÃO DE EMERGÊNCIA PARA BARRAGENS DE MINERAÇÃO - Mina do Recreio -	PAEBM-BAR-RE-01
		Revisão: 09
		Data: 05/03/2026

Câmeras de monitoramento	Domingo à domingo, 24h	VDR	Equipe de vigilância e monitoramento
Pluviometria	Domingo à domingo	RG-GE-240 - Monitoramento e Controle	Equipe de controle e qualidade

7.2. Descrição dos procedimentos corretivos

Os serviços de manutenção da barragem também são acionados a partir de observações constatadas nas inspeções regulares/visuais e monitoramentos. A manutenção é programada e realizada de modo a evitar o surgimento de uma possível anomalia ou a progressão da mesma, evitando comprometer a operação e segurança da estrutura.

O programa de manutenção periódica da barragem inclui a manutenção regular da instrumentação, da crista, da proteção dos taludes, do controle desde a vegetação até as tocas de animais, manutenção do sistema de drenagem superficial, poda da vegetação.

8. RECURSOS HUMANOS, MATERIAIS E LOGÍSTICOS DISPONÍVEIS PARA USO EM SITUAÇÃO DE EMERGÊNCIA

8.1. Materiais, equipamentos e logísticos para uso em situação de emergência

Para enfrentar situações de emergência devem existir recursos materiais fixos e mobilizáveis, destacando-se meios de comunicação, fornecimento de energia, equipamentos de escavação, carregamento e transporte, entre outros. Esses recursos são necessários para um atendimento imediato e provisório em condições de emergência que estejam iniciando, permitindo um tempo suficiente para a chegada de equipe, equipamentos e materiais para uma ação mais efetiva para atender a emergência.

Destaca-se que os equipamentos listados não são alocados essencialmente para atendimento às situações de emergência com barragens, mas são equipamentos que compõem o quadro operacional da mina e na declaração da emergência serão revertidos diretamente para controle e mitigação da situação adversa identificada.

Tabela 14 – Estimativa de materiais/equipamentos disponíveis e sua locação

Material / Equipamento	Localização	Área Responsável
Ambulância	Portaria – Mina do Recreio	Saúde Ocupacional
Caminhão pipa	Mina do Recreio	Beneficiamento e mineração
Cones p/ isolamento e sinalização	Sala de emergência	Brigada de emergência
Fita sinalizadora	Sala de emergência	Brigada de emergência

	PLANO DE AÇÃO DE EMERGÊNCIA PARA BARRAGENS DE MINERAÇÃO - Mina do Recreio -	PAEBM-BAR-RE-01
		Revisão: 09
		Data: 05/03/2026

Torres de iluminação e lanternas	Mina do Recreio	Manutenção elétrica
Veículos leves	Mina do Recreio	Diversas
Equipamentos de terraplanagem / insumos		
Caminhão	Mina do Recreio	Beneficiamento e mineração
Caminhão basculante	Mina do Recreio	Beneficiamento e mineração
Caminhão comboio	Mina do Recreio	Manutenção
Motoniveladoras	Mina do Recreio	Beneficiamento e mineração
Pás carregadeiras	Mina do Recreio	Beneficiamento e mineração
Retroescavadeira e escavadeira	Mina do Recreio	Beneficiamento e mineração
Tratores de esteira	Mina do Recreio	Beneficiamento e mineração
Equipamentos de rebaixamento de nível d'água		
Bomba submersível	Mineração	Setor de meio ambiente

8.2. Recursos humanos - Responsabilidades da equipe técnica envolvida no fluxo de ações do PAEBM durante a emergência

Para atender o PAEBM a COPELMI possui uma equipe técnica responsável pela segurança da barragem os demais colaboradores para efetivação das ações necessárias para operar, cuidar e avaliar a estrutura física da barragem.

8.2.1 Manutenção elétrica e mecânica

- Executar os serviços de manutenção corretiva definidos pela equipe Técnica de Geotecnia e/ou consultoria técnica especializada;
- Comandar a execução das ações corretivas definidas pela equipe técnica de geotecnia, em campo e/ou apoiar a empresa especializada contratada para a execução dos serviços;
- Garantir que todos os recursos de equipamentos, materiais e mão de obra disponíveis na área operacional do empreendimento estejam à disposição do coordenador do PAEBM para atuar na situação de emergência;
- Contribuir na elaboração do relatório de encerramento do evento de emergência.

	PLANO DE AÇÃO DE EMERGÊNCIA PARA BARRAGENS DE MINERAÇÃO - Mina do Recreio -	PAEBM-BAR-RE-01
		Revisão: 09
		Data: 05/03/2026

8.2.2 Meio ambiente, controle e qualidade

- Identificar os riscos ao meio ambiente e avaliar os impactos ambientais, em decorrência da situação de emergência, repassando as informações ao coordenador do PAEBM;
- Atuar no monitoramento ambiental das áreas afetadas e recursos hídricos impactados;
- Contribuir na elaboração do relatório de encerramento do evento de emergência.

8.2.3 Relações públicas

- Assessorar e orientar a empresa (em toda a sua extensão) nos aspectos de comunicação institucional;
- Acionar os veículos de comunicação para notificação à população potencialmente afetada na ZAS, a partir do Nível 2;
- Contribuir na elaboração do relatório de encerramento do evento de emergência.

8.2.4 Recursos humanos

- Promover o acolhimento dos empregados das unidades possivelmente afetadas;
- Informar a relação dos empregados próprios lotados na unidade afetada;
- Contatar os sindicatos e mantê-los informados sobre a situação de emergência;
- Contribuir na elaboração do relatório de encerramento do evento de emergência.

8.2.5 Segurança do trabalho

- Dar suporte ao isolamento das áreas de risco;
- Apoiar tecnicamente o coordenador do plano na avaliação dos riscos gerados pela emergência aos trabalhadores;
- Contribuir na elaboração do relatório de encerramento do evento de emergência.

8.2.6 Geologia e planejamento

- Deslocar imediatamente para o local onde foi identificado a situação adversa,

	PLANO DE AÇÃO DE EMERGÊNCIA PARA BARRAGENS DE MINERAÇÃO - Mina do Recreio -	PAEBM-BAR-RE-01
		Revisão: 09
		Data: 05/03/2026

para avaliar o cenário e o nível da emergência; bem como classificar a gravidade da situação de emergência identificada, conforme os níveis de Emergência Níveis 1, 2 e 3 e reportar ao Coordenador;

- Avaliar, definir e orientar ações corretivas necessárias;
- Contatar responsável técnico pelo projeto e obra e/ou consultor externo, quando necessário, para apoio nas definições de ações corretivas;
- Acompanhar e registrar as ações de reparo necessárias à mitigação/eliminação, da situação adversa. Esta ação poderá ocorrer em conjunto com as demais áreas técnicas envolvidas nas ações de mitigação e reparo;
- Realizar diariamente a Inspeção de Segurança Especial (ISE) na barragem até que a anomalia seja classificada como extinta ou controlada;
- Acompanhar e prestar as informações necessárias aos representantes da ANM e demais órgãos governamentais;
- Contribuir na elaboração do relatório de encerramento do evento de emergência.

9. PROCEDIMENTOS DE COMUNICAÇÃO E NOTIFICAÇÃO (INCLUINDO O FLUXOGRAMA DE NOTIFICAÇÃO)

Os fluxogramas de notificação e ações de resposta descrevem detalhadamente os procedimentos de notificação, abrangendo a comunicação entre os agentes internos da empresa e as autoridades externas, tais como os órgãos de Defesa Civil municipais, estaduais e nacionais, além de demais autoridades públicas competentes. Esses fluxogramas também incluem as ações de resposta a emergências.

O coordenador e/ou substituto do PAEBM é responsável por gerenciar a comunicação com a equipe interna da Copelmi, bem como com os órgãos de fiscalização e a Defesa Civil, independentemente do nível de classificação da emergência.

Segue o fluxo detalhado e encadeado, abrangendo desde a identificação e classificação das anomalias até a implementação de medidas de mitigação.

a) Identificação da Anomalia:

Responsáveis: Sistemas de monitoramento (ETR, INAs/PZs, prismas, câmeras);

Ação: Detectar variações, movimentos ou qualquer condição irregular nos taludes ou na barragem;

Procedimento: Auxiliar de segurança patrimonial analisa os dados em tempo real e confirma a anomalia.

b) Classificação da Anomalia:

Responsáveis: Coordenador ou substituto do PAEBM e equipe técnica;

	PLANO DE AÇÃO DE EMERGÊNCIA PARA BARRAGENS DE MINERAÇÃO - Mina do Recreio -	PAEBM-BAR-RE-01
		Revisão: 09
		Data: 05/03/2026

Ação: Classificar a gravidade da anomalia com base nos parâmetros técnicos e normativos;

Procedimento: Utilizar protocolos predefinidos para determinar se a anomalia representa risco iminente ou potencial.

c) Comunicação Interna:

Responsáveis: Auxiliar de segurança patrimonial e coordenador do PAEBM;

Ação: Reportar a anomalia ao coordenador/substituto e à equipe interna responsável;

Procedimento: Reunir informações detalhadas da anomalia e convocar equipe técnica para definição de estratégias.

d) Avaliação Técnica e Decisão de Acionamento:

Responsáveis: Coordenador ou substituto do PAEBM e equipe técnica;

Ação: Avaliar os resultados dos sistemas de monitoramento e decidir sobre o acionamento de sirene;

Procedimento: Confirmada a gravidade, comunicar ao auxiliar de segurança patrimonial para ativar o alerta sonoro.

e) Acionamento da Sirene:

Responsáveis: Auxiliar de segurança patrimonial;

Ação: Acionar as sirenes, manualmente ou automaticamente, para evacuação da Zona de Autossalvamento (ZAS);

Procedimento: Realizar disparo via botão de emergência ou estação robótica e monitorar evacuação.

f) Comunicação Externa:

Responsáveis: Coordenador/substituto do PAEBM;

Ação: Notificar imediatamente as autoridades competentes e empresas parceiras;

Procedimento: Informar ANM, Defesa Civil, Corpo de Bombeiros e prefeitura local sobre o incidente.

g) Evacuação da Zona de Autossalvamento (ZAS):

Responsáveis: População na ZAS;

Ação: Dirigir-se aos pontos de encontro definidos no PAEBM;

Procedimento: Seguir rotas de evacuação e garantir a segurança dos evacuados.

h) Ações de Mitigação:

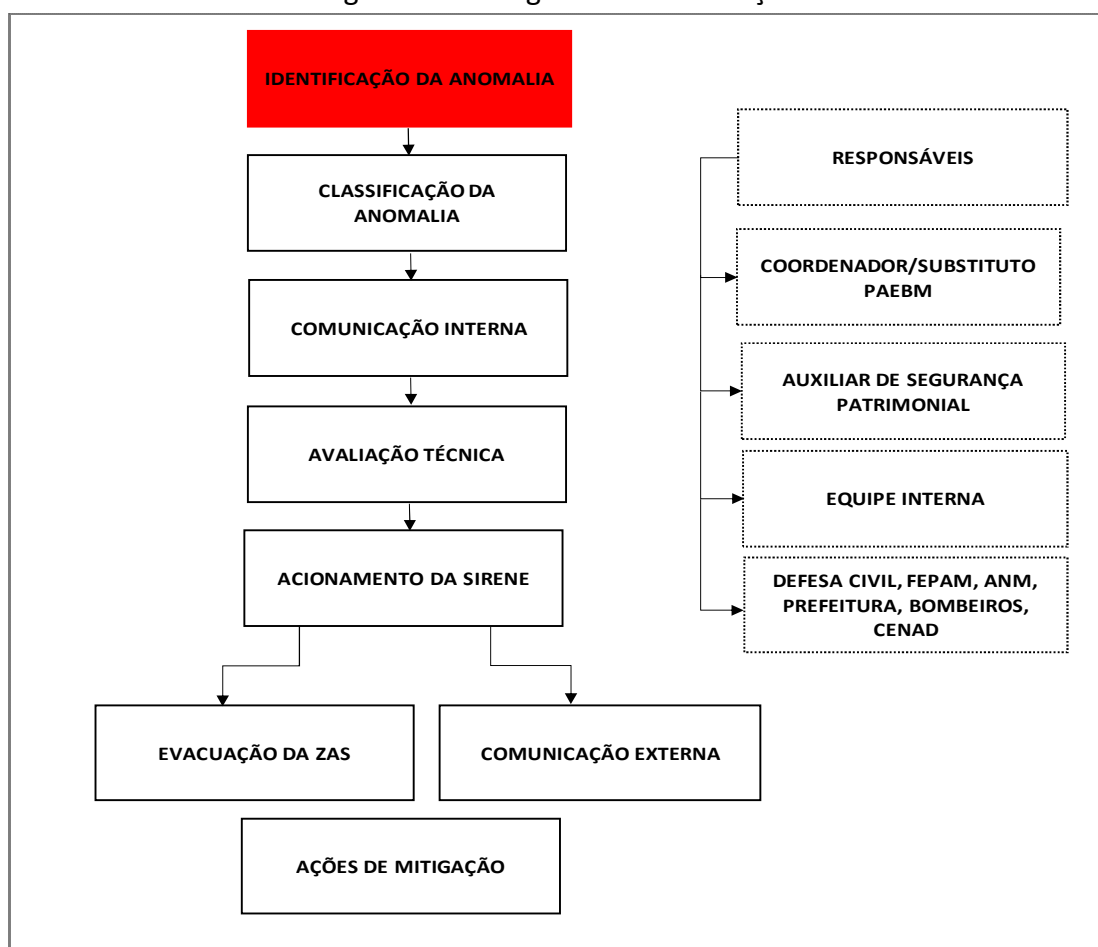
Responsáveis: Coordenador do PAEBM e equipe técnica;

	PLANO DE AÇÃO DE EMERGÊNCIA PARA BARRAGENS DE MINERAÇÃO - Mina do Recreio -	PAEBM-BAR-RE-01
		Revisão: 09
		Data: 05/03/2026

Ação: Implementar medidas corretivas para estabilizar a situação e minimizar danos;

Procedimento: Realizar intervenções estruturais emergenciais. Documentar todas as etapas e fornecer relatórios atualizados às autoridades.

Figura 1 – Fluxograma de notificação



(*) os telefones dos contatos encontram-se no item 2.

10. DESCRIÇÃO DO FUNCIONAMENTO GERAL DO SISTEMA DE ALERTA PARA A POPULAÇÃO A JUSANTE, INCLUINDO SEU MODO DE ACIONAMENTO

10.1. Acionamento automático da sirene

A barragem da Bacia de Finos da Mina do Recreio conta com sistema de monitoramento para prevenção de eventos, bem como alarme para comunicação da eventual necessidade de evacuação de área. O monitoramento é realizado através de uma Estação Robótica Total modelo S9 da fabricante *Trimble Geospatial* que monitora automática e continuamente, a posição de 25 prismas estrategicamente espalhados pela barragem com o objetivo de identificar eventuais movimentos de massa que podem predizer eventos catastróficos, como por exemplo, a liquefação.

	PLANO DE AÇÃO DE EMERGÊNCIA PARA BARRAGENS DE MINERAÇÃO - Mina do Recreio -	PAEBM-BAR-RE-01
		Revisão: 09
		Data: 05/03/2026

O funcionamento deste sistema consiste no disparo de um feixe de luz infravermelha pela estação robótica contra cada um destes 25 prismas (uma vez a cada 20 minutos), recebendo destes, também por reflexão, uma resposta de luz polarizada certificando assim sua posição. Caso, qualquer um dos prismas passe por mais de 50 minutos (mais de dois disparos) sem ser localizado, ocorre na estação 1 (um) alarme interno que é apresentado graficamente na sala de monitoramento. E na ocorrência de 8 (oito) alarmes, a estação faz com que as sirenes de evacuação da barragem sejam disparadas.

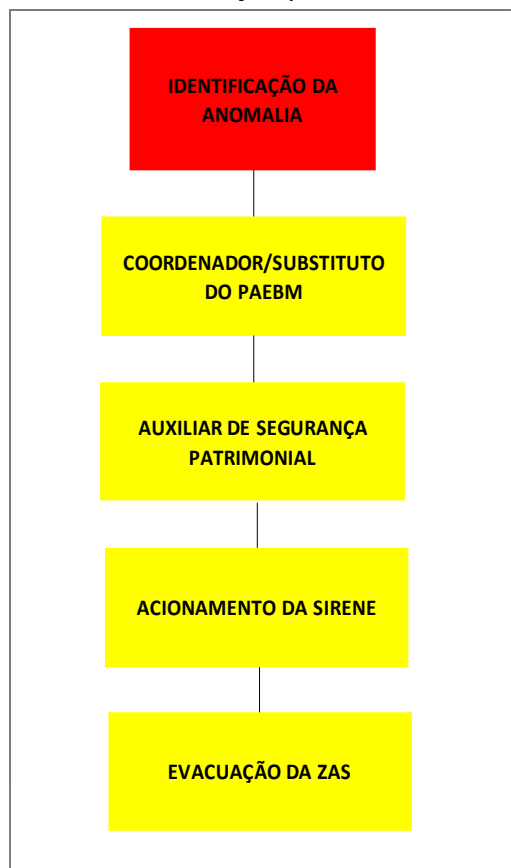
10.2. Acionamento manual da sirene

Além do acionamento automático realizado pela estação robótica, as sirenes de evacuação da barragem também podem ser acionadas manualmente a partir da sala de vídeo-monitoramento, mediante o pressionamento do botão de emergência, que envia o comando de disparo por meio de sinal de rádio frequência.

A sala de vídeo-monitoramento conta com supervisão humana 24 horas por dia, sendo monitorada pelo auxiliar de segurança patrimonial. Este profissional, além de acompanhar o funcionamento da estação robótica, também verifica movimentações ao longo da barragem em tempo real, utilizando as imagens das câmeras de vídeo-monitoramento estrategicamente instaladas ao longo da estrutura.

 COPELMI MINERAÇÃO LTDA.	PLANO DE AÇÃO DE EMERGÊNCIA PARA BARRAGENS DE MINERAÇÃO - Mina do Recreio -	PAEBM-BAR-RE-01
		Revisão: 09
		Data: 05/03/2026

Figura 2 – Fluxograma de comunicação para acionamento manual da sirene



- 1. Identificação da anomalia:** através dos equipamentos de monitoramento: marcos topográficos, prismas, INAs/PZs e câmeras de vídeo-monitoramento;
- 2. Comunicação inicial:** as informações sobre a anomalia detectada são repassadas ao coordenador e/ou substituto do PAEBM;
- 3. Avaliação da situação:** Realiza-se a análise técnica dos resultados obtidos para determinar a gravidade da situação;
- 4. Solicitação do acionamento:** O coordenador e/ou substituto do PAEBM solicita ao auxiliar de segurança patrimonial o acionamento das sirenes de evacuação;
- 5. Acionamento das sirenes:** O auxiliar de segurança patrimonial realiza o acionamento manual das sirenes;
- 6. Evacuação da Zona de Autossalvamento (ZAS):** A população na ZAS evacua a área e se dirige aos pontos de encontro mais próximos, conforme os protocolos estabelecidos.

	PLANO DE AÇÃO DE EMERGÊNCIA PARA BARRAGENS DE MINERAÇÃO - Mina do Recreio -	PAEBM-BAR-RE-01
		Revisão: 09
		Data: 05/03/2026

10.3. Sirenes

Seja por disparo automático ou disparo manual, o alerta de evacuação é realizado por meio sonoro que toca de forma intermitente (quinze segundos acionado seguido por uma pausa de cinco segundos) para informar necessidade de evacuação da área, e de forma contínua para informar o retorno das atividades.

Três dispositivos de alerta sonoro fazem parte do sistema de segurança da barragem, sendo o principal deles instalado na casa de comando da estação total. Este dispositivo cuja especificação é RTUCTT trata-se de uma “sirene eletromecânica de alto rendimento composto por 8 trombetas e som multidirecional, sendo indicada para aplicação em sistemas de alarme contra roubo, sistemas de alarme de incêndio e sistemas de aviso de abandono/emergência”. O alcance da sirene (aproximadamente 5000 metros), pressão sonora (138dB a 0,3m e 127dB a 1m) e grau de proteção IP55 garantindo que o dispositivo é protegido contra poeira e contra jatos de água, indicando, portanto, que o dispositivo pode ficar em local aberto, exposto as condições climáticas.

Outro dispositivo sonoro que compõe o sistema de segurança da barragem está instalado a cerca de 16,5 metros de altura junto ao lavador de carvão. Este dispositivo cuja especificação é RTUC2000-AC trata-se de uma “sirene industrial fabricada em liga de alumínio fundido, de alta robustez indicadas para uso externo e interno”. São características nominais desta sirene, alcance de aproximadamente de 2000 metros, pressão sonora de 128dB a 0,3m e grau de proteção IP55, também indicando a possibilidade de instalação da mesma em local aberto.

Por fim, o dispositivo sonoro do sistema de segurança da barragem está localizado na Estação de Tratamento de Esgoto – ETE a uma altura de aproximadamente 2 (dois) metros. O referido dispositivo cuja especificação técnica é BEATEK 250, trata-se de uma “Sirene eletromecânica rotativo tipo ambulância, contínua”. Com alcance de 250m, pressão sonora de 104 dB e potência de potência máxima de 50W.

Tabela 15 - Localização das sirenes

Identificação	Localização	Coordenadas (Sirgas 2000)
S1	Estação robótica	403704,846 / 6664480,818
S2	Lavador	403524,223 / 6664899,813
S3	ETE	403818,400 / 6665271,906

A COPELMI adota o procedimento de realizar testes semanais, todas as terças-feiras às 09h, objetivando testar o funcionamento das sirenes. Este procedimento contribui para familiarização do toque por parte dos colaboradores e terceiros que trabalham na ZAS.

Compõe também o sistema de segurança da barragem, a iluminação que está localizada no entorno da mesma e que tem por objetivo contribuir para o monitoramento da

	PLANO DE AÇÃO DE EMERGÊNCIA PARA BARRAGENS DE MINERAÇÃO - Mina do Recreio -	PAEBM-BAR-RE-01
		Revisão: 09
		Data: 05/03/2026

mesma durante o período noturno, bem como permitir o deslocamento das pessoas no caso da necessidade de um abandono de área.

Todos os sistemas de segurança da barragem incluindo estação robótica, sirenes, iluminação, câmeras e sistemas de comunicação por rádio frequência, que permitem o monitoramento, alarme e comunicação, são supridos eletricamente por um ramal de energia elétrica que sai da subestação principal da COPELMI e vai até a os locais onde os dispositivos de segurança estão instalados.

Para garantir a disponibilidade do sistema de segurança da barragem há um gerador a diesel de energia elétrica que é acionado automaticamente 17 (dezessete) segundos após a interrupção do fornecimento de energia elétrica da distribuidora garantindo assim o suprimento necessário para que o monitoramento da barragem seja contínuo. O referido gerador de modelo GPDG 22 da fabricante AIR POWER tem potência nominal de geração de 21 kVA e tensões de saída 380/220V, condições elétricas suficientes para atendimento dos equipamentos eletroeletrônicos de segurança da barragem.

11. SÍNTESE DO ESTUDO DE INUNDAÇÃO COM OS RESPECTIVOS MAPAS, INDICAÇÃO DA ZAS E ZSS

A síntese do estudo de inundação com os respectivos mapas indicando a ZAS e a ZSS encontra-se no Anexo 4.

12. MEDIDAS ESPECÍFICAS, EM ARTICULAÇÃO COM O PODER PÚBLICO, PARA RESGATAR ATINGIDOS, PESSOAS E ANIMAIS, PARA MITIGAR IMPACTOS AMBIENTAIS, PARA ASSEGURAR O ABASTECIMENTO DE ÁGUA POTÁVEL E PARA RESGATAR E SALVAGUARDAR O PATRIMÔNIO CULTURAL

Não aplicável, haja visto que não há ZSS (zona de secundária de salvamento).

13. DESCRIÇÃO DAS ROTAS DE FUGA E PONTOS DE ENCONTRO, COM A RESPECTIVA SINALIZAÇÃO, DESENVOLVIDA EM CONJUNTO COM A DEFESA CIVIL

As rotas de fuga e os pontos de encontro foram definidos pela Equipe técnica da barragem. Os pontos de encontro estão localizados fora da ZAS (zona de autossalvamento). Os pontos de encontro estão definidos na Tabela 16 assim como as rotas de fuga estão descritas no Anexo 5 da planta de localização dos pontos de encontro.

Tabela 16 – Pontos de encontro

Identificação	Localização	Coordenadas (Sirgas 2000)
PE 1	Moega	403414,168 / 6664988,235
PE 2	Lava-pneus	403543,059 / 6665420,384
PE 3	PaioI	403864,279 / 6664550,740

	PLANO DE AÇÃO DE EMERGÊNCIA PARA BARRAGENS DE MINERAÇÃO - Mina do Recreio -	PAEBM-BAR-RE-01
		Revisão: 09
		Data: 05/03/2026

PE 4	Secador de finos	403011,874 / 6665053,393
PE 5	Barragem – fora da ZAS	403342,660 / 6664272,947

14. DESCRIÇÃO DOS PROGRAMAS DE TREINAMENTO E DIVULGAÇÃO PARA OS ENVOLVIDOS E PARA AS COMUNIDADES POTENCIALMENTE AFETADAS, COM A REALIZAÇÃO DE EXERCÍCIOS SIMULADOS PERIÓDICOS

A avaliação da credibilidade dos planos de emergência, na ausência de situações reais, ou seja, ruptura da barragem, é obtida por meio de um sistema de avaliação.

Tabela 17 – Cronograma de treinamentos do PAEBM

Tipo de Treinamento	Como	Periodicidade	Quem
Exercícios expositivos internos	Apresentações expositivas em salas de treinamento, onde são explicados os procedimentos descritos no PAEBM	Anual	ZAS
Exercícios de fluxo de notificações internos	Exercícios conduzidos pelo empreendedor com o objetivo de testar os procedimentos de notificação interna presentes no PAEBM	Anual	Coordenador do PAEBM
Exercícios simulados internos - Prático	Compreende exercícios de campo simulando uma situação de emergência envolvendo a ativação e mobilização dos centros de operação internas de emergências, pessoal e recursos disponíveis, inclusive dos procedimentos de evacuação internos.	Anual	ZAS
Seminário orientativo	Compreender a exposição do mapa de inundação envolvendo participantes internos e externos visando a discussão de procedimentos não abrangendo um teste real	Anual	ZAS, órgãos de fiscalização e de defesa civil

Os treinamentos internos têm por objetivo contribuir para manter o estado de prontidão, uma vez que permitem uma maior familiarização dos envolvidos com os seus elementos e atribuições inerentes ao PAEBM concluindo pela evolução operacional do citado Plano.

	PLANO DE AÇÃO DE EMERGÊNCIA PARA BARRAGENS DE MINERAÇÃO - Mina do Recreio -	PAEBM-BAR-RE-01
		Revisão: 09
		Data: 05/03/2026

15. DESCRIÇÃO DO SISTEMA DE MONITORAMENTO INTEGRADO À SEGURANÇA DA BARRAGEM DE MINERAÇÃO

Os dispositivos de instrumentação e monitoramento utilizados na barragem da Bacia de Finos da Mina do Recreio são:

- Calha parshall;
- Câmeras de monitoramento;
- Estação robótica;
- Inspeções regulares;
- Medidores de níveis d'água;
- Piezômetros e indicadores de nível d'água;
- Pluviômetro;
- Prismas ópticos.

A periodicidade dos monitoramentos está definida na Tabela 13 – Item 7.1, bem como no mapa da localização dos instrumentos de monitoramento no Anexo 6.

16. REGISTROS DOS TREINAMENTOS DO PAEBM

Os registros dos treinamentos estão arquivados juntamente com o PAEBM, incluindo: listas de presença, relatórios de simulados, cópia da verificação de eficácia dos treinamentos, bem como o Relatório de Conformidade e Operacionalidade do PAEBM (RCO) – Anexo 7.

17. PROTOCOLOS DE ENTREGA DO PAEBM ÀS AUTORIDADES COMPETENTES

O PAEBM da Barragem da Bacia de Finos da Mina do Recreio foi entregue aos órgãos de fiscalização, à Defesa Civil, à Prefeitura, além de estar disponível em cópia física na unidade da Mina do Recreio, no escritório da matriz e em versão digital no site da COPELMI Mineração.

Tabela 18 – Controle de cópias do PAEBM – Mina do Recreio

Entidade	Número de cópias controladas
Agência Nacional de Mineração - ANM/RS/DF	01 – Via protocolo digital
Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luis Roessler – FEPAM	01 – Via protocolo digital
Coordenadoria Estadual de Defesa Civil do Estado do Rio Grande do Sul	01 – Via protocolo digital

	PLANO DE AÇÃO DE EMERGÊNCIA PARA BARRAGENS DE MINERAÇÃO - Mina do Recreio -	PAEBM-BAR-RE-01
		Revisão: 09
		Data: 05/03/2026

Prefeitura Municipal de Butiá / Comissão Municipal de Defesa Civil de Butiá/RS	01 – Via protocolo digital
Copelmi Mineração Ltda – Porto Alegre	01 – Cópia física
Copelmi Mineração Ltda - Site	01 – Meio digital (www.copelmi.com.br)
Copelmi Mineração Ltda – Mina do Recreio	01 – Cópia física

Os protocolos encontram-se no Anexo 8.

18. RELATÓRIO DE CAUSAS E CONSEQUÊNCIAS DO ACIDENTE (RCCA)

Anexo 9 – modelo de relatório de causas e consequências do acidente (RCCA).

19. DECLARAÇÃO DE ENCERRAMENTO DE EMERGÊNCIA (DEE)

Anexo 10 – modelo de declaração de encerramento de emergência.

20. ANOTAÇÃO DE RESPONSABILIDADE TÉCNICA - ART

Anexo 11 – Anotação de Responsabilidade Técnica.

 COPELMI MINERAÇÃO LTDA.	PLANO DE AÇÃO DE EMERGÊNCIA PARA BARRAGENS DE MINERAÇÃO - Mina do Recreio -	PAEBM-BAR-RE-01
		Revisão: 09
		Data: 05/03/2026

ANEXO 1

NOMEAÇÃO DO COORDENADOR E SUBSTITUTO DO PAEBM



COPELMI
MINERAÇÃO

Porto Alegre, 12 de setembro de 2022.
DS-POA 039/2022 - Ofício

À

ANM - Agência Nacional de Mineração .
Gerente Regional no Estado do Rio Grande do Sul
A/c Sr. - José Eduardo da Costa Duarte
Porto Alegre – RS

Ref.: **P A E B M - DECLARAÇÃO COORDENADOR E SUBSTITUTO**
Mina do Recreio – Butiá - RS

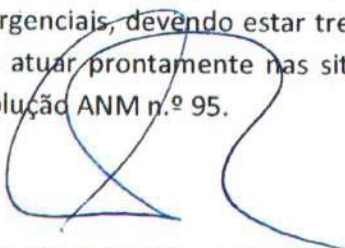
Senhor Superintendente:

A COPELMI MINERAÇÃO LTDA., inscrita no CNPJ sob o número 33.059.528/0003-57, com sede no Largo Visconde do Cairú 12, 3º andar, em Porto Alegre/RS, vem por meio deste ofício designar o coordenador do **Plano de Ação de Emergência para Barragens de Mineração - PAEBM** - da Mina do Recreio, conforme a Resolução ANM n.º 95 - Artigo 38. São eles:

Coordenador: Sr. João Francisco Linck Feijó

Substituto: Sr. Márcio Ronchi

O coordenador do PAEBM, o Sr. João Francisco Feijó está ciente da autonomia e autoridade para mobilização de equipamentos, materiais e mão de obra a serem utilizados nas ações corretivas e/ou emergenciais, devendo estar treinado e capacitado para o desempenho da função, e estar disponível para atuar prontamente nas situações de emergência da barragem, de acordo com o Artigo 39 da Resolução ANM n.º 95.


Carlos Weinschenck de Faria
Diretor Superintendente


João Francisco Linck Feijó
Coordenador PAEBM-
Mina do Recreio


Márcio Ronchi
Substituto PAEBM –
Mina do Recreio



 COPELMI MINERAÇÃO LTDA.	PLANO DE AÇÃO DE EMERGÊNCIA PARA BARRAGENS DE MINERAÇÃO - Mina do Recreio -	PAEBM-BAR-RE-01
		Revisão: 09
		Data: 05/03/2026

ANEXO 2

CARTA DE RISCO – INA's e PZ's

Carta de risco

Barragem Bacia de Finos da Mina do Recreio



Copelmi Mineração Ltda



Eng. Marilia Abrão Zeni, MSc, DSc

Fevereiro 2026

Carta de risco

Barragem Bacia de Finos da Mina do Recreio



Copelmi Mineração Ltda

Fevereiro de 2026

Autora:

Eng. Marilia Abrão Zeni, MSc, DSc
CREA – RS 190327

GEOMZ Serviços de Consultoria

Rua Dr Luiz Bastos do Prado, 1015 – Gravataí, RS – Brasil

contato@mzgeotecnia.com

Site: geomz.com.br

Cel: (+55) 51 99577 3385

Sumário

Índice de Tabelas	4
Índice de Figuras	6
1. Introdução	7
2. Carta de risco	9
2.1 Método X-MR	11
2.2 Eventos associados à níveis de atenção	13
3. Referências	15
4. Anexos	16
ANEXO I – ANOTAÇÃO DE RESPONSABILIDADE TÉCNICA – ART	17
ANEXO II – MEMORIAL DE CÁLCULO	18

Índice de Tabelas

Tabela 1 - Resumo das análises de estabilidade da Bacia de Finos da Mina do Recreio: 2023	9
Tabela 2 – Limites de alerta para deslocamento 3D da estrutura através do método x-MR: Mina do Recreio.....	11
Tabela 3 – Limites de alerta para deslocamento 3D da estrutura através do método x-MR: PR 01A.....	21
Tabela 4 – Limites de alerta para deslocamento 3D da estrutura através do método x-MR: PR 02.....	22
Tabela 5 – Limites de alerta para deslocamento 3D da estrutura através do método x-MR: PR 03.....	23
Tabela 6 – Limites de alerta para deslocamento 3D da estrutura através do método x-MR: PR 04.....	24
Tabela 7 – Limites de alerta para deslocamento 3D da estrutura através do método x-MR: PR 04B.....	25
Tabela 8 – Limites de alerta para deslocamento 3D da estrutura através do método x-MR: PR 06.....	26
Tabela 9 – Limites de alerta para deslocamento 3D da estrutura através do método x-MR: PR 06B.....	27
Tabela 10 – Limites de alerta para deslocamento 3D da estrutura através do método x-MR: PR 07.....	28
Tabela 11 – Limites de alerta para deslocamento 3D da estrutura através do método x-MR: PR 07A.....	29
Tabela 12 – Limites de alerta para deslocamento 3D da estrutura através do método x-MR: PR 07B.....	30
Tabela 13 – Limites de alerta para deslocamento 3D da estrutura através do método x-MR: PR 08B.....	31
Tabela 14 – Limites de alerta para deslocamento 3D da estrutura através do método x-MR: PR 09.....	32
Tabela 15 – Limites de alerta para deslocamento 3D da estrutura através do método x-MR: PR 09A.....	33
Tabela 16 – Limites de alerta para deslocamento 3D da estrutura através do método x-MR: PR 10.....	34
Tabela 17 – Limites de alerta para deslocamento 3D da estrutura através do método x-MR: PR 11.....	35
Tabela 18 – Limites de alerta para deslocamento 3D da estrutura através do método x-MR: PR 12.....	36
Tabela 19 – Limites de alerta para deslocamento 3D da estrutura através do método x-MR: PR 13.....	37
Tabela 20 – Limites de alerta para deslocamento 3D da estrutura através do método x-MR: PR 23.....	38
Tabela 21 – Limites de alerta para deslocamento 3D da estrutura através do método x-MR: PR 24.....	39
Tabela 22 – Limites de alerta para deslocamento 3D da estrutura através do método x-MR: PR 25.....	40

Tabela 23 – Limites de alerta para deslocamento 3D da estrutura através do método x-MR: PR	
26.....	41
Tabela 24 – Limites de alerta para deslocamento 3D da estrutura através do método x-MR: PR	
27.....	42
Tabela 25 – Limites de alerta para deslocamento 3D da estrutura através do método x-MR: PR	
28.....	43

Índice de Figuras

Figura 1 – Localização dos instrumentos de monitoramento na Bacia de Finos da mina do Recreio.....	7
Figura 2 - Seções utilizadas para análise de estabilidade da Bacia de Finos da mina do Recreio. 8	
Figura 3 - Seção DD' utilizada para elaboração da carta de risco.	10
Figura 4 - Análise de estabilidade para seção DD'. Situação normal do NA, FS=2,93.....	10
Figura 5 - Análise de estabilidade para seção DD'. Situação de saturação do NA e sismo, FS=1,95.	10
Figura 6 - Diagrama esquemático do método da carta de controle x-MR. Fonte: Park et al., (2019).	18
Figura 7 – x-MR para deslocamento 3D: PR 01A.	21
Figura 8 – x-MR para deslocamento 3D: PR 02.....	22
Figura 9 – x-MR para deslocamento 3D: PR 03.....	23
Figura 10 – x-MR para deslocamento 3D: PR 04.....	24
Figura 11 – x-MR para deslocamento 3D: PR 04B.	25
Figura 12 – x-MR para deslocamento 3D: PR 06.....	26
Figura 13 – x-MR para deslocamento 3D: PR 06B.	27
Figura 14 – x-MR para deslocamento 3D: PR 07.....	28
Figura 15 – x-MR para deslocamento 3D: PR 07A.	29
Figura 16 – x-MR para deslocamento 3D: PR 07B.	30
Figura 17 – x-MR para deslocamento 3D: PR 08B.	31
Figura 18 – x-MR para deslocamento 3D: PR 09.....	32
Figura 19 – x-MR para deslocamento 3D: PR 09A.	33
Figura 20 – x-MR para deslocamento 3D: PR 10.....	34
Figura 21 – x-MR para deslocamento 3D: PR 11.....	35
Figura 22 – x-MR para deslocamento 3D: PR 12.....	36
Figura 23 – x-MR para deslocamento 3D: PR 13.....	37
Figura 24 – x-MR para deslocamento 3D: PR 23.....	38
Figura 25 – x-MR para deslocamento 3D: PR 24.....	39
Figura 26 – x-MR para deslocamento 3D: PR 25.....	40
Figura 27 – x-MR para deslocamento 3D: PR 26.....	41
Figura 28 – x-MR para deslocamento 3D: PR 27.....	42
Figura 29 – x-MR para deslocamento 3D: PR 28.....	43

1. Introdução

Atualmente encontram-se em monitoramento 13 piezômetros de Casagrande (PZ), 35 indicadores de nível de água (INA), 04 medidores de vazão tipo calha Parshall, 25 prismas/marcos topográficos (Figura 1), instalados ao longo da estrutura Bacia de Finos da Mina do Recreio, além de monitoramento da estrutura via câmeras. A Figura 2 evidencia a localização das seções em relação aos instrumentos de monitoramento.

O sistema de monitoramento é eficiente e demonstra a boa condição do barramento. O grau de automatização do monitoramento é de 32,5%, já que apenas os prismas são automatizados. As leituras dos instrumentos não automatizados são realizadas diariamente.

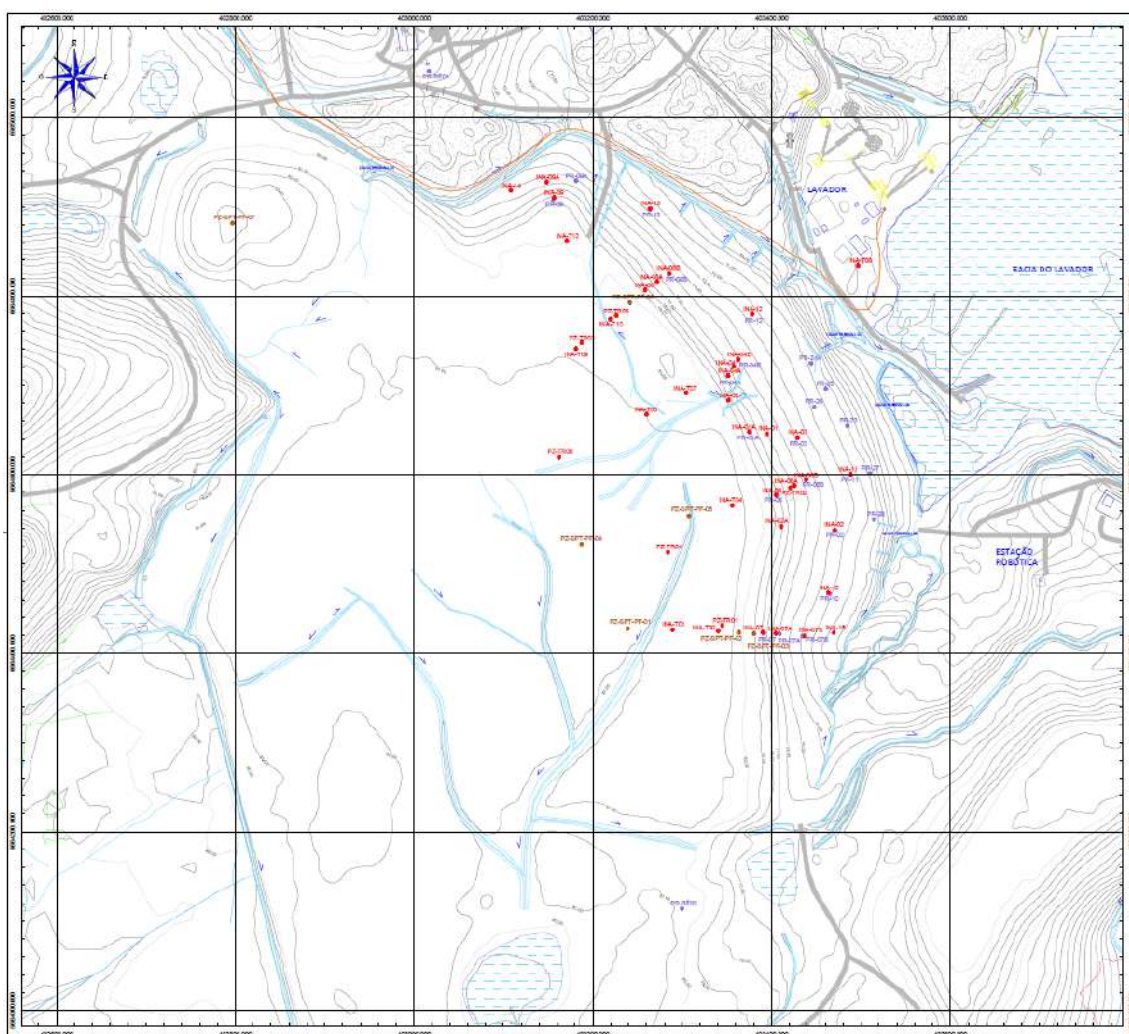


Figura 1 – Localização dos instrumentos de monitoramento na Bacia de Finos da mina do Recreio.

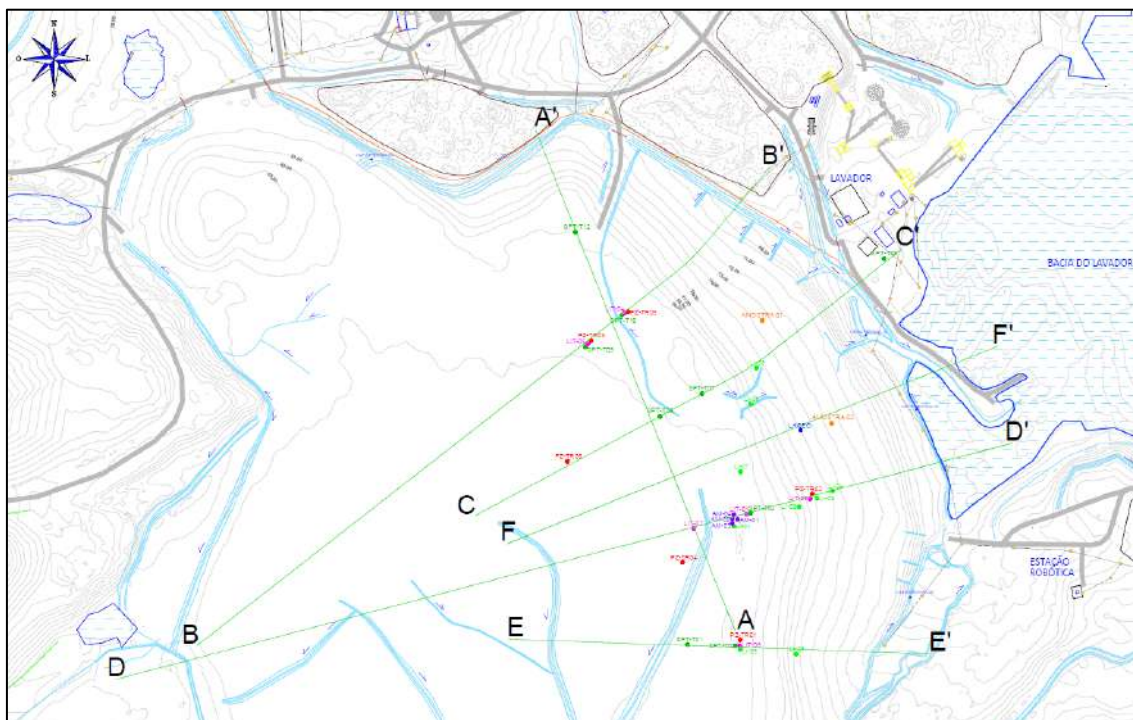


Figura 2 - Seções utilizadas para análise de estabilidade da Bacia de Finos da mina do Recreio.

2. Carta de risco

Em maio de 2023, foram delimitados valores para os níveis de alertas. Nesse caso, os níveis de alerta foram definidos considerando o nível d'água. A carta de risco elaborada em maio de 2023, foi efetuada a partir de análises de estabilidade de taludes da Bacia de Finos da Mina do Recreio, que encontra-se descaracterizada. Também foi utilizado trabalhos da Lopes e Saab Engenharia (2022 e 2023) e os RISR elaborado pela GEOMZ (2022/2 e 2023/1). Essa carta de risco apresentou análises de estabilidade utilizando o software Slide 2.0 e 9.0 da RocScience. Foram considerados três diferentes métodos de análises, em que 1) Condição freática atual representa a condição do nível d'água medida no local (dia 04/03/2023), 2) Freática crítica significa que foi atingido o nível d'água máximo dentro do aterro de rejeitos, tangenciando a superfície e 3) Pseudo-estática. Destaca-se que todas as análises foram feitas considerando a condição não drenada dos rejeitos.

Tabela 1 - Resumo das análises de estabilidade da Bacia de Finos da Mina do Recreio: 2023

Seção	Condição estática – freática atual FS mínimo = 1,50	Condição estática – freática crítica FS mínimo = 1,30	Condição pseudo-estática – freática crítica FS mínimo = 1,10
A-A'	5,24	4,19	3,56
B-B'	4,61	3,48	2,92
C-C'	5,49	3,36	2,88
D-D'	2,93	2,55	1,95
E-E'	2,86	2,80	2,33
F-F'	3,82	2,93	2,42

Identificou-se que mesmo em condições críticas, o menor fator de segurança encontrado pela GEOMZ foi de 1,95 na seção DD'. Portanto, em nenhuma seção ocorreria uma emergência devido à elevação do nível d'água nos medidores INAs e piezômetros, considerando o que está estabelecido no art. 41 da Resolução ANM nº 95 de 2022. Para a criação da carta de risco de maio de 2023, foi realizado análises de estabilidade pelos métodos de Bishop Simplificado, Spencer e Morgenstern-Price, considerando a variação do nível d'água observadas nos indicadores de nível d'água (INA-T04, INA-06, INA-06A, INA-06B e INA-11) que compõem a seção mais crítica da estrutura (seção DD' - Figura 3). Mesmo variando a saturação do aterro de rejeito, não há cotas do NA para Nível de Emergência, pois o menor valor obtido de FS na seção DD' é de 1,95, com o NA tangenciando a superfície da estrutura. Portanto, em nenhuma seção ocorreria uma emergência, conforme a Resolução ANM nº 95 de 2022.

Vale destacar que é improvável ocorrer uma saturação total da barragem, onde se obtêm os menores fatores de segurança. Isso porque o aterro de rejeitos foi recoberto por uma camada argilosa de muito baixa permeabilidade. Além disso, não há ocorrência de águas subterrâneas externas que possam ingressar na bacia. A Figura 4 e

Figura 5 evidenciam a análise de estabilidade realizada pela GEOMZ considerando a operação normal do aterro (NA medido no local) e o aterro saturado e com sismo (hipótese improvável).

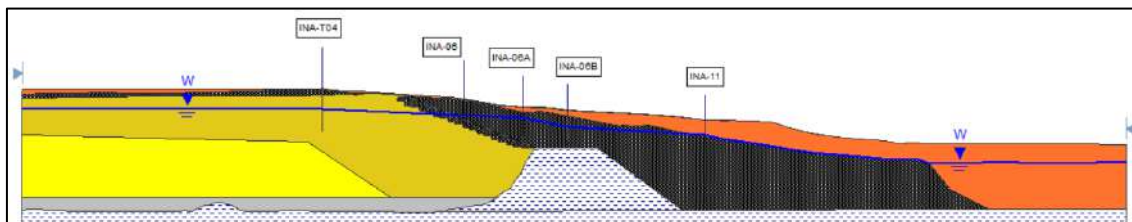


Figura 3 - Seção DD' utilizada para elaboração da carta de risco.

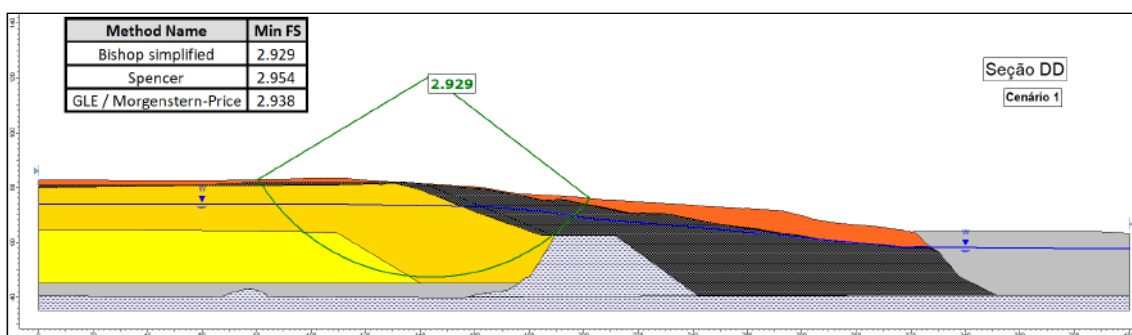


Figura 4 - Análise de estabilidade para seção DD'. Situação normal do NA, FS=2,93.

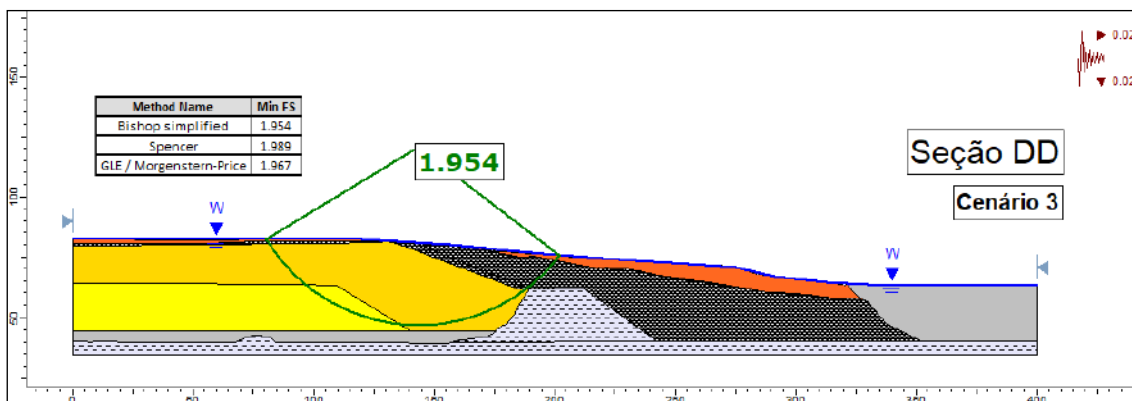


Figura 5 - Análise de estabilidade para seção DD'. Situação de saturação do NA e sismo, FS=1,95.

Para definir um novo parâmetro para os níveis de alerta, foram utilizados os limites estabelecidos através do método x-MR aplicado aos dados de deslocamento fornecido pela instrumentação ao longo da estrutura. Essa metodologia é utilizada em conjunto com os níveis de alerta estabelecidos com base no nível d'água.

Para cada nível de alerta, deve-se considerar um comportamento anômalo em três prismas ou mais.

2.1 Método X-MR

Através do método x-MR adaptado foi possível gerar três limites superiores e três limites inferiores (Consulte ANEXO II – MEMORIAL DE CÁLCULO). Dessa forma, considerando os limites superiores, definiu-se o limite de precaução, alerta e emergência potencial para os prismas instalados ao longo da estrutura Bacia de Finos da Mina do Recreio.

Os limites inferiores são usados para verificar se os prismas estão realizando leituras corretas ou se, em determinado dia, não foram registradas movimentações compatíveis com o padrão observado ao longo do tempo, que pode ter sido ocasionado por alguma interferência externa, como a neblina e chuva. Esse limite evidencia pontos em que a medição foi afetada, captando assim uma movimentação abaixo do que ocorre normalmente, podendo subvalorizar os valores de deslocamento. Os limites superiores, nesse caso, evidenciam um deslocamento acima dos valores delimitado pelo método, podendo evidenciar uma situação de emergência potencial, o que em diversos casos pode ser interpretado como uma anomalia causada por fatores externos, e não necessariamente uma situação crítica.

Tabela 2 – Limites de alerta para deslocamento 3D da estrutura através do método x-MR: Mina do Recreio.

Equipamentos	Limite inferior (mm/dia)	Limite superior (mm/dia)	Situação
PR – 01A	9,43	46,02	Precaução
	3,33	52,13	Alerta
	-2,77	58,22	Comportamento anômalo
PR - 02	49,59	75,06	Precaução
	45,35	79,39	Alerta
	41,10	83,55	Comportamento anômalo
PR - 03	17,84	59,51	Precaução
	10,89	66,47	Alerta
	3,94	73,40	Comportamento anômalo
PR - 04	6,32	47,69	Precaução
	-0,57	54,59	Alerta
	-7,47	61,48	Comportamento anômalo
PR – 04B	5,07	56,42	Precaução
	-3,49	64,98	Alerta
	-12,05	73,53	Comportamento anômalo

PR - 06	13,73	45,35	Precaução
	8,46	50,62	Alerta
	3,19	55,90	Comportamento anômalo
PR - 06B	66,34	103,11	Precaução
	60,21	109,23	Alerta
	54,08	115,36	Comportamento anômalo
PR - 07	23,78	60,11	Precaução
	17,72	66,16	Alerta
	11,67	72,22	Comportamento anômalo
PR - 07A	14,50	52,01	Precaução
	8,25	58,26	Alerta
	2,00	64,51	Comportamento anômalo
PR - 07B	40,48	71,33	Precaução
	35,34	76,47	Alerta
	30,20	81,62	Comportamento anômalo
PR - 08B	3,06	70,44	Precaução
	-8,17	81,67	Alerta
	-19,40	92,90	Comportamento anômalo
PR - 09	-21,66	58,84	Precaução
	-35,07	72,25	Alerta
	-48,49	85,67	Comportamento anômalo
PR - 09A	-65,78	89,25	Precaução
	-91,62	115,08	Alerta
	-117,45	140,92	Comportamento anômalo
PR - 10	12,47	30,31	Precaução
	9,50	33,28	Alerta
	6,53	36,25	Comportamento anômalo
PR - 11	85,71	121,66	Precaução
	79,72	127,65	Alerta
	73,73	133,64	Comportamento anômalo
PR - 12	7,67	39,69	Precaução
	2,33	45,02	Alerta
	-3,00	50,36	Comportamento anômalo
PR - 13	-8,90	69,13	Precaução
	-21,91	82,13	Alerta
	-34,91	95,14	Comportamento anômalo
PR - 23	95,01	130,43	Precaução
	89,10	136,34	Alerta
	83,20	142,24	Comportamento anômalo
Pr - 24	-6,74	28,05	Precaução
	12,54	33,85	Alerta
	-18,34	39,65	Comportamento anômalo
PR - 25	93,95	133,38	Precaução

	87,38	139,95	Alerta
	80,81	146,52	Comportamento anômalo
PR - 26	50,34	85,71	Precaução
	44,44	91,61	Alerta
	38,54	97,50	Comportamento anômalo
PR - 27	79,91	110,59	Precaução
	74,80	115,71	Alerta
	69,68	120,82	Comportamento anômalo
PR - 28	57,56	87,49	Precaução
	52,58	92,47	Alerta
	47,59	97,46	Comportamento anômalo

2.2 Eventos associados à níveis de atenção

- Evento A1 – Erosões pontuais

Considera-se como condição de Nível de Atenção a ocorrência de erosões pontuais superficiais, localizadas no talude de jusante, geralmente associadas a eventos pluviométricos intensos, concentração de escoamento superficial ou falhas localizadas no sistema de drenagem superficial. Essas ocorrências, quando de pequena extensão e sem evolução progressiva, não comprometem a estabilidade global da estrutura, mas demandam inspeção geotécnica específica, correção localizada e acompanhamento para verificação da interrupção do processo erosivo.

- Evento A2 – Surgências superficiais localizadas de baixa vazão

Enquadra-se como condição de Nível de Atenção a ocorrência de surgências superficiais pontuais e de baixa vazão, observada no talude de jusante, sem indícios de carreamento de material fino ou evolução progressiva. Tais ocorrências podem estar associadas a condições transitórias do regime hidráulico e demandam inspeção geotécnica específica, registro fotográfico, acompanhamento e, se necessário, correção localizada.

- Evento A3 – Trincais superficiais localizadas

Considera-se como condição de Nível de Atenção a identificação de trincas pouco profundas (< 0,50 m), no talude de jusante ou no reservatório aterrado, sem grande continuidade espacial (<5 m), sem evolução temporal e sem correlação com deslocamentos instrumentais. Essas ocorrências demandam inspeção detalhada e

acompanhamento, não configurando, de forma isolada, condição de instabilidade da estrutura.

- Evento A4 – Indisponibilidade temporária ou inconsistência de leituras instrumentais

Caracteriza-se como condição de Nível de Atenção a indisponibilidade temporária de instrumentos de monitoramento ou a identificação de leituras inconsistentes em relação ao comportamento histórico esperado, demandando verificação de funcionamento, calibração ou manutenção, sem que isso represente, por si só, alteração do comportamento geotécnico da estrutura.

Fevereiro de 2026

3. Referências

Park, S., Lim, H., Tamang, B., Jin, J., Lee, S., Chang, S., & Kim, Y. (2019). Analysis of Slope Failure Behaviour Based on Real-Time Measurement Using the x-MR Method. *Journal of Marine Science and Engineering*, 7(10), 360.

Shewhart, W. A. (1924). Some applications of statistical methods to the analysis of physical and engineering data. *Bell System Technical Journal*, 3(1), 43-87.

Yun, H. S., Song, G. J., Kim, Y. B., Kim, C. Y., & Seo, Y. S. (2015). Developments of real-time monitoring system to measure displacements on face of tunnel in weak rock. *Journal of Korean Tunnelling and Underground Space Association*, 17(4), 441-455.

Yun, H. S., Song, G. J., Shin, Y. W., Kim, C. Y., Choo, S. Y., & Seo, Y. S. (2014). Application of x-MR control chart on monitoring displacement for prediction of abnormal ground behaviour in tunnelling. *Journal of Korean Tunnelling and Underground Space Association*, 16(5), 445-458.

4. Anexos

ANEXO I – ANOTAÇÃO DE RESPONSABILIDADE TÉCNICA – ART



Anotação de Responsabilidade Técnica - ART
Lei nº 6.496, de 7 de dezembro de 1977
Conselho Regional de Engenharia e Agronomia do Rio Grande do Sul



ART Número
14245593

Tipo: OBRA OU SERVIÇO	Participação Técnica: INDIVIDUAL/PRINCIPAL
Convênio: NÃO É CONVÊNIO	Motivo: NORMAL

Contratado

Carteira: RS190327	Profissional: MARILIA ABRÃO ZENI	E-mail: marilia.a.zeni@gmail.com
RNP: 2211184618	Título: Engenheira de Minas	
Empresa: NENHUMA EMPRESA	Nr.Reg.:	

Contratante

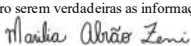
Nome: COPELMI MINERAÇÃO LTDA.	E-mail: copelmi@copelmi.com.br
Endereço: LARGO VISCONDE DO CAIRU 12 3º ANDAR	Telefone:
Cidade: PORTO ALEGRE	Bairro: CENTRO HISTÓRICO
	CPF/CNPJ: 33059528000195
	CEP: 90030110 UF: RS

Identificação da Obra/Serviço

Proprietário: COPELMI MINERAÇÃO LTDA.	CPF/CNPJ: 33059528000195
Endereço da Obra/Serviço: VISCONDE DO CAIRU 12 3º ANDAR	CEP: 90030110 UF: RS
Cidade: PORTO ALEGRE	Bairro: CENTRO HISTÓRICO
Finalidade: MINERAÇÃO	Vlr Contrato(R\$): 1.000,00
Data Início: 03/02/2026	Honorários(R\$): 600,00
Prev.Fim: 06/02/2026	Ent.Classe: AGEM

Atividade Técnica	Descrição da Obra/Serviço	Quantidade	Unid.
Avaliação	REVISÃO CARTA DE RISCO BACIA DE FINOS MINA DO RECREIO	1,00	UN

ART registrada (paga) no CREA-RS em 09/02/2026

Gravataí, 09 de fevereiro de 2026 Local e Data	Declaro serem verdadeiras as informações acima  MARILIA ABRÃO ZENI Profissional	De acordo  COPELMI MINERAÇÃO LTDA. Contratante
---	---	--

A AUTENTICIDADE DESTA ART PODE SER CONFIRMADA NO SITE DO CREA-RS, LINK SOCIEDADE - ART CONSULTA.

 COPELMI MINERAÇÃO LTDA.	PLANO DE AÇÃO DE EMERGÊNCIA PARA BARRAGENS DE MINERAÇÃO - Mina do Recreio -	PAEBM-BAR-RE-01
		Revisão: 09
		Data: 05/03/2026

ANEXO 3

CARTA DE RISCO – PRISMAS E MARCOS TOPOGRÁFICOS

Carta de risco

Barragem Bacia de Finos da Mina do Recreio



Copelmi Mineração Ltda



Eng. Marilia Abrão Zeni, MSc, DSc

Fevereiro 2026

Carta de risco

Barragem Bacia de Finos da Mina do Recreio



Copelmi Mineração Ltda

Fevereiro de 2026

Autora:

Eng. Marilia Abrão Zeni, MSc, DSc
CREA – RS 190327

GEOMZ Serviços de Consultoria

Rua Dr Luiz Bastos do Prado, 1015 – Gravataí, RS – Brasil

contato@mzgeotecnia.com

Site: geomz.com.br

Cel: (+55) 51 99577 3385

Sumário

Índice de Tabelas	4
Índice de Figuras	6
1. Introdução	7
2. Carta de risco	9
2.1 Método X-MR	11
2.2 Eventos associados à níveis de atenção	13
3. Referências	15
4. Anexos	16
ANEXO I – ANOTAÇÃO DE RESPONSABILIDADE TÉCNICA – ART	17
ANEXO II – MEMORIAL DE CÁLCULO	18

Índice de Tabelas

Tabela 1 - Resumo das análises de estabilidade da Bacia de Finos da Mina do Recreio: 2023	9
Tabela 2 – Limites de alerta para deslocamento 3D da estrutura através do método x-MR: Mina do Recreio.....	11
Tabela 3 – Limites de alerta para deslocamento 3D da estrutura através do método x-MR: PR 01A.....	21
Tabela 4 – Limites de alerta para deslocamento 3D da estrutura através do método x-MR: PR 02.....	22
Tabela 5 – Limites de alerta para deslocamento 3D da estrutura através do método x-MR: PR 03.....	23
Tabela 6 – Limites de alerta para deslocamento 3D da estrutura através do método x-MR: PR 04.....	24
Tabela 7 – Limites de alerta para deslocamento 3D da estrutura através do método x-MR: PR 04B.....	25
Tabela 8 – Limites de alerta para deslocamento 3D da estrutura através do método x-MR: PR 06.....	26
Tabela 9 – Limites de alerta para deslocamento 3D da estrutura através do método x-MR: PR 06B.....	27
Tabela 10 – Limites de alerta para deslocamento 3D da estrutura através do método x-MR: PR 07.....	28
Tabela 11 – Limites de alerta para deslocamento 3D da estrutura através do método x-MR: PR 07A.....	29
Tabela 12 – Limites de alerta para deslocamento 3D da estrutura através do método x-MR: PR 07B.....	30
Tabela 13 – Limites de alerta para deslocamento 3D da estrutura através do método x-MR: PR 08B.....	31
Tabela 14 – Limites de alerta para deslocamento 3D da estrutura através do método x-MR: PR 09.....	32
Tabela 15 – Limites de alerta para deslocamento 3D da estrutura através do método x-MR: PR 09A.....	33
Tabela 16 – Limites de alerta para deslocamento 3D da estrutura através do método x-MR: PR 10.....	34
Tabela 17 – Limites de alerta para deslocamento 3D da estrutura através do método x-MR: PR 11.....	35
Tabela 18 – Limites de alerta para deslocamento 3D da estrutura através do método x-MR: PR 12.....	36
Tabela 19 – Limites de alerta para deslocamento 3D da estrutura através do método x-MR: PR 13.....	37
Tabela 20 – Limites de alerta para deslocamento 3D da estrutura através do método x-MR: PR 23.....	38
Tabela 21 – Limites de alerta para deslocamento 3D da estrutura através do método x-MR: PR 24.....	39
Tabela 22 – Limites de alerta para deslocamento 3D da estrutura através do método x-MR: PR 25.....	40

Tabela 23 – Limites de alerta para deslocamento 3D da estrutura através do método x-MR: PR	
26.....	41
Tabela 24 – Limites de alerta para deslocamento 3D da estrutura através do método x-MR: PR	
27.....	42
Tabela 25 – Limites de alerta para deslocamento 3D da estrutura através do método x-MR: PR	
28.....	43

Índice de Figuras

Figura 1 – Localização dos instrumentos de monitoramento na Bacia de Finos da mina do Recreio.....	7
Figura 2 - Seções utilizadas para análise de estabilidade da Bacia de Finos da mina do Recreio. 8	
Figura 3 - Seção DD' utilizada para elaboração da carta de risco.	10
Figura 4 - Análise de estabilidade para seção DD'. Situação normal do NA, FS=2,93.....	10
Figura 5 - Análise de estabilidade para seção DD'. Situação de saturação do NA e sismo, FS=1,95.	10
Figura 6 - Diagrama esquemático do método da carta de controle x-MR. Fonte: Park et al., (2019).	18
Figura 7 – x-MR para deslocamento 3D: PR 01A.	21
Figura 8 – x-MR para deslocamento 3D: PR 02.....	22
Figura 9 – x-MR para deslocamento 3D: PR 03.....	23
Figura 10 – x-MR para deslocamento 3D: PR 04.....	24
Figura 11 – x-MR para deslocamento 3D: PR 04B.	25
Figura 12 – x-MR para deslocamento 3D: PR 06.....	26
Figura 13 – x-MR para deslocamento 3D: PR 06B.	27
Figura 14 – x-MR para deslocamento 3D: PR 07.....	28
Figura 15 – x-MR para deslocamento 3D: PR 07A.	29
Figura 16 – x-MR para deslocamento 3D: PR 07B.	30
Figura 17 – x-MR para deslocamento 3D: PR 08B.	31
Figura 18 – x-MR para deslocamento 3D: PR 09.....	32
Figura 19 – x-MR para deslocamento 3D: PR 09A.	33
Figura 20 – x-MR para deslocamento 3D: PR 10.....	34
Figura 21 – x-MR para deslocamento 3D: PR 11.....	35
Figura 22 – x-MR para deslocamento 3D: PR 12.....	36
Figura 23 – x-MR para deslocamento 3D: PR 13.....	37
Figura 24 – x-MR para deslocamento 3D: PR 23.....	38
Figura 25 – x-MR para deslocamento 3D: PR 24.....	39
Figura 26 – x-MR para deslocamento 3D: PR 25.....	40
Figura 27 – x-MR para deslocamento 3D: PR 26.....	41
Figura 28 – x-MR para deslocamento 3D: PR 27.....	42
Figura 29 – x-MR para deslocamento 3D: PR 28.....	43

1. Introdução

Atualmente encontram-se em monitoramento 13 piezômetros de Casagrande (PZ), 35 indicadores de nível de água (INA), 04 medidores de vazão tipo calha Parshall, 25 prismas/marcos topográficos (Figura 1), instalados ao longo da estrutura Bacia de Finos da Mina do Recreio, além de monitoramento da estrutura via câmeras. A Figura 2 evidencia a localização das seções em relação aos instrumentos de monitoramento.

O sistema de monitoramento é eficiente e demonstra a boa condição do barramento. O grau de automatização do monitoramento é de 32,5%, já que apenas os prismas são automatizados. As leituras dos instrumentos não automatizados são realizadas diariamente.

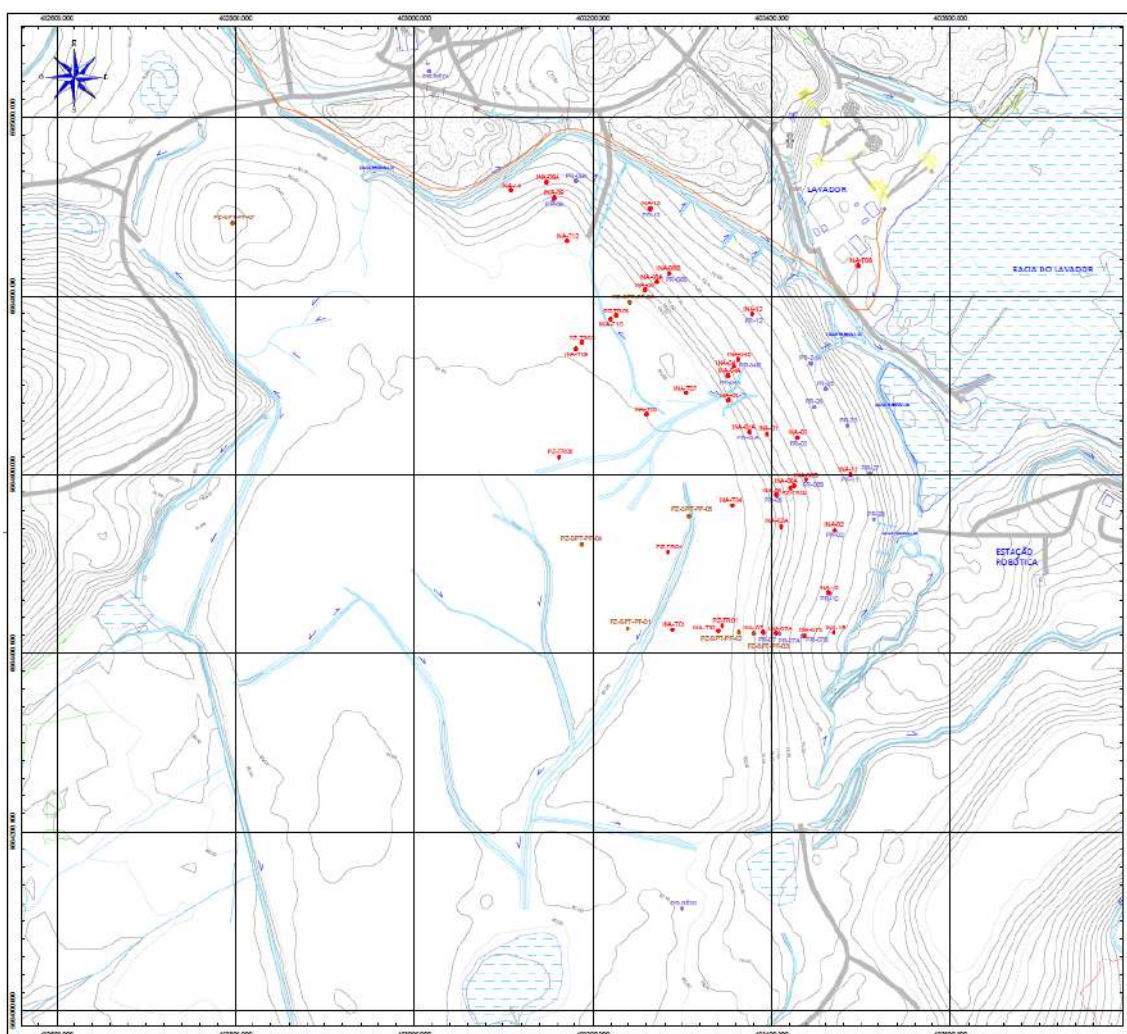


Figura 1 – Localização dos instrumentos de monitoramento na Bacia de Finos da mina do Recreio.

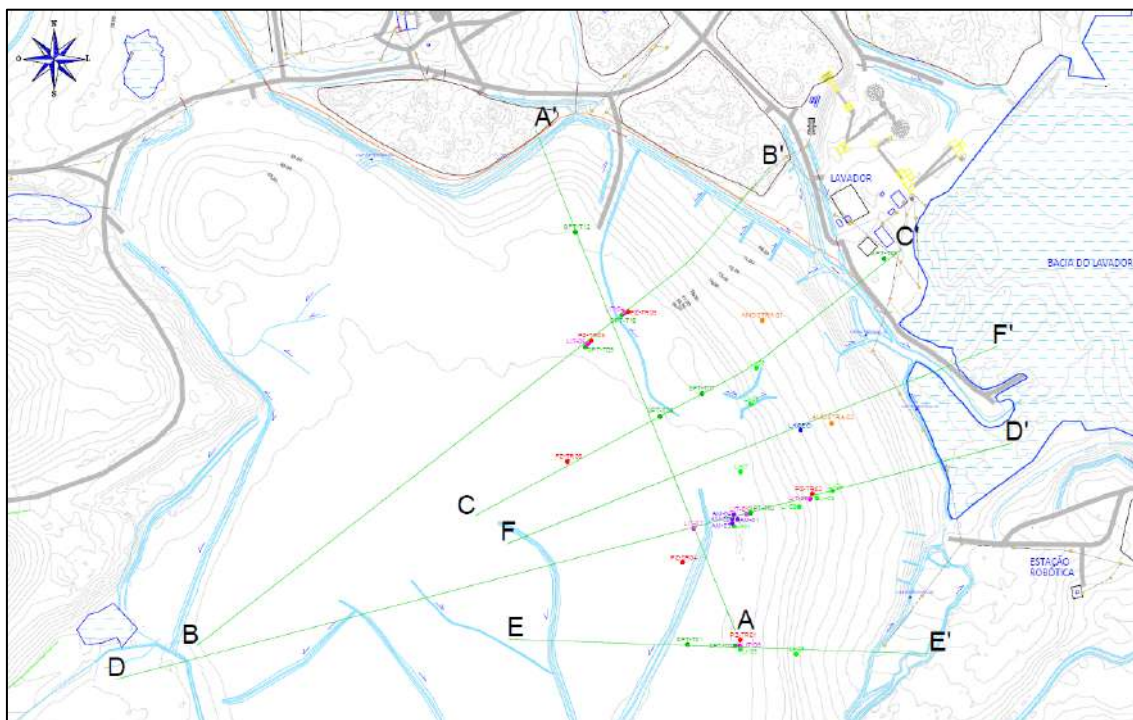


Figura 2 - Seções utilizadas para análise de estabilidade da Bacia de Finos da mina do Recreio.

2. Carta de risco

Em maio de 2023, foram delimitados valores para os níveis de alertas. Nesse caso, os níveis de alerta foram definidos considerando o nível d'água. A carta de risco elaborada em maio de 2023, foi efetuada a partir de análises de estabilidade de taludes da Bacia de Finos da Mina do Recreio, que encontra-se descaracterizada. Também foi utilizado trabalhos da Lopes e Saab Engenharia (2022 e 2023) e os RISR elaborado pela GEOMZ (2022/2 e 2023/1). Essa carta de risco apresentou análises de estabilidade utilizando o software Slide 2.0 e 9.0 da RocScience. Foram considerados três diferentes métodos de análises, em que 1) Condição freática atual representa a condição do nível d'água medida no local (dia 04/03/2023), 2) Freática crítica significa que foi atingido o nível d'água máximo dentro do aterro de rejeitos, tangenciando a superfície e 3) Pseudo-estática. Destaca-se que todas as análises foram feitas considerando a condição não drenada dos rejeitos.

Tabela 1 - Resumo das análises de estabilidade da Bacia de Finos da Mina do Recreio: 2023

Seção	Condição estática – freática atual FS mínimo = 1,50	Condição estática – freática crítica FS mínimo = 1,30	Condição pseudo-estática – freática crítica FS mínimo = 1,10
A-A'	5,24	4,19	3,56
B-B'	4,61	3,48	2,92
C-C'	5,49	3,36	2,88
D-D'	2,93	2,55	1,95
E-E'	2,86	2,80	2,33
F-F'	3,82	2,93	2,42

Identificou-se que mesmo em condições críticas, o menor fator de segurança encontrado pela GEOMZ foi de 1,95 na seção DD'. Portanto, em nenhuma seção ocorreria uma emergência devido à elevação do nível d'água nos medidores INAs e piezômetros, considerando o que está estabelecido no art. 41 da Resolução ANM nº 95 de 2022. Para a criação da carta de risco de maio de 2023, foi realizado análises de estabilidade pelos métodos de Bishop Simplificado, Spencer e Morgenstern-Price, considerando a variação do nível d'água observadas nos indicadores de nível d'água (INA-T04, INA-06, INA-06A, INA-06B e INA-11) que compõem a seção mais crítica da estrutura (seção DD' - Figura 3). Mesmo variando a saturação do aterro de rejeito, não há cotas do NA para Nível de Emergência, pois o menor valor obtido de FS na seção DD' é de 1,95, com o NA tangenciando a superfície da estrutura. Portanto, em nenhuma seção ocorreria uma emergência, conforme a Resolução ANM nº 95 de 2022.

Vale destacar que é improvável ocorrer uma saturação total da barragem, onde se obtêm os menores fatores de segurança. Isso porque o aterro de rejeitos foi recoberto por uma camada argilosa de muito baixa permeabilidade. Além disso, não há ocorrência de águas subterrâneas externas que possam ingressar na bacia. A Figura 4 e

Figura 5 evidenciam a análise de estabilidade realizada pela GEOMZ considerando a operação normal do aterro (NA medido no local) e o aterro saturado e com sismo (hipótese improvável).

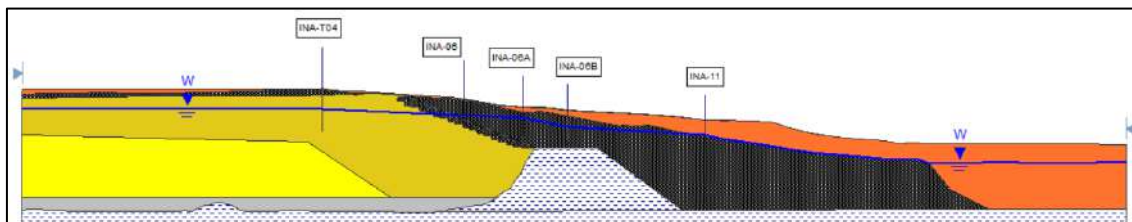


Figura 3 - Seção DD' utilizada para elaboração da carta de risco.

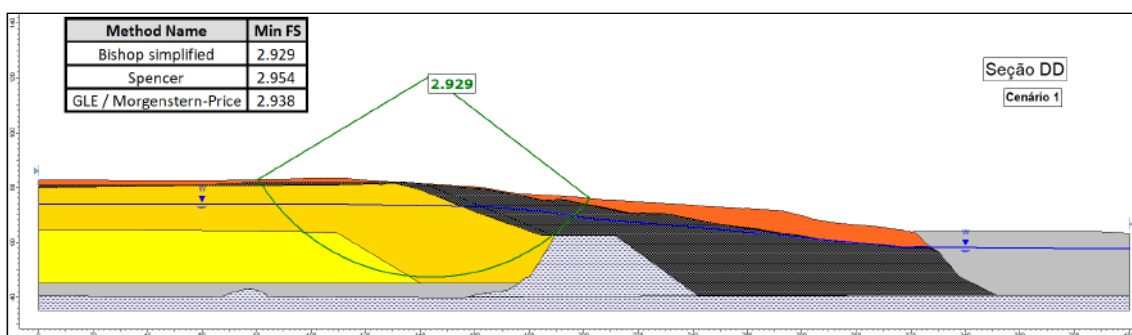


Figura 4 - Análise de estabilidade para seção DD'. Situação normal do NA, FS=2,93.

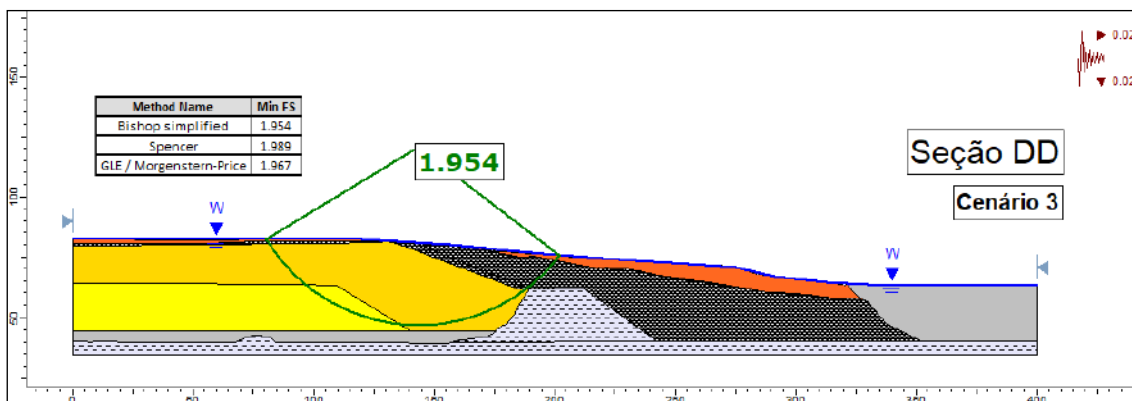


Figura 5 - Análise de estabilidade para seção DD'. Situação de saturação do NA e sismo, FS=1,95.

Para definir um novo parâmetro para os níveis de alerta, foram utilizados os limites estabelecidos através do método x-MR aplicado aos dados de deslocamento fornecido pela instrumentação ao longo da estrutura. Essa metodologia é utilizada em conjunto com os níveis de alerta estabelecidos com base no nível d'água.

Para cada nível de alerta, deve-se considerar um comportamento anômalo em três prismas ou mais.

2.1 Método X-MR

Através do método x-MR adaptado foi possível gerar três limites superiores e três limites inferiores (Consulte ANEXO II – MEMORIAL DE CÁLCULO). Dessa forma, considerando os limites superiores, definiu-se o limite de precaução, alerta e emergência potencial para os prismas instalados ao longo da estrutura Bacia de Finos da Mina do Recreio.

Os limites inferiores são usados para verificar se os prismas estão realizando leituras corretas ou se, em determinado dia, não foram registradas movimentações compatíveis com o padrão observado ao longo do tempo, que pode ter sido ocasionado por alguma interferência externa, como a neblina e chuva. Esse limite evidencia pontos em que a medição foi afetada, captando assim uma movimentação abaixo do que ocorre normalmente, podendo subvalorizar os valores de deslocamento. Os limites superiores, nesse caso, evidenciam um deslocamento acima dos valores delimitado pelo método, podendo evidenciar uma situação de emergência potencial, o que em diversos casos pode ser interpretado como uma anomalia causada por fatores externos, e não necessariamente uma situação crítica.

Tabela 2 – Limites de alerta para deslocamento 3D da estrutura através do método x-MR: Mina do Recreio.

Equipamentos	Limite inferior (mm/dia)	Limite superior (mm/dia)	Situação
PR – 01A	9,43	46,02	Precaução
	3,33	52,13	Alerta
	-2,77	58,22	Comportamento anômalo
PR - 02	49,59	75,06	Precaução
	45,35	79,39	Alerta
	41,10	83,55	Comportamento anômalo
PR - 03	17,84	59,51	Precaução
	10,89	66,47	Alerta
	3,94	73,40	Comportamento anômalo
PR - 04	6,32	47,69	Precaução
	-0,57	54,59	Alerta
	-7,47	61,48	Comportamento anômalo
PR – 04B	5,07	56,42	Precaução
	-3,49	64,98	Alerta
	-12,05	73,53	Comportamento anômalo

PR - 06	13,73	45,35	Precaução
	8,46	50,62	Alerta
	3,19	55,90	Comportamento anômalo
PR - 06B	66,34	103,11	Precaução
	60,21	109,23	Alerta
	54,08	115,36	Comportamento anômalo
PR - 07	23,78	60,11	Precaução
	17,72	66,16	Alerta
	11,67	72,22	Comportamento anômalo
PR - 07A	14,50	52,01	Precaução
	8,25	58,26	Alerta
	2,00	64,51	Comportamento anômalo
PR - 07B	40,48	71,33	Precaução
	35,34	76,47	Alerta
	30,20	81,62	Comportamento anômalo
PR - 08B	3,06	70,44	Precaução
	-8,17	81,67	Alerta
	-19,40	92,90	Comportamento anômalo
PR - 09	-21,66	58,84	Precaução
	-35,07	72,25	Alerta
	-48,49	85,67	Comportamento anômalo
PR - 09A	-65,78	89,25	Precaução
	-91,62	115,08	Alerta
	-117,45	140,92	Comportamento anômalo
PR - 10	12,47	30,31	Precaução
	9,50	33,28	Alerta
	6,53	36,25	Comportamento anômalo
PR - 11	85,71	121,66	Precaução
	79,72	127,65	Alerta
	73,73	133,64	Comportamento anômalo
PR - 12	7,67	39,69	Precaução
	2,33	45,02	Alerta
	-3,00	50,36	Comportamento anômalo
PR - 13	-8,90	69,13	Precaução
	-21,91	82,13	Alerta
	-34,91	95,14	Comportamento anômalo
PR - 23	95,01	130,43	Precaução
	89,10	136,34	Alerta
	83,20	142,24	Comportamento anômalo
Pr - 24	-6,74	28,05	Precaução
	12,54	33,85	Alerta
	-18,34	39,65	Comportamento anômalo
PR - 25	93,95	133,38	Precaução

	87,38	139,95	Alerta
	80,81	146,52	Comportamento anômalo
PR - 26	50,34	85,71	Precaução
	44,44	91,61	Alerta
	38,54	97,50	Comportamento anômalo
PR - 27	79,91	110,59	Precaução
	74,80	115,71	Alerta
	69,68	120,82	Comportamento anômalo
PR - 28	57,56	87,49	Precaução
	52,58	92,47	Alerta
	47,59	97,46	Comportamento anômalo

2.2 Eventos associados à níveis de atenção

- Evento A1 – Erosões pontuais

Considera-se como condição de Nível de Atenção a ocorrência de erosões pontuais superficiais, localizadas no talude de jusante, geralmente associadas a eventos pluviométricos intensos, concentração de escoamento superficial ou falhas localizadas no sistema de drenagem superficial. Essas ocorrências, quando de pequena extensão e sem evolução progressiva, não comprometem a estabilidade global da estrutura, mas demandam inspeção geotécnica específica, correção localizada e acompanhamento para verificação da interrupção do processo erosivo.

- Evento A2 – Surgências superficiais localizadas de baixa vazão

Enquadra-se como condição de Nível de Atenção a ocorrência de surgências superficiais pontuais e de baixa vazão, observada no talude de jusante, sem indícios de carreamento de material fino ou evolução progressiva. Tais ocorrências podem estar associadas a condições transitórias do regime hidráulico e demandam inspeção geotécnica específica, registro fotográfico, acompanhamento e, se necessário, correção localizada.

- Evento A3 – Trincais superficiais localizadas

Considera-se como condição de Nível de Atenção a identificação de trincas pouco profundas (< 0,50 m), no talude de jusante ou no reservatório aterrado, sem grande continuidade espacial (<5 m), sem evolução temporal e sem correlação com deslocamentos instrumentais. Essas ocorrências demandam inspeção detalhada e

acompanhamento, não configurando, de forma isolada, condição de instabilidade da estrutura.

- Evento A4 – Indisponibilidade temporária ou inconsistência de leituras instrumentais

Caracteriza-se como condição de Nível de Atenção a indisponibilidade temporária de instrumentos de monitoramento ou a identificação de leituras inconsistentes em relação ao comportamento histórico esperado, demandando verificação de funcionamento, calibração ou manutenção, sem que isso represente, por si só, alteração do comportamento geotécnico da estrutura.

Fevereiro de 2026

3. Referências

Park, S., Lim, H., Tamang, B., Jin, J., Lee, S., Chang, S., & Kim, Y. (2019). Analysis of Slope Failure Behaviour Based on Real-Time Measurement Using the x-MR Method. *Journal of Marine Science and Engineering*, 7(10), 360.

Shewhart, W. A. (1924). Some applications of statistical methods to the analysis of physical and engineering data. *Bell System Technical Journal*, 3(1), 43-87.

Yun, H. S., Song, G. J., Kim, Y. B., Kim, C. Y., & Seo, Y. S. (2015). Developments of real-time monitoring system to measure displacements on face of tunnel in weak rock. *Journal of Korean Tunnelling and Underground Space Association*, 17(4), 441-455.

Yun, H. S., Song, G. J., Shin, Y. W., Kim, C. Y., Choo, S. Y., & Seo, Y. S. (2014). Application of x-MR control chart on monitoring displacement for prediction of abnormal ground behaviour in tunnelling. *Journal of Korean Tunnelling and Underground Space Association*, 16(5), 445-458.

4. Anexos

ANEXO I – ANOTAÇÃO DE RESPONSABILIDADE TÉCNICA – ART



Anotação de Responsabilidade Técnica - ART
Lei nº 6.496, de 7 de dezembro de 1977
Conselho Regional de Engenharia e Agronomia do Rio Grande do Sul



ART Número
14245593

Tipo: OBRA OU SERVIÇO	Participação Técnica: INDIVIDUAL/PRINCIPAL
Convênio: NÃO É CONVÊNIO	Motivo: NORMAL

Contratado

Carteira: RS190327	Profissional: MARILIA ABRÃO ZENI	E-mail: marilia.a.zeni@gmail.com
RNP: 2211184618	Título: Engenheira de Minas	
Empresa: NENHUMA EMPRESA	Nr.Reg.:	

Contratante

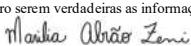
Nome: COPELMI MINERAÇÃO LTDA.	E-mail: copelmi@copelmi.com.br
Endereço: LARGO VISCONDE DO CAIRU 12 3º ANDAR	Telefone:
Cidade: PORTO ALEGRE	Bairro: CENTRO HISTÓRICO
	CPF/CNPJ: 33059528000195
	CEP: 90030110 UF: RS

Identificação da Obra/Serviço

Proprietário: COPELMI MINERAÇÃO LTDA.	CPF/CNPJ: 33059528000195
Endereço da Obra/Serviço: VISCONDE DO CAIRU 12 3º ANDAR	CEP: 90030110 UF: RS
Cidade: PORTO ALEGRE	Bairro: CENTRO HISTÓRICO
Finalidade: MINERAÇÃO	Vlr Contrato(R\$): 1.000,00
Data Início: 03/02/2026	Honorários(R\$): 600,00
Prev.Fim: 06/02/2026	Ent.Classe: AGEM

Atividade Técnica	Descrição da Obra/Serviço	Quantidade	Unid.
Avaliação	REVISÃO CARTA DE RISCO BACIA DE FINOS MINA DO RECREIO	1,00	UN

ART registrada (paga) no CREA-RS em 09/02/2026

Gravataí, 09 de fevereiro de 2026 Local e Data	Declaro serem verdadeiras as informações acima  MARILIA ABRÃO ZENI Profissional	De acordo  COPELMI MINERAÇÃO LTDA. Contratante
---	---	--

A AUTENTICIDADE DESTA ART PODE SER CONFIRMADA NO SITE DO CREA-RS, LINK SOCIEDADE - ART CONSULTA.

 COPELMI MINERAÇÃO LTDA.	PLANO DE AÇÃO DE EMERGÊNCIA PARA BARRAGENS DE MINERAÇÃO - Mina do Recreio -	PAEBM-BAR-RE-01
		Revisão: 09
		Data: 05/03/2026

ANEXO 4

ESTUDO E MAPA DE INUNDAÇÃO

ESTUDO E MAPA DE INUNDAÇÃO PARA CONDIÇÃO DE RUPTURA POR LIQUEFAÇÃO EM ATENDIMENTO A RESOLUÇÃO ANM Nº 95/2022

**MINA DO RECREIO
BUTIÁ/RS**

CONTRATANTE:
COPELMI MINERAÇÃO LTDA

EXECUÇÃO TÉCNICA:
NÚCLEO DE MEIO AMBIENTE E MINERAÇÃO – NMAM
CENTRO TECNOLÓGICO - CTSATC

**Julho de 2025
Versão Final**



SATC
EDUCAÇÃO E NEGÓCIOS



COPELMI
MINERAÇÃO LTDA.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Localização da área de estudo no município de Butiá - RS.....	7
Figura 2 - Situação da área de estudo com representação dos elementos do pátio operacional.....	8
Figura 3 - Recorte da topografia primitiva para representação da batimetria utilizada no estudo de inundação atual.	13
Figura 4 - Modelado do terreno com exagero vertical. Primitivo da área da Bacia de Finos da Mina do Recreio com a incorporação da cava (cor violeta).	13
Figura 5 - Ortofoto e hipsometria na área de estudo obtidos por processamento de informações obtidas por aerofotogrametria.	14
Figura 6 - Representação de perfis idealizados para conferência da geometria.....	15
Figura 7 - Apresentação dos perfis para comparativo dentre superfície atual e primitiva (apresenta exagero vertical).....	16
Figura 8 - Diagrama cota x volume para a Bacia de Finos da Mina do Recreio.....	17
Figura 9 - Forma e dimensão da brecha (totalidade da barragem).	18
Figura 10 - Distribuição dos pontos das sondagens para coleta de amostras.	19
Figura 11 - Coleta das amostras na barragem da Mina do Recreio.	20
Figura 12 - Interface inicial do software utilizado.....	24
Figura 13 - Dados geométricos no entorno da área da Mina do Recreio (software Mike).	25
Figura 14 - Entrada de dados sobre propriedades dos fluidos hiperconcentrados para modelagem do Cenário 1.	26
Figura 15 - Entrada de dados sobre propriedades dos fluidos hiperconcentrados para modelagem do Cenário 2.	27
Figura 16 - Entrada de dados sobre propriedades dos fluidos hiperconcentrados para modelagem do Cenário 3.	28
Figura 17 - Interface de saída da modelagem: recorte no momento de 5 minutos após liquefação.	30
Figura 18 - <i>Time-steps</i> de 10s, 1 min, 10 min, 20 min e 25 min (Da esquerda acima para direita).	31

Figura 19 - Profundidade máxima de rejeitos para o Cenário 1.	32
Figura 20 - Máximas velocidades da onda para o Cenário 1.	33
Figura 21 - Profundidade máxima de rejeitos para o Cenário 2.	34
Figura 22 - Máximas velocidades da onda para o Cenário 2.	35
Figura 23 - Hidrograma de decaimento parabólico para o cenário de liquefação.	37
Figura 24 - Esvaziamento do reservatório pela liquefação da barragem.	37
Figura 25 - Profundidade máxima de rejeitos para o Cenário 3.	38
Figura 26 - Máximas velocidades da onda para o Cenário 3.	39
Figura 27 - Chegada da onda no setor de beneficiamento mineral (40 segundos)...40	
Figura 28 - Chegada da onda próxima à estação robótica (seta).....40	
Figura 29 - Mancha de inundação após 7 minutos (ETE indicada na seta).41	
Figura 30 - Configuração da mancha de inundação aos 25 min.41	

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	ii
1 IDENTIFICAÇÃO DO EMPREENDEDOR.....	5
1.1 RESPONSÁVEL TÉCNICO PELA BARRAGEM.....	5
1.2 EQUIPE TÉCNICA DA BARRAGEM	5
2 IDENTIFICAÇÃO DA EQUIPE CONTRATADA PARA VALIDAR ESTUDO E MAPA DE INUNDAÇÃO	6
2.1 REPRESENTANTE LEGAL DA EMPRESA CONTRATADA	6
3 INTRODUÇÃO.....	7
4 METODOLOGIA.....	11
4.1 CENÁRIO SIMULADO	11
4.2 TOPOGRAFIA E GEOMETRIA DA BARRAGEM	12
4.3 CARACTERIZAÇÃO DOS RESÍDUOS.....	18
4.4 CÁLCULO E SOFTWARES	23
5 RESULTADOS DOS CENÁRIOS, EXTENSÃO E ALTURA DA INUNDAÇÃO	29
5.1 CENÁRIO 1.....	29
5.2 CENÁRIO 2.....	34
5.3 CENÁRIO 3.....	36
6 CONSIDERAÇÕES	44
7 EQUIPE EXECUTORA.....	46
8 COORDENAÇÃO GERAL	46
REFERÊNCIAS.....	47
APÊNDICES	
ANEXOS	

1 IDENTIFICAÇÃO DO EMPREENDEDOR

Nome completo: Carlos Weinschenck De Faria

Cargo: Diretor Superintendente

CPF: 244.959.487-68

RG: 02789431-0

Endereço: Largo Visconde de Cairú -12, Porto Alegre/RS.

Telefone: (51)3254-5700

e-mail: carlosfaria@copelmi.com.br

1.1 RESPONSÁVEL TÉCNICO PELA BARRAGEM

Eng. Minas Alexandre Grigorieff

Tel.: 51. 99965-4297

1.2 EQUIPE TÉCNICA DA BARRAGEM

Eng. Minas João Francisco Link Feijó

Tel.: 51. 99962-4811

Geól. Gustavo Bastiani

Tel.: 51. 99733-1078

Eng. Ambiental Tel.: 51. 99879-9954

Téc. Seg. Trabalho Tel.: 51. 3652-1211



2 IDENTIFICAÇÃO DA EQUIPE CONTRATADA PARA VALIDAR ESTUDO E MAPA DE INUNDAÇÃO

Nome ou razão social: Associação Beneficente da Indústria Carbonífera de Santa Catarina (SATC)

CNPJ: 83.649.830/0001-71

Cadastro Técnico Federal (CTF): 2363044

Endereço: Rua Pascoal Meller, nº 73, Bairro Universitário, Criciúma/SC.

CEP: 88.805-380

Telefone: (48) 3431-7613

E-mail: ct@satc.edu.br

2.1 REPRESENTANTE LEGAL DA EMPRESA CONTRATADA

Nome completo: Fernando Luiz Zancan e/ou Márcio Zanuz

Endereço: Rua Pascoal Meller, nº 73, Bairro Universitário, Criciúma/SC.

CEP: 88.805-380.

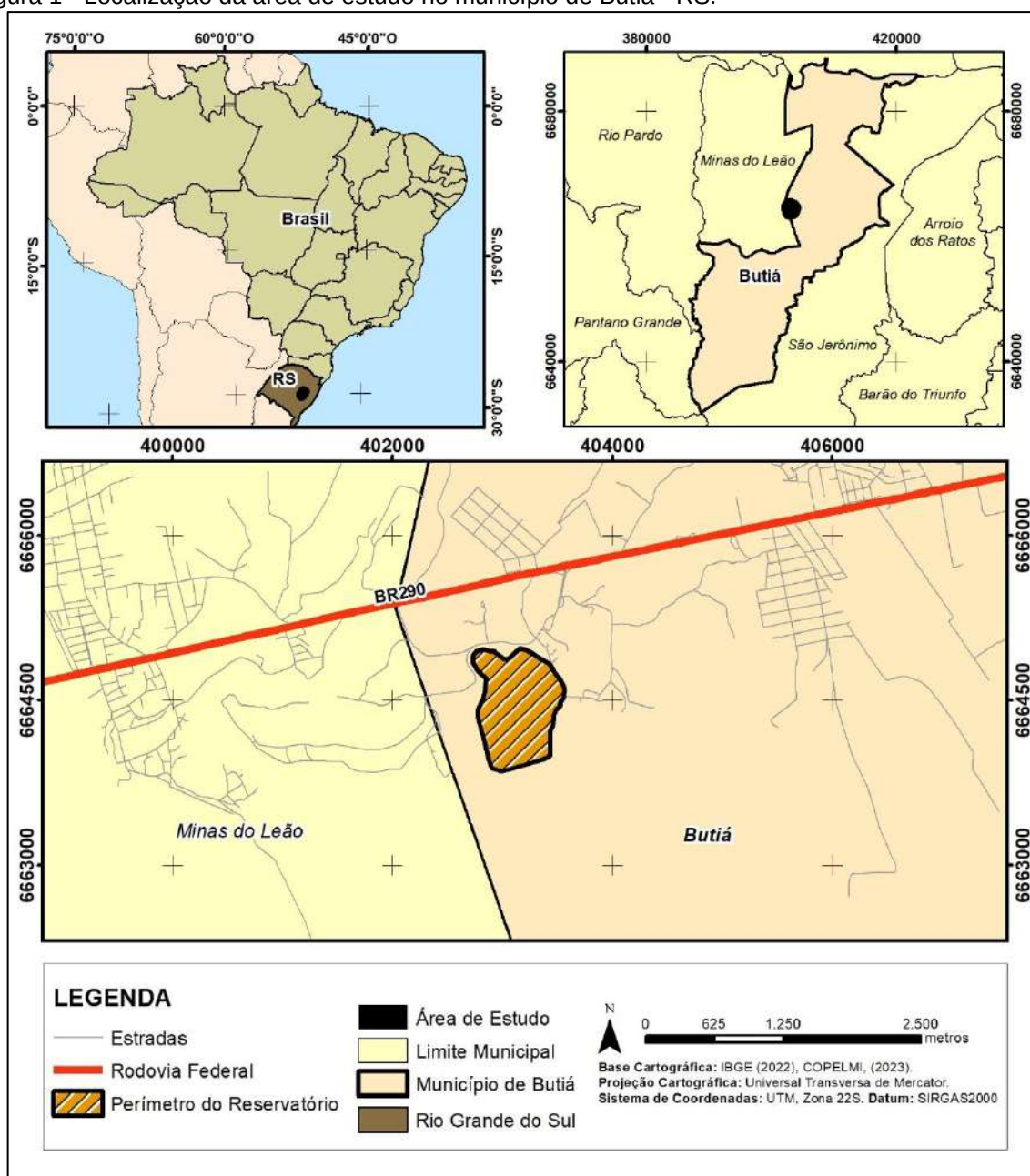
Telefone: (48) 3431-8359

E-mail: fernando.zancan@satc.edu.br e/ou marcio.zanuz@satc.edu.br

3 INTRODUÇÃO

A COPELMI Mineração Ltda é uma empresa nacional voltada a produção de carvão mineral. Dentre suas unidades produtivas destaca-se a Mina do Recreio, situada adjacente à BR-290, km 178, em Butiá, RS (Figura 1), inserida no Processo Mineiro DNPM nº 2.839/1935.

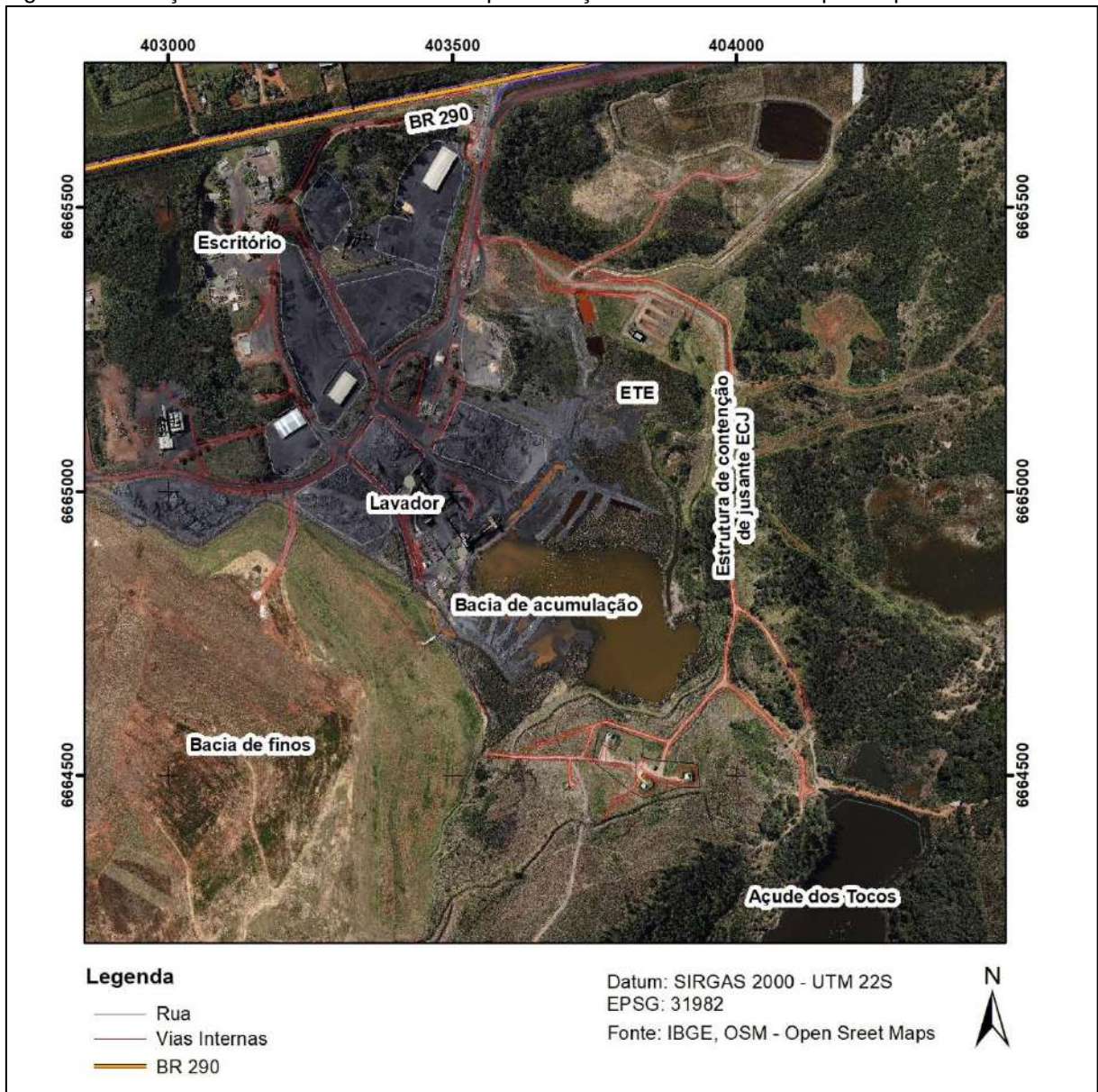
Figura 1 - Localização da área de estudo no município de Butiá - RS.



Fonte: CTSATC (2025).

Neste pátio operacional a empresa operou a bacia de finos da Mina do Recreio (em descomissionamento), para destinação final de sedimentos finos oriundos do beneficiamento mineral. A Figura 2 situa a pretérita bacia de finos (barragem) e seu posicionamento em relação ao pátio operacional e estruturas imediatas.

Figura 2 - Situação da área de estudo com representação dos elementos do pátio operacional.



Fonte: CTSATC (2025).

Esta barragem não barra curso fluvial perene, o que decorreria numa vazão de entrada e de saída, por um extravasor. Entretanto, durante seu alteamento em fase operacional, o acondicionamento de rejeitos em cotas acima do nível topográfico circundante, inclusive com a presença de funcionários e infraestrutura operacional no entorno imediato à jusante, incorreu na aplicação de medidas regulatórias previstas por diferentes Resoluções da Agência Nacional de Mineração - ANM. Uma dessas exigências, já prevista na Resolução nº 04 da ANM, e reiterada na Resolução nº 95, proibiu alteamentos à montante, o que, em parte, foi determinante para a tomada de decisão e início do descomissionamento da bacia de finos da Mina do Recreio.

Assim, de acordo com FLE (2021), foi realizado reforço dos taludes de jusante da barragem, cobertura com material argiloso, introduzida cobertura vegetal. Além disso, foi instalada e operacionalizada a rede de monitoramento de nível d'água e prismas óticos para aferição de possíveis deslocamento dos taludes. Há cerca de três anos foi paralisado o descarte de água de processo mineiro no reservatório, sendo o mesmo recoberto por aterro de material compactado, sobre o qual construiu-se solo, drenagem superficial e incorporou-se vegetação. Desde então a água retida vem sendo expurgada por filtros construídos na base da barragem, o nível d'água interno decaindo, o que eleva o fator de segurança deste atual aterro.

Em resposta ao Ofício nº 1947/2025/DFBCM/ANM, relativo ao Processo nº **27201.002839/1935-21** e Parecer Técnico n. **7/2025/DFBCM/COGR/SBM-ANM/DIRC** (SEI n. 15715683), que trata da fiscalização de segurança da barragem Bacia de Finos da Mina do Recreio, será necessário o cumprimento de exigências, adequadamente especificadas.

A 6ª exigência consiste em:

“6 - Apresentar relatório de ruptura hipotética e mapas de inundação atualizados, com ART, contemplando (**PRAZO 120 DIAS**):

1. caracterização reológica dos rejeitos atualizada ou metodologia utilizada para correlacionar os parâmetros reológicos com os ensaios realizados;
2. estimativa da concentração volumétrica (mínima, média e máxima) e como foi definida a concentração volumétrica;
3. modelo e parâmetros reológicos adotados para simulação do escoamento;
- e
4. laudo de classificação do rejeito segundo a ABNT 10.004/2004.”

A partir do recebimento e ciência do mencionado Ofício a COPELMI iniciou procedimentos e estudos para atendê-lo, dentro dos prazos estipulados. Em relação

à atualização do estudo de inundação, para barragem de finos da Mina do Recreio, cabe elucidar as atualizações já realizadas, em atendimento ao contexto legal anterior e o vigente.

Desde a vigência da Portaria DNPM nº 70.389/2017 que se fez o primeiro estudo do hipotético rompimento de barragem na Mina do Recreio, pelo modo de falha por *piping* (FLE, 2018). Posteriormente, com as novas exigências legais de ser simulado o pior cenário, mesmo diante da probabilidade quase nula, fez-se nova simulação para liquefação da barragem (FLE, 2021), contudo, naquela data estimou-se volume do reservatório de 3,3 milhões de m³ e, para o ano de 2022 (FLE, 2022), validada também em 2023 (FLE, 2023), a simulação considerou volume de rejeitos a ser liberado de 4,42 milhões de m³, após finalização das obras de cobertura do aterro.

As atualizações anteriores do estudo de inundação objetivaram a retificação e atualização de geometria do aterro, volume do reservatório e da topografia do pátio operacional, de forma a subsidiar quanto a geometria adequada da mancha de inundação e, ajustando limites da Zona de Autossalvamento - ZAS e da Zona de Segurança Secundária - ZSS. À época, também houve necessidade de atualização do cenário idealizado, considerando-se o modo de falha por liquefação, bem como, modelagem numérica bidimensional. Estas atualizações da evolução têmporo-espacial da onda de inundação de um hipotético rompimento do aterro de rejeito (barragem) orientaram medidas de segurança no pátio, a exemplo da definição de pontos de encontro ou rotas de fuga, o que contribuiu para subsidiar o Plano de Ação de Emergência de Barragem (PAEBM).

Na situação atual, em atendimento ao Item 6 do Ofício nº 1947/2025/DFBCM/ANM, e seus subitens, a atualização do estudo de inundação objetiva replicar as condições de contorno já empregadas anteriormente, atualizando-se o perímetro do reservatório e, principalmente, considerando-se resultados de ensaios reológicos realizados na barragem e reservatório.

4 METODOLOGIA

Os procedimentos adotados para efetuar a simulação de rompimento das barragens seguiram na íntegra as recomendações elencadas na Resolução ANM nº 95/2022. Os procedimentos metodológicos seguem detalhados para o cenário simulado, metodologia de cálculo, proveniência de dados geométricos, descrição de *softwares* e das condições de contorno para o modelo.

4.1 CENÁRIO SIMULADO

Assim como os estudos apresentados pela FLE (2021; 2022) este também não investigou a probabilidade de ruptura da barragem (bacia de finos), diferentemente de Koppe (2019), que já percorreu sobre a potencial liquefação deste barramento, utilizando-se de dados de ensaios *in situ*. Koppe (2019) adotou o cálculo de estimativa de probabilidade de ocorrência de liquefação (PL), de acordo com Chen e Hsein-Juang (2000), e bem justificado pela FLE (2021), em que os resultados indicaram $PL = 0,008$, ou seja, liquefação improvável. Também é notória a concordante relação estabelecida entre os estudos da FLE com cálculos manuais de volume e velocidade de descarga, provenientes da observação de diversos ‘estudos de caso’ de rompimento de barragens de mineração, didaticamente apresentados por Rico, Benito e Díez-Herrero (2008).

Seguindo FLE (2019; 2021; 2022, 2023), bem como observações dos acidentes de Mariana e Brumadinho, considerou-se a liberação total do reservatório em caso de liquefação, saturação em água e tempo de formação do evento em 30 segundos, simulando-se até o final da descarga de rejeitos.

Mesmo diante da já atestada ‘improvável liquefação’, em atendimento à Resolução ANM nº 95 considerou-se este cenário de maior dano. Ademais, desde estudo de inundação realizado em julho de 2022, para a Bacia de finos da Mina do Recreio, vem adotando-se em cada atualização a “Ruptura por liquefação dos rejeitos em condição de chuvas excepcionais. Aterro de rejeitos operando em condições normais, ruptura inesperada” (FLE, 2022, p. 10).

Em relação a esta possibilidade, apresentar-se-á três cenários para a liquefação:

1 - Com dados geotécnicos e reológicos que exprimem a realidade da cobertura e barramento, ou seja, trata-se de material argiloso compactado;

2 - O segundo cenário hipotético consiste em adotar-se resultados obtidos por ensaios realizados com os rejeitos do reservatório, em maioria saturados.

3 - Conjuga a proporcionalidade dos mobilizáveis, com informações da cobertura, barramento, rejeitos acima e abaixo do nível da água, em situação de dia não chuvoso, ou normal. Como se sabe, estes materiais possuem diferentes comportamentos e ocupam volumes distintos no local, portanto, a situação da proporção real de mobilizáveis deve ser considerada. Maior detalhamento da reologia e proporções dos resíduos que compõem as proposições de cenários simulados será apresentada no item 4.

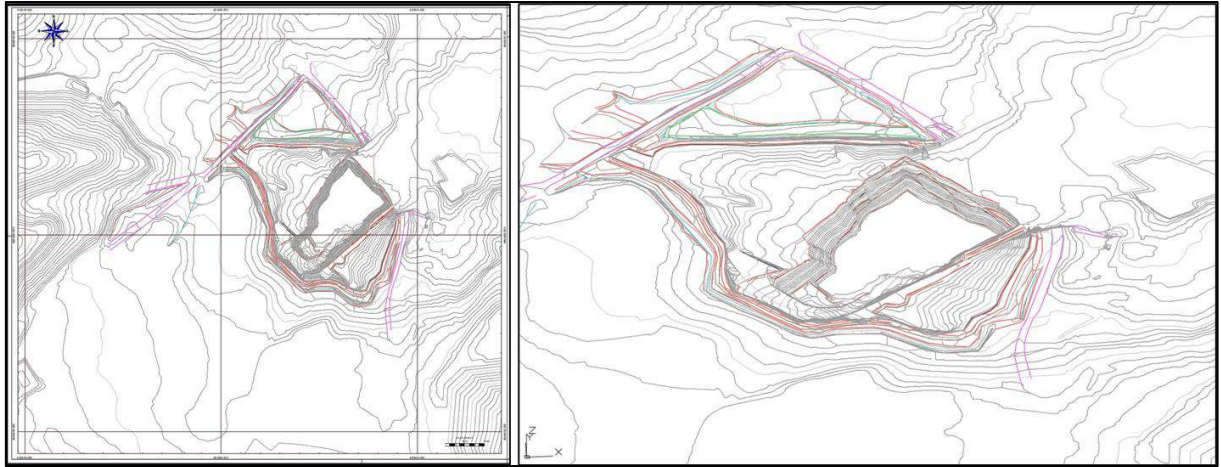
Quanto ao critério de parada de onda, simulou-se até o final da descarga de rejeitos, representando-se com equidistância mínima de 0,5 m, além do preconizado em recomendações técnicas, ou seja, 2 pés (ou 0,61 m). Em relação ao cenário de dia chuvoso (*rainy day*), de antemão, deve-se entender que, pela situação locacional da barragem, não há possibilidade de considerar condições fluviais, uma vez que não há curso d'água perene seccionando, ou nas imediações da barragem, ou que possam inserir-se na mancha de inundação. Da mesma forma, o reservatório encontra-se recoberto por camada argilosa compactada e impermeabilizantes, com greide e drenagens que visam expurgar as águas pluviais, ou seja, informações da precipitação direta na poligonal do reservatório não foram consideradas na simulação.

4.2 TOPOGRAFIA E GEOMETRIA DA BARRAGEM

As condições de contorno planialtimétricas utilizadas para este trabalho seguem as já apresentadas no estudo e mapa de inundação vigente para a área (FLE, 2023). Para elaboração da base de dados georreferenciados foram utilizados os seguintes produtos cartográficos com suas respectivas características:

- A batimetria da barragem foi determinada pela topografia primitiva (Figura 3), que consiste na Planta de Levantamento Planialtimétrico da Topografia Primitiva da Bacia de Finos - Mina do Recreio, na escala 1:2.000, *Datum* SIRGAS 2000, datada de junho de 2022 (COPELMI, 2022).

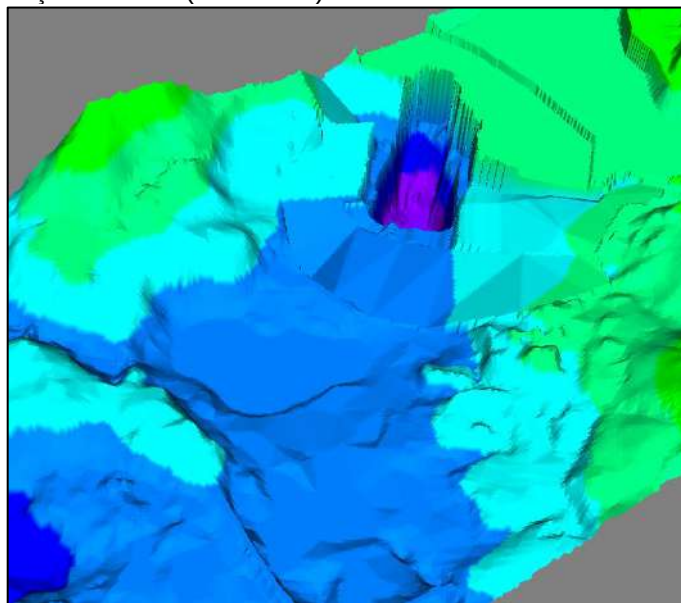
Figura 3 - Recorte da topografia primitiva para representação da batimetria utilizada no estudo de inundação atual.



Fonte: FLE (2023).

- Pela topografia primitiva vê-se que sob a atual Bacia de Finos havia uma cava de mineração, a qual foi considerada, juntamente com as adjacências, na construção da superfície para esta modelagem (Figura 4). Visualiza-se, em primeiro plano, o piso da bacia de acumulação (Figura 2), a ‘retirada’ da barragem por evento de liquefação, para que seja passível a visualização da construção do modelo com a cava, ao fundo do atual reservatório e que, na verdade, passa a constituir um volume morto.

Figura 4 - Modelado do terreno com exagero vertical. Primitivo da área da Bacia de Finos da Mina do Recreio com a incorporação da cava (cor violeta).

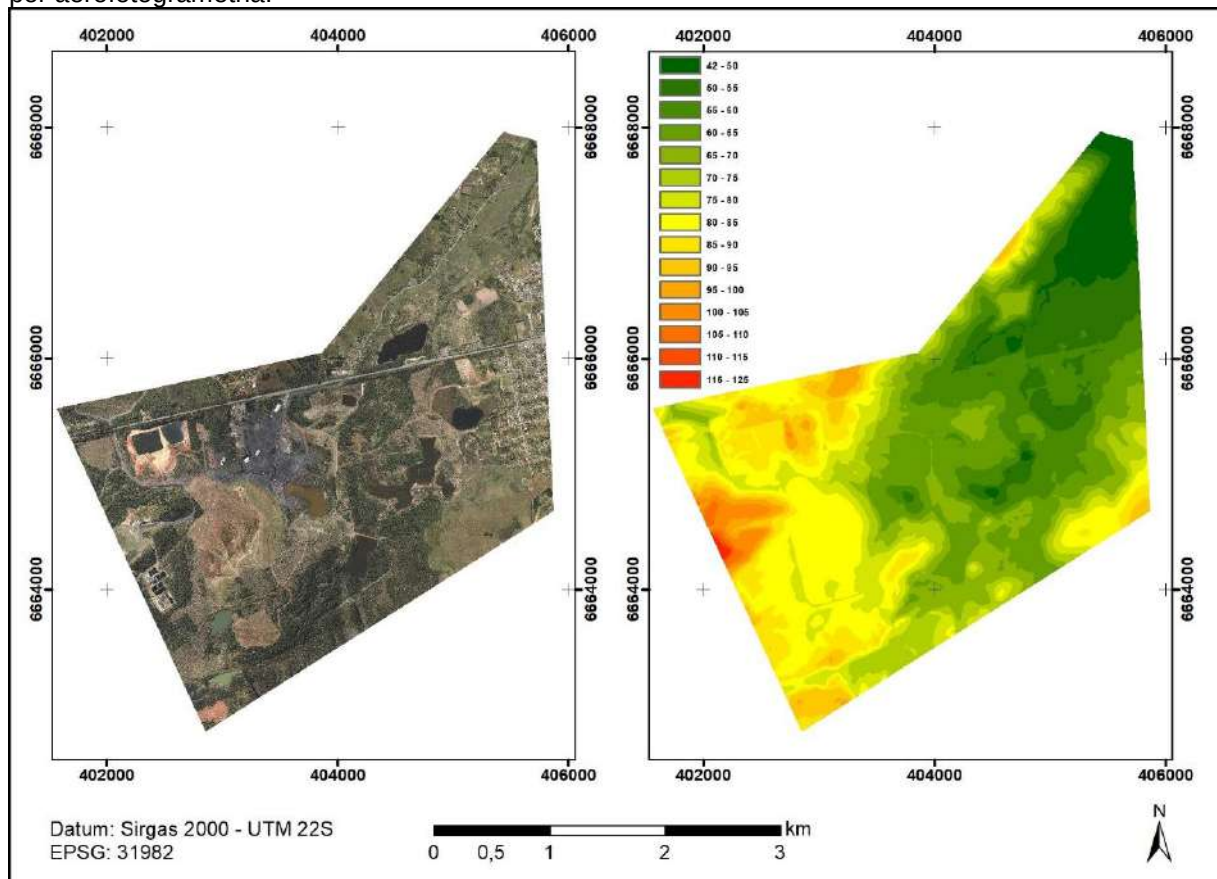


Fonte: FLE (2023).

- Em relação a topografia atual, na escala 1:1.500, esta foi obtida a partir de levantamento aerofotogramétrico, com uso de uma aeronave remotamente pilotada (RPA), no dia 05 de outubro de 2022. O ortomosaico colorido com resolução espacial GSD de 5 centímetros foi elaborado a partir de informações do mesmo levantamento, assim como Modelo Digital do Terreno - MDT (Figura 5).

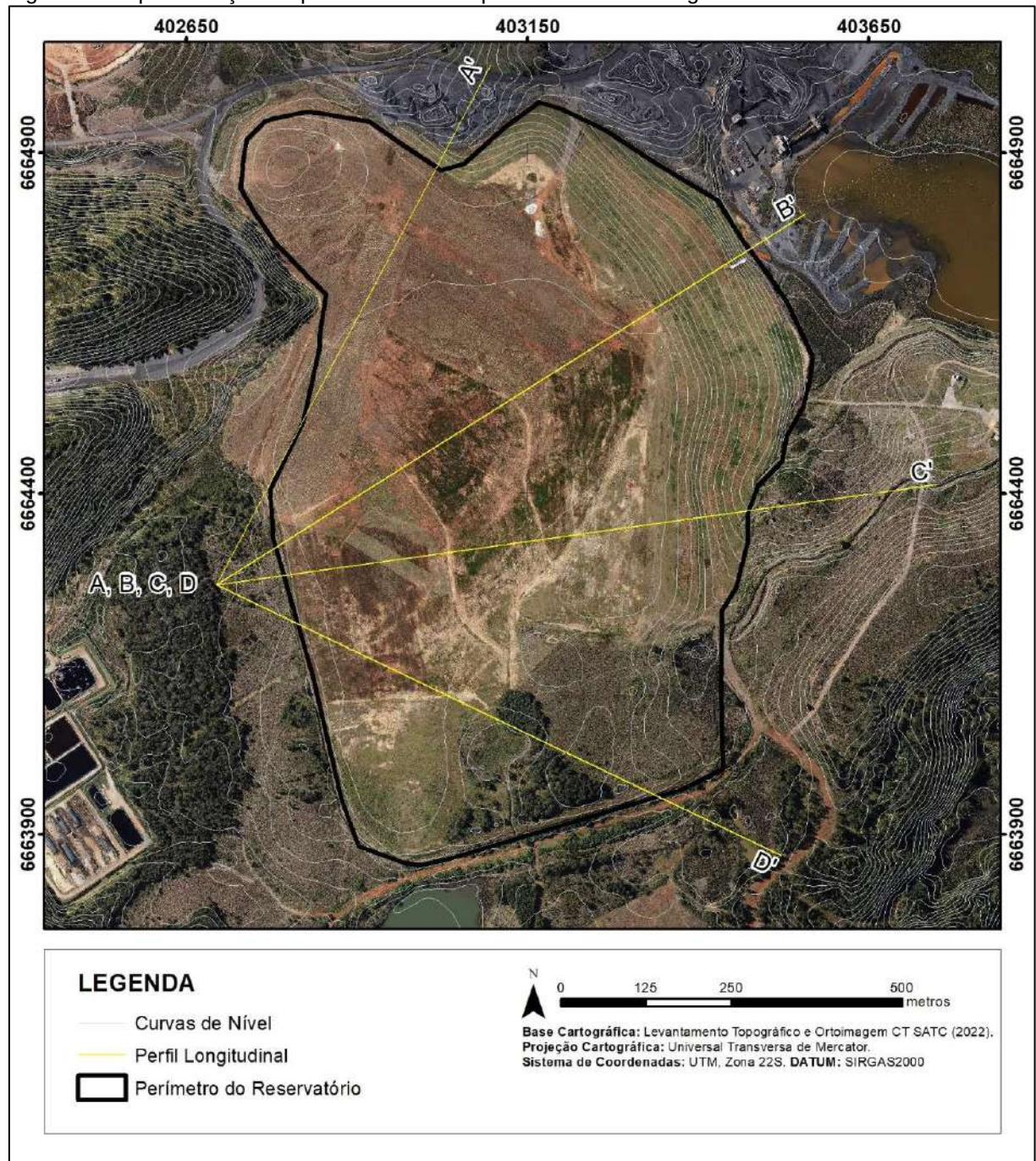
Pela Figura 6 visualiza-se o perímetro atualizado do reservatório e a posição de perfis longitudinais idealizados para comparativo da geometria da barragem x topografia primitiva. Já a Figura 7 ilustra os perfis, na qual a linha vermelha representa a superfície atual, enquanto a azul a primitiva. Também há indicação, nos alinhamentos verticais, em verde, da posição do conjunto barragem/reservatório.

Figura 5 - Ortofoto e hipsometria na área de estudo obtidos por processamento de informações obtidas por aerofotogrametria.



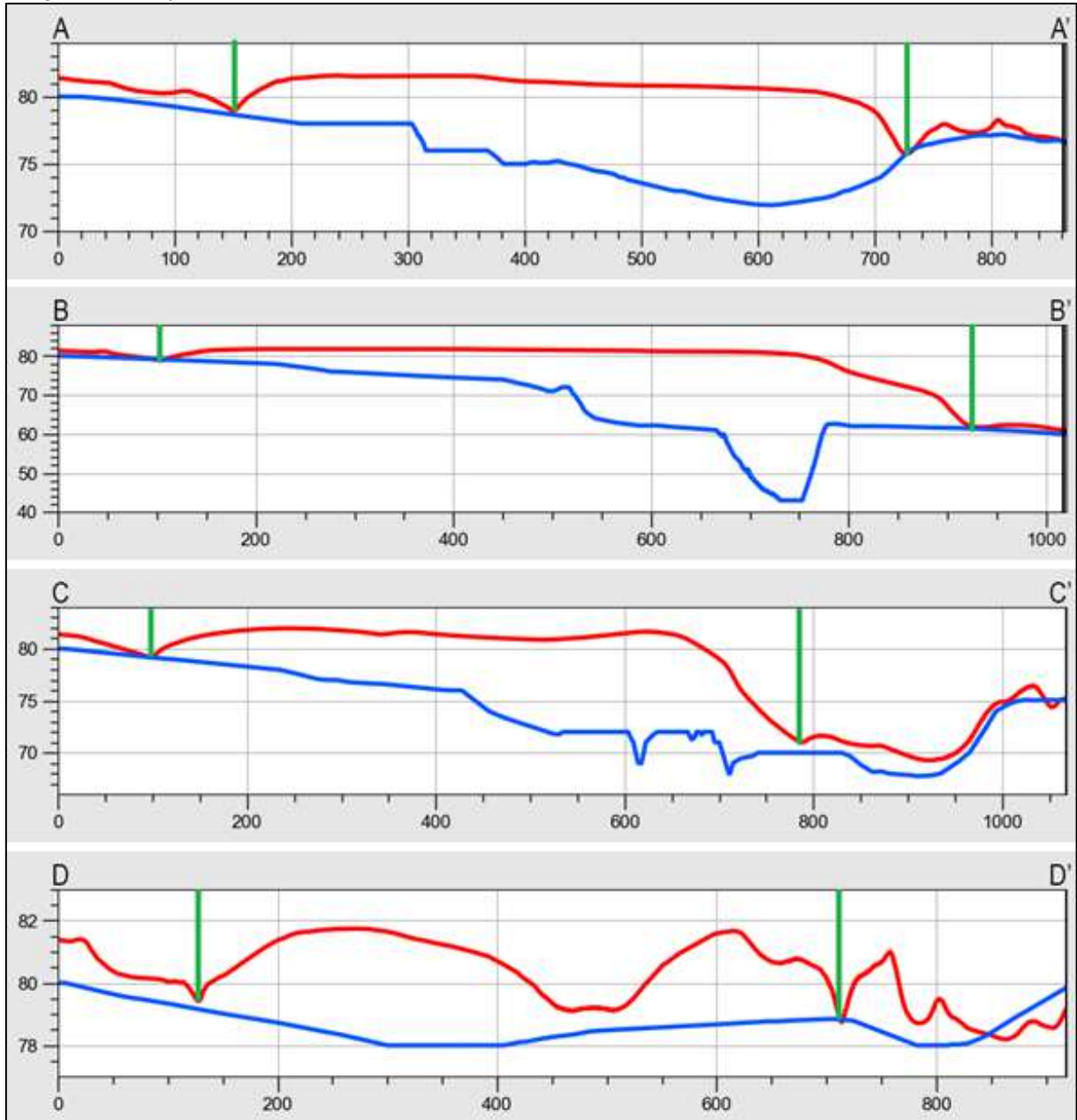
Fonte: CTSATC (2025).

Figura 6 - Representação de perfis idealizados para conferência da geometria.



Fonte: CTSATC (2025).

Figura 7 - Apresentação dos perfis para comparativo dentre superfície atual e primitiva (apresenta exagero vertical).



Fonte: CTSATC (2025).

Complementarmente, algumas outras características preponderantes são aqui citadas:

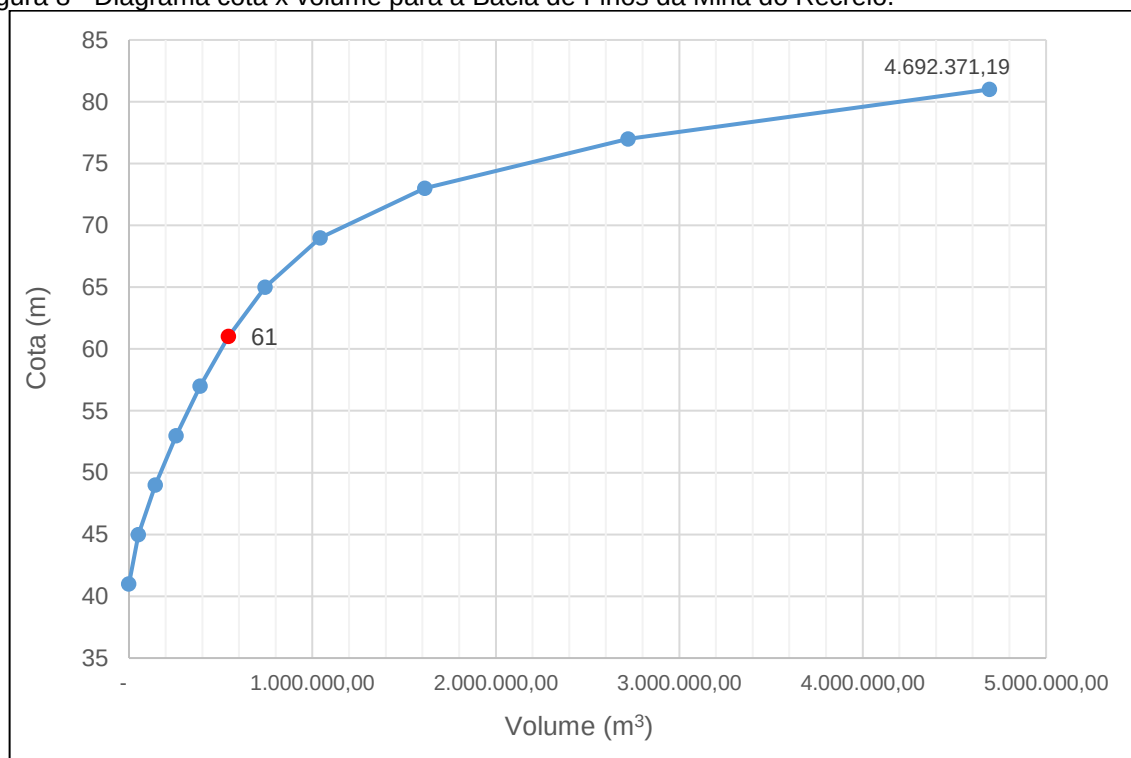
- Classificação da barragem: classe B, risco baixo e DPA alto;
- Barragem não associada com leito fluvial ou corpo d'água perene;

- Capacidade total do reservatório + barragem (aterro): aferida no estudo atual, 4.692,371 milhões de m³, que pode ser acompanhada no diagrama cota x volume (Figura 8);

- Não existem barragens de montante, mas existem Estruturas de Contenção à Jusante (ECJ), dois diques, que objetivam reduzir a velocidade/parar e concentrar possível fluido extravasado no pátio da empresa;

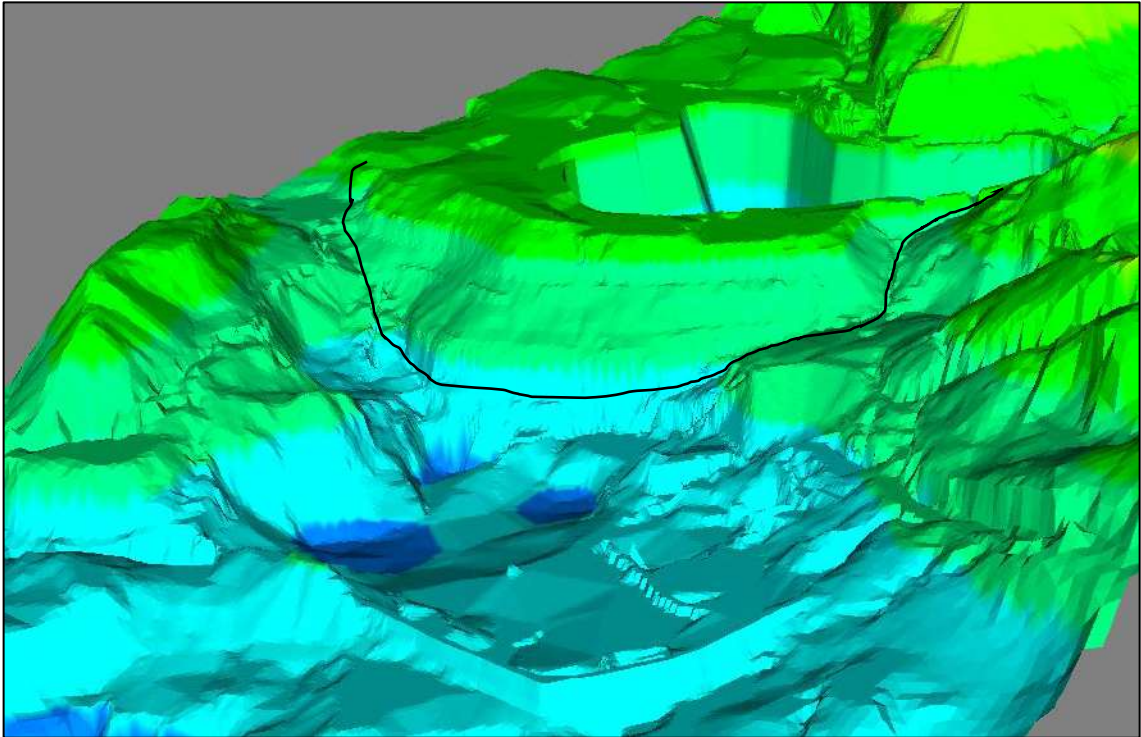
- Alinhamento da crista da barragem que se romperá, na cota de 81 metros, foi obtida com os dados planialtimétricos de referência. A extensão da barragem computa 1.006 m. Desta forma, adotou-se que a liquefação ocorrerá em todo segmento de aterro que estiver ancorado sobre topografia original. Na Figura 9, numa perspectiva tridimensional, é possível visualizar que a base da barragem é mais estreita que o topo, e a cota da base (primeiro plano, entre 61 e 62 m) consiste no coroamento de cava pretérita, sendo o limite do que extravasa e do que ficará retido (volume morto).

Figura 8 - Diagrama cota x volume para a Bacia de Finos da Mina do Recreio.



Fonte: CTSATC (2025).

Figura 9 - Forma e dimensão da brecha (totalidade da barragem).



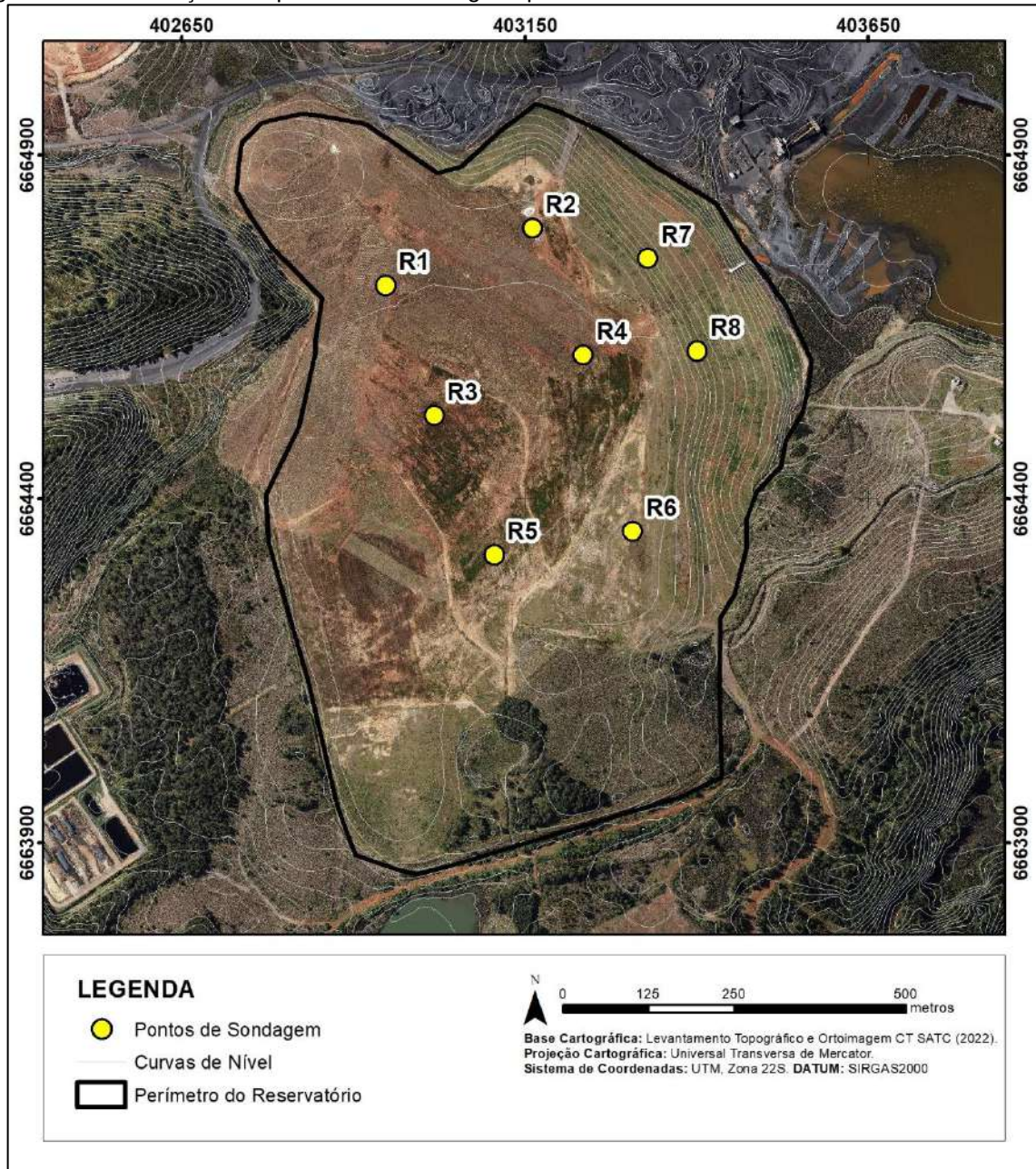
Fonte: CTSATC (2023).

4.3 CARACTERIZAÇÃO DOS RESÍDUOS

Durante sua vida útil o reservatório da barragem recebeu rejeitos finos e grossos de beneficiamento mineral. Já o talude (barragem) e a cobertura final do reservatório foram construídas com aterro de material argiloso. Essa natureza mista, que compõe o mobilizável reservatório + barragem/cobertura, precisou ser investigada, para que se pudesse aferir propriedades reológicas, a serem consideradas na modelagem.

Neste intuito, entre 06/02/2025 e 14/02/2025, a empresa COPELMI realizou 8 furos de sondagens para coleta de amostras verticalmente compostas, totalizando 87,75 metros perfurados, conforme distribuição de pontos indicadas na Figura 10. O posicionamento da amostragem, procedimentos de coleta, acondicionamento e envio de amostras seguiram as orientações de normas técnicas, para posterior realização de ensaios físicos e reológicos por laboratório de referência.

Figura 10 - Distribuição dos pontos das sondagens para coleta de amostras.



Fonte: CTSATC (2025). Adaptado de COPELMI (2025).

Na Figura 11, vê-se algumas fotografias da escolha do local da amostragem, sondagem, amostrador e testemunhos embalados. O relatório de sondagem pode ser visualizado no Anexo I e os resultados laboratoriais destes ensaios geotécnicos e reológicos encontram-se, na íntegra, no Anexo II.

Figura 11 - Coleta das amostras na barragem da Mina do Recreio.



Fonte: COPELMI (2025).

Com a análise dos perfis obtidos pela sondagem (Anexo I), pôde-se quantificar as diferentes tipologias dos materiais que constituem aquele aterro de rejeitos. Sobre esta proporcionalidade, 50,7% constitui-se de rejeito fino, 27,88% de rejeito grosso, 21,4% é cobertura argilosa, solo e barramento/taludes.

Já em relação aos resultados laboratoriais, Anexo II, conseguiu-se caracterizar parâmetros geotécnicos e reológicos específicos para cada tipologia de material, conforme o local da sondagem (Tabela 1).

Tabela 1 - Parâmetros geotécnicos e reológicos de acordo com a tipologia do material em cada furo de sondagem (Quadro resumo do Anexo II).

Tipologia do material	Parâmetros	Furos							
		R1	R2	R3	R4*	R5*	R6	R7	R8
Cobertura, reforço e taludes	Concentração Volumétrica (Cv) (%)	41		44				41	40
	Tensão de escoamento (Bingham) (Pa)	408,46		419,35				1144,41	379,74
	Viscosidade (Bingham) (Pa.s)	138,00		159,00				282,00	196,00
	Massa específica(g/cm³)	2,61		2,54				2,67	2,66
Rejeitos acima do nível d'água	Concentração Volumétrica (Cv) (%)	47		46					
	Tensão de escoamento (Bingham) (Pa)	18,12		151,58					
	Viscosidade (Bingham) (Pa.s)	14,00		53,00					
	Massa específica (g/cm³)	2,06		2,05					
Rejeito abaixo do nível d'água	Concentração Volumétrica Real (%)	46		46			46		
	Tensão de escoamento (Bingham) (Pa)	88,23		284,50			164,86		
	Viscosidade (Bingham) (Pa.s)	34,00		85,00			197,00		
	Massa específica (g/cm³)	2,02		2,25			2,28		
Rejeito Grosso	Concentração Volumétrica Real (%)	46,94	47,26						
	Tensão de escoamento (Bingham) (Pa)	21,90	21,45						
	Viscosidade (Bingham) (Pa.s)	24,00	25,00						
	Massa específica (g/cm³)	2,00	2,01						

*Amostra coletada, mas não ensaiada.

Fonte: CTSATC (2025).

Se faz necessário explicar que, durante a definição da faixa de Concentração Volumétrica (Cv) desejada para ensaios reológicos, fez-se a sugestão ao laboratório para adotar-se faixa entre 46 e 57%, vindo ao encontro dos limiares apresentados por Santos (2016) nos estudos relativos aos dados do evento ocorrido em Brumadinho. Abaixo de 46% de Cv o comportamento da onda seria próximo ao

fluido newtoniano e, com Cv acima de 57%, se comportaria, praticamente, como um sólido.

Assim, adotou-se a Cv alvo em 46%, de forma a possibilitar a obtenção da tensão de escoamento e da viscosidade dinâmica em todas as amostras. Contudo, em algumas amostras coletadas, como os furos R8, com dados de barramento (Anexo II - R8), devido ao comportamento plástico do material, foi necessário diminuir a concentração volumétrica para realizar o ensaio, moldando-se a Cv real para 40%, de forma a determinar os parâmetros de tensão escoamento e viscosidade.

Esta decisão, de afastar-se de Cv conservadoras para movimentação da onda, ou seja, próximas a 57%, propiciou a obtenção de resultados reológicos de tensão de escoamento e viscosidade dinâmica para realização da modelagem, contudo, resultará em manchas de inundação mais extensas, simulando-se o pior cenário.

Os resultados considerados para um cenário de pior condição (Cenário 1) são aqueles obtidos in loco para cobertura e barramento:

- Cv 41,6%;
- Tensão de Escoamento 588 (Pa ou N/m²);
- Viscosidade 193,75 (Pa.s ou kg/ms);
- Massa Específica de 2,62 (g/cm³).

O Cenário 2, combina dados de rejeitos finos e grossos presentes no reservatório:

- Cv 46,7%;
- Tensão de Escoamento 92,9 (Pa ou N/m²);
- Viscosidade 53,5 (Pa.s ou kg/ms);
- Massa Específica de 2,08 (g/cm³).

Por fim, no caso do rompimento deste aterro de rejeitos, outrora uma barragem, o conteúdo do pretérito reservatório irá compor a onda em conjunto com a atual cobertura argilosa, bem como, os taludes. Neste raciocínio, a hipótese inicial é que o Cenário 3 seja mais conservador, uma vez que consiste na amostra proporcional dentre os resultados obtidos para diferentes tipologias, com todo o volume mobilizável:

- Cv 45,6%;

- Tensão de Escoamento 198,8 (Pa ou N/m²);
- Viscosidade 83,5 (Pa.s ou kg/ms);
- Massa Específica de 2,2 (g/cm³).

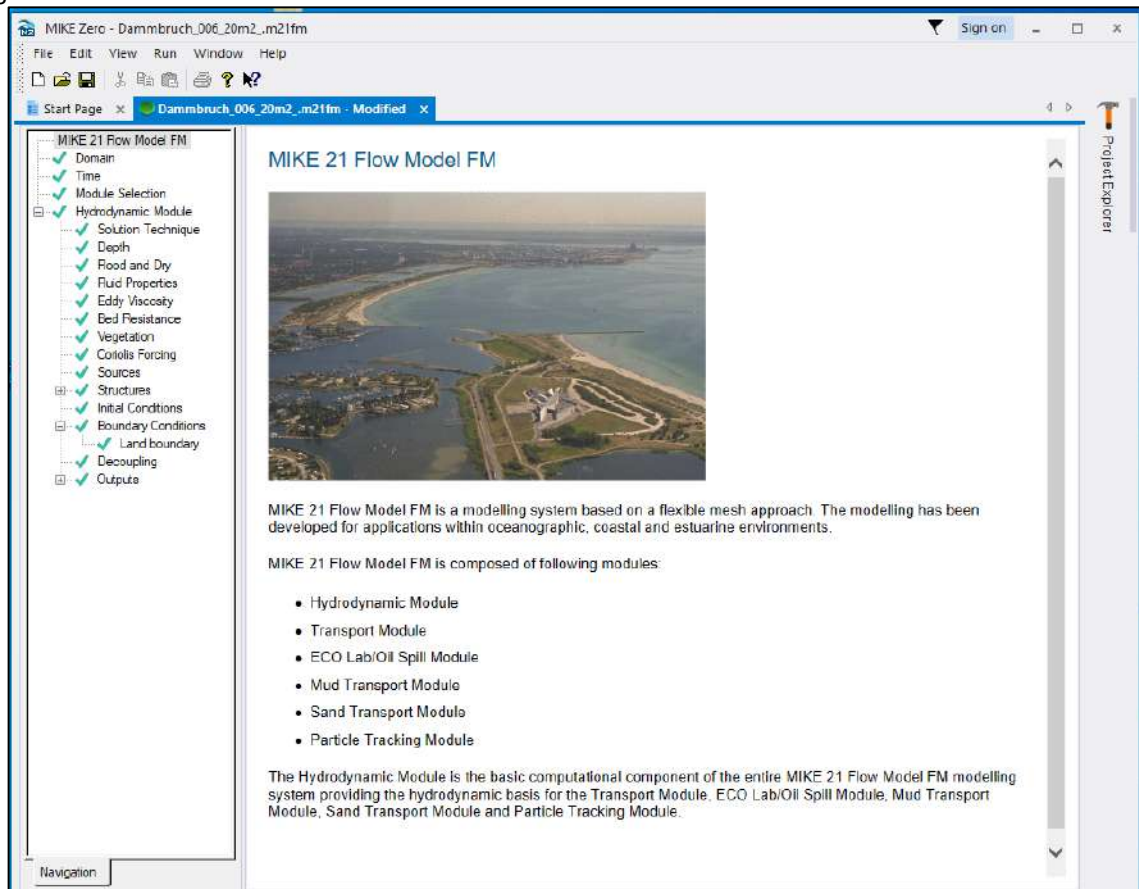
Como verificado pelos dados de entrada para modelagem, o fluido não é newtoniano, comportando-se como plástico de Bingham. Estes são os que necessitam de uma tensão de cisalhamento inicial para começarem a escoar. Citando Silva, Silva Jr e Pinto Jr (2019), este tipo de fluido apresenta uma relação linear entre a tensão de cisalhamento e a taxa de deformação/escoamento, a partir do momento em que se atinge uma tensão de cisalhamento inicial. Esse fluido comporta-se como sólido em condições estáticas ou de repouso, e após a aplicação de uma força ele começa a fluir, é esta a situação hipotética de uma barragem em estado sólido que, então, começa a liquefazer.

4.4 CÁLCULO E SOFTWARES

Utilizou-se do cálculo 2D, baseado no modelo digital do terreno, sendo que este método de cálculo numérico leva em conta todas as deformações e acidentes topográficos locais, influências de reservatórios de retenção, rios, aglomerações urbanas, etc. Além disso pode-se simular diversos cenários, onde os mesmos podem até ser aprimorados para se verificar qual a situação mais crítica. Cálculos de profundidade, velocidade e intensidade do escoamento, entre outros, podem ser apresentados. Além de ser um método bastante exato, pode-se gerar visualizações gráficas desta propagação da onda para maior facilidade de entendimento.

Para modelagem foi utilizado o *Mike 21 Flow Model* (Figura 12), que é um dos principais módulos do *Mike Zero*, desenvolvido pela DHI (*Danish Hydraulic Institute*), sendo amplamente utilizado para modelagem hidrodinâmica em duas dimensões de fluxos superficiais e em ambientes aquáticos.

Figura 12 - Interface inicial do software utilizado.

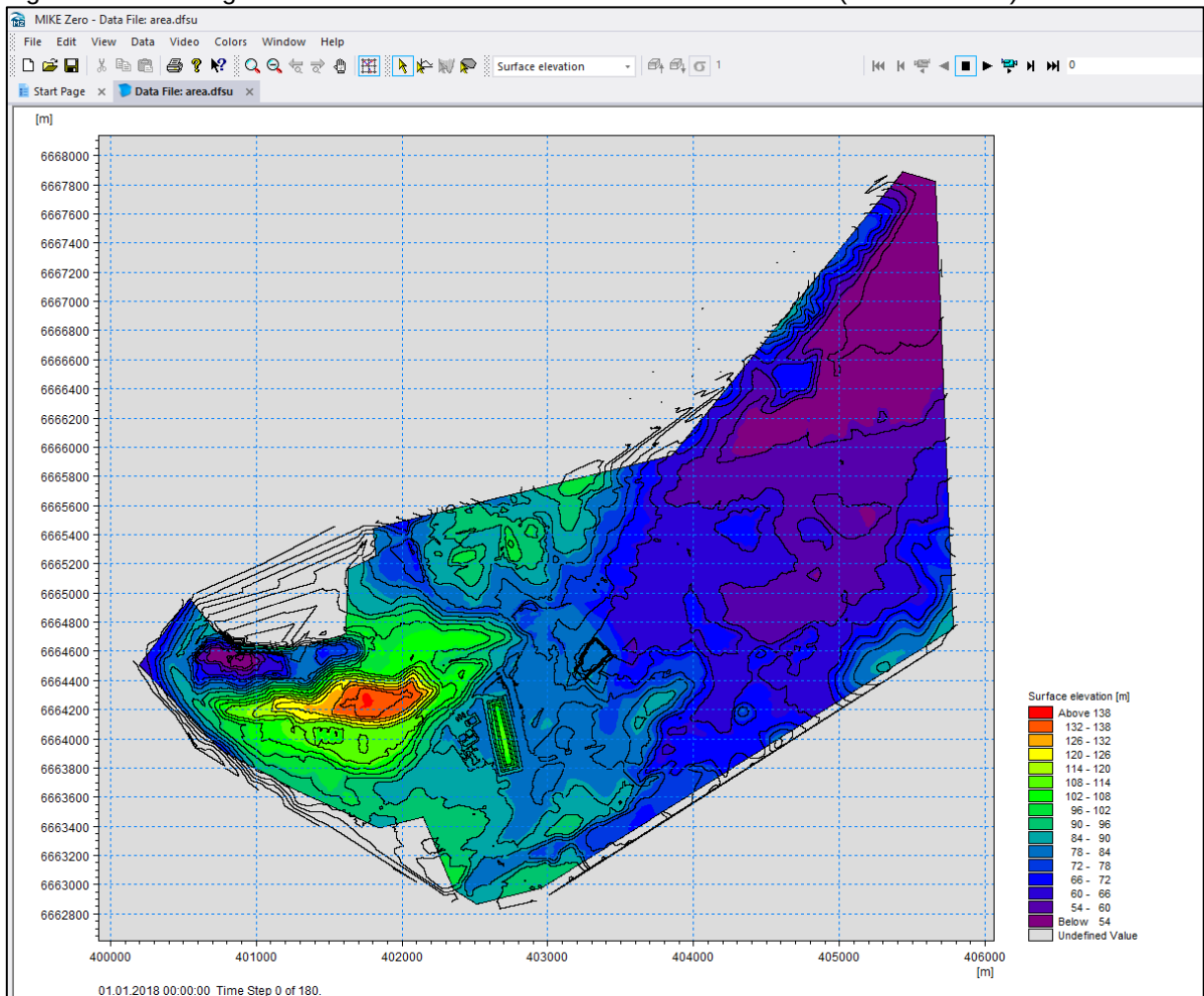


Fonte: CTSATC (2025).

O software *Mike Zero* é adequado para a simulação de rompimento de barragens de rejeitos por várias razões, sendo uma das principais a capacidade de modelar fenômenos hidráulicos complexos e processos físicos em ambientes aquáticos. Abaixo seguem algumas de suas características:

- Modelagem hidrodinâmica avançada: o módulo *Mike 21* do *Mike Zero*, é projetado para modelar fluxos superficiais em 2D, o que é fundamental para entender como a água e os rejeitos se espalham após o rompimento de uma barragem. Isso permite simular a propagação da onda de inundação, velocidades do fluxo, profundidade, e o comportamento dos sedimentos transportados na área de estudo e planialtimetria selecionada (Figura 13).

Figura 13 - Dados geométricos no entorno da área da Mina do Recreio (software Mike).

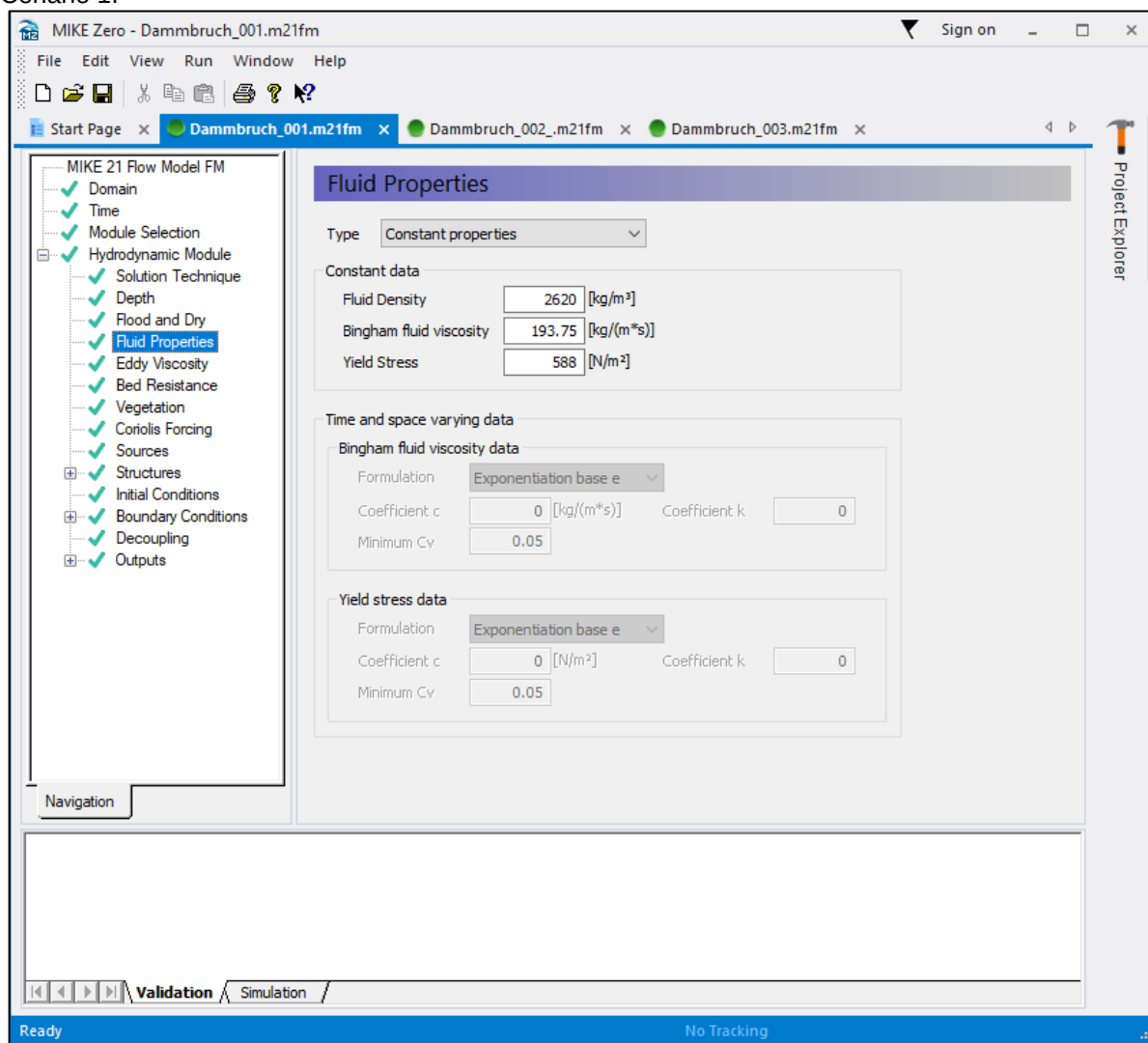


Fonte: CTSATC (2025).

- Simulação de escoamento de lama e rejeitos: Barragens de rejeitos envolvem não apenas água, mas também partículas sólidas e sedimentos que podem ter comportamentos distintos em comparação com uma inundação de água limpa. O *software* incorpora modelos de transporte de sedimentos e materiais, como o comportamento de fluxos hiperconcentrados (Figuras 14, 15 e 16), essenciais para capturar a dinâmica de rompimentos de barragens de rejeito.
- Por fim, o *Mike 21* é um *software* robusto e altamente especializado para simulação de eventos hidrodinâmicos, como o rompimento de barragens de rejeitos. Sua capacidade de modelar fluxos em 2D, transporte de sedimentos, processos de erosão e deposição, e sua flexibilidade para lidar com terrenos e cenários variados, o colocam como uma escolha ideal para a previsão de

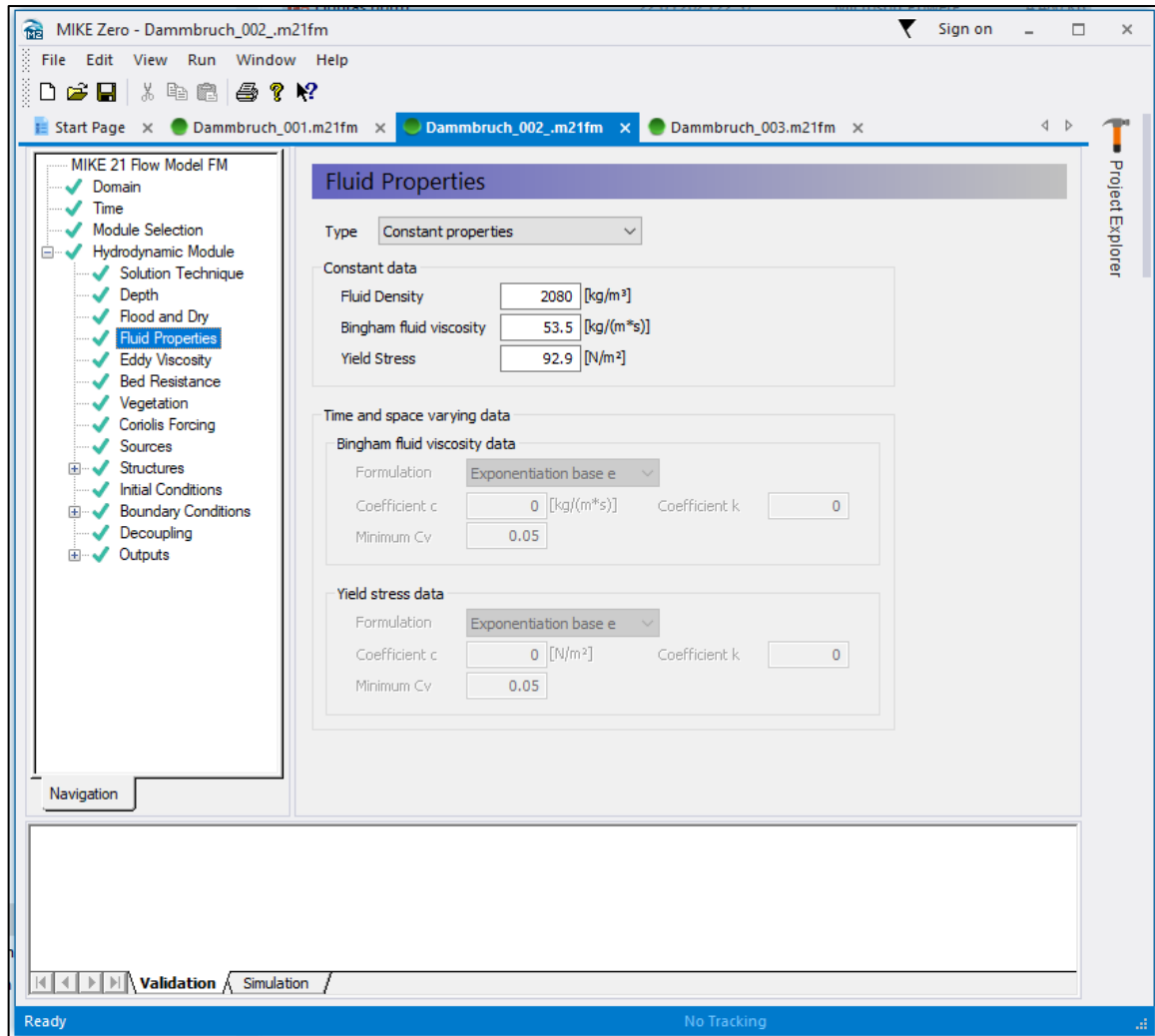
impactos e planejamento de respostas em eventos críticos de rompimento de barragens.

Figura 14 - Entrada de dados sobre propriedades dos fluidos hiperconcentrados para modelagem do Cenário 1.



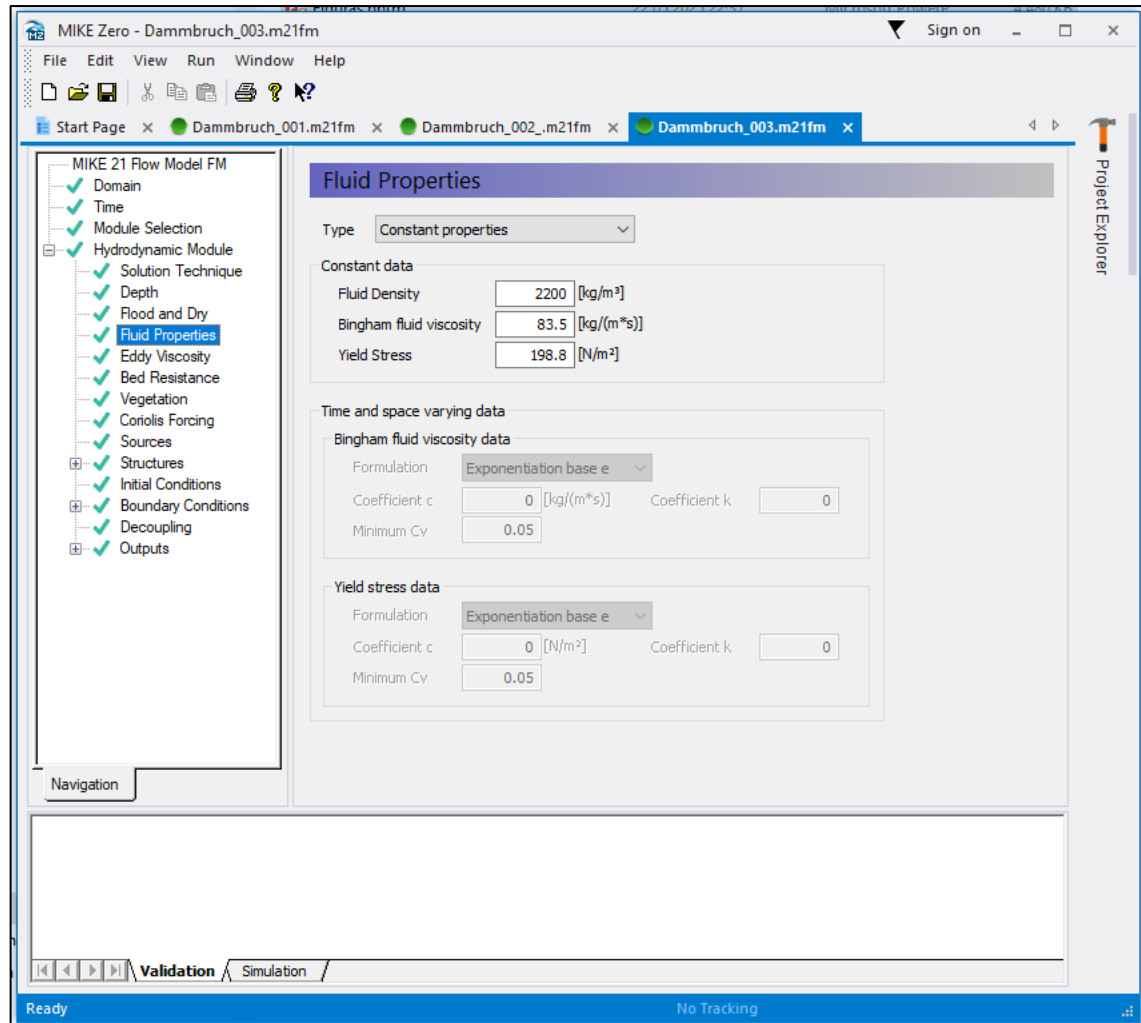
Fonte: CTSATC (2025).

Figura 15 - Entrada de dados sobre propriedades dos fluidos hiperconcentrados para modelagem do Cenário 2.



Fonte: CTSATC (2025).

Figura 16 - Entrada de dados sobre propriedades dos fluidos hiperconcentrados para modelagem do Cenário 3.



Fonte: CTSATC (2025).

5 RESULTADOS DOS CENÁRIOS, EXTENSÃO E ALTURA DA INUNDAÇÃO

Definidas as condições iniciais de contorno foram gerados os três cenários de propagação da onda, com sua profundidade e velocidade, conforme caracterização reológica dos resíduos, como apresentado no item 4.3.

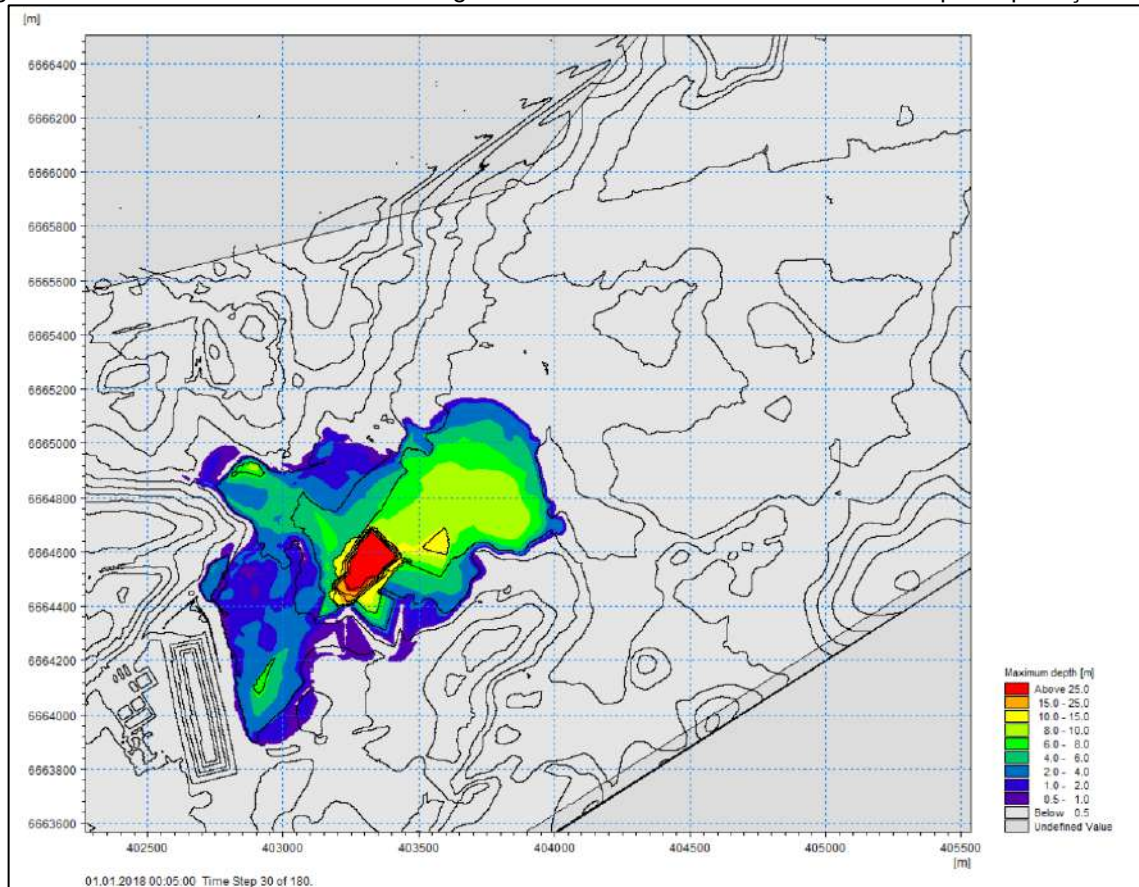
Como já apresentado, os Cenário 1 e 2 são hipotéticos em relação às características geotécnicas e reológicas consideradas para modelagem, sendo idealizado para fornecer informações de calibração e checagem do Cenário 3, o qual entende-se como o melhor esforço de aproximação da realidade. Isto porque se espera que os resultados, uma vez espacializados, indiquem que a mancha de inundação do Cenário 1 se propague aquém e o do Cenário 2 além em relação ao Cenário 3.

5.1 CENÁRIO 1

Para ilustração acerca da evolução da mancha de inundação fez-se um detalhamento baseado em mídia animada oriunda da modelagem executada. As ilustrações apresentadas, mesmo que espacializadas pelas coordenadas, não permitem que se conjugue ortoimagem na base, um recurso que facilita a visualização do contexto do pátio da empresa, o que será apresentado a posteriori neste relatório.

A Figura 17 apresenta esta situação, num recorte da tela de saída do *software Mike*, na qual vê-se um grid de coordenadas UTM, curvas de nível e espacialização das profundidades máximas, combinando reservatório com mancha de inundação, com a devida escala métrica. No canto inferior esquerdo há indicação do cronômetro da simulação em mídia animada, marcando 5 minutos de deflagração da liquefação, bem como, da quantidade de momentos, ou *time-steps* simulados.

Figura 17 - Interface de saída da modelagem: recorte no momento de 5 minutos após liquefação.

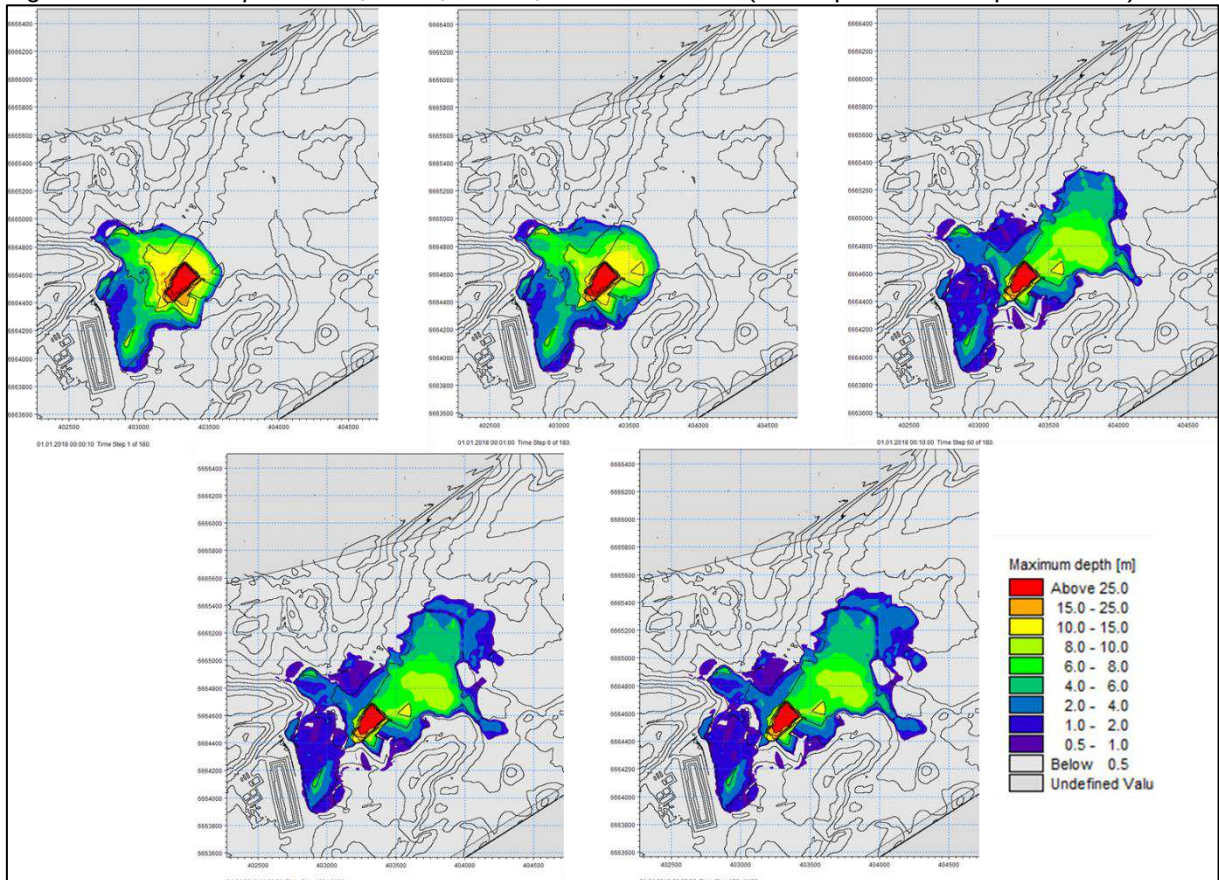


Fonte: CTSATC (2025).

Já a Figura 18, por exemplo, consiste na reunião de 5 *time-step* (momentos), acima, e da esquerda para direita, iniciando com 10 segundos após deflagração da hipotética liquefação; em seguida, 1 minuto, 10 minutos, 20 e 25 minutos. Estes momentos consistem num fragmento de animação visual composta de 180 *time-steps*, perfazendo um evento em que cessam as movimentações de rejeitos acima de 0,5 metros (< 2 pés), após 25 minutos. A modelagem se estendeu até os 30 min.

Conforme avança o evento, o reservatório perde volume e a mancha de inundação, em sua maioria, vai se acomodando nas concavidades, a exemplo da bacia de acumulação e açudes, ou mesmo, num espectro maior, naquela formada entre a Estrutura de Contenção a Jusante (ECJ) e a barragem.

Figura 18 - Time-steps de 10s, 1 min, 10 min, 20 min e 25 min (Da esquerda acima para direita).



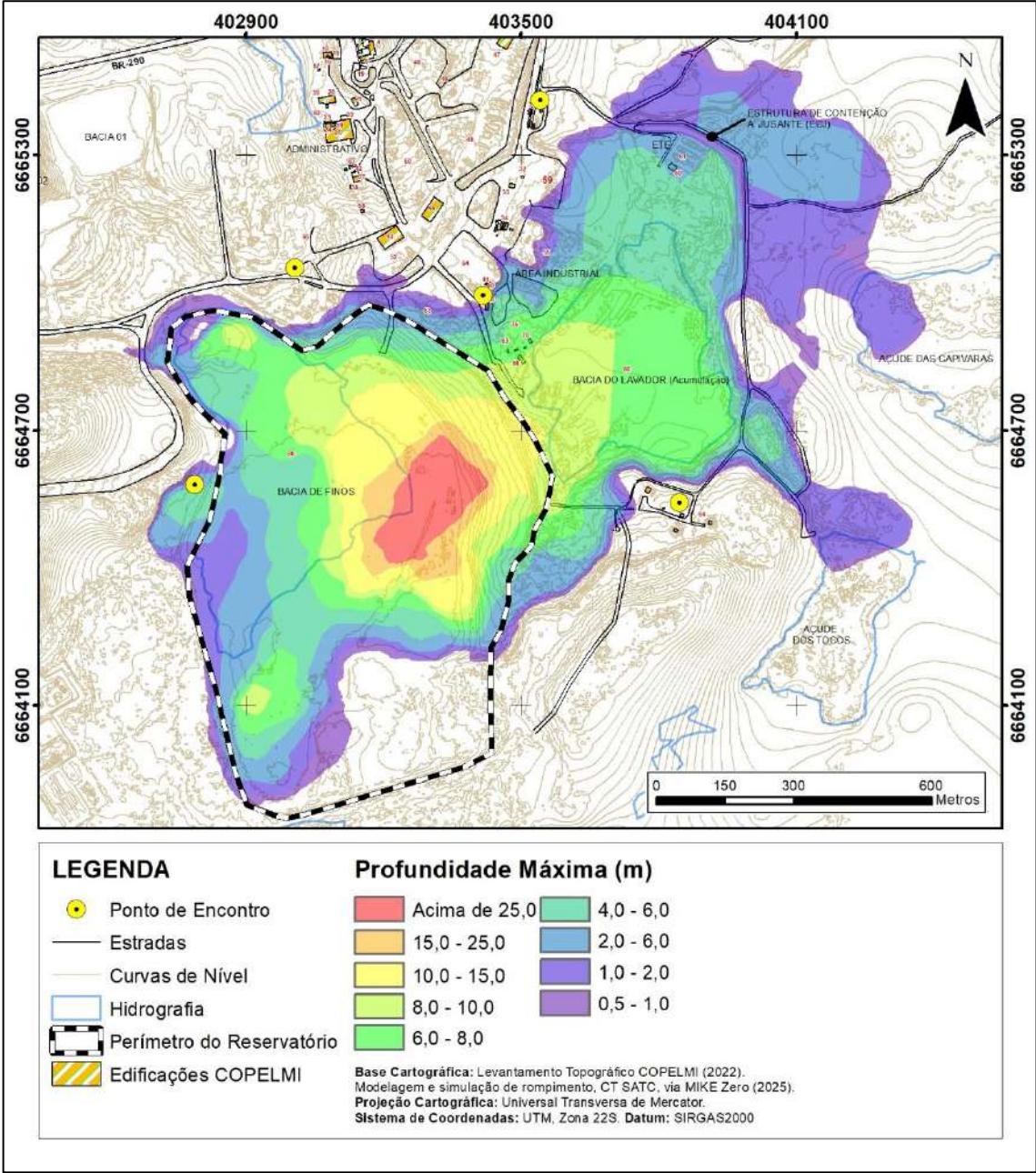
Fonte: CTSATC (2025).

As Figura 18 oferta entendimento sobre o desenvolvimento temporal, extensão e acúmulo de rejeitos, entretanto, não é possível verificar a máxima altura da mancha de inundação em cada ponto, independentemente do momento (tempo). Isto porque sabe-se que existem locais que a onda alcança uma altura considerável na chegada, baixando ao final do evento, noutros pontos, há aumento da altura da onda ao final do evento. Ou seja, as alturas da mancha de inundação variam conforme o local do terreno em tomadas de tempo distintas.

Neste intuito, apresenta-se a Figura 19, com a escala de profundidades máximas, com destaque para além do perímetro do reservatório. Esta configuração permite analisar com detalhes as profundidades do acúmulo do material mobilizado e sua intersecção em relação à pontos de interesse. As edificações na área de beneficiamento mineral são atingidas, assim como, da Estação de Tratamento de

Efluentes, contudo, não são atingidos patrimônios de terceiros ou infraestrutura pública.

Figura 19 - Profundidade máxima de rejeitos para o Cenário 1.

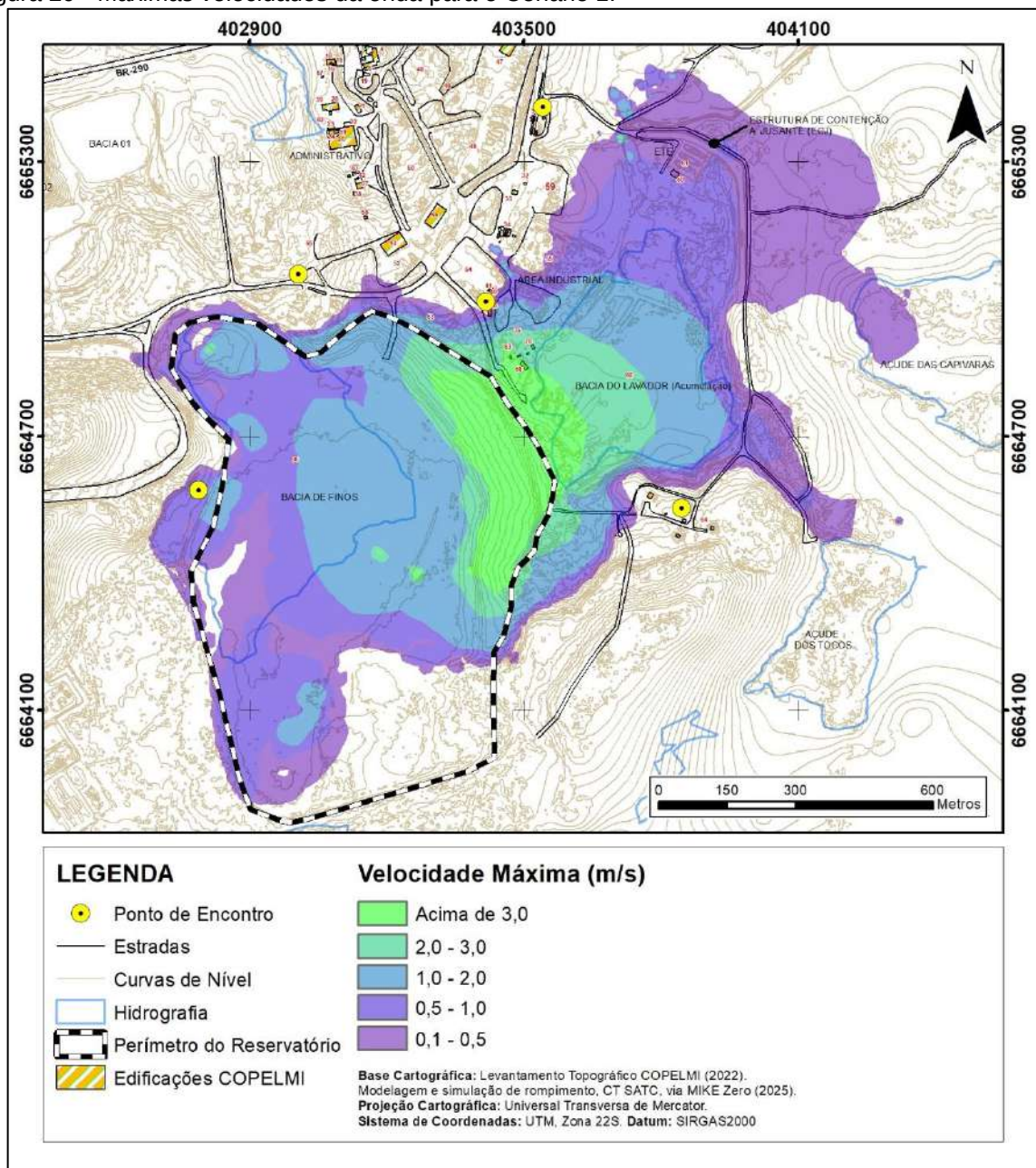


Fonte: CTSATC (2025).

Dada estas observações, as mesmas poderão contribuir para futura classificação do Dano Potencial Associado (DPA), de menor vulto, caso ocorra

liquefação, modelada conforme condições de contorno do cenário 1. Uma outra importante fonte de informação, para compreensão deste cenário, dá-se em relação às velocidades máximas de propagação do fluido. Conforme a Figura 20, o ponto de atenção dá-se na base da barragem, com velocidade da onda acima de 3 m/s de frente ao lavador da empresa, coincidindo, também, com os pontos de maior profundidade.

Figura 20 - Máximas velocidades da onda para o Cenário 1.

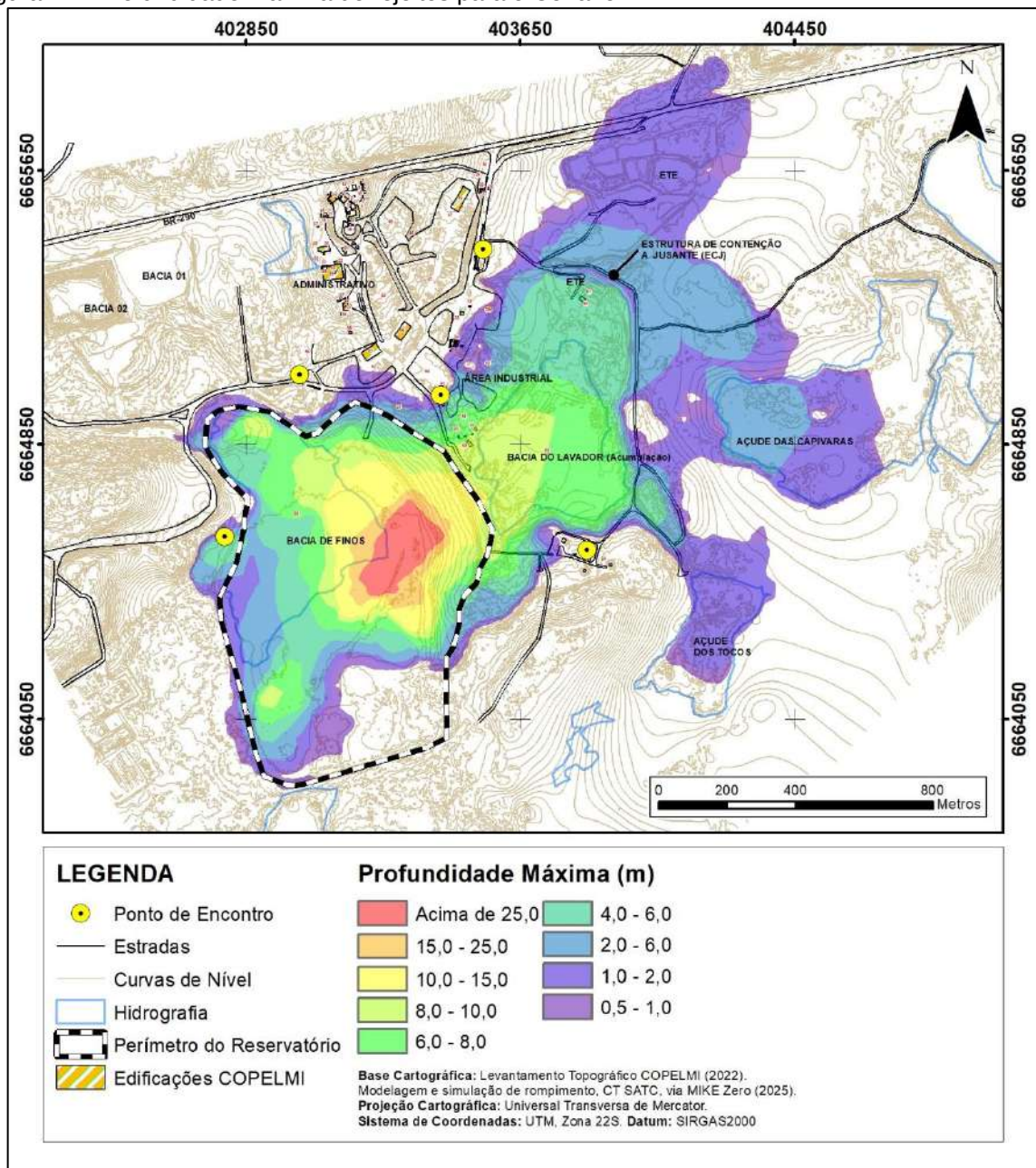


Fonte: CTSATC (2025).

5.2 CENÁRIO 2

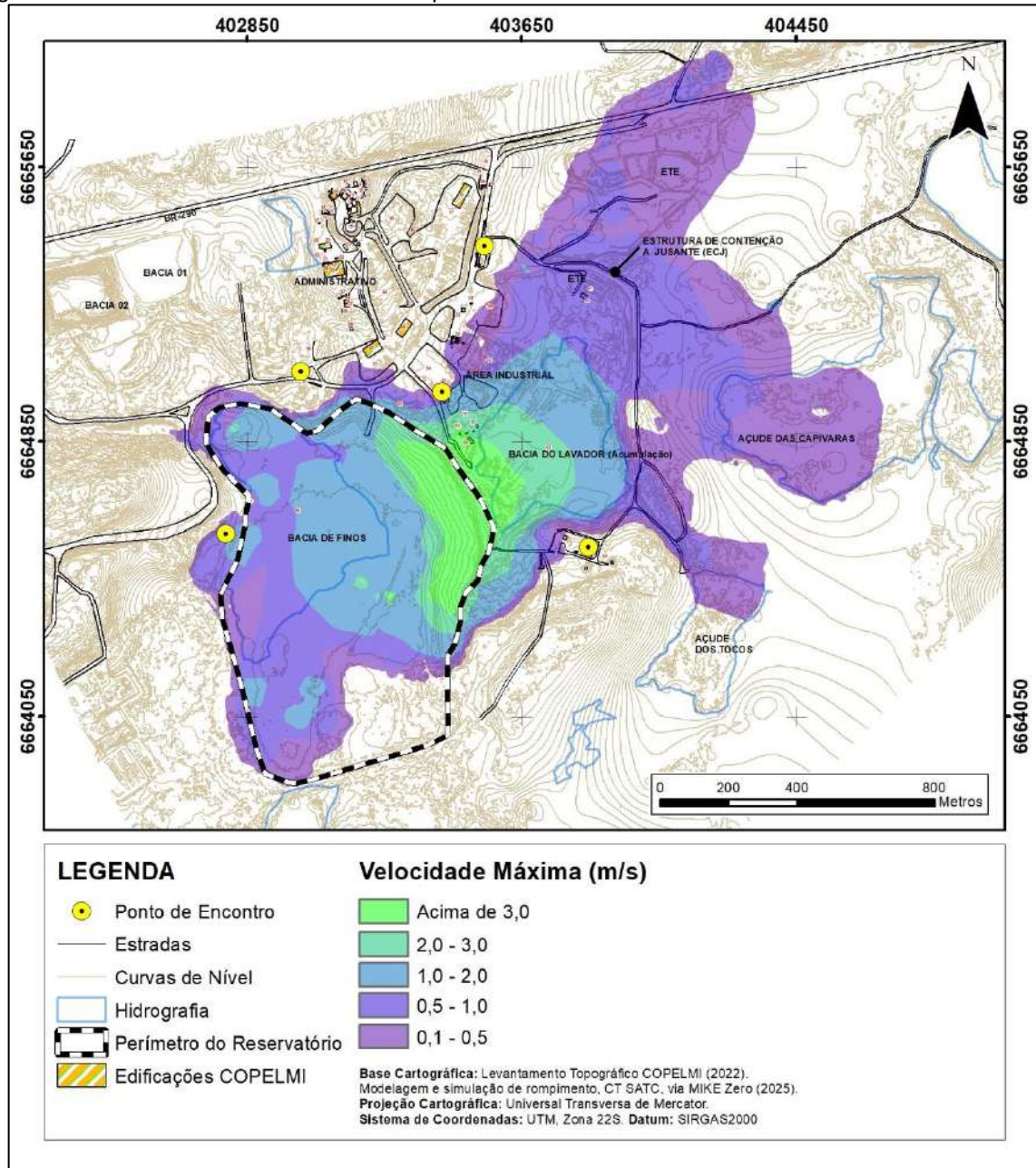
Na mesma linha do cenário 1, para o cenário 2 apresenta-se as Figuras 21 e 22, respectivamente, com a representação das máximas profundidades e velocidades.

Figura 21 - Profundidade máxima de rejeitos para o Cenário 2.



Fonte: CTSATC (2025).

Figura 22 - Máximas velocidades da onda para o Cenário 2.



Fonte: CTSATC (2025).

A diferença primordial deste cenário, em relação ao anterior, dá-se na maior extensão da mancha de inundação. Neste sentido, verifica-se que a mesma avança mais sobre os açudes dos tocos, das capivaras e, principalmente, ultrapassa a ETE da empresa, cruza a BR-290, na altura da Vila R1.

Entretanto, é muito importante ressaltar que as representações cartográficas dos cenários 1 e 2 são apenas suposições teóricas, servindo de amostras de treinamento e calibração do modelo principal, o cenário 3.

5.3 CENÁRIO 3

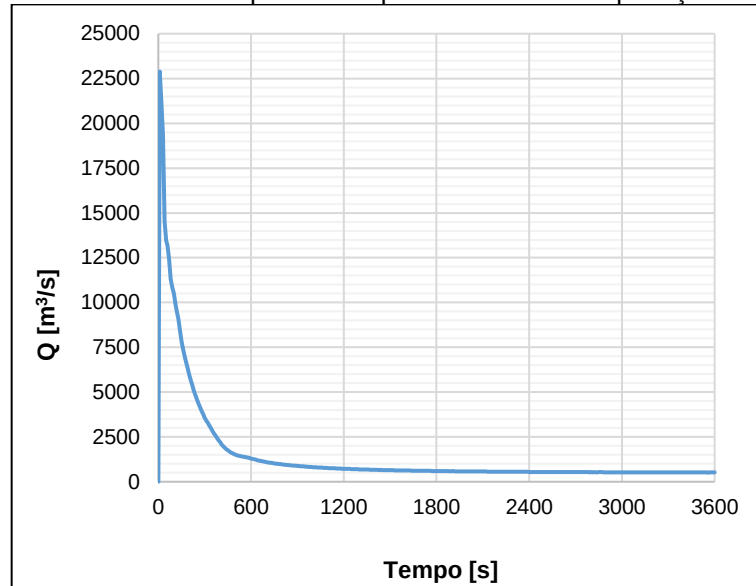
O cenário 3 é aquele em que se vislumbra a melhor aproximação da realidade, ao conjugar no mobilizável o conteúdo do reservatório com material utilizado para sua cobertura e na construção da barragem. Portanto, o cenário 3 é o que será melhor detalhado neste estudo de inundação e, posteriormente, deverá ser adotado como base para informações que subsidiem o PAEBM.

Sabe-se que é no início de um episódio de rompimento de barragens que rapidamente o fluido se propaga e ocorrem os principais danos, portanto, deve ser dada maior atenção aos momentos iniciais do modelo, uma vez que é na deflagração do episódio que entra em prática o PAEBM, soados os alarmes e iniciadas medidas corretivas/paliativas e/ou de segurança. Neste intuito, a análise executada também permitiu verificar a relação tempo x vazão para este cenário, após o hipotético rompimento da barragem, permitindo a construção do hidrograma de decaimento (Figura 23).

O eixo das abcissas do hidrograma está apresentado em segundos e vê-se pronunciada vazão somente nos instantes iniciais, o pico dá-se aos 10 segundos, com vazão de 22.890 m³/s. Aos 600 segundos da liquefação, ou 10 minutos, a vazão decai para 1.295 m³/s, contudo, esta interpretação dá-se no local original da barragem, ou seja, em outros setores do pátio da empresa o evento pode estar apenas iniciando aos 10 minutos depois da liquefação, por exemplo.

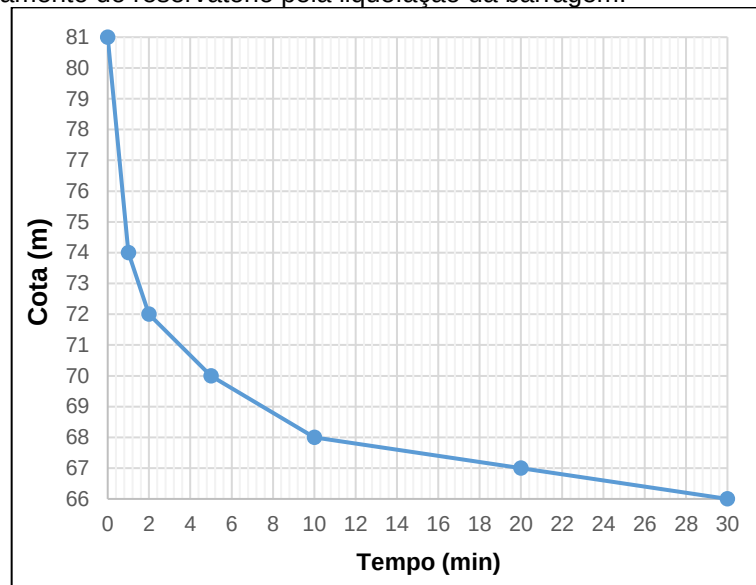
A Figura 24 representa o diagrama de esvaziamento do reservatório pela liquefação da barragem. Verifica-se rápido rebaixamento da cota nos instantes iniciais, totalizando 4.149.919 m³ extravasados, ficando retidos 542.451 m³.

Figura 23 - Hidrograma de decaimento parabólico para o cenário de liquefação.



Fonte: CTSATC (2025).

Figura 24 - Esvaziamento do reservatório pela liquefação da barragem.

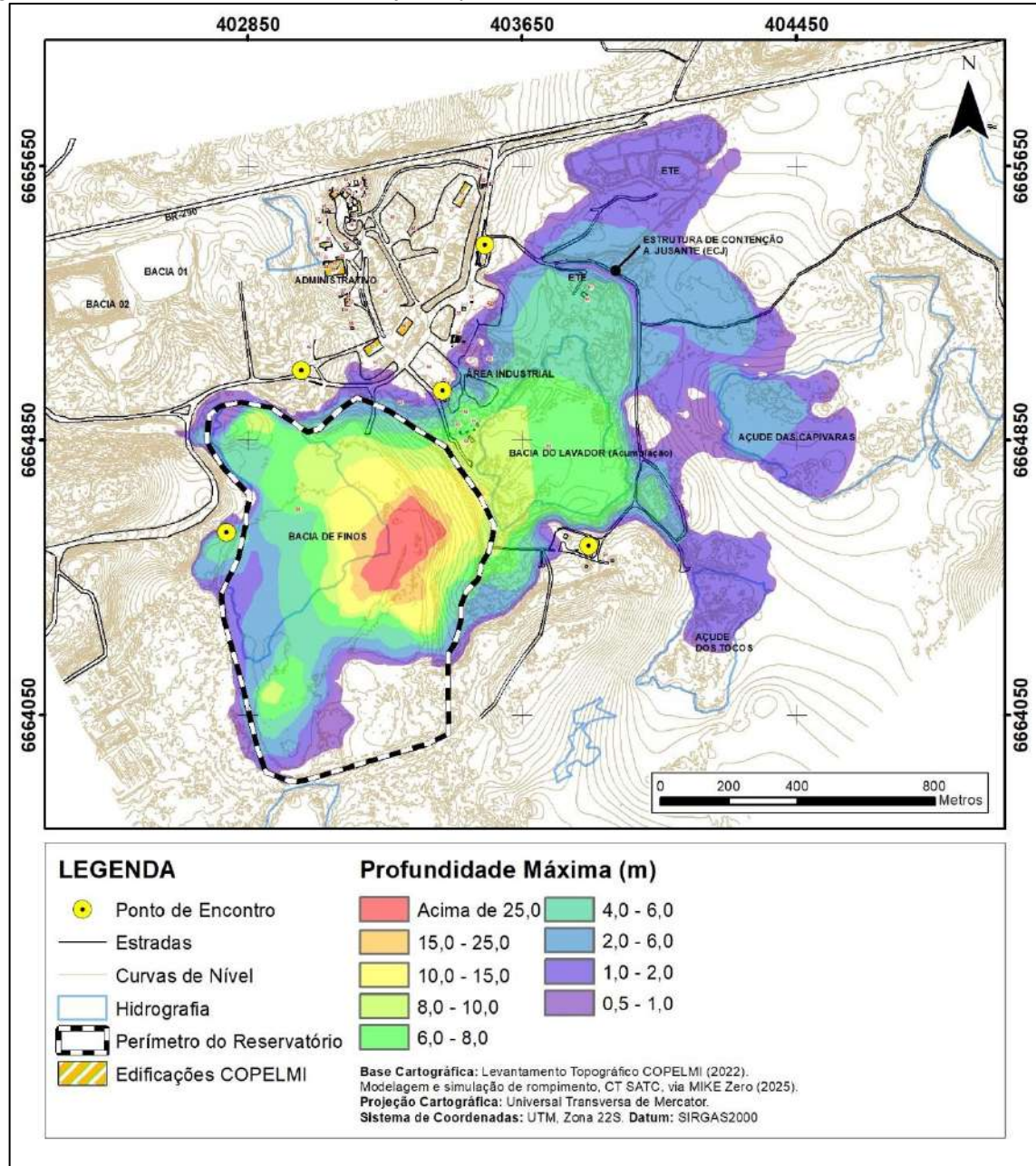


Fonte: CTSATC (2025).

Em relação às profundidades máximas averiguadas para o cenário 3, pode-se observar, de acordo com a Figura 25, uma situação 'intermediária' dentre os cenários 1 e 2, já apresentados. Isto porque o cenário 1 considerou dados reológicos referentes à cobertura e barramento, por outro lado, no cenário 2 foram os rejeitos, mormente saturados, colocados como material mobilizável. Assim, o cenário 3, como

já explicitado, ao efetuar a conjugação proporcional, de fato, será a melhor aproximação de uma mancha de inundação hipotética.

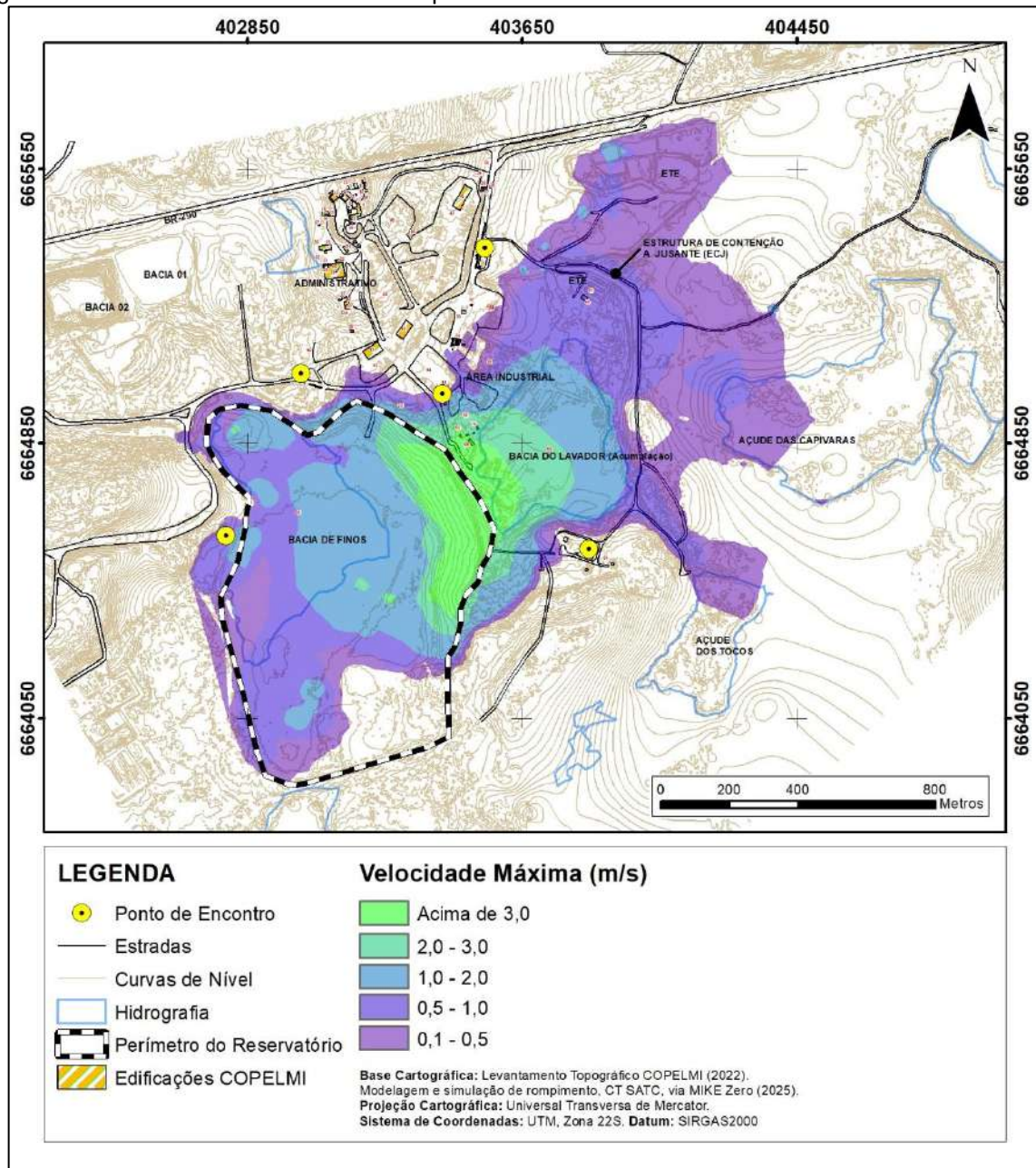
Figura 25 - Profundidade máxima de rejeitos para o Cenário 3.



Fonte: CTSATC (2025).

Em relação às velocidades, o ponto de atenção continua sendo o setor de beneficiamento mineral, com velocidades que oscilam dentre 2 e acima de 3 m/s, conforme Figura 26. O ponto mais crítico, entre a bacia de acumulação e o sopé da barragem, não é um local de permanência ou circulação usual de funcionários.

Figura 26 - Máximas velocidades da onda para o Cenário 3.

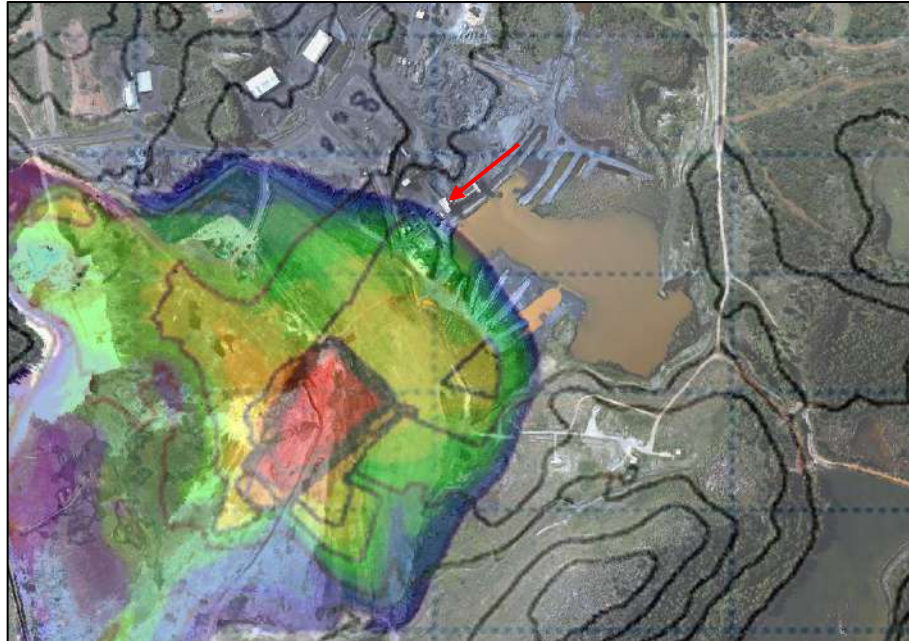


Fonte: CTSATC (2025).

A interpretação das Figuras 25 e 26 demonstra que a onda segue no sentido leste para a bacia de acumulação e o lavador da empresa. O lavador é atingido aos 40 segundos, por uma onda que progride de 4 até 7 metros de altura, com velocidade máxima de 2,0 m/s, portanto, o tempo de evacuação do local é de apenas 40 segundos. A Figura 27 apresenta um detalhe aos 40 segundos sobre ortomagem (o lavador está indicado na seta). Num segundo momento, aos 2 minutos, visível pela Figura 28, a onda chega até a estação robótica (robô, seta vermelha) local aonde

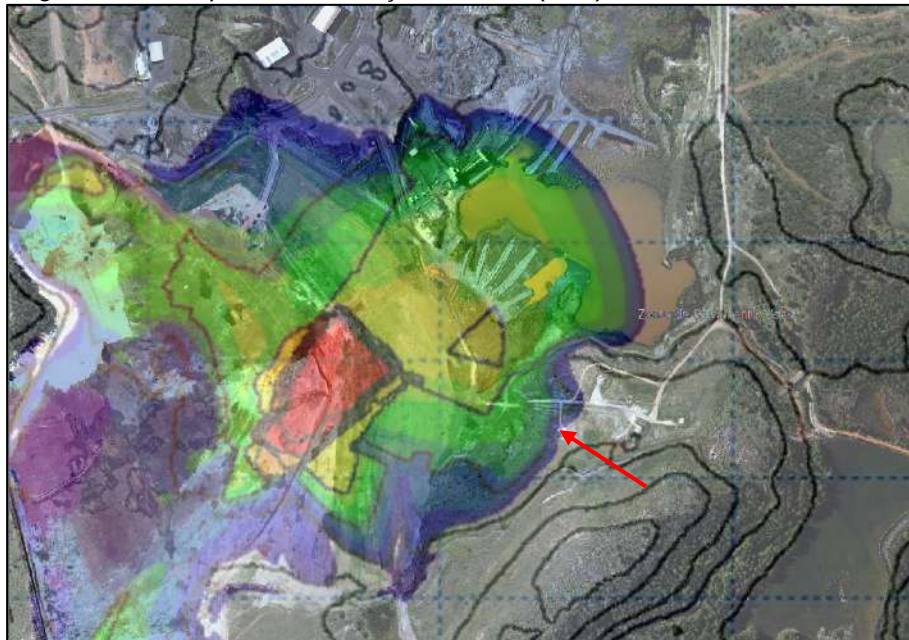
situa-se sirene, contudo, em altura e velocidades que não comprometem a estrutura. O depósito de explosivos (paiol) não é alcançado pela onda.

Figura 27 - Chegada da onda no setor de beneficiamento mineral (40 segundos).



Fonte: CTSATC (2025).

Figura 28 - Chegada da onda próxima à estação robótica (seta).

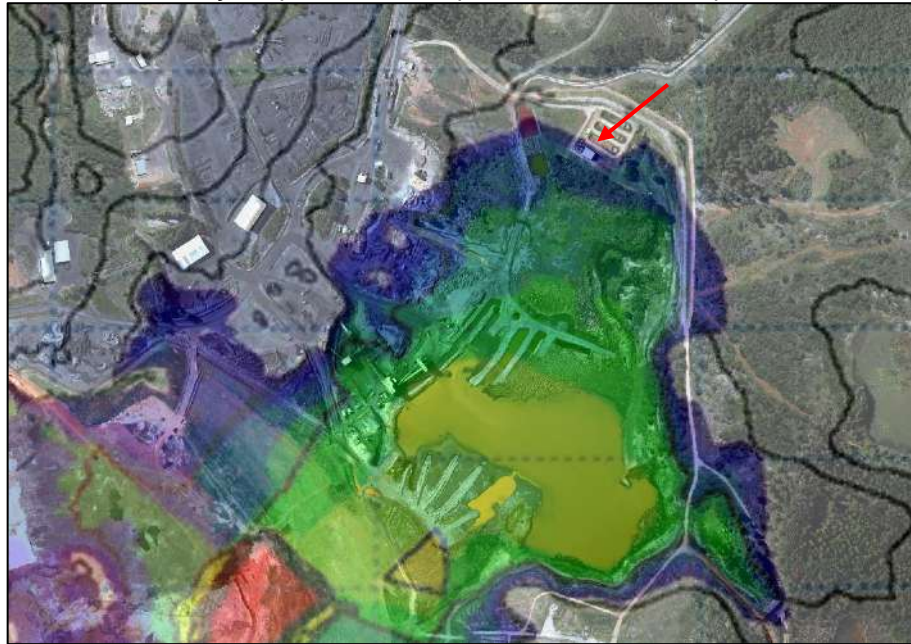


Fonte: CTSATC (2025).

Já a Figura 29 apresenta um detalhe da simulação realizada no instante de 7 min. Nesta tomada de tempo vê-se que a onda alcança a ETE da empresa, junto a

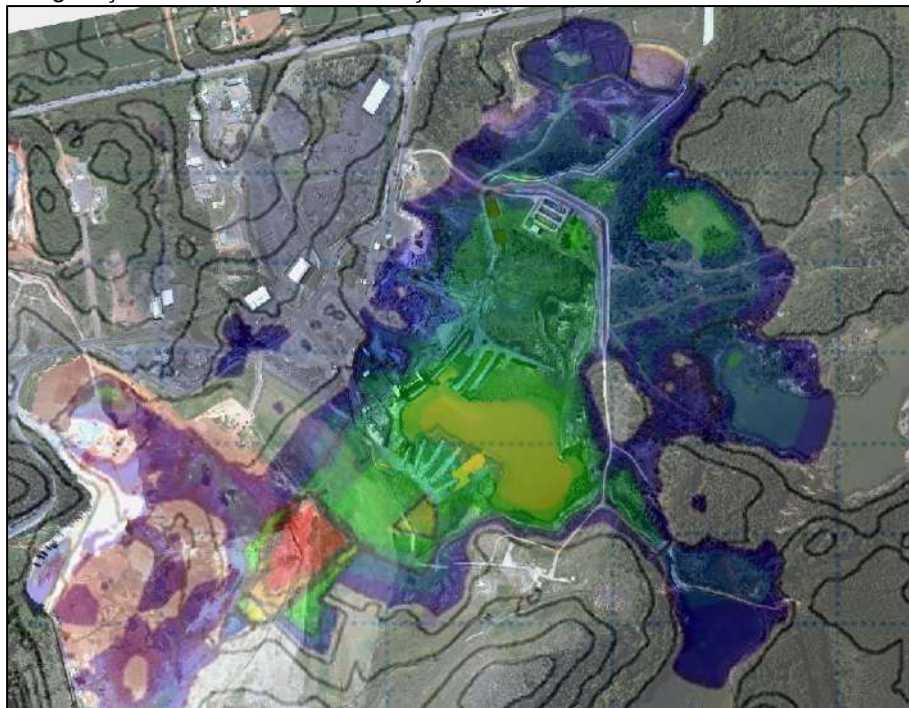
ECJ. À sudeste a mancha de inundação já galgou o ECJ do Açude dos Tocos, toda a Bacia de Acumulação está recoberta pelo material extravasado. Na Figura 30, com 25 minutos de deflagração do evento, este configura-se espacialmente finalizado.

Figura 29 - Mancha de inundação após 7 minutos (ETE indicada na seta).



Fonte: CTSATC (2025).

Figura 30 - Configuração da mancha de inundação aos 25 min.



Fonte: CTSATC (2025).

Considerando-se um volume inicial de rejeitos e barragem calculado em 4.692.371 m³, e que 542.451 m³ constituem volume morto, as ECJs da ETE e do Açude dos Tocos conseguiram represar 2.500.000 m³, sendo que 1.649.000 m³ passaram sobre este dique, espalhando-se pelo pátio da empresa.

Detalhes da propagação máxima, velocidade do fluido, bem como a altura máxima e tempo de chegada da onda, para cada seção sugerida e comentada neste cenário hipotético de liquefação, podem ser acompanhados na Tabela 2, no Mapa de Profundidade Máxima, ou Inundação (Apêndice A), Mapa de Velocidade Máxima (Apêndice B) e Mapa de Configuração Final do Evento (Apêndice C).

Tabela 2 - Parâmetros de análise em cada seção do cenário 3 (Apêndice A).

	Na crista						
	S0	S1	S2	S3	S4	S5	S6
Tempo "chegada" [min's"]	0	40"	2'00"	7'00"	7'00"	8'10"	11'00"
Velocidade [m/s]	0	2.0	0.1	1.0	1.0	0.5	0.5
Altura cabeça onda [m]	-	4.0	0.5	0.5	1.0	0.5	0.4
Profundidade máxima [m]	14	7.0	0.5	4.0	5.0	3.0	5.0
Cota máx. [m acima mar]	81.0	69.0	72.4	67.9	68.5	67.5	65.0

Fonte: CTSATC (2025).

Conforme a Tabela 2, com seções indicadas nos apêndices:

- Seção 0: Crista da barragem;
- Seção 1: De frente a unidade de beneficiamento da empresa, aonde situa-se o lavador e o britador, com maior concentração de funcionários;
- Seção 2: De frente à estação automática (robô) que monitora remotamente os prismas instalados na barragem;
- Seção 3: No dique (ECJ) de contenção do Açude dos Tocos;
- Seção 4: Na Estação de Tratamento de Efluentes;
- Seção 5: No Açude dos Tocos;
- Seção 6: No Açude das Capivaras.

O Apêndice A consiste no produto cartográfico principal para o cenário 3, uma vez que, ao representar extensão e profundidade da mancha, considerando a

pior situação em cada ponto da mesma e independentemente do tempo, serve de subsídio para medidas de resguardo, o que pode orientar um Plano de Ação Emergencial de Barragem de Mineração (PAEBM). Outra informação relevante é que não ocorre ZSS em nenhum dos 3 cenários simulados, uma vez que a mancha de inundação não excede 10 km do da barragem, tampouco ultrapassa os 30 min das simulações realizadas.

6 CONSIDERAÇÕES

Este estudo de inundação reflete as condições atuais de topografia e dos materiais constituintes da barragem, da cobertura e do reservatório, balizados por estudo reológico com especificação da Concentração Volumétrica das diferentes amostras, viscosidade dinâmica, tensão de escoamento, taxa de cisalhamento, além da massa específica, granulometria e umidade. A coleta das amostras também seguiu critério, de forma a representarem a heterogeneidade dentre barragem e rejeitos acondicionados, e se estes estão acima ou abaixo do nível d'água.

Quanto ao software e modelagem, este estudo está detalhado e fundamentado em modelo bidimensional de cálculo numérico, realizado sobre base cartográfica atualizada e em escala local. Desta forma, o mesmo prognostica a hipotética ruptura, sob diferentes possibilidades, neste caso, tendo sido elencada o modo de falha por liquefação. Como produto da modelagem, são apresentados 3 cenários com a propagação do fluido, bem como de sua velocidade, em diferentes seções, apresentadas, também, em mapas para o cenário 3.

Os resultados indicaram que, não existe comprometimento de estruturas e edificações de terceiros e seccionamento do Rodovia BR-290. Assim, pelo nível de detalhe empregado (escala de trabalho), quaisquer pontos não atingidos pela onda poderão integrar o PAEBM, ou seja, servir para nortear medidas de segurança, como locais para manutenção/instalação de sirenes ou ponto de fuga.

Em resumo, as principais considerações são as que seguem:

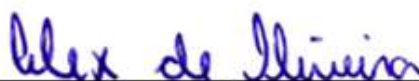
- O cenário 3 é aquele que 'melhor' representa a hipotética ruptura por liquefação e espraiamento da mancha de inundação;
- O estudo de inundação atual difere do anterior por duas razões principais:
 - a) consideração das características reológicas; b) perímetro ajustado do reservatório;
- Dada a consideração de parâmetros de fluidos hiperconcentrados, a progressão da onda para jusante é mais lenta que a simulação anterior;
- As ECJs desempenham um importante papel no amortecimento e retenção do material extravasado, evitando que o mesmo alcance áreas externas à empresa;

- A ZAS fica integralmente nos domínios do pátio da empresa. Não ocorre ZSS;
- Não há Dano Potencial Associado para terrenos, edificações de terceiros e patrimônios públicos (a exemplo da Rodovia);
- O pico de vazão é muito rápido, mas oferta tempo de resposta e atuação de sistemas de alerta para quem transita ou trabalha no pátio operacional, no lavador 40 segundos e, na ETE, 7 minutos;
- Pontos de encontro: Moega, lava-pneus, paiol e secador não são atingidos pela mancha de inundação. Necessário reavaliar a posição do PE da barragem;
- Local com estação robótica (robô) e sirene é alcançado pela mancha de inundação, contudo, em altura e velocidade que não representam riscos a sua integridade;
- Depósito de explosivos (paiol) não é afetado;
- É recomendável realocar marcos limítrofes do perímetro da mancha de inundação ZAS, pela atualização de sua poligonal.

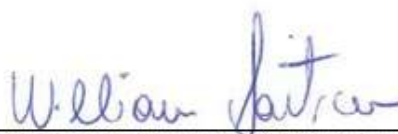
7 EQUIPE EXECUTORA

Este estudo de inundação foi elaborado pelo Núcleo de Meio Ambiente e Mineração do CTSATC, com ARTs dos técnicos responsáveis no Anexo III.

Para execução desse trabalho, contou-se com auxílio técnico do M.Sc. Eng. Civil Fernando Bonato de Souza, engenheiro de projetos da empresa HOLINGER AG, localizada na cidade de Winterthur na Suíça, que, com sua vasta experiência em modelagem numérica hidrodinâmica uni e bidimensional, contribuiu para enriquecer este trabalho de uma forma bastante pragmática, adaptando as melhores práticas suíças para a realidade e exigências brasileiras.



Alex de Oliveira
Eng. Agrimensor
CREA/SC - 154.723-2



William de Oliveira Sant Ana
Geógrafo, Dr.
CREA/SC - 092590-0

8 COORDENAÇÃO GERAL



Luciano Dagostin Bilessimo
Pró-reitor de Pesquisa e Inovação

REFERÊNCIAS

ANM - AGÊNCIA NACIONAL DE MINERAÇÃO. **Resolução nº 95**, de 7 de fevereiro de 2022. Consolida os atos normativos que dispõem sobre segurança de barragens de mineração. Diário Oficial da União. Brasília, DF. 2022. Disponível em:< <https://www.gov.br/anm/pt-br/assuntos/barragens/legislacao/resolucao-no-95-2022.pdf>> Acesso em: 11 jun. 2025.

CHEN, C. J.; HSEIN JUANG, C. Calibration of SPT-Based Liquefaction Evaluation Methods. **Innovations and Applications in Geotechnical Characterization**, p.49-64, 2000.

COPELMI - PLANTA DE LEVANTAMENTO PLANIALTIMÉTRICO DA TOPOGRAFIA PRIMITIVA DA BACIA DE FINOS - MINA DO RECREIO. Escala 1:2.000. COPELMI: Junho, 2022.

COPELMI MINERAÇÃO LTDA. **Relatório de Sondagem à Percussão**: Barragem de Rejeitos Finos. Mina do Recreio, Butiá/RS, fevereiro, 2025.

DHI - DANISH HYDRAULIC INSTITUTE. **MIKE 21**: Flow Model FM - Hydrodynamic Module. User Manual, 2019.

DNPM - DEPARTAMENTO DE PRODUÇÃO MINERAL. **Portaria nº 70.389**, de 17 maio de 2017. 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. Ministério De Minas e Energia. Disponível em:< <http://www.dnpm.gov.br/portaria-dnpm-no-70-389-de-17-de-maio-de-2017-seguranca-de-barragens-de-mineracao> > Acesso em: 28 de junho de 2017.

ESRI - ENVIRONMENTAL SYSTEMS RESEARCH INSTITUTE. **ArcGIS Desktop**: Release 10.2. Redlands, CA: Environmental Systems Research Institute, 2013.

FLE - FUNDAÇÃO LUIZ ENGLERT. **Estudo de Inundação e Mapa de Inundação para a Condição de Ruptura por Piping**: Bacia de Finos da Mina do Recreio - COPELMI Mineração Ltda. Porto Alegre: FLE, 2018.

FLE - FUNDAÇÃO LUIZ ENGLERT. **Estudo de Inundação e Mapa de Inundação para a Condição de Ruptura por Liquefação**: Bacia de Finos da Mina do Recreio - COPELMI Mineração Ltda. Porto Alegre: FLE, 2021.

FLE - FUNDAÇÃO LUIZ ENGLERT. **Estudo de Inundação e Mapa de Inundação para a Condição de Ruptura por Liquefação:** Bacia de Finos da Mina do Recreio - COPELMI Mineração Ltda. Porto Alegre: FLE, julho de 2022.

FLE - FUNDAÇÃO LUIZ ENGLERT. **Estudo de Inundação e Mapa de Inundação para a Condição de Ruptura por Liquefação:** Bacia de Finos da Mina do Recreio - COPELMI Mineração Ltda. Porto Alegre: FLE, março de 2023.

FUGRO. **Relatório de Ensaios Geotécnicos:** Ensaios Geotécnicos de Laboratório. ID179-CPI002-LAB01 01. Relatório Final Copelmi Mineração Ltda. 25 de março de 2025.

KOPPE, J.C. **Planejamento e análise para definição do fator de segurança mínimo quanto a susceptibilidade à liquefação da Barragem Bacia de Finos da Mina do Recreio (condição não drenada). Carta de Risco.** Relatório apresentado para a ANM, 2019, 37 p.

RICO, M., BENITO, G., DÍEZ-HERRERO, A. Floods from tailings dam failures. **Journal of Hazardous Material**, n. 154, p. 79-87, 2008.

SANTOS, B. B. **Caracterização Reológica do Rejeito de Mineração. Estudo de caso: Rejeito desprendido da Barragem do Fundão - Mariana/MG.** Trabalho de Conclusão de Curso em Engenharia Civil, Universidade Federal de Minas Gerais, 2016.

SILVA, C. M.; SILVA Jr, T. L.; PINTO Jr. Caracterização Reológica de Fluidos não Newtonianos e sua Aplicabilidade na Indústria. **Ciências exatas e tecnológicas**, v. 5, n. 2, p. 285-300. Alagoas, maio, 2019.

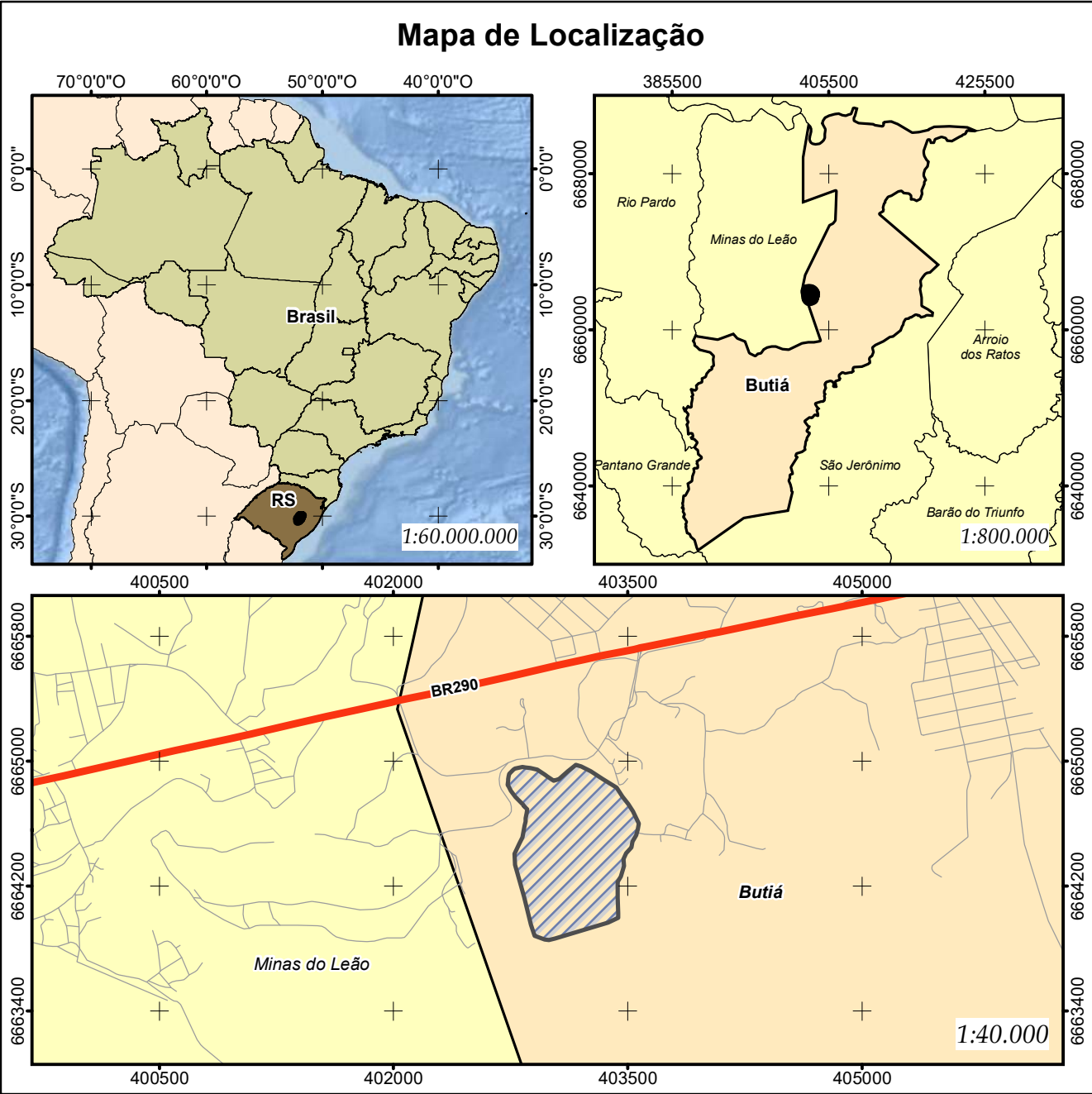
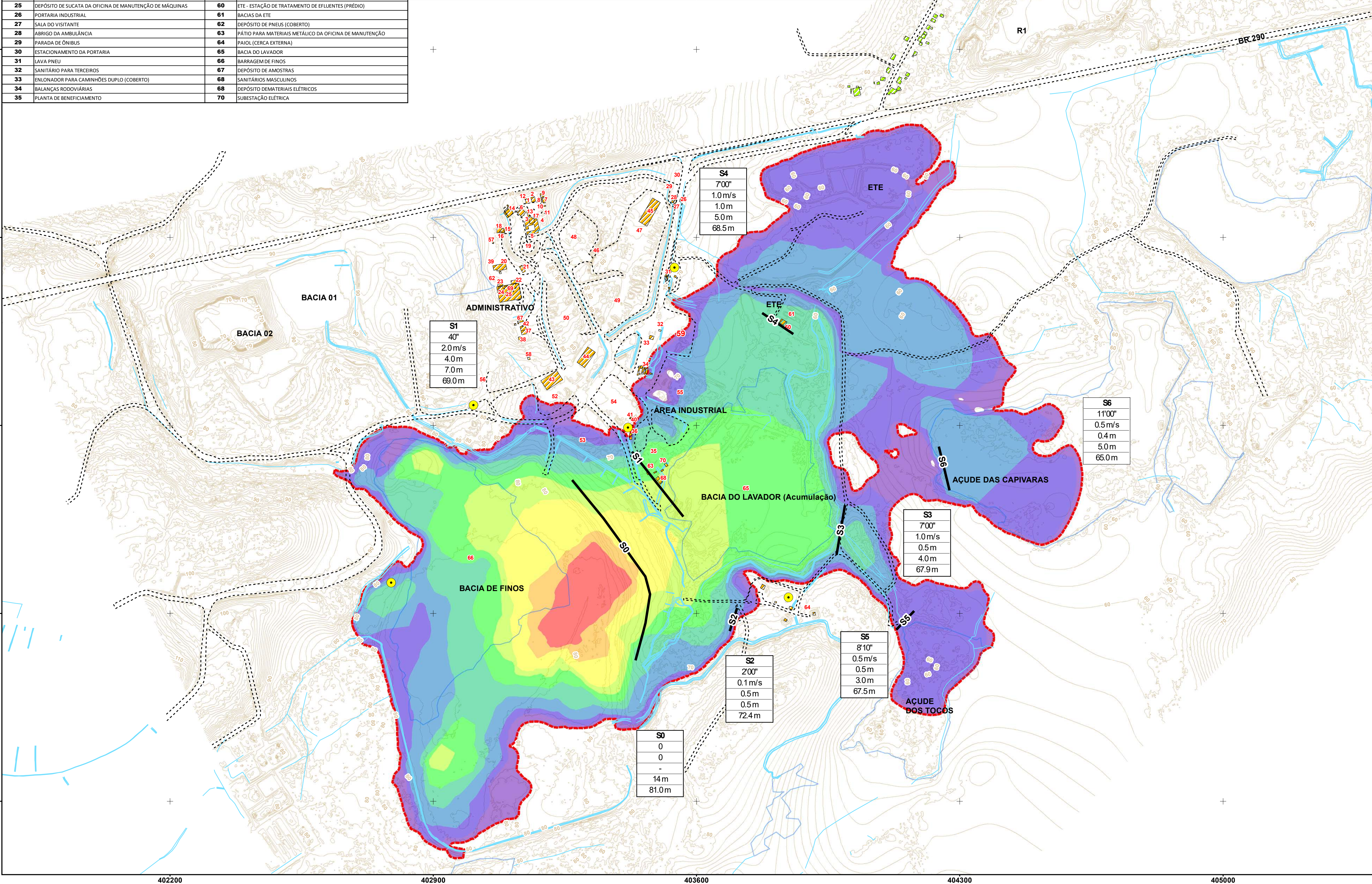
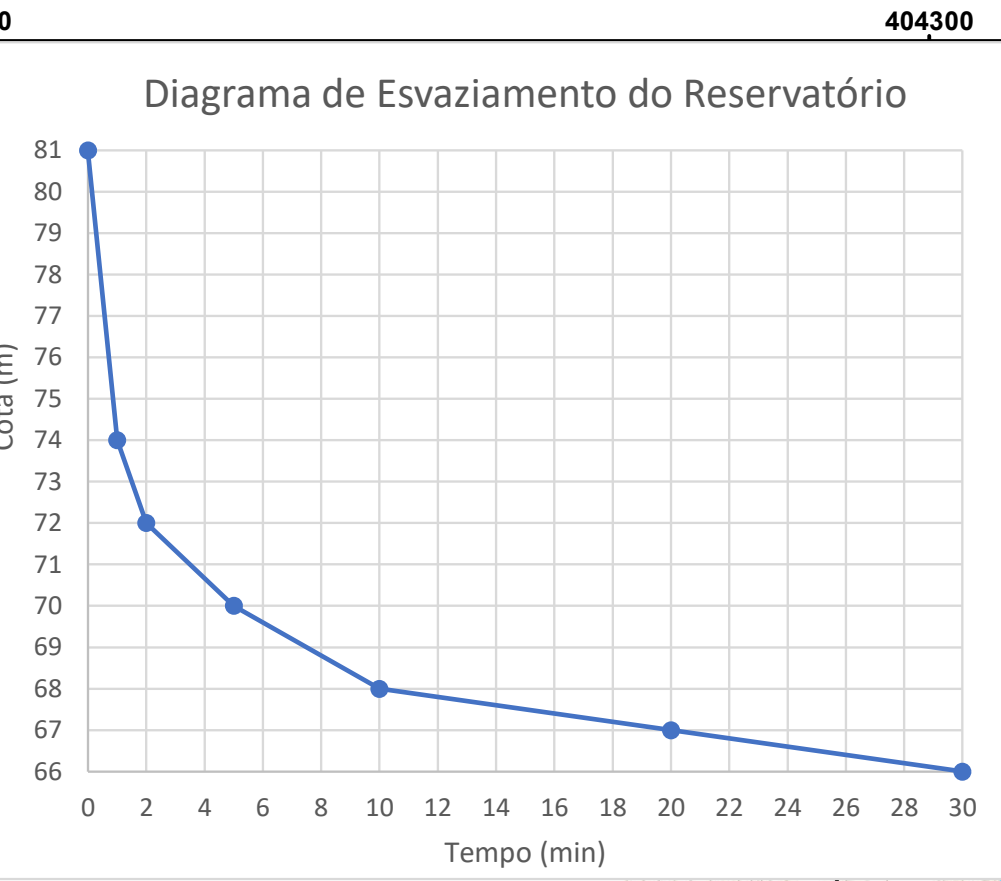


APÊNDICES

APÊNDICE A

Mapa de Inundação do Cenário 3: Profundidade Máxima do Fluxo de Rejeitos

402200		402900	
IDENTIFICAÇÃO DO LOCAL E PRÉDIOS		IDENTIFICAÇÃO DO LOCAL E PRÉDIOS	
1	CENTRAL DE RESÍDUOS	36	ELETROCENTRO DA BRITAGEM
2	DEPÓSITO DO ALMOXARIFADO (COBERTO)	37	VESTIÁRIO MASCULINO
3	ALMOXARIFADO	38	VESTIÁRIO MASCULINO TERCEIROS
4	DEPÓSITO ABERTO ALMOXARIFADO	39	OFICINA DE MANUTENÇÃO DO BENEFICIAMENTO
5	ESCRITÓRIOS RH, TOPOGRAFIA E ENGENHARIA	40	CONTÊINER COPELMI
6	ESCRITÓRIO SSHT, MEIO AMBIENTE, SALAS DE TREINAMENTO	41	CONTÊINER MANUTENÇÃO (GKS)
7	LITOTECNA (DESCRIÇÃO DE SONDAGENS)	42	LABORATÓRIO
8	CONTAINERS ARMAZENAMENTO DE AMOSTRAS DE CARVÃO	43	DEPÓSITO DE PRODUTO FINAL COBERTO (GP-4004)
9	SUBESTAÇÃO	44	DEPÓSITO DE PRODUTO FINAL COBERTO (GP-4003)
10	ARQUIVO INATIVO	45	DEPÓSITO DE PRODUTO FINAL COBERTO (GP-4002)
11	DEPÓSITO DE GASES (COBERTO)	46	BLENDEGEM (ÁREA ÚTIL)
12	CONTAINERS DA BRIGADA DE INCÊNDIO	47	DEPÓSITO DE PRODUTO FINAL (ÁREA ABERTA)
13	GARAGEM COBERTA	48	DEPÓSITO DE PRODUTO FINAL (ÁREA ABERTA)
14	RAMPA DE LUBRIFICAÇÃO E LAVAGEM	49	DEPÓSITO DE PRODUTO FINAL (ÁREA ABERTA)
15	SANITÁRIOS FEMININO E MASCULINO	50	DEPÓSITO DE PRODUTO FINAL (ÁREA ABERTA)
16	ÁREA DE LAZER	51	DEPÓSITO DE PRODUTO FINAL (ÁREA ABERTA)
17	VIGILÂNCIA ELETRÔNICA	52	DEPÓSITO DE PRODUTO FINAL (ÁREA ABERTA)
18	REFETÓRIO	53	DEPÓSITO DE PRODUTO BRUTO (ROM)
19	ESTACIONAMENTO ADMINISTRATIVO	54	DEPÓSITO DE PRODUTO BRUTO (ROM)
20	OFICINA DE MANUTENÇÃO DE MÁQUINAS	55	DEPÓSITO DE PRODUTO BRUTO (ROM)
21	DEPÓSITO DE MOTORES ELÉTRICOS (COBERTO)	56	PLANTA DE SECAGEM
22	POSTO DE ABASTECIMENTO	57	CONVIVÊNCIA ON LINE SERVICE
23	ON LINE SERVICE E NC CONSTRUÇÕES CONTAINERS	58	DEPÓSITO DE SEMENTES (COBERTO)
24	DEPÓSITO DE CABOS ELÉTRICO (COBERTO)	59	ESTACIONAMENTO PARA CAMINHÕES
25	DEPÓSITO DE SUJATA DA OFICINA DE MANUTENÇÃO DE MÁQUINAS	60	ETE - ESTÇÃO DE TRATAMENTO DE EFLUENTES (PRÉDIO)
26	PORTARIA INDUSTRIAL	61	BACIAS DA ETE
27	SALA DO VISITANTE	62	DEPÓSITO DE PNEUS (COBERTO)
28	ABRIGO DA AMBULÂNCIA	63	PÁTIO PARA MATERIAIS METÁLICO DA OFICINA DE MANUTENÇÃO
29	PARADA DE ÔNIBUS	64	PAILO (CERCA EXTERNA)
30	ESTACIONAMENTO DA PORTARIA	65	BACIA DO LAVADOR
31	LAVA PNEU	66	BARRAGEM DE FINOS
32	SANITÁRIO PARA TERCEIROS	67	DEPÓSITO DE AMOSTRAS
33	ENLONADOR PARA CAMINHÕES DUPLIO (COBERTO)	68	SANITÁRIOS MASCULINOS
34	BALANÇAS RODOVIÁRIAS	68	DEPÓSITO DE MATERIAIS ELÉTRICOS
35	PLANTA DE BENEFICIAMENTO	70	SUBESTAÇÃO ELÉTRICA



Legenda

- Ponto de encontro
- Seções
- Hidrografia
- Curvas de Nível
- Estradas
- Edificações COPELMI
- Edificações de terceiros

Profundidade Máxima

- Acima de 25 m
- 15,0 - 25,0 m
- 10,0 - 15,0 m
- 8,0 - 10,0 m
- 6,0 - 8,0 m
- 4,0 - 6,0 m
- 2,0 - 6,0 m
- 0,5 - 1,0 m

Localização

- Estradas
- Rodovia Federal
- Perímetro do Reservatório
- Limite Municipal
- Butiá
- Área de estudo
- Rio Grande do Sul
- Limite Estadual

Zonas de Salvamento

- ZAS - Zona de Autossalvamento
- ZSS - Zona de Segurança Secundária (Não ocorre neste evento)

Descrição das Seções

S1	Seção
40"	Tempo "chegada" [min' s"]
2,0m/s	Velocidade [m/s]
4,0m	Altura cabeça onda [m]
7,0m	Altura máxima [m]
69,0m	Cota máxima [m acima mar]

Sistema Geodésico de Referência (SIRGAS2000) EPSG 31982
Elipsóide do Sistema Geodésico de Referência de 1980
(Geodetic Reference System 1980 - GRS80)
Projeção: Universal Transverse Mercator - UTM - Fuso 22S
Datum Planimétrico: SIRGAS2000 - Datum Vertical: Maregrafa Imbituba

Revisões

Responsável Técnico:	Data:
Geógrafo: William de Oliveira Sant'Ana CRB4-SC-092.992-9	Junho/2025

Título: Apêndice A: PROFUNDIDADE MÁXIMA DE FLUXO DE REJEITOS

Desenhista: Eng. Agrim. Alex de Oliveira

Escala: 1:5.500

Arquivo: ...\\ProfundiadeMaximaCenario03.mxd

DATUM: SIRGAS2000-UTM22S

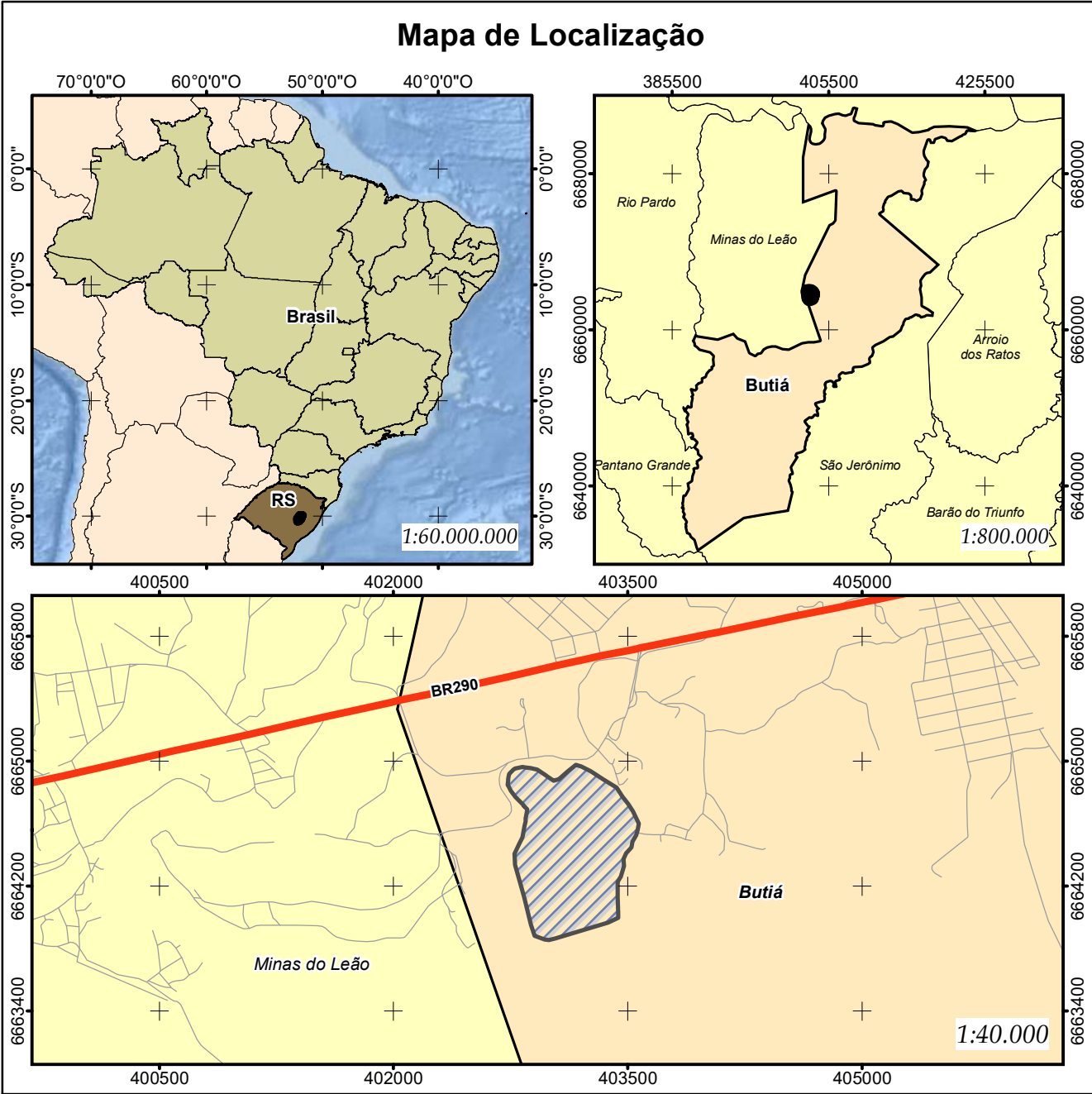
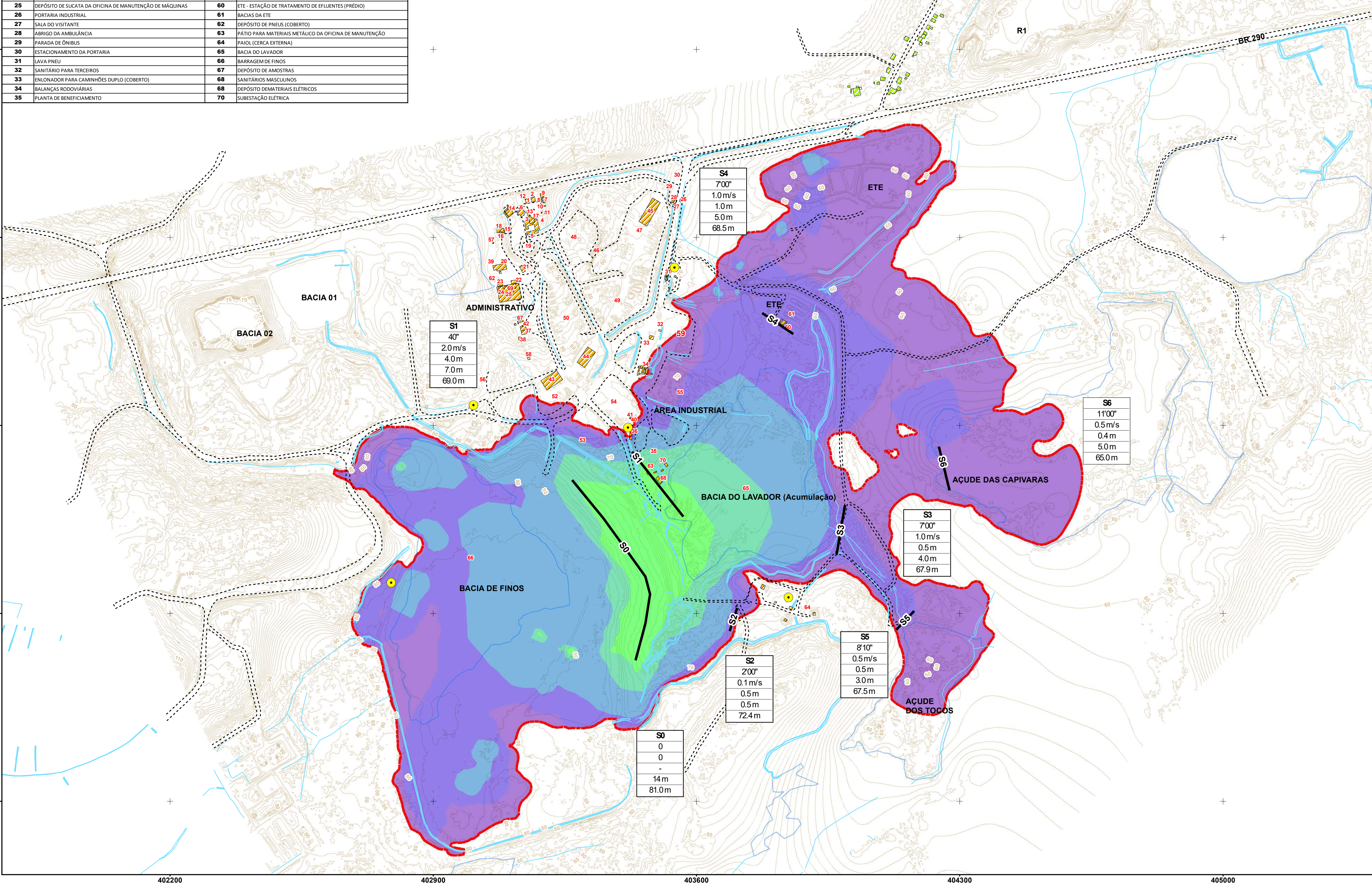
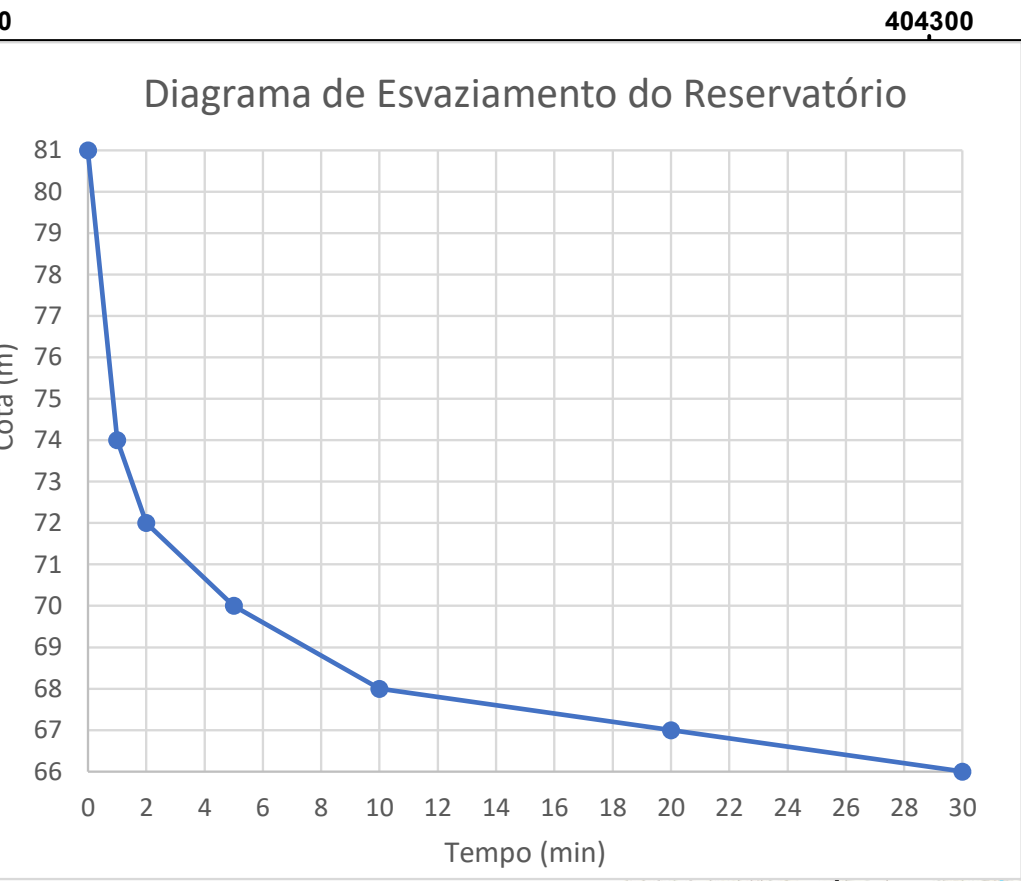
CENTRO TECNOLÓGICO SATC
Rua: Pascoal Meier, 73 - Universitário - Criciúma - SC
Fone: 55 (48)3431.7666 - Fax: 55 (48)3431.7650

MINA DO RECREIO
Mapa de Inundação para Condição de Ruptura por Liquefação: Cenário 3

APÊNDICE B

Mapa de Inundação do Cenário 3: Velocidade Atingida Pelo Fluxo de Rejeitos

402200		402900	
IDENTIFICAÇÃO DO LOCAL E PRÉDIOS		IDENTIFICAÇÃO DO LOCAL E PRÉDIOS	
1	CENTRAL DE RESÍDUOS	36	ELETROCENTRO DA BRITAGEM
2	DEPÓSITO DO ALMOXARIFADO (COBERTO)	37	VESTIÁRIO MASCULINO
3	ALMOXARIFADO	38	VESTIÁRIO MASCULINO TERCEIROS
4	DEPÓSITO ABERTO ALMOXARIFADO	39	OFICINA DE MANUTENÇÃO DO BENEFICIAMENTO
5	ESCRITÓRIOS RH, TOPOGRAFIA E ENGENHARIA	40	CONTÊINER COPELMI
6	ESCRITÓRIOS SSHT, MEIO AMBIENTE, SALAS DE TREINAMENTO	41	CONTÊINER MANUTENÇÃO (GKS)
7	LITOTECNA (DESCRIÇÃO DE SONDAGENS)	42	LABORATÓRIO
8	CONTAINERS ARMAZENAMENTO DE AMOSTRAS DE CARVÃO	43	DEPÓSITO DE PRODUTO FINAL COBERTO (GP-4004)
9	SUBESTAÇÃO	44	DEPÓSITO DE PRODUTO FINAL COBERTO (GP-4003)
10	ARQUIVO INATIVO	45	DEPÓSITO DE PRODUTO FINAL COBERTO (GP-4002)
11	DEPÓSITO DE GASES (COBERTO)	46	BLENDEGEM (ÁREA ÚTIL)
12	CONTAINERS DA BRIGADA DE INCÊNDIO	47	DEPÓSITO DE PRODUTO FINAL (ÁREA ABERTA)
13	GARAGEM COBERTA	48	DEPÓSITO DE PRODUTO FINAL (ÁREA ABERTA)
14	RAMPA DE LUBRIFICAÇÃO E LAVAGEM	49	DEPÓSITO DE PRODUTO FINAL (ÁREA ABERTA)
15	SANITÁRIOS FEMININO E MASCULINO	50	DEPÓSITO DE PRODUTO FINAL (ÁREA ABERTA)
16	ÁREA DE LAZER	51	DEPÓSITO DE PRODUTO FINAL (ÁREA ABERTA)
17	VIGILÂNCIA ELETRÔNICA	52	DEPÓSITO DE PRODUTO FINAL (ÁREA ABERTA)
18	REFETÓRIO	53	DEPÓSITO DE PRODUTO BRUTO (ROM)
19	ESTACIONAMENTO ADMINISTRATIVO	54	DEPÓSITO DE PRODUTO BRUTO (ROM)
20	OFICINA DE MANUTENÇÃO DE MÁQUINAS	55	DEPÓSITO DE PRODUTO BRUTO (ROM)
21	DEPÓSITO DE MOTORES ELÉTRICOS (COBERTO)	56	PLANTA DE SECAGEM
22	POSTO DE ABASTECIMENTO	57	CONVIVÊNCIA ON LINE SERVICE
23	ON LINE SERVICE E NC CONSTRUÇÕES CONTAINERS	58	DEPÓSITO DE SEMENTES (COBERTO)
24	DEPÓSITO DE CABOS ELÉTRICO (COBERTO)	59	ESTACIONAMENTO PARA CAMINHÕES
25	DEPÓSITO DE SUJATA DA OFICINA DE MANUTENÇÃO DE MÁQUINAS	60	ETE - ESTÇÃO DE TRATAMENTO DE EFLUENTES (PRÉDIO)
26	PORTARIA INDUSTRIAL	61	BACIAS DA ETE
27	SALA DO VISITANTE	62	DEPÓSITO DE PNEUS (COBERTO)
28	ABRIGO DA AMBULÂNCIA	63	PÁTIO PARA MATERIAIS METÁLICO DA OFICINA DE MANUTENÇÃO
29	PARADA DE ÔNIBUS	64	PAILO (CERCA EXTERNA)
30	ESTACIONAMENTO DA PORTARIA	65	BACIA DO LAVADOR
31	LAVA PNEU	66	BARRAGEM DE FINOS
32	SANITÁRIO PARA TERCEIROS	67	DEPÓSITO DE AMOSTRAS
33	ENLONADOR PARA CAMINHÕES DUPLIO (COBERTO)	68	SANITÁRIOS MASCULINOS
34	BALANÇAS RODOVIÁRIAS	68	DEPÓSITO DE MATERIAIS ELÉTRICOS
35	PLANTA DE BENEFICIAMENTO	70	SUBESTAÇÃO ELÉTRICA



Legenda

- Ponto de encontro
- Seções
- Hidrografia
- Curvas de Nível
- Estradas
- Edificações COPELMI
- Edificações de terceiros

Velocidade Máxima

- Acima de 3,0 m/s
- 2,0 - 3,0 m/s
- 1,0 - 2,0 m/s
- 0,5 - 1,0 m/s
- 0,1 - 0,5 m/s

Localização

- Estradas
- Rodovia Federal
- Perímetro do Reservatório
- Limite Municipal
- Butiá
- Área de estudo
- Rio Grande do Sul
- Limite Estadual

Zonas de Salvamento

- ZAS - Zona de Autossalvamento
- ZSS - Zona de Segurança Secundária (Não ocorre neste evento)

Descrição das Seções

S1	Seção
40"	Tempo "chegada" [min" s"]
2,0 m/s	Velocidade [m/s]
4,0 m	Altura cabeça onda [m]
7,0 m	Altura máxima [m]
69,0 m	Cota máxima [m acima mar]

Sistema Geodésico de Referência (SIRGAS2000) EPSG 31982
Elipsóide do Sistema Geodésico de Referência de 1980
(Geodetic Reference System 1980 – GRS80)
Projeção: Universal Transverse Mercator - UTM - Fuso 22S
Datum Planimétrico: SIRGAS2000 - Datum Vertical: Mareógrafo Imbituba

Revisões

CENTRO TECNOLÓGICO SATC
Rua: Pascoal Meier, 73 - Universitário - Criciúma - SC
Fone: 55 (48)3431.7666 - Fax: 55 (48)3431.7660

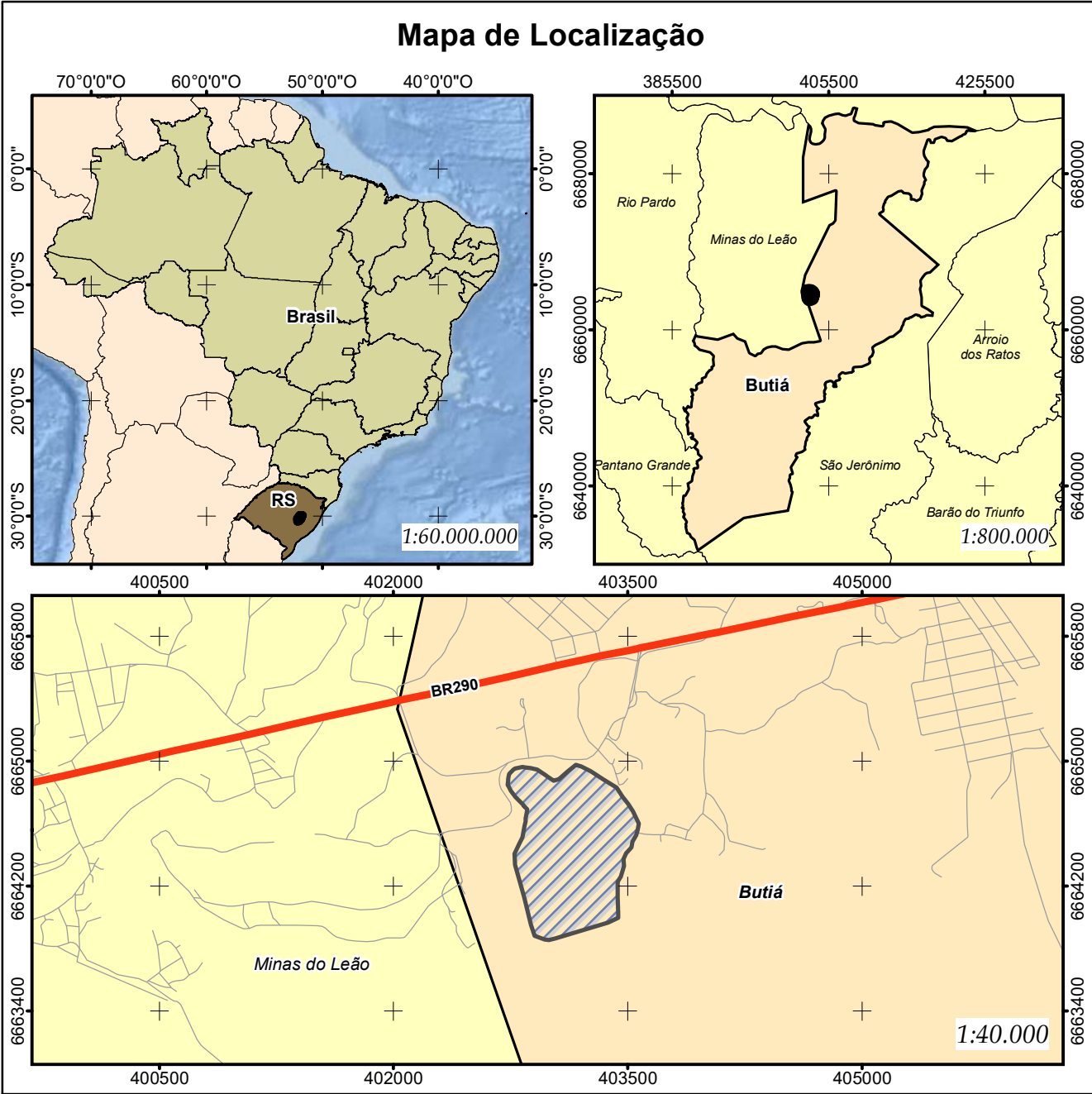
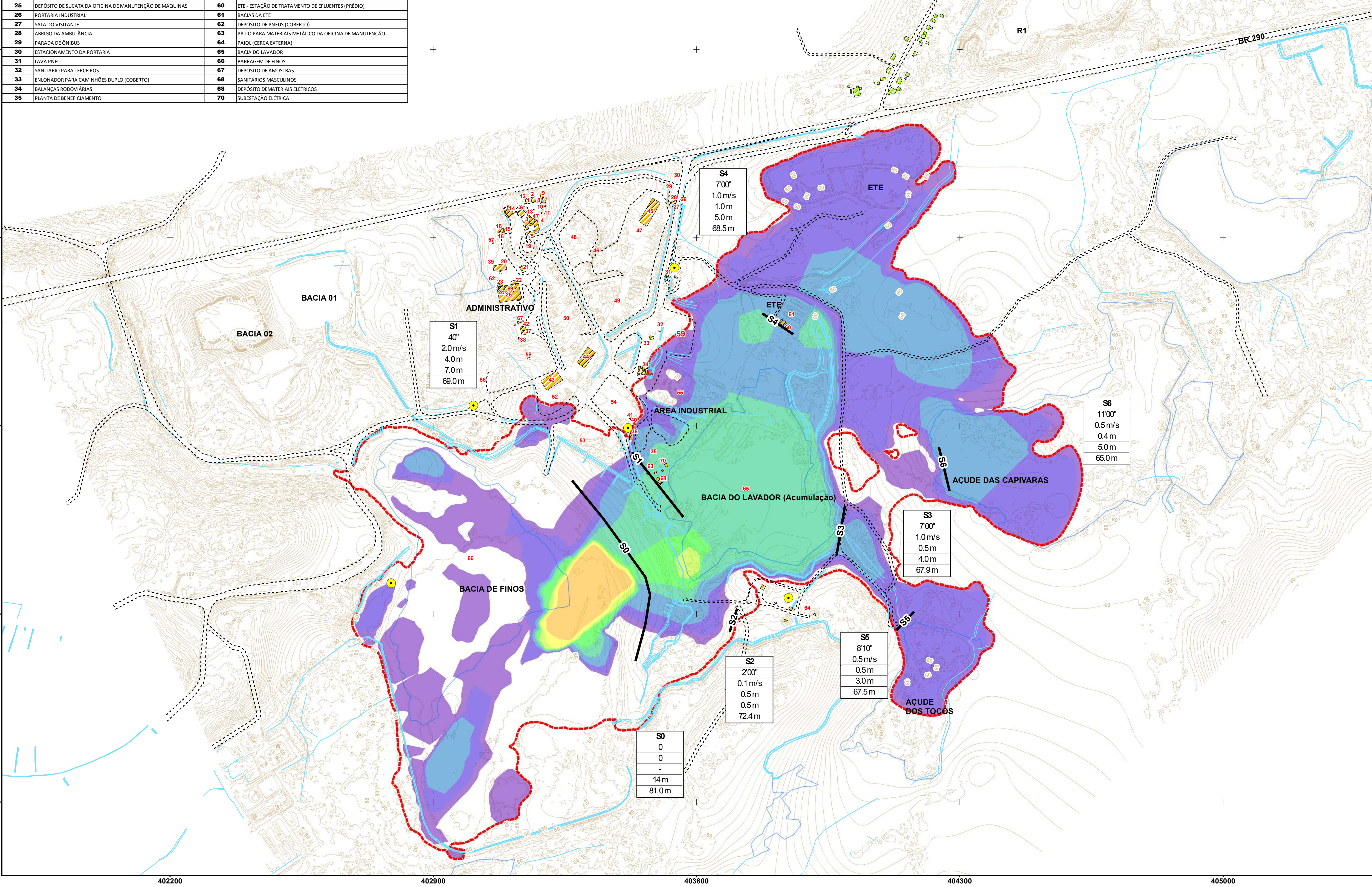
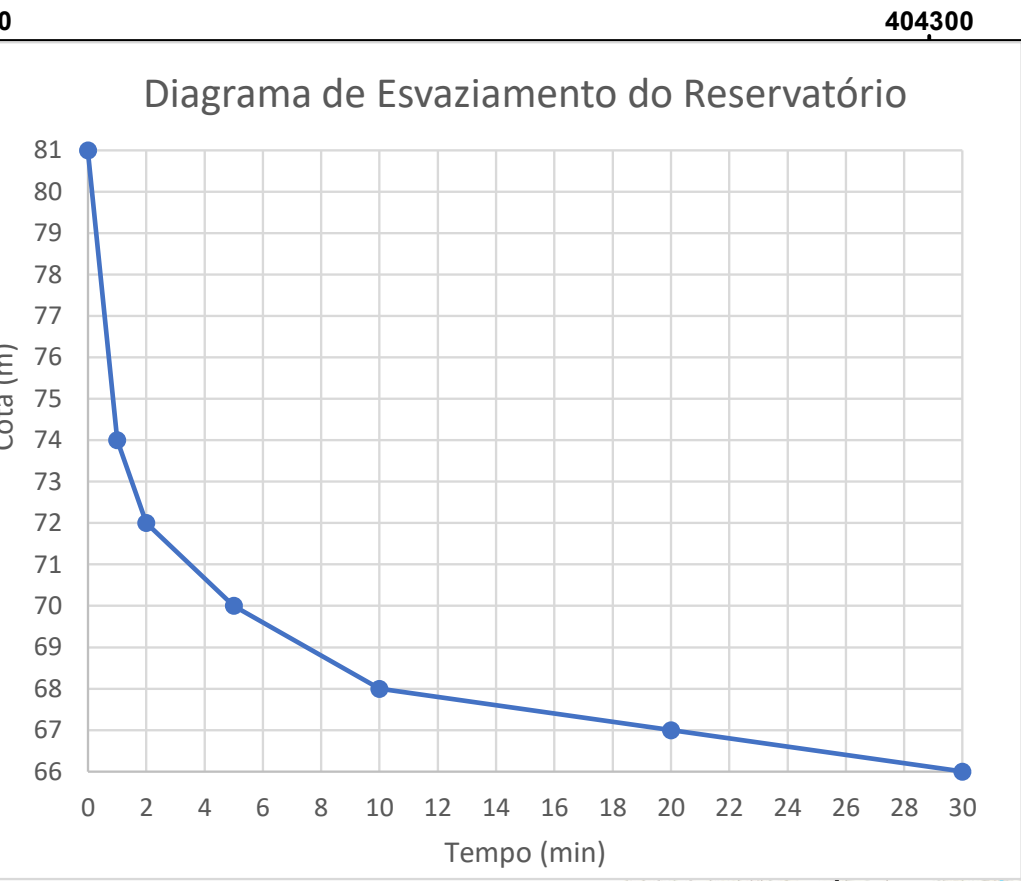
MINA DO RECREIO
Mapa de Inundação para Condição de Ruptura por Liquefação: Cenário 3

Responsável Técnico:	Data:
Geógrafo: William de Oliveira Sant'Ana CREA-SC 092.592-0	Junho/2025
Título:	Desenhista:
Apêndice B: MÁXIMA VELOCIDADE ATINGIDA PELO FLUXO DE REJEITOS	Eng. Agrim. Alex de Oliveira
Escala:	DATUM:
1:5.500	SIRGAS2000-UTM22S

APÊNDICE C

Mapa de Inundação do Cenário 3: Configuração Final do Evento

402200		402900	
IDENTIFICAÇÃO DO LOCAL E PRÉDIOS		IDENTIFICAÇÃO DO LOCAL E PRÉDIOS	
1	CENTRAL DE RESÍDUOS	36	ELETROCENTRO DA BRITAGEM
2	DEPÓSITO DO ALMOXARIFADO (COBERTO)	37	VESTIÁRIO MASCULINO
3	ALMOXARIFADO	38	VESTIÁRIO MASCULINO TERCEIROS
4	DEPÓSITO ABERTO ALMOXARIFADO	39	OFICINA DE MANUTENÇÃO DO BENEFICIAMENTO
5	ESCRITÓRIOS RH, TOPOGRAFIA E ENGENHARIA	40	CONTÊINER COPELMI
6	ESCRITÓRIOS SSHT, MEIO AMBIENTE, SALAS DE TREINAMENTO	41	CONTÊINER MANUTENÇÃO (GKS)
7	LITOTECNA (DESCRIÇÃO DE SONDAGENS)	42	LABORATÓRIO
8	CONTAINERS ARMAZENAMENTO DE AMOSTRAS DE CARVÃO	43	DEPÓSITO DE PRODUTO FINAL COBERTO (GP-4004)
9	SUBESTAÇÃO	44	DEPÓSITO DE PRODUTO FINAL COBERTO (GP-4003)
10	ARQUIVO INATIVO	45	DEPÓSITO DE PRODUTO FINAL COBERTO (GP-4002)
11	DEPÓSITO DE GASES (COBERTO)	46	BLENDEGEM (ÁREA ÚTIL)
12	CONTAINERS DA BRIGADA DE INCÊNDIO	47	DEPÓSITO DE PRODUTO FINAL (ÁREA ABERTA)
13	GARAGEM COBERTA	48	DEPÓSITO DE PRODUTO FINAL (ÁREA ABERTA)
14	RAMPA DE LUBRIFICAÇÃO E LAVAGEM	49	DEPÓSITO DE PRODUTO FINAL (ÁREA ABERTA)
15	SANITÁRIOS FEMININO E MASCULINO	50	DEPÓSITO DE PRODUTO FINAL (ÁREA ABERTA)
16	ÁREA DE LAZER	51	DEPÓSITO DE PRODUTO FINAL (ÁREA ABERTA)
17	VIGILÂNCIA ELETRÔNICA	52	DEPÓSITO DE PRODUTO FINAL (ÁREA ABERTA)
18	REFETÓRIO	53	DEPÓSITO DE PRODUTO BRUTO (ROM)
19	ESTACIONAMENTO ADMINISTRATIVO	54	DEPÓSITO DE PRODUTO BRUTO (ROM)
20	OFICINA DE MANUTENÇÃO DE MÁQUINAS	55	DEPÓSITO DE PRODUTO BRUTO (ROM)
21	DEPÓSITO DE MOTORES ELÉTRICOS (COBERTO)	56	PLANTA DE SECAGEM
22	POSTO DE ABASTECIMENTO	57	CONVIVÊNCIA ON LINE SERVICE
23	ON LINE SERVICE E NC CONSTRUÇÕES CONTAINERS	58	DEPÓSITO DE SEMENTES (COBERTO)
24	DEPÓSITO DE CABOS ELÉTRICO (COBERTO)	59	ESTACIONAMENTO PARA CAMINHÕES
25	DEPÓSITO DE SUJATA DA OFICINA DE MANUTENÇÃO DE MÁQUINAS	60	ETE - ESTÇÃO DE TRATAMENTO DE EFLUENTES (PRÉDIO)
26	PORTARIA INDUSTRIAL	61	BACIAS DA ETE
27	SALA DO VISITANTE	62	DEPÓSITO DE PNEUS (COBERTO)
28	ABRIGO DA AMBULÂNCIA	63	PÁTIO PARA MATERIAIS METÁLICO DA OFICINA DE MANUTENÇÃO
29	PARADA DE ÔNIBUS	64	PAILO (CERCA EXTERNA)
30	ESTACIONAMENTO DA PORTARIA	65	BACIA DO LAVADOR
31	LAVA PNEU	66	BARRAGEM DE FINOS
32	SANITÁRIO PARA TERCEIROS	67	DEPÓSITO DE AMOSTRAS
33	ENLONADOR PARA CAMINHÕES DUPLIO (COBERTO)	68	SANITÁRIOS MASCULINOS
34	BALANÇAS RODOVIÁRIAS	68	DEPÓSITO DE MATERIAIS ELÉTRICOS
35	PLANTA DE BENEFICIAMENTO	70	SUBESTAÇÃO ELÉTRICA



Legenda

- Ponto de encontro
- Seções
- Hidrografia
- Curvas de Nível
- Estradas
- Edificações COPELMI
- Edificações de terceiros

Configuração Final

- Acima de 25 m
- 15,0 - 25,0 m
- 10,0 - 15,0 m
- 8,0 - 10,0 m
- 6,0 - 8,0 m
- 4,0 - 6,0 m
- 2,0 - 6,0 m
- 0,5 - 1,0 m

Localização

- Estradas
- Rodovia Federal
- Perímetro do Reservatório
- Limite Municipal
- Butiá
- Área de estudo
- Rio Grande do Sul
- Limite Estadual

Zonas de Salvamento

- ZAS - Zona de Autossalvamento
- ZSS - Zona de Segurança Secundária (Não ocorre neste evento)

Descrição das Seções

Sf	Seção
40"	Tempo "chegada" [min" s"]
2,0 m/s	Velocidade [m/s]
4,0 m	Altura cabeça onda [m]
7,0 m	Altura máxima [m]
69,0 m	Cota máxima [m acima mar]

Sistema Geodésico de Referência (SIRGAS2000) EPSG 31982
Elipsóide do Sistema Geodésico de Referência de 1980
(Geodetic Reference System 1980 – GRS80)
Projeção: Universal Transverse Mercator - UTM - Fuso 22S
Datum Planimétrico: SIRGAS2000 - Datum Vertical: Maregrafa Imbituba

Revisões

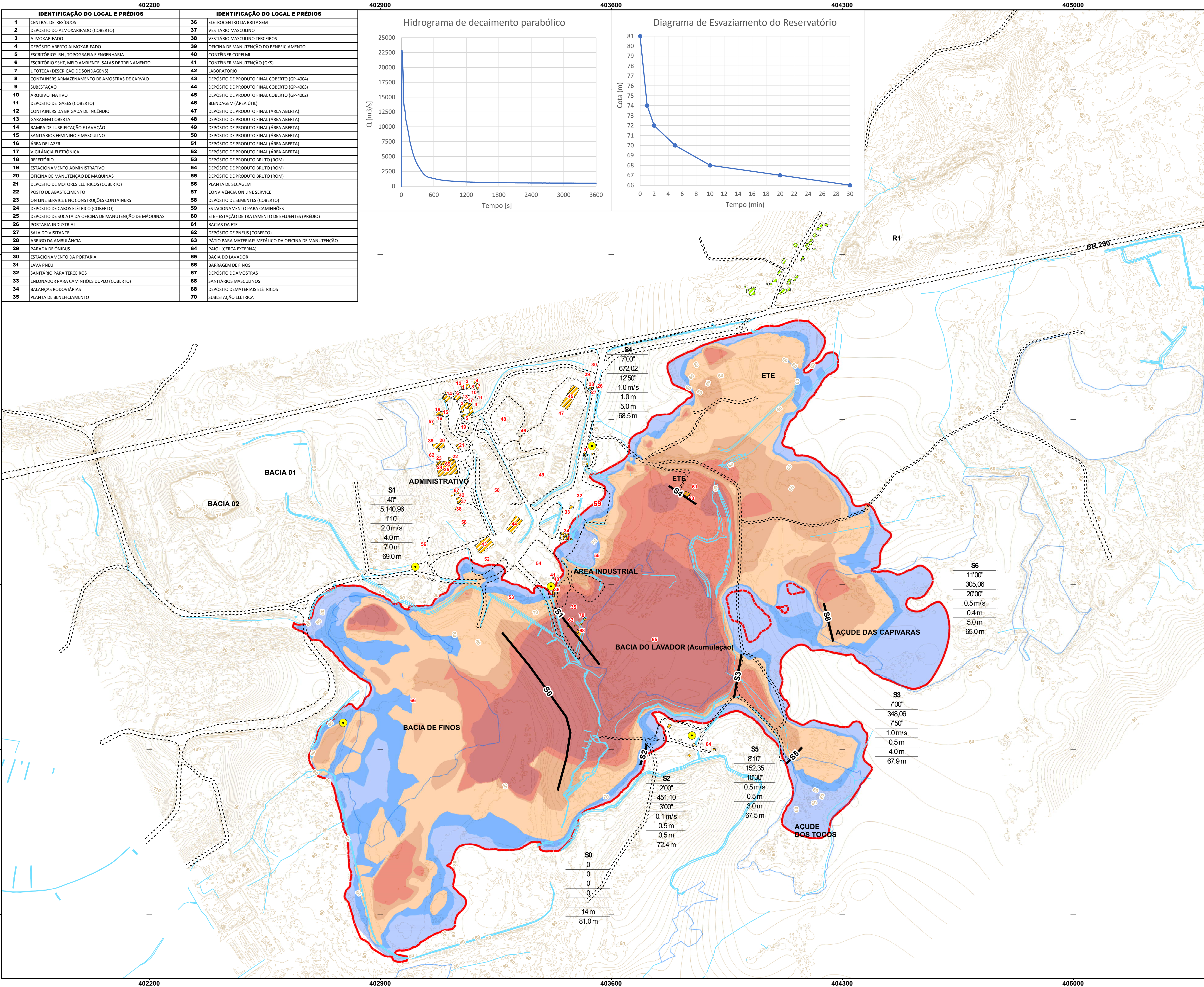
CENTRO TECNOLÓGICO SATC
Rua: Pascoal Meier, 73 - Universitário - Criciúma - SC
Fone: 55 (48)3431.7606 - Fax: 55 (48)3431.7650

MINA DO RECREIO
Mapa de Inundação para Condição de Ruptura por Liquefação: Cenário 3

Responsável Técnico:	Data:
Geógrafo: William de Oliveira Sant'Ana CREA-SC 092.592-0	Junho/2025
Título:	Desenhista:
Apêndice C: CONFIGURAÇÃO FINAL DO EVENTO	Eng. Agrim. Alex de Oliveira
Escala:	DATUM:
1:5.500	SIRGAS2000-UTM22S



ANEXOS





Anotação de Responsabilidade Técnica - ART

Lei nº 6.496, de 7 de dezembro de 1977

Conselho Regional de Engenharia e Agronomia de Santa Catarina

CREA-SC



ART OBRA OU SERVIÇO

25 2025 10015455-7

Inicial

Equipe - ART 10015185-1

1. Responsável Técnico

ALEX DE OLIVEIRA

Título Profissional: Engenheiro Agrimensor

RNP: 2517144664
Registro: 154723-2-SC

Empresa Contratada: SATC ASSOCIACAO BENEFICENTE DA INDU

Registro: 153933-7-SC

2. Dados do Contrato

Contratante: COPELMI MINERAÇÃO LTDA
Endereço: LARGO VISCONDE DO CAIRU
Complemento: 3º andar
Cidade: PORTO ALEGRE
Valor: R\$ 15.238,00
Contrato: 3430

Celebrado em:

Vinculado à ART:

Bairro: CENTRO HISTORICO
UF: RS

Ação Institucional:
Tipo de Contratante:

CPF/CNPJ: 33.059.528/0001-95
Nº: 12

CEP: 90030-110

3. Dados Obra/Serviço

Proprietário: COPELMI MINERAÇÃO LTDA
Endereço: BR-290
Complemento: KM 178
Cidade: BUTIÁ
Data de Início: 01/04/2025
Finalidade: Ambiental

Previsão de Término: 01/09/2025

Bairro: MINA DO RECREIO
UF: RS
Coordenadas Geográficas:

CPF/CNPJ: 33.059.528/0001-95
Nº: 178

CEP: 96750-000

Código:

4. Atividade Técnica

Estudo Impacto Ambiental

Barragem de terra

Desenho Técnico

Sistema de informações geográficas - SIG

Avaliação

Desenho Técnico

Topografia - levantamento planialtimétrico

Dimensão do Trabalho: 1,00 Unidade(s)

Dimensão do Trabalho: 1,00 Unidade(s)

Dimensão do Trabalho: 1,00 Unidade(s)

5. Observações

Estudo e mapa de inundação para condição de ruptura por liquefação, considerando geologia, na barragem da Mina do Recreio - COPELMI Mineração Ltda, Butiá, RS.

6. Declarações

Acessibilidade: Declaro que na(s) atividade(s) registrada(s) nesta ART foram atendidas as regras de acessibilidade previstas nas normas técnicas de acessibilidade da ABNT, na legislação específica e no Decreto Federal n. 5.296, de 2 de dezembro de 2004.

7. Entidade de Classe

ACEAG - 26

8. Informações

- A ART é válida somente após o pagamento da taxa.
- Situação do pagamento da taxa da ART em 16/07/2025: TAXA DA ART A PAGAR
- Valor ART: R\$ 103,03 | Data Vencimento: 28/07/2025 | Registrada em: 16/07/2025
- Valor Pago: | Data Pagamento: | Nosso Número: 14002504000321730
- A autenticidade deste documento pode ser verificada no site www.crea-sc.org.br/art.
- A guarda da via assinada da ART será de responsabilidade do profissional e do contratante com o objetivo de documentar o vínculo contratual.
- Esta ART está sujeita a verificações conforme disposto na Súmula 473 do STF, na Lei 9.784/99 e na Resolução 1.025/09 do CONFEA.

9. Assinaturas

Declaro serem verdadeiras as informações acima.

CRICIUMA - SC, 16 de Julho de 2025

Documento assinado digitalmente

gov.br ALEX DE OLIVEIRA
Data: 16/07/2025 09:54:54-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

ALEX DE OLIVEIRA
052.658.859-43

Documento assinado digitalmente

gov.br ALEXANDRE GRIGORIEFF
Data: 16/07/2025 14:52:18-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>



CREA-SC
Conselho Regional de Engenharia e Agronomia de Santa Catarina

 COPELMI MINERAÇÃO LTDA.	PLANO DE AÇÃO DE EMERGÊNCIA PARA BARRAGENS DE MINERAÇÃO - Mina do Recreio -	PAEBM-BAR-RE-01
		Revisão: 09
		Data: 05/03/2026

ANEXO 5

MAPA DE LOCALIZAÇÃO PE, ROTAS FUGA, SIRENES, CÂMERAS



LEGENDA:

- ROTA DE FUGA
- ZAS - ZONA DE AUTOSSALVAMENTO
- PONTO DE ENCONTRO
- SIRENE DE ALERTA
- CÂMERA DE MONITORAMENTO
- SALA DE MONITORAMENTO

IDENTIFICAÇÃO E COORDENADAS DOS ELEMENTOS

IDENTIFICAÇÃO - LOCALIZAÇÃO	COORDENADAS UTM - SIRGAS 2000	
	ESTE	NORTE
Sirene de Alerta 01 - Estação Robótica	403704,846	6664480,818
Sirene de Alerta 02 - Lavador	403524,223	6664899,813
Sirene de Alerta 03 - ETE Ativa	403818,400	6665271,906
Ponto de Encontro 01 - Secador	403011,874	6665053,393
Ponto de Encontro 02 - Moega	403414,168	6664988,235
Ponto de Encontro 03 - Lava Pneu	403543,059	6665420,384
Ponto de Encontro 04 - Barragem (fora da ZAS)	402742,536	6664613,455
Ponto de Encontro 05 - Paíol	403864,279	6664550,740
Sala de Monitoramento da Barragem - Administrativo	403175,463	6665543,042
Câmara de Monitoramento 01 - Estação Robótica	403705,883	6664480,362
Câmara de Monitoramento 02 - Paíol	403762,928	6664559,949
Câmara de Monitoramento 03 - Depósito Coberto	403267,134	6665057,041



DESENHO:
Mapa de Localização dos Pontos de Encontro, Zona de Autossalvamento (ZAS), Monitoramento, Rotas de Fuga e Sirenes de Alerta

RESPONSÁVEL TÉCNICO:
João Francisco Linck Feijó
Eng. de Minas - CREA-RS 49975

DATA:
Março/2026

DESENHISTA:
Leni

LOCAL:
Butiá - RS - Mina do Recreio

ESCALA:
1:5.000

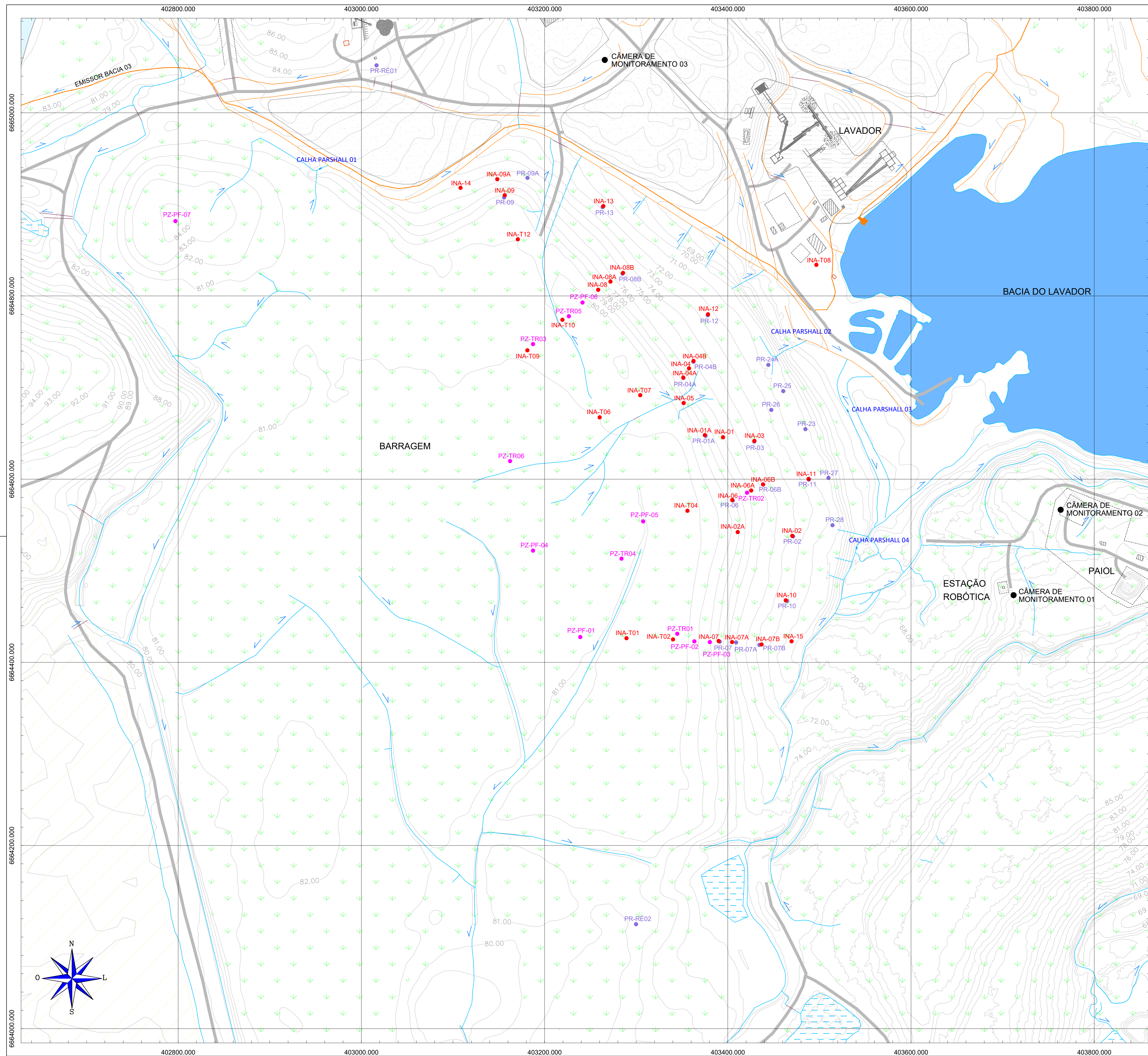
ARQUIVO:
Mapa de Localização dos Pontos de Encontro, Zona de Autossalvamento (ZAS), Monitoramento, Rotas de Fuga e Sirenes de Alerta

DATUM:
Sirgas 2000

 COPELMI MINERAÇÃO LTDA.	PLANO DE AÇÃO DE EMERGÊNCIA PARA BARRAGENS DE MINERAÇÃO - Mina do Recreio -	PAEBM-BAR-RE-01
		Revisão: 09
		Data: 05/03/2026

ANEXO 6

MAPA DE LOCALIZAÇÃO DOS INSTRUMENTOS



ÁREA ÚMIDA

RESERVATÓRIO

CURSO D'ÁGUA NATURAL

- x -

CERCA

CURVA DE NÍVEL

LIMITE DE APP

REPOSIÇÃO FLORESTAL
OBRIGATORIA - RFO

ÁREAS RECUPERADAS

EDIFICAÇÕES

ACESSOS

CANALIZAÇÃO ENTERRADA

CANALIZAÇÃO DE EFLUENTE

DRENAGEM DE EFLUENTE

EFLUENTE TRATADO

DRENAGEM PLUVIAL CONSTRUÍDA

DEPÓSITO DE CARVÃO

PLANTA DE BENEFICIAMENTO

● INA

● PIEZÔMETRO

● PRISMA/MARCO TOPOGRÁFICO

● CÂMERA DE MONITORAMENTO

✂ CALHA PARSHALL

LEGENDA INSTRUMENTOS DE MONITORAMENTO

QUADRO DE COORDENADAS

INSTRUMENTOS DE MONITORAMENTO			
COORDENADAS UTM - DATUM SIRGAS 2000			
INA	ESTE	NORTE	COTA (tn)
INA-01	403394,818	6664645,701	76,017
INA-01A	403374,943	6664648,007	78,162
INA-02	403470,375	6664537,944	72,924
INA-02A	403410,806	6664542,140	78,369
INA-03	403426,993	6664641,720	73,613
INA-04	403577,649	6664770,888	75,534
INA-04A	403351,356	6664710,816	76,274
INA-04B	403362,585	6664728,990	75,150
INA-05	403351,770	6664683,048	78,517
INA-06	403404,802	6664657,118	78,399
INA-06A	403425,563	6664537,561	75,764
INA-06B	403438,603	6664504,138	74,679
INA-07	403389,989	6664423,293	77,670
INA-07A	403404,629	6664422,095	75,509
INA-07B	403436,844	6664419,461	72,384
INA-08	403258,404	6664806,648	78,503
INA-08A	403271,903	6664815,652	76,082
INA-08B	403285,632	6664825,096	75,208
INA-09	403156,542	6664909,919	78,482
INA-09A	403148,338	6664927,415	75,366
INA-10	403463,257	6664467,582	72,274
INA-11	403448,150	6664600,188	71,178
INA-12	403378,377	6664779,912	72,393
INA-13	403264,091	6664888,030	71,802
INA-14	403108,261	6664918,022	75,201
INA-15	403469,569	6664432,884	70,480
INA-T01	403289,404	6664426,239	81,821
INA-T02	403340,168	6664424,964	82,244
INA-T04	403355,912	6664565,414	82,220
INA-T06	403260,093	6664667,420	81,355
INA-T07	403304,384	6664691,615	81,275
INA-T08	403406,080	6664832,913	82,153
INA-T09	403181,161	6664740,608	80,810
INA-T10	403219,470	6664773,899	80,735
INA-T12	403170,825	6664861,813	80,589

PIEZÔMETRO

	ESTE	NORTE	COTA (tn)
PZ-TR01	403344,808	6664431,151	82,180
PZ-TR02	403420,944	6664585,125	76,415
PZ-TR03	403187,359	6664747,386	80,767
PZ-TR04	403284,021	6664773,793	81,461
PZ-TR05	403223,493	6664777,703	80,789
PZ-TR06	403162,359	6664619,640	81,578
PZ-PT 01	403238,950	6664427,561	80,817
PZ-PT 02	403633,497	6664422,874	80,292
PZ-PT 03	403380,380	6664422,065	79,079
PZ-PT 04	403187,260	6664523,937	82,112
PZ-PT 05	403307,563	6664553,844	81,052
PZ-PT 06	403241,412	6664792,761	80,277
PZ-PT 07	402796,992	6664881,669	84,027

PRISMA/MARCO TOPOGRÁFICO

	ESTE	NORTE	COTA (tn)
PR-01A	403375,679	6664647,260	78,760
PR-02	403471,240	6664537,457	74,080
PR-03	403426,552	6664640,578	74,340
PR-04A	403251,509	6664710,407	76,920
PR-04B	403362,377	6664728,098	75,800
PR-06	403405,382	6664576,768	79,170
PR-06B	403438,686	6664593,657	75,290
PR-07	403391,127	6664422,522	78,410
PR-07A	403409,016	6664441,185	76,640
PR-07B	403434,506	6664418,999	73,920
PR-08B	403285,003	6664824,313	76,030
PR-09	403155,843	6664907,521	80,250
PR-09A	403181,279	6664938,878	75,970
PR-21	403514,270	6664664,510	71,

 COPELMI MINERAÇÃO LTDA.	PLANO DE AÇÃO DE EMERGÊNCIA PARA BARRAGENS DE MINERAÇÃO - Mina do Recreio -	PAEBM-BAR-RE-01
		Revisão: 09
		Data: 05/03/2026

ANEXO 7

RELATÓRIO DE CONFORMIDADE E OPERACIONALIDADE DO PAEBM - RCO

RELATÓRIO DE CONFORMIDADE E OPERACIONALIDADE DO PAEBM – RCO

Resolução ANM nº 95, de 7 de fevereiro de 2022

CONTRATANTE:
COPELMI MINERAÇÃO LTDA.

Junho de 2025



LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Localização da Bacia de Finos da Mina do Recreio.....	10
Figura 2 - Legenda apresentada no mapa de inundação que ilustra as profundidades.	20
Figura 3 - Gráficos apresentados no estudo e no mapa de inundação.	21
Figura 4 - Exemplo da seção 4, posicionada de frente à ETE	22
Figura 5 - Representação da ZAS e ZSS, presentes no estudo de inundação.	23
Figura 6 - Treinamentos internos realizados em novembro/2024 pela COPELMI.....	32
Figura 7 - Controles e monitoramentos efetuados na barragem.	34
Figura 8 - Informe da fiscalização ocorrida em outubro e novembro pela ANM.....	36
Figura 9 - Fluxograma de notificação.	37
Figura 10 - Treinamentos internos realizados em maio/2025 pela COPELMI.....	39
Figura 11 - Monitoramentos e controles realizados na barragem.	41
Figura 12 - Animação visual para demonstrar a onda em diferentes tomadas de tempo.	43
Figura 13 - Integridade das ECJs existentes.....	44
Figura 14 - Seminário orientativo realizado em maio/25.	51
Figura 15 - Sequência de atividades do Simulado ocorrido em maio/25.....	54
Figura 16 - Fechamento da cancela de acesso a caminhões durante o toque da sirene.	55
Figura 17 - Anúncio do simulado em meios de comunicação local.....	57
Figura 18 - Sequência de atividades do Simulado noturno realizado em maio/2025.	60
Figura 19 - Localização da sinalização da rota de fuga, dos PE, sirenes e sala de monitoramento.	65
Figura 20 - Placas sinalizado os pontos de encontro: a) Moega, b) PE Lava-Pneus, c) PE Paiol, d) PE Secador de finos e e) PE Reservatório barragem.	66
Figura 21 - Placa de sinalização da rota de fuga visualizada no simulado noturno. .	67
Figura 22 - Modelo da placa do PE.....	68
Figura 23 - a) Estação Robótica, b) Prisma.....	68
Figura 24 - Localização dos Prismas na Barragem.....	69

Figura 25 - Tela de Monitoramento da Estação Robótica	70
Figura 26 - Sirene principal instalada próximo da casa de comando.	71
Figura 27 - Sirene instalada na estrutura do Lavador de carvão.....	72
Figura 28 - Sirene instalada na ETE.	73
Figura 29 - Localização dos postes, rede elétrica, sirenes e gerador.	75
Figura 30 - Localização das sirenes, ZAS e ZSS (maio/2025).	80

LISTA DE TABELAS E QUADRO

Tabela 1 - Conteúdo mínimo esperado no PAEBM.....	14
Tabela 2 - Checklist aplicado na avaliação do Simulado diurno realizado em maio/2025	63
Tabela 3 - Resultados das medições de nível de pressão sonora com acionamento da sirene.	76
Quadro 1 - Sugestão de classificação quanto ao DPA.....	30

LISTA DE ABREVIATURAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ACO	Avaliação de Conformidade e Operacionalidade
ANM	Agência Nacional de Mineração
ART	Anotação de Responsabilidade Técnica
CENAD	Centro Nacional de Gerenciamento de Riscos e Desastres
DCE	Declaração da Condição de Estabilidade
DCO	Declaração de Conformidade e Operacionalidade
DPA	Dano Potencial Associado
ECJ	Estrutura de CONTENÇÃO à Jusante
ETE	Estação de Tratamento de Efluentes
FEPAM	Fundação Estadual de Proteção Ambiental
FLE	Fundação Luiz Englert
PAE	Plano de Ação de Emergência
PAEBM	Plano de Ação de Emergência para Barragens de Mineração
PE	Ponto de Encontro
PLANCON	Plano de Contingência
PNSB	Política Nacional de Segurança de Barragens
PSB	Plano de Segurança de Barragens
RCO	Relatório de Conformidade e Operacionalidade
RISR	Relatório de Inspeção de Segurança Regular
ZAS	Zona de Autossalvamento
ZSS	Zona de Segurança Secundária

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	ii
LISTA DE TABELAS E QUADRO.....	iv
LISTA DE ANEXOS E APÊNDICE.....	v
LISTA DE ABREVIATURAS.....	vi

APRESENTAÇÃO	8
1 IDENTIFICAÇÃO DO EMPREENDEDOR E EMPREENDIMENTO	11
2 IDENTIFICAÇÃO DA EQUIPE EXTERNA CONTRATADA RESPONSÁVEL TÉCNICA PELA ELABORAÇÃO DO RELATÓRIO DE CONFORMIDADE E OPERACIONALIDADE DO PAEBM DE BARRAGEM.....	12
3 VERIFICAÇÃO E COMPROVAÇÃO DA CONFORMIDADE E OPERACIONALIDADE DO PAEBM	13
4 VALIDAÇÃO DO MAPA E DO ESTUDO DE INUNDAÇÃO DA BARRAGEM ..	18
4.1 CONTEXTO LOCAL.....	18
4.2 INTERPRETAÇÃO DO ESTUDO DE INUNDAÇÃO EXISTENTE.....	19
4.3 SUGESTÃO DE CLASSIFICAÇÃO EM DPA	28
5 DESCRIÇÃO DOS TREINAMENTOS INTERNOS REALIZADOS PELO EMPREENDEDOR COM AS EVENTUAIS MELHORIAS PROPOSTAS PARA O PAEBM, NO MÁXIMO A CADA SEIS MESES, EM CONSONÂNCIA COM O INCISO III DO ART. 38 DA RESOLUÇÃO N.º 95/2022.....	31
5.1 ACOMPANHAMENTO DO TREINAMENTO REALIZADO EM NOVEMBRO DE 2024	31
5.2 ACOMPANHAMENTO DO TREINAMENTO REALIZADO EM MAIO DE 2025	39
5.3 RECOMENDAÇÕES SOBRE OS TREINAMENTOS.....	46
6 DESCRIÇÃO DO SEMINÁRIO ORIENTATIVO ANUAL REALIZADO E SEUS RESULTADOS, COM A PARTICIPAÇÃO DAS PREFEITURAS, ORGANISMOS DE DEFESA CIVIL, EQUIPE DE SEGURANÇA DA BARRAGEM, DEMAIS	

EMPREGADOS DO EMPREENDIMENTO E A POPULAÇÃO COMPREENDIDA NA ZAS	49
6.1 ACOMPANHAMENTO DO SEMINÁRIO ORIENTATIVO E SIMULADO DIURNO REALIZADO EM MAIO DE 2025.....	50
6.1.1 Acompanhamento do simulado noturno realizado em maio de 2025	56
6.2 RESULTADOS DO SIMULADO DIURNO E NOTURNO REALIZADO EM MAIO DE 2025 E RECOMENDAÇÕES	61
7 DESCRIÇÃO DOS TESTES, COM REGISTRO E COMPROVAÇÃO DE FUNCIONALIDADE DAS SIRENES INSTALADAS, DAS ROTAS DE FUGA E PONTOS DE ENCONTRO TENDO COMO BASE O ITEM 5.3, DO "CADERNO DE ORIENTAÇÕES PARA APOIO À ELABORAÇÃO DE PLANOS DE CONTINGÊNCIA MUNICIPAIS PARA BARRAGENS" INSTITUÍDO PELA PORTARIA N.º 187, DE 26 DE OUTUBRO DE 2016, DA SECRETARIA NACIONAL DE PROTEÇÃO E DEFESA CIVIL DO MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL, OU DOCUMENTO LEGAL QUE VENHA SUCEDÊ-LO OU BOAS PRÁTICAS DIVULGADAS PELAS DEFESAS CIVIS FEDERAIS, ESTADUAIS E MUNICIPAIS.....	64
7.1 DESCRIÇÃO REALIZADA EM MAIO DE 2025	64
8 AVALIAÇÃO E COMPROVAÇÃO DA INSTALAÇÃO DAS SIRENES EM LOCAL ADEQUADO CONFORME ART. 8 DA RESOLUÇÃO ANM N° 95	78
9 COMPROVAÇÃO DA INTEGRAÇÃO DO PAEBM COM O PLANO DE CONTINGÊNCIA DA DEFESA CIVIL, CASO EXISTA.....	82
10 DESCRIÇÃO DO EVENTUAL APOIO E PARTICIPAÇÃO EM SIMULADOS DE SITUAÇÕES DE EMERGÊNCIA REALIZADOS DE ACORDO COM O ART. 8.º XI, DA LEI N.º 12.608, DE 19 DE ABRIL DE 2012, CASO O EMPREENDEDOR TENHA SIDO SOLICITADO FORMALMENTE PELA DEFESA CIVIL.....	83
11 DECLARAÇÃO DE CONFORMIDADE E OPERACIONALIDADE DO PAEBM DA BARRAGEM	84
12 CIENTE DO EMPREENDEDOR OU DE SEU REPRESENTANTE LEGAL.....	85
13 ASSINATURA DO ELABORADOR DO RCO COM ART ESPECÍFICA	86
14 REFERÊNCIAS	87
15 ANEXOS.....	88

APRESENTAÇÃO

Este relatório é apresentado em atendimento à Resolução nº 95 de 7 de fevereiro de 2022 da Agência Nacional de Mineração (ANM), onde conforme o Art. n.º 44, o empreendedor fica obrigado a executar anualmente a Avaliação de Conformidade e Operacionalidade (ACO) do Plano de Ação de Emergência da Barragem de Mineração (PAEBM).

A ACO é composta pelo Relatório de Conformidade e Operacionalidade do PAEBM (RCO) e pela Declaração de Conformidade e Operacionalidade do PAEBM (DCO). Desta forma, a DCO deve ser emitida via Sistema Integrado de Gestão de Segurança de Barragens de Mineração (SIGBM) e, juntamente com o RCO do PAEBM deverão ser anexados ao Plano de Segurança da Barragem (PSB). Conforme estabelecido pela Resolução nº 95/2022, o RCO é um dos conteúdos que faz parte do Volume V do PSB.

Com o intuito de avaliar e verificar a conformidade dos itens mínimos do PAEBM, assim como a efetividade e operacionalidade do PAEBM em eventual situação de emergência, serão apresentados neste relatório as considerações sobre a Bacia de Finos da Mina do Recreio, do empreendedor COPELMI Mineração Ltda., situada no Município de Butiá/RS. Desta forma, o conteúdo exposto trata-se de:

- Verificação e comprovação da conformidade e operacionalidade do PAEBM, conforme a legislação vigente;
- Validação do mapa e do estudo de inundação da barragem em consonância com os parâmetros estabelecidos no art. 6º da Resolução nº 95/2022;
- Sugestão de Classificação em Dano Potencial Associado;
- Descrição dos treinamentos internos realizados pelo empreendedor com as eventuais melhorias propostas para o PAEBM;
- Descrição do Seminário Orientativo Anual realizado e seus resultados, com a participação das prefeituras, organismos de defesa civil, equipe de segurança da barragem e demais empregados do empreendimento;
- Avaliação e comprovação da instalação das sirenes em local adequado conforme art. 8 da Resolução nº 95/2022;
- Comprovação da integração do PAEBM com o Plano de Contingência da Defesa Civil, caso exista;

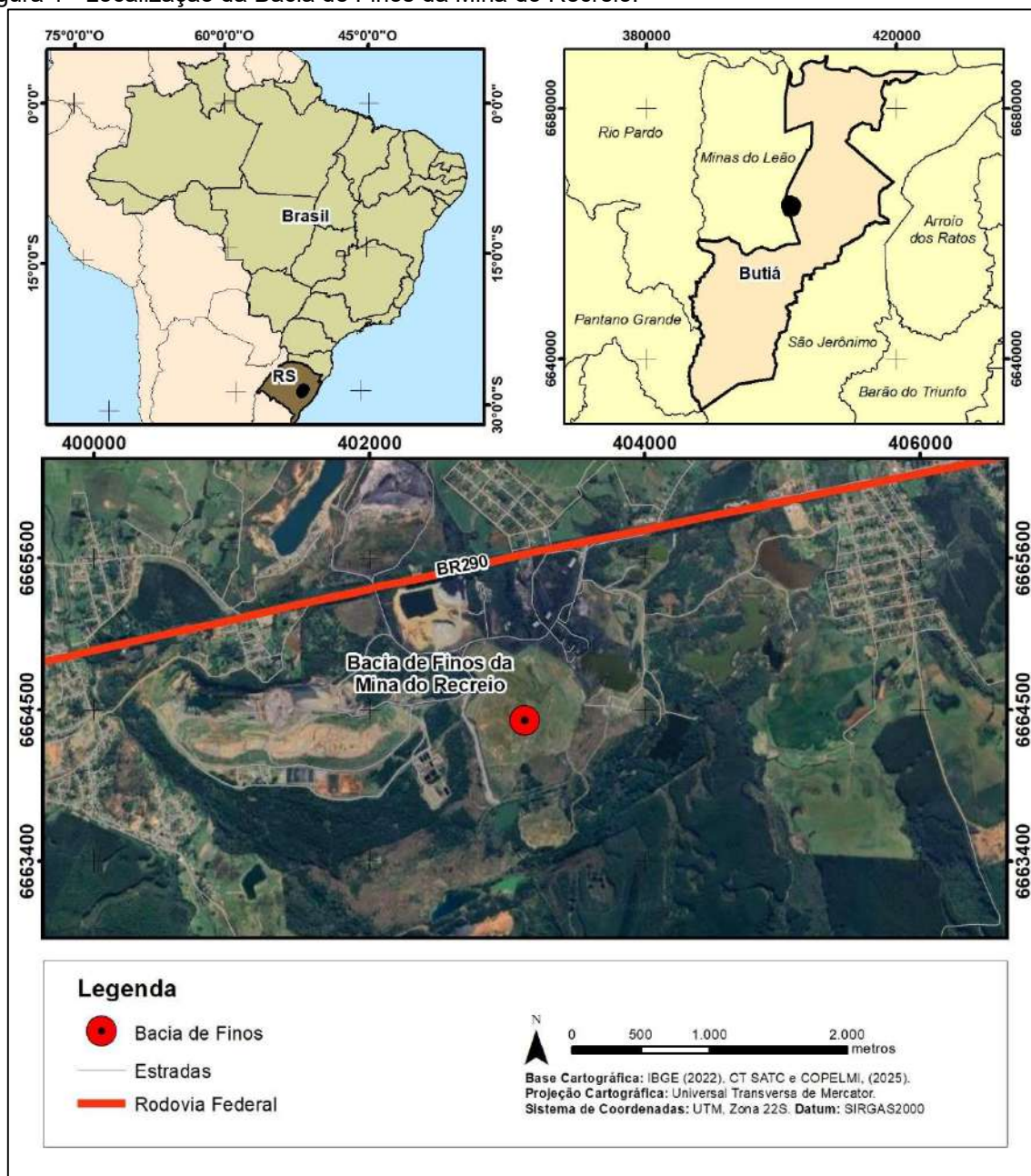
- Declaração de Conformidade e Operacionalidade do PAEBM da Barragem Bacia de Finos da Mina do Recreio.

A estrutura em questão é a maior barragem de rejeitos finos de carvão mineral no Estado do Rio Grande do Sul. Tem 20 metros de altura e armazena aproximadamente 4,42 milhões de metros cúbicos de sedimentos, tendo sido construída a partir de uma antiga cava de mineração a céu aberto e tem como característica construtiva o alteamento à montante com rejeitos de carvão.

Essa barragem não intercepta micro ou sub-bacia hidrográfica e não recebe a recarga de sistema aquífero local ou regional. Entretanto, durante seu alteamento em fase operacional, o acondicionamento de rejeitos em cotas acima do nível topográfico circundante, inclusive com a presença de funcionários e infraestrutura operacional no entorno imediato à jusante, incorreu na aplicação de medidas regulatórias previstas por diferentes Resoluções da ANM.

Conforme consulta realizada em maio de 2025 no SIGBM - Versão pública, a barragem está avaliada como de baixa categoria de risco e alto Dano Potencial Associado (DPA).

Figura 1 - Localização da Bacia de Finos da Mina do Recreio.



1 IDENTIFICAÇÃO DO EMPREENDEDOR E EMPREENDIMENTO

IDENTIFICAÇÃO DO EMPREENDEDOR	
Razão Social:	COPELMI MINERAÇÃO LTDA
CNPJ:	33.059.528/0003-57
Endereço:	Largo Visconde do Cairu, 12, 3o andar Porto Alegre – RS, CEP 90.030-110
Telefone:	(51) 3254-5734
E-mail:	copelmi@copelmi.com.br

IDENTIFICAÇÃO DO EMPREENDIMENTO	
Razão Social:	COPELMI MINERAÇÃO LTDA
CNPJ:	33.059.528/0003-57
Endereço:	BR-290, Km 178 - Mina do Recreio, Butia - RS, 96750-000
Telefone:	(51) 3652-1211
E-mail:	copelmi@copelmi.com.br
Licença de Operação	FEPAM 02328/2025

ENDEREÇO PARA ENVIO DE CORRESPONDÊNCIA	
Destinatário:	Carlos Weinschenck de Faria
Vínculo:	Diretor Superintendente
Endereço:	Largo Visconde do Cairu, 12, 3o andar Porto Alegre – RS, CEP 90.030-110

IDENTIFICAÇÃO DO REPRESENTANTE LEGAL DO EMPREENDIMENTO	
Nome:	Carlos Weinschenck De Faria
CPF:	244.959.487-68
Cargo / Função:	Diretor Superintendente
Telefone:	(51) 3254-5734
E-mail:	carlosfaria@copelmi.com.br

2 IDENTIFICAÇÃO DA EQUIPE EXTERNA CONTRATADA RESPONSÁVEL TÉCNICA PELA ELABORAÇÃO DO RELATÓRIO DE CONFORMIDADE E OPERACIONALIDADE DO PAEBM DE BARRAGEM

IDENTIFICAÇÃO DA EMPRESA RESPONSÁVEL	
Razão Social:	MZ Geotecnia Serviços de Engenharia
CNPJ:	33.566.946/0001-79
Endereço:	Rua Dr. Luiz Bastos do Prado, 1015 - Gravataí, RS
Telefone	(51) 98220-8521
E-mail	marilia.zeni@mzgeotecnia.com
IDENTIFICAÇÃO DO AUDITOR - RESPONSÁVEL TÉCNICO	
Nome:	Camila da Silva Martinatto
Formação	Engenheira Civil / Geotecnia
CPF:	032.324.220-04
CREA:	RS 229204
Telefone:	(53) 984228840
E-mail:	camilamartinatto@hotmail.com

2.1 IDENTIFICAÇÃO DA EQUIPE EXTERNA CONTRATADA PELA COPELMI

Nome	Formação	e-mail	Empresa	Responsabilidades
Camila da Silva Martinatto	Engenheira Civil/Geotecnia	camilamartinatto@hotmail.com	GEOMZ	Revisão e aprovação do documento/ acompanhamento do seminário anual
Letícia Possoli dos Santos	Engenheira Ambiental/ Segurança do Trabalho	leticia.santos@satc.edu.br	SATC	Acompanhamento e descritivo dos treinamentos e seminário anual
Denise Olimpio Ugioni Garcia	Engenheira Civil	denise.garcia@satc.edu.br	SATC	Acompanhamento e descritivo dos treinamentos e seminário anual
William de Oliveira Sant' Ana	Geógrafo	william.santana@satc.edu.br	SATC	Acompanhamento e descritivo dos treinamentos e seminário anual
Anderson Spacek	Tecnólogo de Automação	anderson.spacek@satc.edu.br	SATC	Acompanhamento e descritivo dos treinamentos e seminário anual
Roberto Romano Neto	Geólogo	robertoromanoneto2@gmail.com	SATC	Acompanhamento e descritivo dos treinamentos e seminário anual

3 VERIFICAÇÃO E COMPROVAÇÃO DA CONFORMIDADE E OPERACIONALIDADE DO PAEBM

O PAEBM é um documento técnico de fácil entendimento elaborado pelo empreendedor, onde estão identificadas as situações de emergência em potencial da barragem, estabelecendo as ações a serem executadas nesses casos e definidos os agentes a serem notificados, para agilizar a tomada de decisão e minimizar os danos e perdas de vida (ANM, 2022).

O PAEBM da Barragem Bacia de finos da Mina do Recreio teve sua versão inicial em 2019, e atualmente encontra-se na revisão 8, conforme apresentado no documento nº PAEBM-BAR-RE-01, datado em 03/03/2025.

Entende-se por conformidade a avaliação e comprovação dos itens mínimos do PAEBM e, por Operacionalidade, a comprovação de efetividade do PAEBM em eventual situação de emergência. Desta forma, na Tabela 1 é apresentada a avaliação do PAEBM quanto ao cumprimento do conteúdo mínimo esperado de acordo com a Resolução nº 95, sendo atribuída a descrição de:

- Atende: para os itens que estão aderentes a Resolução nº 95, ou com alguma sugestão de melhoria que não altera a funcionalidade;
- Atende parcialmente: para os itens que estão aderentes, mas deverão ser revisados após entrega do RCO;
- Não atende: para os itens que não foram contemplados no PAEBM, ou que não atendem ao conteúdo mínimo da Resolução nº 95;
- Não aplicável: para os itens que não se aplicam a referida Barragem.

Tabela 1 - Conteúdo mínimo esperado no PAEBM.

Item	Conteúdo Mínimo - Plano de Ação de Emergência - PAEBM Quadro do Anexo II - Resolução nº 95	Parecer	Considerações
1	Apresentação e objetivo do PAEBM	Atende	-
2	Identificação e contatos do Empreendedor, do Coordenador do PAE e das entidades constantes do Fluxograma de notificações	Atende	-
3	Responsabilidades e atribuições no PAEBM (empreendedor, coordenador do PAEBM, equipe técnica e Defesa Civil), incluindo ciência expressa do coordenador sobre suas obrigações	Atende	-
4	Descrição geral da barragem e estruturas associadas	Atende	-
5	Deteção, avaliação e classificação das situações de alerta e/ou de emergência em níveis 1, 2 e/ou 3	Atende	-
6	Ações esperadas para cada nível de emergência	Atende	Inserir que o coordenados do PAEBM deverá incluir a abertura no SIGBM, elaborar o Relatório de Inspeção Especial e deverá emitir a declaração de encerramento da emergência (DEE), conforme modelo apresentado no anexo 9
7	Descrição dos procedimentos preventivos e corretivos	Atende	-
8	Recursos humanos, materiais e logísticos disponíveis para uso em situação de emergência	Atende	-
9	Procedimentos de comunicação e notificação (incluindo o Fluxograma de Notificação)	Atende	-
	Fluxograma de Notificação	Atende	-
10	Descrição do funcionamento geral do sistema de alerta para a população a	Atende	-

Item	Conteúdo Mínimo - Plano de Ação de Emergência - PAEBM Quadro do Anexo II - Resolução nº 95	Parecer	Considerações
	jusante, incluindo seu modo de acionamento		
11	Síntese do estudo de inundação com os respectivos mapas, indicação da ZAS e ZSS, conforme previsto no art. 6º desta Resolução	Atende	-
12	Medidas específicas, em articulação com o Poder Público, para resgatar atingidos, pessoas e animais, para mitigar impactos ambientais, para assegurar o abastecimento de água potável e para resgatar e salvaguardar o patrimônio cultural	Não aplicável	-
13	Descrição das rotas de fuga e pontos de encontro, com a respectiva sinalização, desenvolvida em conjunto com a Defesa Civil	Atende	-
14	Descrição dos programas de treinamento e divulgação para os envolvidos e para as comunidades potencialmente afetadas, com a realização de exercícios simulados periódicos	Atende	-
15	Descrição do sistema de monitoramento integrado à segurança da barragem de mineração	Atende	-
16	Registros dos treinamentos do PAEBM	Atende	-
17	Protocolos de entrega do PAEBM às autoridades competentes	Atende	-

Item	Conteúdo Mínimo - Plano de Ação de Emergência - PAEBM Quadro do Anexo II - Resolução nº 95	Parecer	Considerações
18	Relatório de Causas e Consequências do Acidente (RCCA), contendo, no mínimo: Descrição detalhada do evento e possíveis causas Relatório fotográfico Descrição das ações realizadas durante o acidente Em caso de ruptura, a identificação das áreas afetadas Consequências do evento, inclusive danos materiais, à vida e à propriedade Proposições de melhorias para revisão do PAEBM Manifestação de ciência e concordância por parte do empreendedor, no caso de pessoa física, ou do titular do cargo de maior hierarquia na estrutura da pessoa jurídica, sobre o relatório e suas recomendações	Não aplicável	-
19	Declaração de Encerramento de Emergência, quando for o caso	Atende	-
20	Relatório de Conformidade e Operacionalidade do PAEBM - RCO	Atende	-

De maneira geral, o PAEBM da Barragem da Bacia de Finos da Mina do Recreio apresenta todos os requisitos de conteúdo necessário para o cumprimento das normativas em vigor. Porém, foram identificados pontos em que o documento atende parcialmente aos requisitos legais, sendo eles considerados de forma a aprimorar o documento em vigor, não interferindo na operacionalidade do PAEBM, conforme apresentado na Tabela 1. Recomenda-se, portanto, que o PAEBM de 03/03/2025 seja revisado e atualizado, levando em consideração as solicitações apresentadas nesta RCO.

Destaca-se que O PAEBM é um plano em evolução, já que o conteúdo do mesmo deve ser colocado em prática, podendo ser aprimorado sempre que houver necessidade, ficando mais eficiente no que diz respeito a sua função.

4 VALIDAÇÃO DO MAPA E DO ESTUDO DE INUNDAÇÃO DA BARRAGEM

O Art. 6º da Resolução nº 95/202, destaca a obrigatoriedade da elaboração, por parte do empreendedor, de um estudo de ruptura hipotética, contendo mapa de inundação georreferenciado, explicitando a ZAS e a ZSS. O mapa resultante permite o auxílio na classificação referente ao Dano Potencial Associado (DPA) e no suporte às demais ações descritas no PAEBM de todas as suas barragens de mineração individualmente.

O estudo de Ruptura Hipotética é apresentado no documento “Estudo e Mapa de Inundação para a Condição de Ruptura por Liquefação: Bacia de Finos da Mina do Recreio - COPELMI Mineração Ltda.” são datados de fevereiro de 2023, sendo elaborado pela Fundação Luiz Englert. Desta forma, foi avaliado os aspectos técnicos e legais do documento conforme conteúdo da Resolução nº 95/2022.

Ressalta-se que não foram avaliados os dados primários utilizados na elaboração do estudo e dos mapas, como topografia, reologia, modelagem hidráulica, entre outros. A avaliação foi feita sobre o produto final.

4.1 CONTEXTO LOCAL

A empresa COPELMI operou a bacia de finos da Mina do Recreio para a destinação final de rejeitos finos oriundo do beneficiamento mineral, encontrando-se, atualmente, em processo de descaracterização.

Como mencionado, uma das exigências ANM, e que vem sendo replicada e detalhado a cada nova Resolução, consiste no estudo e mapa de inundação proveniente do hipotético rompimento de barragem de mineração, com vistas a interpretá-lo e inserir seus resultados no PAEBM, ao fim, concluindo-se por uma sugestão de classificação em Dano Potencial Associado.

Foi durante a vigência da Portaria DNPM nº 70.389/2017 que a COPELMI realizou o primeiro estudo hipotético rompimento de barragem na Mina do Recreio, pelo modo de falha por *piping* (FLE, 2018). Posteriormente, com as atualizações e novas exigências legais, por exemplo, de ser simulado o pior cenário, fez-se uma nova simulação considerando o modo de falha para liquefação da barragem (FLE, 2023).

4.2 INTERPRETAÇÃO DO ESTUDO DE INUNDAÇÃO EXISTENTE

Com vistas a validar estudo e mapa de inundação existente, em consonância com o Artigo 6º da Resolução nº 95/2022, com alterações da Resolução nº 130/2023 e Resolução nº 175/2024, realizou-se a análise individualizada do estudo vigente.

§ 1º Para as barragens de mineração com DPA médio, quando o item "existência de população a jusante" atingir 10 pontos ou o item "impacto ambiental" atingir 10 pontos no quadro de Dano Potencial Associado constante do Anexo IV, ou DPA alto, o mapa de inundação deve ser detalhado e deve exibir, em gráficos e mapas georreferenciados, as áreas a serem inundadas, os tempos de chegada da frente e do pico de onda de inundação, os níveis máximos atingidos em termos de cota e altura da onda, a velocidade máxima, o risco hidrodinâmico, a vazão máxima e o tempo de duração da fase crítica da inundação, abrangendo os corpos hídricos e possíveis impactos ambientais.

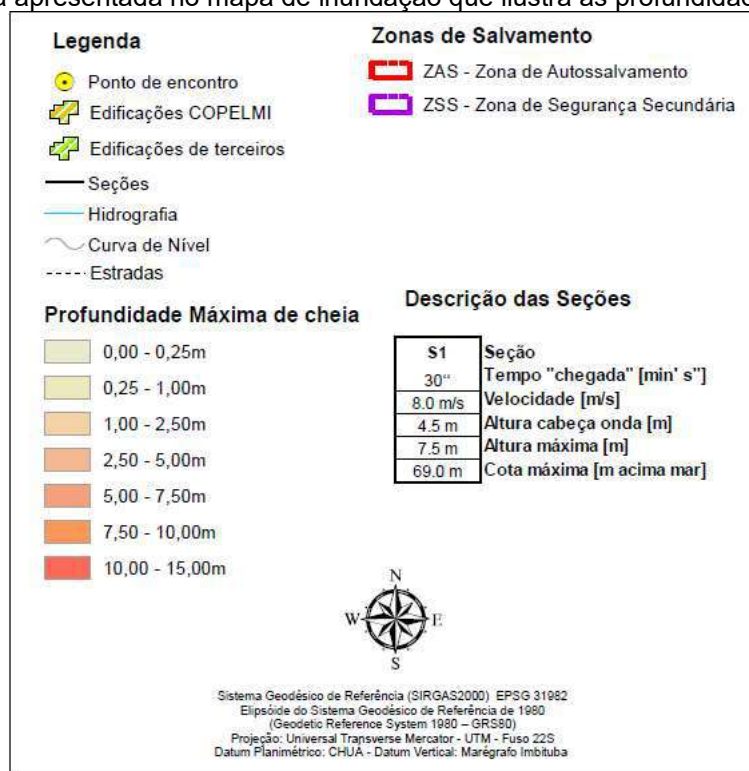
O documento avaliado é composto por dois mapas: o mapa de profundidade, na qual é possível interpretar a profundidade máxima cheia e seu alcance e o outro mapa apresenta a velocidade atingida pelo fluxo dos rejeitos. Estes mapas oferecem repostas complementares, sendo interessante a análise de ambos, mesmo que, a análise individual do mapa de profundidade já oferte elementos necessários para atendimento legal.

Na análise dos mapas constatou-se que foram georreferenciados e apresentam os elementos componentes adequados de título, orientação do norte, projeção e sistema de coordenadas, escala numérica, legenda, dentre outras informações também reunidas em selo. A partir deste ponto, a análise centrou-se no mapa de profundidade, aquele convencionalmente representado em outros estudos, ofertando limiar para comparações.

Em relação à legenda do mapa de profundidade máxima do fluxo de rejeitos, localização de edificações (com quadro específico de tipologia das mesmas), curvas de nível, rede hidrográfica local, estradas, indicação da ZAS e ZSS. Na legenda também é apresentada rampa de cores para comunicação temática das classes de

profundidade máxima da cheia, representada em metros. Por fim, há um quadro orientativo de como interpretar as seções representadas em mapa, que indicam tempo de chegada da onda, sua altura e profundidade (Figura 2).

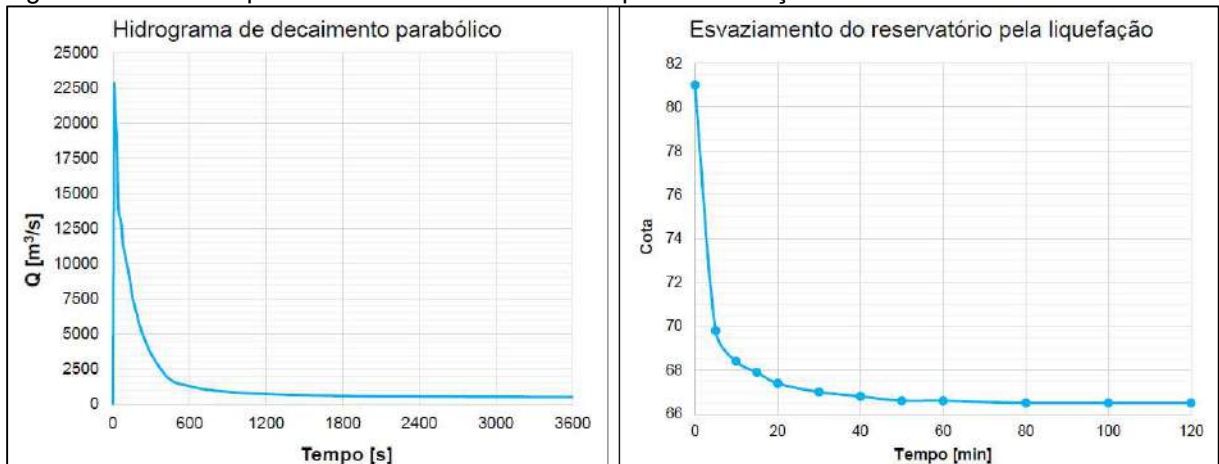
Figura 2 - Legenda apresentada no mapa de inundação que ilustra as profundidades.



Fonte: FLE (2023).

Os mapas apresentam gráficos, o mesmo ocorrendo para o estudo de inundação. Um dos gráficos se refere a apresentação do hidrograma de decaimento parabólico (hidrograma dos rejeitos liberados), para informar a vazão de pico e tempo de esvaziamento do reservatório. Também é apresentado gráfico que representa o esvaziamento do reservatório (cota x tempo) (Figura 3).

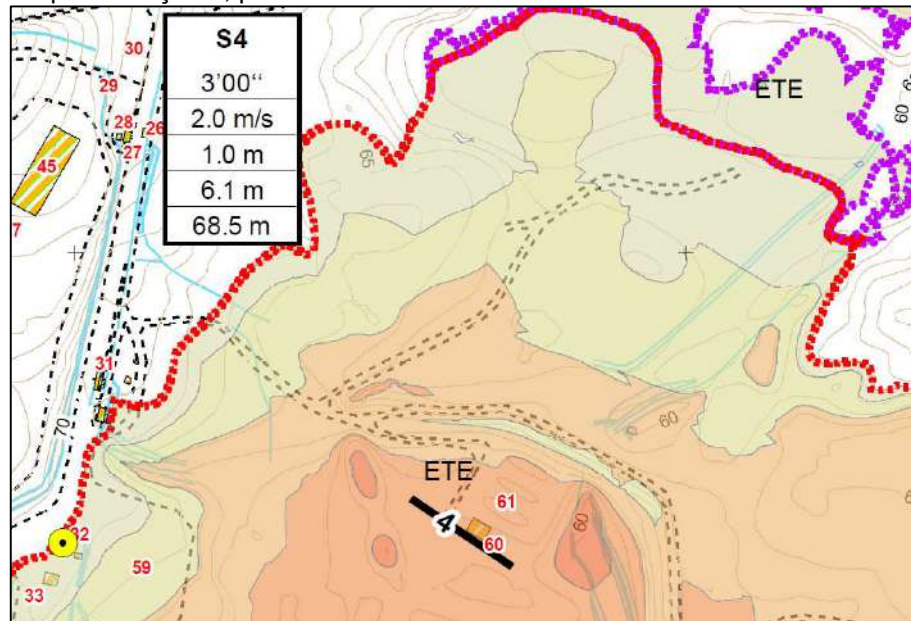
Figura 3 - Gráficos apresentados no estudo e no mapa de inundação.



Fonte: FLE (2023).

Em relação aos tempos de viagem para os picos da frente da onda, há esta informação plotada em mapa, em diferentes quadros de seções, posicionadas em pontos estratégicos, a exemplo de locais operacionais, ou de arruamentos internos no pátio da empresa (Figura 4). Por exemplo, na ETE (Seção 4 – S4), conforme a Figura 4, a onda chega com 3 minutos ao local, com velocidade de 2 m/s e altura de 1 m, evoluindo para até 6,1 m no local que está na cota 68,5 m. Em complemento, no estudo de inundação há devida explicação sobre o tempo de chegada da onda em outros locais operacionais mais críticos, como o lavador da empresa, oportunizando a adequação de medidas de segurança, como o posicionamento de rotas de fuga, ou de pontos de encontro, fora da mancha de inundação.

Figura 4 - Exemplo da seção 4, posicionada de frente à ETE

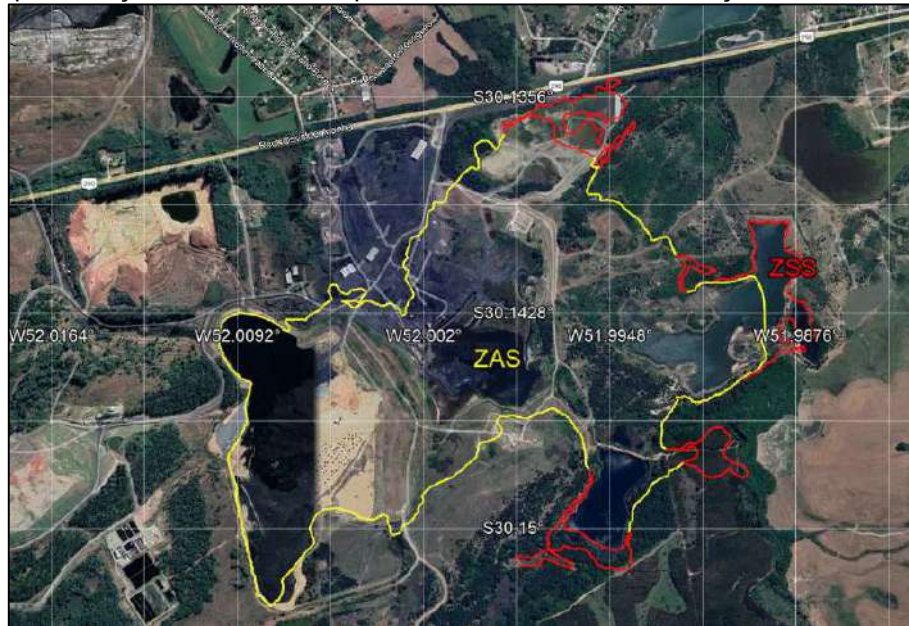


Fonte: FLE (2023).

Os corpos hídricos do local foram plotados em mapa e tratam-se de antigas cavas de mineração que, atualmente, formam lagos nas dependências do pátio da empresa. A mancha de inundação simulada alcança os Açudes dos Tocos e das Capivaras, contudo, ficará restrita a estes locais, não alcançando cursos d'água fora da empresa, ou seja, não haverá impacto ambiental além das dependências da empresa, caso ocorra o rompimento da barragem.

No que se refere à representação da ZAS e ZSS, observou-se que estas estão plotadas nos mapas componentes do estudo, bem como, em figura no corpo do texto do estudo de inundação (Figura 24 do estudo e Figura 5). Seus traçados em mapa são claramente visíveis e a ZAS indicada segue, exatamente, as curvas de nível do terreno, de acordo com a mancha de inundação simulada. Assim, setores de morfologia convexa, e de cota elevada, foram acertadamente modelados como não atingidos pela onda.

Figura 5 - Representação da ZAS e ZSS, presentes no estudo de inundação.



Fonte: FLE (2023).

Contudo, cabe salientar que há uma afirmação textual de que a onda de inundação não ultrapassará a Estrutura de Contenção de Jusante - ECJ, quando observando-se os mapas, a ECJ é galgada, mesmo que amortecida a onda e 'segure' os rejeitos dentro do pátio da empresa. Entende-se que o estudo esteja adequado, assim como o mapa, havendo erro somente na seguinte redação: "A delimitação dessa zona foi baseada nos resultados obtidos dessa simulação, considerando-se ainda que a onda de inundação não irá ultrapassar os limites da ECJ" (FLE, 2023, p. 31).

Por fim, em relação aos pontos de encontro, existe identificação adequada do PE-1: Moega, contudo, o mapa vigente ainda traz a localização de ponto situado junto ao enlonador, quanto o mesmo, convenientemente, foi realocado para próximo do lava-pneus (PE-2: Lava-pneus), garantindo-se além dos limites da ZAS. Além disto, foram incluídos mais três pontos de encontro que não aparecem no mapa de inundação: PE-3: Paiol, PE-4 Secador de finos, PE-5: Barragem – Fora da ZAS. Desta forma, sugere-se que os pontos de encontro não sejam expostos no mapa de profundidades, uma vez que não é uma exigência legal e, visto que podem acontecer alterações futuras da localização, o documento passaria a estar desatualizado.

§ 2º O deslocamento da frente de onda a que se refere o § 1º deve ser feito considerando, minimamente, modelos 2D, devendo o empreendedor executar ou considerar minimamente:

I - a caracterização geotécnica e reológica dos rejeitos passíveis de mobilização na ruptura;

II - a classificação dos rejeitos ou sedimentos armazenados no reservatório segundo a norma ABNT/NBR 10.004 ou norma que a suceda; e

III - a topografia atual e primitiva do reservatório.

Foram considerados dados planialtimétricos das áreas potenciais de inundação à jusante da barragem, para criar uma rede de cotas utilizada pelo *software Janet®*. Da mesma forma, foram combinadas informações de batimetria do reservatório, com referencial bibliográfico do evento ocorrido em Brumadinho, objetivando estimar o volume de descarga de rejeitos.

Os estudos realizados pela FLE (2023) utilizaram o *software Basement®*, ou seja, bidimensional, atendendo ao exigido pela Resolução nº 95. Nesses estudos também se fez adequadas ponderações quanto à capacidade do *software* modelar a reologia dos rejeitos da Barragem da Mina do Recreio:

“Este software permite modelagem tanto hidrodinâmica como morfodinâmica. No cálculo numérico morfodinâmico, pode-se fazer simulações de transporte de sedimentos, tanto os finos em suspensão, como sedimentos maiores, como areia e cascalho” (FLE, 2023, p. 17-18).

Sobre a caracterização geotécnica e reológica dos rejeitos passíveis de mobilização na ruptura, o estudo apresenta as características físicas e geomecânicas, como massa específica, ângulo de atrito, coesão e resistência não drenada. A reologia da polpa de rejeitos foi embasada nos estudos feitos por Ribeiro da Silva, C.; Koppe, J.C. e Cauduro, F. (2018) assim como nos resultados das análises de caracterização tecnológica do rejeito (Volume III –PSB). Destaca-se que novos resultados de Cv poderão ser testados, na medida da necessidade de novos estudos, como forma de adequar-se à realidade. Sugere-se que seja incluído um resumo sobre a reologia do rejeito, com base na referência bibliográfica mencionada, bem como o estudo de caracterização tecnológica conforme a NBR 10.004/2024.

Por fim, verificou-se que houve consulta à topografia primitiva, comparando-a com a atual. Assim, o estudo atual já computa como condição de

contorno inicial a barragem somada ao volume do reservatório, como mobilizável em caso de rompimento.

§ 3º O mapa de inundação a que se refere o caput deve ser elaborado por responsável técnico com Anotação de Responsabilidade Técnica (ART) de acordo com o exposto nos art. 60 e 77, respeitando as boas práticas de engenharia e explicitando o método adotado para sua elaboração.

O mapa e o estudo de inundação foram apresentados com devida assinatura do Engenheiro de Minas e Geólogo, Prof. Dr. Jair Carlos Koppe, CREA/RS 013.803. Para este estudo foi emitida a ART de número 12444605.

§ 4º Nas situações em que houver barragens localizadas a jusante da estrutura objeto da avaliação e que estejam dentro da área de influência da inundação, o estudo e o mapa de inundação devem considerar também uma análise conjunta das estruturas.

Este parágrafo não se aplica à Mina do Recreio, uma vez que não existem barragens a jusante ou na área de possível inundação. A caracterização do vale à jusante pôde ser consultada em subitem específico do estudo de inundação, páginas 29 e 30 (FLE, 2023).

5º Os estudos de ruptura e mapas de inundação devem considerar o modo de falha que ocasione o cenário de maior dano, independentemente da probabilidade de ocorrência, sendo que, para o caso de modo de falha por liquefação, quando aplicável, devem ser consideradas as mobilizações máximas, fisicamente possíveis, dos volumes do maciço e dos materiais contidos no reservatório, com apresentação da metodologia utilizada para definição do volume mobilizável e observando-se as condições reológicas dos materiais.

A empresa fez a simulação de rompimento da barragem pelo modo de falha por liquefação dos rejeitos (FLE, 2023). Portanto, a COPELMI dispõe PAEBM ajustado à exigência atual, de ser previsto o cenário de maior dano.

Em relação à capacidade do reservatório, de acordo com Fundação Luiz Englert, a “capacidade total do reservatório + barragem (aterro): aferida no estudo atual, 4,42 milhões de m³, que pode ser acompanhada no diagrama cota x volume” (FLE, 2023, p. 13).

§ 6º O estudo de ruptura hipotética deve conter explicitamente os critérios técnicos que justifiquem os limites da área de estudo e a delimitação da mancha de inundação.

O estudo da FLE (2023) fez menção explícita ao critério utilizado como parada de onda, por tempo, até o final do evento: “critério de parada da onda: o tempo de cálculo é até final do evento” (FLE, 2023, p. 15).

Assim, entende-se que não seja adotado um obstáculo físico, natural, ou não, como critério de parada de onda, mas sim, o momento em que não haja mais movimentação da onda de inundação.

Também apresentado diagrama de esvaziamento do reservatório pela liquefação da barragem, anotando em 120 minutos:

“Verifica-se rápido rebaixamento da cota nos instantes iniciais, totalizando 3.860.000 m³ extravasados, ficando retido 560.000 m³, após os 120 min, final do evento pelo pátio, contudo, desde os 80 min não ocorre esvaziamento do reservatório” (FLE, 2023, p. 20).

§ 7º Os mapas de inundação devem ser executados com base topográfica atualizada em escala apropriada, de acordo com as Instruções Reguladoras das Normas Técnicas da Cartografia Brasileira, constantes no Decreto nº 89.817, de 20 de junho de 1984, ou norma que a suceda, ou a critério da ANM, para a representação da tipologia do vale a jusante, devendo identificar e manter atualizados os dados referentes a:

I - residências com o quantitativo de população existente e com identificação de vulnerabilidades sociais, tais como portadores de necessidades especiais, idosos, crianças, dentre outros;

II - infraestruturas de mobilidade tais como ferrovias, estradas de uso local, rodovias municipais ou estaduais ou federais;

III - equipamentos urbanos tais como, mas não se limitando a: escolas, hospitais, presídios, subestações de energia, estações de tratamento de água ou de esgoto;

IV - equipamentos com potencial de contaminação, tais como, mas não se limitando a: postos de gasolina, indústrias ou depósitos químicos/radiológicos;

V - infraestruturas de interesse cultural, artístico, histórico e de outra natureza que integrem ou sejam relevantes ao patrimônio cultural;

VI - sítios arqueológicos e espeleológicos;

VII - unidades de conservação, áreas de interesse ambiental relevante ou áreas protegidas em legislação específica;

VIII - existência de comunidades indígenas tradicionais ou quilombolas; e

IX - estações de captação de água para abastecimento urbano.

A topografia utilizada é descrita em item específico na página 9 do estudo de inundação (FLE, 2023) adotando-se o *Datum* SIRGAS 2000, onde a Figura 2 apresentou um detalhe das curvas de nível levantadas e seções traçadas no local.

Na página 15 do estudo de inundação apresenta-se o critério para determinação da batimetria, que consistiu em utilizar-se da Planta de Levantamento Planialtimétrico da Topografia Primitiva da Bacia de Finos – Mina do Recreio, na escala 1:2.000, fornecida pela COPELMI em 2022.

Em relação à representação das tipologias do vale a jusante, a página 30 do estudo de inundação apresenta informações sucintas sobre as estruturas civis no domínio de influência da Bacia de Finos da Mina do Recreio. Recomenda-se que a descrição seja aprimorada, de forma a englobar todos os itens presentes no § 7 da Resolução nº 95/2022, explicitando mesmo quando não aplicável para a região.

§ 8º O mapa de inundação deve estar atualizado refletindo o cenário atual da barragem de mineração e devendo estar em conformidade com sua cota licenciada.

A simulação de rompimento foi realizada com ponto de partida de uma barragem + reservatório com área de 495.327 m², cerca de 4,42 milhões de m³ e altura da barragem, em seu ponto mais alto, de 20 m, na cota 81 m. Assim, para esta simulação realizada pela FLE (2023), a barragem já se encontrava em processo de

preparação para descaracterização, refletindo o cenário do ano anterior e vigente até o presente momento.

4.3 SUGESTÃO DE CLASSIFICAÇÃO EM DPA

Com a análise do mapa de inundação pôde-se sugerir uma classificação de DPA atualizada. Em linhas gerais, verificou-se que a mancha de inundação fica integralmente em terrenos da COPELMI, seja no pátio operacional, ou em áreas de antigas cavas de mineração, ou ainda, em áreas de reflorestamento da empresa. Desta forma, não existem atividades rurais, comerciais, industriais ou residências de terceiros na área afetada, tampouco infraestruturas públicas, de mobilidade (ferrovias/rodovias), patrimônios naturais e culturais que potencialmente poderiam ser atingidos. O único ponto de atenção dá-se em relação à BR-290, que tangencia o bordo da mancha de inundação, mas ressalta-se que a mancha não transpõe esta rodovia (como pôde ser visto pela Figura 5).

Assim, a classificação de DPA realizada foi orientada por duas características básicas:

a) a primeira refere-se a possíveis danos potenciais sobre os funcionários da própria empresa, uma vez que, é na conjugação da suscetibilidade natural do terreno e do uso que se faz dele, considerando-se o fato de ter uma população exposta (vulnerável), e da probabilidade do perigo, que se aplica o conceito de risco. O mesmo ocorre quando se analisa no espaço local os fluxos, e as instalações fixas em que todas as situações exista ao menos uma pessoa envolvida;

b) contexto da bacia hidrográfica a qual a mancha de inundação poderia impactar.

Balizando-se no conceito de risco, pelo diagnosticado no estudo e mapa de inundação e, validado em atividade de campo, em caso de hipotética ruptura da barragem, existem pessoas ocupando, permanentemente, a área afetada à jusante da barragem. Também existem caminhos internos de uso local à jusante do aterro de rejeitos (barragem), com trânsito de caminhões, máquinas, carros e funcionários da

empresa e/ou terceirizadas. Estas estradas internas servem de ligação das principais estruturas do pátio operacional.

A conjugação de todas estas observações permitiu classificar o DPA, conforme detalhado no Quadro 1.

Em relação ao item 'b' há presença permanente de funcionários da COPELMI à jusante da barragem. Para o item 'c' toma-se por base a classificação dos rejeitos, enquanto que, para o item 'd' o impacto socioeconômico é baixo, uma vez que as únicas estruturas atingidas são da própria empresa. Não são atingidas áreas residenciais, comerciais, industriais e agrícolas de terceiros, tampouco danificadas infraestruturas públicas. Assim, a soma do DPA sugerida totaliza '21', mantendo a Bacia de Finos da Mina do Recreio Classificada com alto DPA.

Esta soma resultante da classificação do DPA é a mesma apontada da Revisão Periódica de Segurança de Barragem, datada de outubro de 2022.

Quadro 1 - Sugestão de classificação quanto ao DPA.

QUADRO - CLASSIFICAÇÃO QUANTO AO DANO POTENCIAL ASSOCIADO - DPA (RESÍDUOS E REJEITOS)			
Volume Total do Reservatório (a)	Existência de população a jusante (b)	Impacto ambiental (c)	Impacto socioeconômico (d)
Muito Pequeno < = 500 mil m³ (1)	INEXISTENTE (não existem pessoas permanentes/residentes ou temporárias/transitando na área afetada a jusante da barragem) (0)	INSIGNIFICANTE (área afetada a jusante da barragem encontra-se totalmente descaracterizada de suas condições naturais e a estrutura armazena apenas resíduos Classe II B - Inertes, segundo a NBR 10.004 da ABNT) (0)	INEXISTENTE (não existem quaisquer instalações na área afetada a jusante da barragem) (0)
Pequeno 500 mil a 5 milhões m³ (2)	POUCO FREQUENTE (não existem pessoas ocupando permanentemente a área afetada a jusante da barragem, mas existe estrada vicinal de uso local) (3)	POUCO SIGNIFICATIVO (área afetada a jusante da barragem não apresenta área de interesse ambiental relevante ou áreas protegidas em legislação específica, excluídas APPs, e armazena apenas resíduos Classe II B - Inertes, segundo a NBR 10.004 da ABNT) (2)	BAIXO (existe pequena concentração de instalações residenciais, agrícolas, industriais ou de infraestrutura de relevância socioeconômico-cultural na área afetada a jusante da barragem) (1)
Médio 5 milhões a 25 milhões m³ (3)	FREQUENTE (não existem pessoas ocupando permanentemente a área afetada a jusante da barragem, mas existe rodovia municipal ou estadual ou federal ou outro local e/ou empreendimento de permanência eventual de pessoas que poderão ser atingidas) (5)	SIGNIFICATIVO (área afetada a jusante da barragem apresenta área de interesse ambiental relevante ou áreas protegidas em legislação específica, excluídas APPs, e armazena apenas resíduos Classe II B - Inertes, segundo a NBR 10.004 da ABNT) (6)	MÉDIO (existe moderada concentração de instalações residenciais, agrícolas, industriais ou de infraestrutura de relevância socioeconômico-cultural na área afetada a jusante da barragem) (3)
Grande 25 milhões a 50 milhões m³ (4)	EXISTENTE (existem pessoas ocupando permanentemente a área afetada a jusante da barragem, portanto, vidas humanas poderão ser atingidas) (10)	MUITO SIGNIFICATIVO (barragem armazena rejeitos ou resíduos sólidos classificados na Classe II A - Não Inertes, segundo a NBR 10004 da ABNT) (8)	ALTO (existe alta concentração de instalações residenciais, agrícolas, industriais ou de infraestrutura de relevância sócio-econômico-cultural na área afetada a jusante da barragem) (5)
Muito Grande > = 50 milhões m³ (5)		MUITO SIGNIFICATIVO AGRAVADO (barragem armazena rejeitos ou resíduos sólidos classificados na Classe I- Perigosos segundo a NBR 10004 da ABNT) (10)	
DPA= Σ (a até d)		21	

5 DESCRIÇÃO DOS TREINAMENTOS INTERNOS REALIZADOS PELO EMPREENDEDOR COM AS EVENTUAIS MELHORIAS PROPOSTAS PARA O PAEBM, NO MÁXIMO A CADA SEIS MESES, EM CONSONÂNCIA COM O INCISO III DO ART. 38 DA RESOLUÇÃO N.º 95/2022

Conforme o Art. n.º 38 da Resolução ANM n.º 95/2022, Inciso III, cabe ao empreendedor da barragem de mineração, em relação ao PAEBM, promover treinamentos internos, no máximo a cada seis meses, e manter os respectivos registros das atividades, entres outras especificações.

O treinamento pode ser conceituado como o ato de exercitar-se para um determinado trabalho. Pode-se adotar diferentes práticas, entre elas, apresentações expositivas, uso de vídeos, análise de situações hipotéticas, entre outras.

Atendendo a periodicidade máxima de a cada seis meses estarem ocorrendo treinamentos, o presente capítulo aborda a descrição dos treinamentos realizados em novembro de 2024 e maio de 2025.

O objetivo, além de atendimento legal, foi de verificar a evolução dos quesitos no PAEBM, acompanhando-se os treinamentos, seminário orientativo e o simulado, interagindo com a empresa durante o processo de avaliação.

5.1 ACOMPANHAMENTO DO TREINAMENTO REALIZADO EM NOVEMBRO DE 2024

Na primeira avaliação de conformidade ocorrida entre os dias 25 e 26 de novembro de 2024, os consultores inicialmente realizaram uma visita técnica detalhada na área operacional da Mina do Recreio, e participaram dos treinamentos internos, a fim de acompanhar as atividades realizadas.

Os treinamentos foram organizados em turmas de duração média de 60 minutos e promovidos pela Equipe de Segurança das Bacias. Os ministrantes dos treinamentos foram a Química Daniela da Silva e o Sr. Márcio Ronchi (Figura 6). Os

treinamentos contaram com a participação dos técnicos consultores do Centro Tecnológico SATC.

Figura 6 - Treinamentos internos realizados em novembro/2024 pela COPELMI.



Os treinamentos tiveram como público alvo os colaboradores que têm suas atividades realizadas na ZAS, indicada por mapa de inundação de estudos de referência (FLE, 2023). Também incluíram funcionários terceirizados, que eventualmente acessam a ZAS ou são operadores de máquinas e caminhões.

Este primeiro treinamento envolveu 258 funcionários de diversos setores da empresa. Dentre eles, funcionários terceirizados da empresa Fagundes, OnLine, TAZAY/Transbalta, Rtalayer, Metalúrgica Aparecida, AC Instalações, Fronteira, Pioneira, Triunfo Florestal, NC construções, Transporte Marcelo e COPELMI.

Além disso, para os colaboradores que não puderam participar presencialmente nas datas programadas, foi disponibilizada uma alternativa de treinamento na modalidade online, acompanhada da solicitação de preenchimento da avaliação de eficácia. Com isso, mais 19 funcionários foram capacitados remotamente, totalizando 277 colaboradores treinados.

A lista de presença do treinamento são registros do PAEBM e encontra-se no Anexo I, e o conteúdo da apresentação do treinamento encontra-se no Anexo II deste relatório.

Primeiramente, o treinamento teórico teve como objetivo padronizar conceitos e informar aos funcionários no que diz respeito: que a empresa possui uma barragem, mesmo que não aparente ser uma perante a opinião de alguns funcionários, sua localização, a situação atual da barragem, os controles, monitoramentos e inspeções realizadas, os procedimentos a serem seguidos em caso de ruptura por liquefação, a definição de Zona de Autossalvamento (ZAS); os limites da ZAS e ZSS definidos através do estudo de inundação; os mecanismos de alerta, as rotas de fuga para pessoas no interior da ZAS para os PE.

Em *slides* específicos foram repassadas as características técnicas da barragem, informando que a mesma se encontra em processo de descaracterização, estabilizada, monitorada, com controle hidrogeológico, dados de altura, volume, categoria de risco (CRI) e Dano Potencial Associado (DPA). Foi mostrado também uma fotografia aérea da condição atual da barragem.

Na sequência os colaboradores da COPELMI foram informados sobre os controles, monitoramentos e inspeções de segurança realizadas para a segurança da estrutura (Figura 7).

Figura 7 - Controles e monitoramentos efetuados na barragem.



Fonte: COPELMI (2024).

Foi enfatizado os controles e monitoramentos que ocorrem na barragem, bem como a importância do controle de nível d'água no interior do barramento, seja por piezômetros ou indicadores de nível de água – INA, além do monitoramento por marcos (prismas) distribuídos no talude de jusante. A estação robótica que emite sinais (infravermelho) a todos os prismas a cada 20 minutos, operando por 24 horas, medindo as movimentações coletando, registrando e enviando a um computador, os dados são armazenados com o horário da medição e as cotas (movimentações) para cada prisma. Estes tópicos compreendem aqueles controles de maior relevância caso haja sinais de movimentação ou saturação do talude de jusante.

A sala de monitoramento foi apresentada, com a existência de telas para a visualização de câmeras, monitoramento topográfico, comunicação e funcionário responsável pelo acompanhamento e emissão de alerta, caso necessário. Nesse treinamento, os funcionários foram informados sobre as inspeções de segurança com periodicidade diária e quinzenal, realizada pela equipe interna, bem como as inspeções semestrais, cujos resultados são descritos no Relatório de Inspeção de Segurança Regular – RISR, que resulta, ou não, em Declaração da Condição de Estabilidade – DCE. Foi informado também sobre a Engenheira de registros (Edr) que está compondo a equipe de segurança da COPELMI.

Os funcionários também foram informados que a Barragem de Finos da Mina do Recreio passou por vistorias da ANM (Figura 8), afim de cumprimentos de exigências, porém a mesma encontra-se estabilizada e em fase de descaracterização.

Após conceituação do fenômeno de liquefação, foi contextualizado o estudo de hipotético rompimento da barragem '*Dam Break*' por liquefação elaborado pela FLE (2023), representando o alcance e profundidade da mancha de inundação por meio de animação visual e mapa de inundação. Parte substancial da apresentação ateu-se a explicar aos funcionários a posição deles, em seus respectivos postos de trabalho, em relação à mancha de inundação. De acordo com o autor do estudo de inundação, a hipótese de liquefação apresenta baixíssima probabilidade de ocorrência (0,008), o que foi repassado nos treinamentos.

Figura 8 - Informe da fiscalização ocorrida em outubro e novembro pela ANM.



Fonte: COPELMI (2024).

Foi informado que a ZAS fica integralmente nos domínios do pátio da empresa. A ZSS estende-se para faixa de domínio da BR-290, mas não a atinge. Não há DPA para terrenos, edificações de terceiros, ou ainda patrimônios públicos. Foi dada ênfase para o fato de que a mancha de inundação não atingiria a Vila Charrua, nem a Vila R1, ponto de preocupação dos funcionários e comunidade circundante. Viu-se pelo estudo de inundação que o pico de vazão é muito rápido, mas oferta tempo de resposta e atuação de sistemas de alerta para quem transita ou trabalha no pátio operacional, no Lavador 30 a 40 segundos e na ETE 3 minutos e 50 segundos.

Apresentada a ZAS e ZSS provenientes do estudo de rompimento da barragem, o treinamento abordou a conduta que os funcionários deveriam apresentar para evacuarem a ZAS, pelas rotas de fuga sinalizadas, com vistas a alcançarem os Pontos de Encontro (PE).

Também foi apresentada a função da Estrutura de Contenção à Jusante (ECJ), onde a mesma tem competência atestada, uma vez que 'segura' grande volume do fluido extravasado, impedindo que este se espalhe com maior velocidade e em quantidade, evitando que transponha a BR-290.

A empresa utiliza para notificação e sistemas de alerta, as câmeras de vigilância, rádio comunicadores, telefones fixos, celulares e e-mails.

Durante o treinamento, foi repassado um slide com os telefones do coordenador e seu substituto e, reforçado também, o número do ramal de emergência e ramal da sala de monitoramento da barragem, em caso de alguma anomalia com a barragem. Foi apresentado também um fluxograma de notificação para os três níveis de emergência.

Especificamente, sobre o fluxograma de notificações (Figura 9) foi deixado claro que fora da condição normal na barragem já há necessidade de comunicação com órgãos reguladores das esferas municipal, estadual e federal (ANM, Corpo de Bombeiros, Defesa Civil Estadual e Municipal).

Ainda no treinamento, foi destacada a existência de 3 sirenes e suas localizações e capacidade de acionamento manual ou automática, dependendo das leituras efetuadas pela estação robótica.

Figura 9 - Fluxograma de notificação.



Fonte: COPELMI (2024).

Foi ressaltado que as sirenes já serão acionadas a partir do NE 2, por meio da estação robótica. O monitoramento das câmeras ocorre 24 horas, 7 dias por semana e 365 dias por ano, e as imagens são gravadas por 90 dias. Periodicamente, nas terças-feiras às 9 horas ocorrem testes das sirenes. Os funcionários foram informados que no prédio do lavador foi instalado um giroflex, para auxílio no período noturno.

Como na área do beneficiamento ocorrem sinais sonoros variados de sirene, a exemplo daquele que indica o acionamento da correia transportadora, estão inseridos na apresentação do treinamento os sinais sonoros de todas as sirenes, de modo a possibilitar ao funcionário distinguir e se familiarizar com os sons emitidos pelas mesmas. O som da correia, apresentou-se como um som mais agudo, o som de evacuação é intermitente e com duração de três minutos, e o sinal sonoro de retorno das atividades é contínuo.

Em slide específico foram apresentadas as rotas de fuga e também as placas indicativas. Apresentada a ZAS, foi reforçado a ideia de os funcionários priorizarem a saída da ZAS, e posterior deslocamento para o PE. Esta menção, faz com que o funcionário avalie seus possíveis locais de trabalho e o faça “projetar” sua fuga.

Foi informado a existência de 5 pontos de encontro, o PE Moega, PE Lava-Pneus, PE Paiol, PE Secador de finos e PE Reservatório barragem, e mostrada a placa que sinaliza este local. Informando que toda a ZAS é limitada por mourões pintados de listras brancas e vermelhas, denominados pela empresa de “pirulito”.

Reforça-se que, qualquer anomalia na barragem, deve-se comunicar imediatamente o coordenador do PAEBM e/ou Substituto, e que o principal objetivo do PAEBM é que todos os colaboradores se afastem da ZAS com segurança. O treinamento finaliza questionando dúvidas e sugestões, e com a aplicação de um questionário afim de avaliar a eficácia da atividade.

O questionário aplicado encontra-se no Anexo III. Além disso foi perguntado se o funcionário está ouvindo a sirene de seu posto de trabalho e se ele está apto a se salvar, bem como sugestões. As respostas dos questionários foram compiladas e encontra-se no Anexo IV.

5.2 ACOMPANHAMENTO DO TREINAMENTO REALIZADO EM MAIO DE 2025

Os treinamentos do segundo semestre ocorreram no dia 12 e 13 de maio de 2025 e foram promovidos pela Equipe de Segurança da barragem, com funcionários e colaboradores terceirizados reunidos em turmas, com duração média de 45 a 60 minutos (Figura 10).

Figura 10 - Treinamentos internos realizados em maio/2025 pela COPELMI.



O descritivo aqui apresentado se assemelha em partes com o conteúdo já descrito em novembro/2024, entretanto se faz necessário repetir os principais itens abordados.

Este segundo treinamento envolveu 224 funcionários de diversos setores da empresa. Dentre eles, funcionários terceirizados da empresa Online, Fagundes, TAZAY, Rtalayer, Metalúrgica Aparecida, Fronteira, Pioneira, Triunfo Florestal, NC construções, Transporte Marcelo e COPELMI. Nas mensagens encaminhados por e-mail para convidar os funcionários a participar do simulado foram inseridas informações relacionadas com o PAEBM, contendo rotas de fuga e PE, afim de o funcionário fixar melhor a informação e ter onde posteriormente consultar as informações, facilitando ainda mais a memorização das informações.

Além disso, para os colaboradores que não puderam participar presencialmente nas datas programadas, foi disponibilizada uma alternativa de treinamento na modalidade online, acompanhada da solicitação de preenchimento da avaliação de eficácia. Com isso, mais 18 funcionários foram capacitados remotamente, totalizando 242 colaboradores treinados.

Os treinamentos foram apresentados pela Daniela da Silva, e pelo Substituto do Coordenador do PAEBM o Sr. Márcio Ronchi, e teve também a participação dos consultores do Centro Tecnológico da SATC.

O público alvo foram os funcionários e colaboradores terceirizados que exercem atividades fixas ou circulam pela Zona de Autossalvamento – ZAS. Resumidamente, são trabalhadores de diversas áreas como, por exemplo, da área da topografia, manutenção mecânica e elétrica, laboratórios, limpeza, motoristas de caminhões, operadores de máquinas pesadas (carregadeira, tratores), roçada, operadores do beneficiamento, entre outras. Muitos destes funcionários são terceirizados, e podem estar neste local como transeuntes ou operando máquinas e caminhões.

A lista de presença dos treinamentos encontra-se no Anexo V, e o conteúdo da apresentação do treinamento encontra-se no Anexo VI.

Primeiramente, o treinamento teórico teve como objetivo padronizar conceitos e informar aos funcionários no que diz respeito: ao PAEBM, a situação atual da barragem, os controles, monitoramentos e inspeções realizadas, os procedimentos a serem seguidos em caso de ruptura por liquefação, a definição de Zona de Autossalvamento (ZAS); os limites da ZAS definidos através do estudo de inundação; os mecanismos de alerta, rotas de fuga e pontos de encontro em situação de emergência.

Em *slides* específicos foram repassadas as características técnicas da barragem, informado que a mesma se encontra em processo de descaracterização, estabilizada, monitorada, com controle hidrogeológico, dados de altura, volume, categoria de risco (CRI) e Dano Potencial Associado (DPA). Foi mostrado também a localização da barragem e uma fotografia aérea atual da barragem.

Na sequência os colaboradores da COPELMI foram informados sobre os controles e monitoramentos realizados para os sistemas de alerta e segurança da estrutura (Figura 11).

Figura 11 - Monitoramentos e controles realizados na barragem.



Fonte: COPELMI (2025).

Foram citados o controle da vegetação, de animais, controle da integridade das drenagens. Em relação aos monitoramentos, a estrutura possui monitoramento da vazão por calha Parshall, o monitoramento de nível d'água no interior do barramento, seja por piezômetros ou INA, monitoramentos por marcos (prismas) distribuídos nos taludes e com leituras automatizadas e recorrentes, através da estação robótica. A empresa também realiza o teste de vida dos equipamentos para verificação da integridade. Apresentada a sala de monitoramento, bem como o monitoramento automatizado dos prismas pela estação robótica e também as

imagens da câmera de segurança com vistas a barragem. Qualquer anormalidade nos prismas, robô e câmeras de monitoramento é registrada no “Livro de ocorrências” para histórico.

Nesse treinamento os funcionários foram informados sobre as inspeções de segurança com periodicidade diária e quinzenal, realizada pela equipe interna, bem como inspeções mensais e semestrais, realizada pela Engenheira de Registro da Barragem, cujos resultados são descritos no Relatório de Inspeção de Segurança Regular – RISR, que resulta, ou não, em Declaração da Condição de Estabilidade – DCE.

Sobre o mapa de inundação, no treinamento foi abordado a situação de maior dano, sendo apresentado o estudo de ruptura por liquefação elaborado pela FLE (2023) datado de fevereiro de 2023.

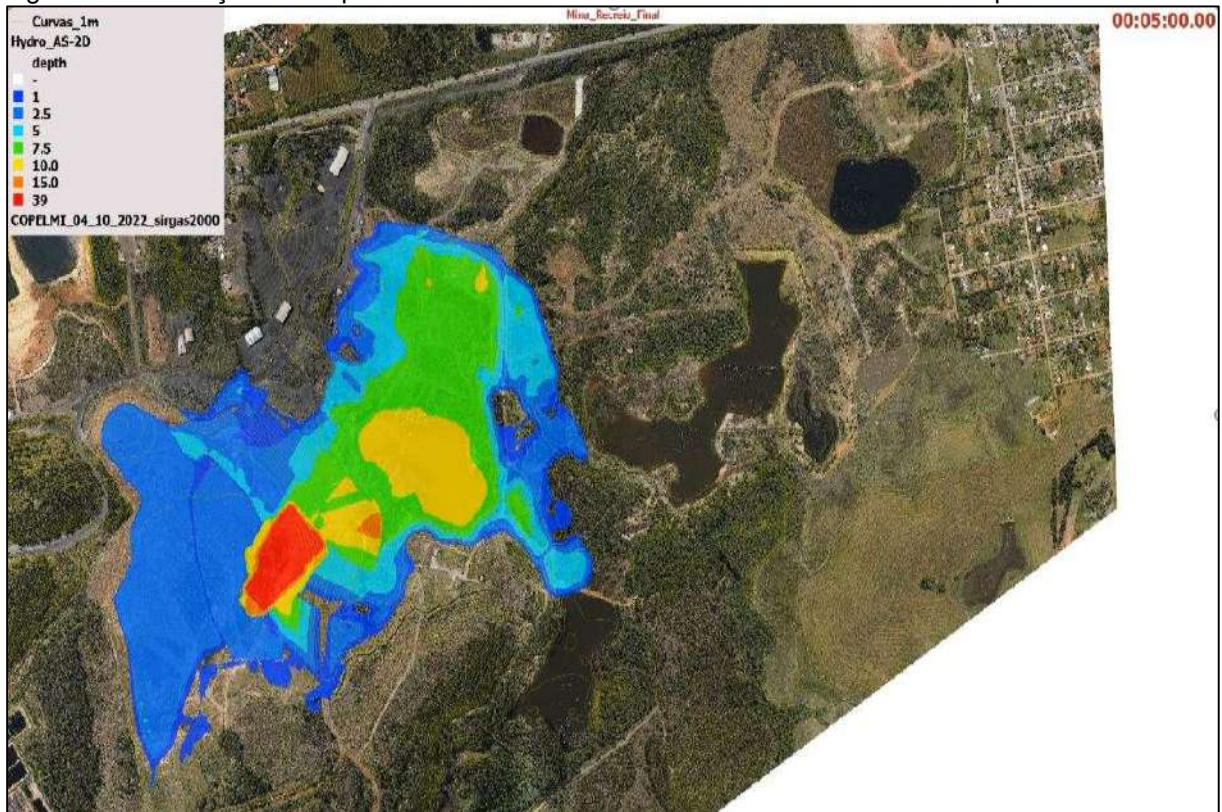
O rompimento da barragem por liquefação foi representado através de figuras, mapa e de uma animação em vídeo sobreposta à imagem da área do pátio, na qual foi possível visualizar a dispersão do fluxo de rejeitos, o alcance, a profundidade, a altura e a velocidade da mancha de inundação (Figura 12). Esse material de representação teve como objetivo facilitar aos funcionários a se localizarem no pátio e, hipoteticamente, associar seu posto de trabalho e visualizar o grau de risco que ele se encontra, tendo a real dimensão no exercício de simulação, que se seguiu ao treinamento.

Foi informado que a probabilidade de ocorrência de liquefação da Barragem da Mina do Recreio, é da ordem de 0,008, que segundo o autor é considerada improvável.

A ministrante do treinamento informou que caso ocorresse um acidente de rompimento, a ZAS fica integralmente nos domínios do pátio da empresa. A ZSS estende-se para faixa de domínio da BR-290, mas não a atinge. Não há DPA para terrenos, edificações de terceiros, ou ainda patrimônios públicos.

O pico de vazão é muito rápido, mas oferta tempo de resposta e atuação de sistemas de alerta para quem transita ou trabalha no pátio operacional, no Lavador 40 segundos e na ETE é 3 minutos e 50 segundos.

Figura 12 - Animação visual para demonstrar a onda em diferentes tomadas de tempo.



Fonte: COPELMI (2025).

A empresa apresentou a função das duas Estruturas de Contenção de Jusante – ECJ existentes, ou seja, dois diques com função de amortecer o impacto da onda, bem como segurar grande volume do fluido extravasado, impedindo que este se espalhe com maior velocidade e em quantidade (Figura 13). Ainda assim, foi comentado a existência de possíveis impactos ambientais, por atingir solos e açudes, que se conectam ao Arroio Martins. Este fato, combinado com a classificação do rejeito, resulta em um DPA mais alto, além da existência de pessoas que trabalham a jusante da barragem cuja permanência no local é contínua.

A empresa utiliza para notificação e sistemas de alerta, as câmeras de vigilância, rádio comunicadores com uma faixa exclusiva para segurança (faixa 3), telefones fixos, celulares e e-mails.

Foi repassado um quadro com os nomes dos responsáveis e seu contato telefônico para situações de emergência do PAEBM, e alguns responsáveis do operacional, segurança do trabalho e comunicação.

Especificamente, sobre o fluxograma de notificações, foram apresentadas as entidades e autoridades fiscalizadoras e/ou passíveis de serem informadas em caso de acidente com a barragem. Foi deixado claro que fora da condição normal na barragem já há necessidade de comunicação com órgãos reguladores das esferas municipal, estadual e federal (ANM, Corpo de Bombeiros, Defesa Civil Estadual e Municipal).

Figura 13 - Integridade das ECJs existentes.



Fonte: COPELMI (2025).

Foi ressaltado que as sirenes já serão acionadas a partir do Nível de Emergência 2 (NE2). O monitoramento das câmeras ocorre 24 horas, 7 dias por semana e 365 dias por ano, e as imagens são gravadas por 90 dias.

Destacado a existência de 3 sirenes, suas localizações e capacidade de acionamento manual ou automática, dependendo das leituras efetuadas pela estação robótica. Todas as terça-feira às 9h ocorrem testes das sirenes, para verificação da funcionalidade.

No pátio, próximo ao prédio do Lavador estão instalados dois Giroflex afim de complementar o sistema de alerta sonoro, para se ter um sinal visual luminoso de modo a ampliar os indicadores de reconhecimento das situações de emergência.

Como na área do beneficiamento ocorrem sinais sonoros variados de sirene, a exemplo daquele que indica o acionamento da correia transportadora, foram inseridos na apresentação do treinamento os sinais sonoros de todas as sirenes, de modo a possibilitar ao funcionário distinguir e se familiarizar com os sons emitidos pelas sirenes. O som da correia, apresentou-se como um som mais agudo, o som de evacuação é intermitente e com duração de três minutos, e o sinal sonoro de retorno das atividades é contínuo.

Apresentada a sinalização das rotas de fuga e a ZAS. Foi reforçado a ideia de os funcionários priorizarem a saída da ZAS e, posteriormente, faça deslocamento para o PE. Esta menção, faz com que o funcionário avalie seus possíveis locais de trabalho e o faça “projetar” sua fuga.

Comentado que a ZAS está delimitada no pátio através de estacas vermelhas e brancas (denominado pelos funcionários de pirulito), afim de facilitar a localização que o fluido atinge.

Foi informado a existência de 5 pontos de encontro, o PE Moega, PE Lava-Pneus, PE Paiol, PE Secador de finos e PE Reservatório barragem.

No treinamento foi repassado o informativo do dia/hora do 10º Simulado diurno e do 4º Simulado noturno.

Posteriormente, houve a aplicação de um questionário online, acessado via QR Code, com intenção de avaliar a eficácia do treinamento, abrindo-se espaço para a manifestação dos treinandos sobre pedidos de esclarecimentos e sugestões de melhoria do programa de treinamentos.

Haviam dois questionamentos pessoais, onde um era para avaliar se o funcionário está ouvindo a sirene de seu posto de trabalho e o outro se ele está apto a se salvar. As respostas dos questionários foram compiladas e encontra-se no Anexo VIII.

O treinamento finalizou com as considerações de que qualquer anomalia na barragem deve ser comunicada imediatamente ao coordenador do PAEBM e/ou Substituto, e que o principal objetivo do PAEBM é que todos os colaboradores se

afastem da ZAS com segurança. Reforçado também o comprometimento dos participantes e cultura de prevenção e segurança.

A empresa informou que seguiu uma recomendação do RCO anterior, de promover treinamentos específicos para os vigilantes lotados na sala de controle, a fim de deixar claro a autonomia sobre acionar a sirene, e identificar as possíveis emergências, e sobre a nova faixa de segurança, e também realizou um treinamento específico para a equipe de Portaria, sobre controle de acessos, de modo a criar procedimentos para serem adotados diariamente.

Ao final do treinamento fez-se um quiz abordando diversos dos assuntos explanados. Os funcionários puderam acessar com QR Code, sendo as respostas conferidas no local.

5.3 RECOMENDAÇÕES SOBRE OS TREINAMENTOS

- 1) Considerar a segmentação das turmas com base no nível de conhecimento prévio dos funcionários. Dividir os treinamentos entre aqueles que já foram treinados anteriormente e aqueles que nunca receberam treinamentos, permitindo uma orientação mais específica e direcionada. Para os iniciantes, é fundamental oferecer uma introdução completa aos conceitos do PAEBM, garantindo uma base sólida de conhecimento. Enquanto isso, para os funcionários que já participaram de treinamentos anteriores, focar em atualizações e novidades relevantes para seu auto salvamento. Essa abordagem maximiza o impacto do treinamento, atendendo às necessidades individuais de aprendizado e preparando todas as pessoas que circulam ou trabalham na ZAS de maneira mais eficiente. Por exemplo: numa das turmas do treinamento havia confusão em relação ao conceito de ZAS, se era para ficar ou sair desta em caso de nível de emergência 2 ou 3 na barragem, entretanto o ministrante do treinamento fez os devidos esclarecimentos. Acredita-se que, adotando-se a divisão de turmas dentre os diferentes nivelamentos, poder-se-ia alocar mais tempo para explanação dos conceitos básicos;

- 2) Avaliar a presença dos funcionários nos treinamentos e qual o percentual a ser atingido. As ausências são justificadas, entretanto, é necessário estimar a quantidade de pessoas que eventualmente acessam a ZAS. Alguns funcionários de empresas terceiras, que transitam na ZAS, mencionaram não terem participado do último treinamento, mesmo já fazendo parte do quadro daquelas empresas na época.
- 3) Melhorar o controle do número de colaboradores que trabalham ou têm acesso eventual na ZAS, sugere-se uso de crachá, boton/tag de acesso, onde por exemplo, na entrada do turno ele retira o cartão, e na saída devolve.
 - O controle de acesso dos funcionários terceirizados fica apenas a cargo do seu encarregado,
 - Caminhoneiros são considerados público flutuante, eventualmente estão na ZAS. Assim, é de responsabilidade da COPELMI controlar de forma efetiva o acesso de pessoas a ZAS.
- 4) Durante o treinamento, foi verificado que os motoristas que atendem a empresa CRVR não estão sendo treinado no âmbito do PAEBM, os mesmos ainda acessam o pátio da empresa COPELMI e conseqüentemente a ZAS. Como sugestão, poderiam participar treinamento on-line.
- 5) Gerar um plano de ação com base nas respostas dos questionários, pois 04 funcionários informaram não ouvir claramente a sirene no seu posto de serviço, no questionário de maio/2025. Desta forma pode ser verificado o local do seu posto de trabalho para compreender melhor a situação deste funcionário, e se necessário realizar complementação das sirenes;
- 6) 04 funcionários informaram que não se sentem aptos a se auto salvar no questionário de novembro/2024, e 01 funcionário declarou que não se sente preparado para agir de forma segura e eficiente em uma emergência. Avaliar as condições destes funcionários, e se necessário gerar um plano de ação
- 7) Promover testes de funcionamento sistemático do gerador;
- 8) O engajamento dos funcionários nos treinamentos e simulados pode ser estimulado com premiação para que se obtenha um aproveitamento melhor e uma presença mais abrangente;

- 9) Realizar a conferência através de ligação telefônica dos contatos do Fluxo de Notificações, de forma a garantir que estejam atualizados e as pessoas em estado de prontidão;
- 10) Incluir no questionário um exemplo de narrativa, apresentando uma possível situação de problema de forma que seja possível aprimorar o nível de entendimento dos participantes sobre o treinamento realizado;
- 11) Melhorar o fluxo de notificações, deixando claro que caso o coordenador não atenda, deve seguir o fluxo para seu substituto. Nas férias, finais de semana e feriados, folgas dos funcionários, o fluxo de comunicação também deve ser efetivo, devendo seus substitutos estarem cientes das suas responsabilidades;
- 12) Nos treinamentos é importante mencionar a existência da versão impressa do PAEBM, e do local que fica uma cópia deste.

6 DESCRIÇÃO DO SEMINÁRIO ORIENTATIVO ANUAL REALIZADO E SEUS RESULTADOS, COM A PARTICIPAÇÃO DAS PREFEITURAS, ORGANISMOS DE DEFESA CIVIL, EQUIPE DE SEGURANÇA DA BARRAGEM, DEMAIS EMPREGADOS DO EMPREENDIMENTO E A POPULAÇÃO COMPREENDIDA NA ZAS

A COPELMI realizou o Seminário Anual em maio de 2025 e posteriormente realizou um simulado, considerado este como um treinamento prático.

A Resolução nº 95 conceitua “simulado” como um teste prático que tem por função permitir que a população e agentes envolvidos diretamente no Plano de Contingência da ZAS tomem conhecimento das ações previstas e sejam treinados em como proceder, caso haja alguma situação de emergência real (ANM, 2022).

O simulado, nada mais é do que, um treinamento prático no qual um determinado cenário emergencial é representado de forma hipotética, sendo aplicado todas as ações necessárias para o seu efetivo controle, como se fosse uma emergência real. Visa à capacitação das pessoas inseridas na área de risco a conhecer as rotas de fuga e pontos de encontro, para que em um possível acionamento da sirene de evacuação, estejam devidamente informadas e familiarizadas com as rotas e tempos de fuga.

Ele pode compreender uma prática dos procedimentos de alerta e acionamento predefinidos em um plano de emergência; podendo ser um teste do sistema de comunicação e tempo de resposta das equipes, envolvendo a utilização de equipamentos; mas, pode ser um exercício mais complexo, contemplando todas as atividades de um evento real, permitindo testar a habilidade do grupo de resposta em atender adequadamente uma emergência.

Os passos para a realização do exercício simulado internos e externos podem ser os mesmos, sendo que há um simulado envolvendo público externo à instituição é acrescida a avaliação da atuação dos demais órgãos, instituições ou empresas envolvidas (RIBEIRO, 2009). No caso da Barragem da Mina do Recreio o simulado não se aplica ao público externo, pois a mancha de inundação não atinge áreas ocupadas pela população, se concentrando em áreas de propriedade da empresa.

De acordo com o Art. 48 da Resolução nº 95, o empreendedor deve promover seminários orientativos anuais, com a participação da equipe externa contratada e após validação do mapa de inundação, com participação das prefeituras, organismos de Defesa Civil, equipe de segurança da barragem, demais empregados do empreendimento, população compreendida na ZAS e, caso tenha sido solicitado formalmente pela Defesa Civil, população compreendida na ZSS também.

O Seminário compreendeu o conteúdo repassado no treinamento, e outras informações relevantes, e promoveu discussões e abordagens do público e órgãos externos.

6.1 ACOMPANHAMENTO DO SEMINÁRIO ORIENTATIVO E SIMULADO DIURNO REALIZADO EM MAIO DE 2025

O Seminário Orientativo Anual ocorreu no dia 14 de maio de 2025, as 8h30min, finalizando com o simulado diurno de ruptura de barragem por liquefação próximo das 10h.

Os participantes foram recepcionados na sala de treinamento da COPELMI Mineração Ltda (Figura 14). Estiveram presentes no simulado representantes da Defesa Civil do RS, Defesa Civil municipal de Butiá, funcionários da COPELMI Mineração Ltda, médico do trabalho e técnica de enfermagem da Unidade, consultores da SATC e da Eng. Camila da Silva Martinatto, totalizando 15 pessoas. Não compareceram no simulado a Fundação Estadual de Proteção Ambiental (FEPAM) e ANM, mesmo estando convidados.

A lista de presença do Seminário, do simulado noturno e diurno são registros do PAEBM, e encontra-se no Anexo VIII.

Os convites do simulado foram encaminhados conforme Anexo IX.

A 4ª edição do Seminário e 10º Simulado diurno teve como ministrante o Coordenador do PAEBM o Eng. João Francisco Linck Feijó e a Química Daniela da Silva.

Figura 14 - Seminário orientativo realizado em maio/25.



Foram abordados o fluxo de notificação, procedimentos a serem seguidos em caso de acionamento das sirenes, teste da sirene, rotas de fuga, deslocamento aos PE, controle de pessoas na ZAS, além de orientar sobre identificar as situações de riscos, os equipamentos e máquinas de apoio, fechamento das comportas, brigada de emergência, e também ambulâncias.

A apresentação é similar as dos treinamentos internos, com enfoque da programação, bem como, a explanação dos objetivos daquele simulado no escopo de um PAEBM. Desta forma, optou-se em não a repetir no anexo.

O exercício de simulação baseia-se no acionamento das sirenes de emergência, os colaboradores e terceiros que estão na ZAS devem ir até os PE e apresentar-se ao supervisor que realiza a contagem e cronometragem do tempo de deslocamento.

A situação a ser simulada compreende a ordenada tomada de decisão e evacuação da ZAS diante do pior cenário definido por legislação, sendo a ruptura imediata da barragem por liquefação.

Deve-se ressaltar que o acionamento da sirene para evacuação da ZAS ocorre no nível de risco de alerta, ou seja, antes, do nível de emergência no qual a ruptura da barragem já está ocorrendo. Menciona-se também que conforme o mapa

de inundação contido no Estudo realizado pela FLE (2023), o evento fica contido no pátio, não havendo necessidade de convidar o público externo.

O treinamento de rota de fuga visa orientar e treinar os funcionários da Mina do Recreio e funcionários de empresas terceirizadas que possuem acesso ao pátio operacional, para um procedimento adequado em caso de sinistro ou risco grave e iminente, criando condições para uma desocupação rápida e segura.

A sala de emergência da unidade Mina do Recreio fica localizada a cerca de 600 m a montante da barragem Bacia de Finos. Nesse local tem uma equipe de brigadistas e uma ambulância, disponíveis para atendimento de emergência para as minas em operação da COPELMI nas proximidades. Esse mesmo dispositivo pode ser utilizado para eventuais incidentes ou acidentes que envolvam a barragem. Nesse mesmo local, existe, também, um ambulatório/consultório médico que atende as pessoas da operação mineira caso as mesmas necessitem.

A comunicação da equipe de segurança da barragem, brigadistas e supervisores da unidade mineira é feita por meio de rádios comunicadores, telefones fixos e móveis, e recentemente foi implantado uma faixa de rádio somente para segurança.

Por volta das 10 horas as entidades e o público presente no seminário se deslocaram ao PE Moega e PE Lava-pneus, de modo a avaliar o comportamento dos funcionários da COPELMI e funcionários de empresas terceirizadas (Figura 15a).

Durante as atividades do simulado, os demais PE não foram verificados dada a distância dentre os PE, o que implicaria em não ser acompanhado integralmente os procedimentos nos PE de maior importância (n.º pessoas) - da Moega e do Lava-pneus.

O coordenador do PAEBM ficou responsável pela comunicação interna da emergência, autorizando via rádio, o vigilante acionar manualmente o alarme de evasão; bem como do término do simulado e acionamento da sirene de retorno aos trabalhos. Menciona-se aqui a importância de todos estarem com os rádios em bom funcionamento, bem como checar e-mails. Simultaneamente a equipe de emergência e ambulância foi acionada.

Houve o acionamento das sirenes de forma manual na sala de monitoramento. Concomitante a isso, as pessoas se deslocaram de seus postos de trabalho, para os PE Moega, seguindo as rotas de fuga (Figura 15b e Figura 15c) e

para o PE Lava Pneus (Figura 15d e Figura 15e). O funcionário da ETE realizou o fechamento das comportas para, posteriormente, dirigir-se ao PE Lava Pneus. O fechamento das comportas ocorre para impedir que o fluxo proveniente da barragem, em caso de rompimento, extravase totalmente para além da ECJ. Assim, grande soma do mobilizável fica retido no pátio da empresa, não alcançando o manancial de jusante. Caso as comportas ficassem abertas haveria esvaziamento gradual da polpa retida pela ECJ, o que resultaria em impactos ambientais.

Foi observado o tempo de chegada do primeiro e último funcionário, o funcionamento da sirene após o acionamento, bem como todas as movimentações. Aproximadamente, 70 pessoas participaram do simulado, se dirigindo para o PE mais próximo do seu local.

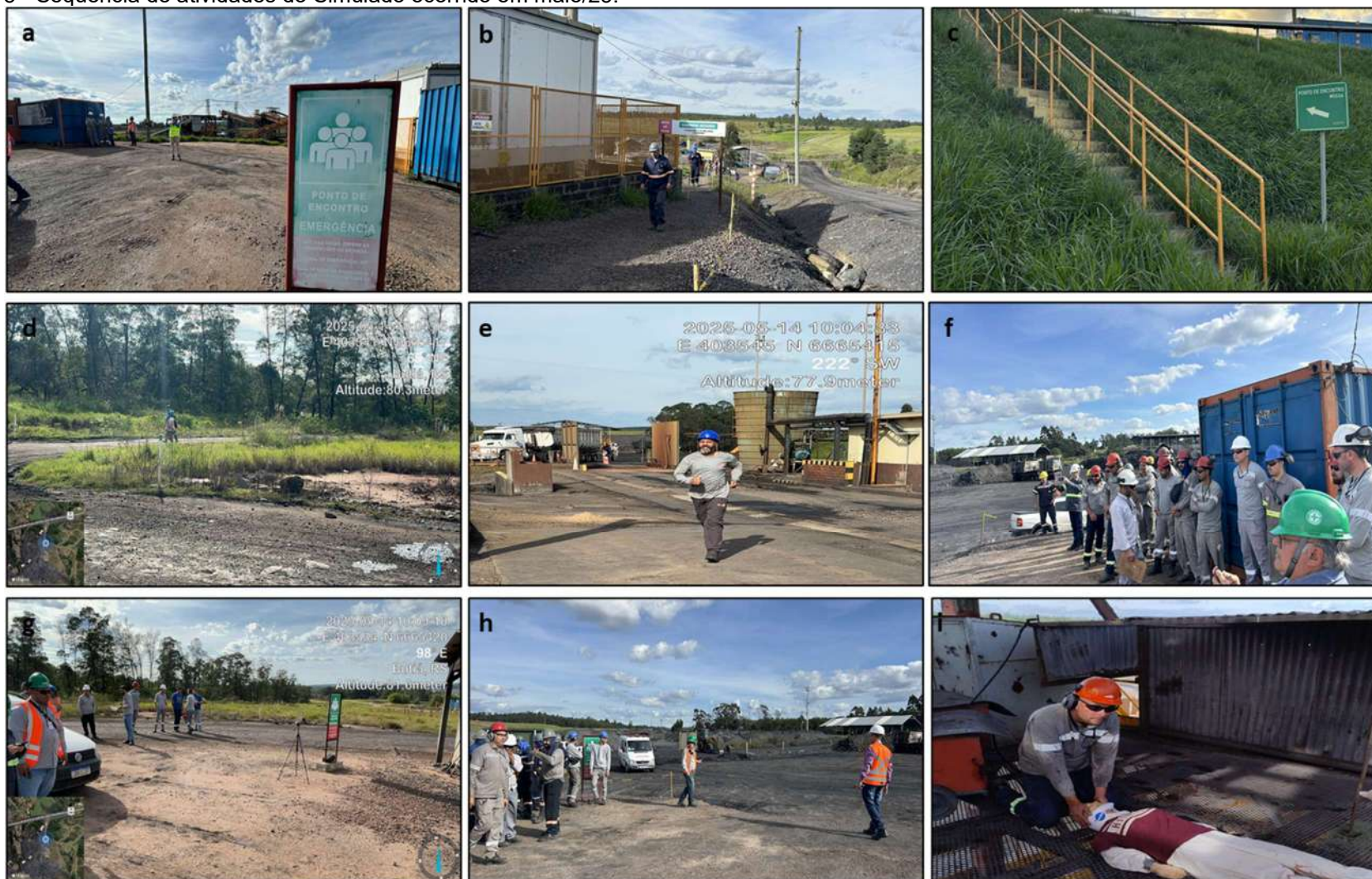
Os encarregados do turno matutino realizaram uma conferência do pessoal (Figura 15f). Os funcionários chegavam no PE, e se dirigiam para seu encarregado a fim de indicar presença.

O acionamento não apresentou falhas, e os técnicos da COPELMI realizaram uma verificação com o sonômetro e os consultadores testaram aplicativos de celular afim de verificar o nível sonoro atingido pelas sirenes em decibéis (dB) (Figura 15g). A medição teve por objetivo, garantir que em toda a extensão das ZAS, os funcionários possam ouvir o som das mesmas.

Os resultados da medição de nível de pressão sonora com o acionamento da sirene no entorno do PE Moega variaram entre 71 dB e 80 dB no período diurno. Já no PE Lava Pneus, a medição variou entre 70 dB e 74 dB.

Conforme o caderno da Defesa Civil (SEDEC, 2016), o sistema deve garantir que em qualquer ponto da área de cobertura um nível mínimo de 70 decibéis, assim, considerando todo o período amostrado, o resultado foi satisfatório, atingindo níveis medianos acima de 70 decibéis.

Figura 15 - Sequência de atividades do Simulado ocorrido em maio/25.

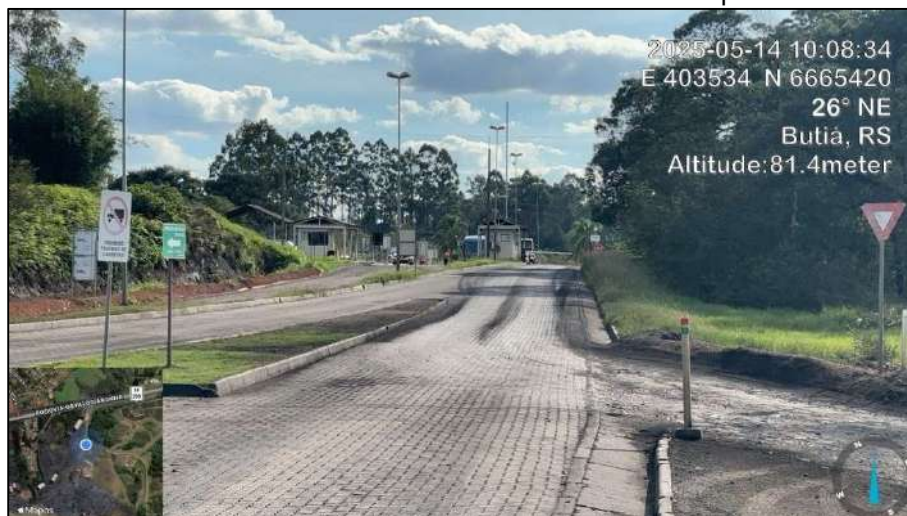


No Anexo X consta o registro de monitoramento dos decibéis (dB) realizado pela COPELMI. São efetuadas medições dos dB do ambiente e dos dB com a sirene ligada em todos os PEs. Complementarmente, são realizados testes semanais de funcionamento das sirenes, afim de detectar um possível mau funcionamento no sistema. No Anexo XI, encontra-se também um exemplo da ficha de testes semanais.

Após o acionamento, houve o deslocamento da ambulância da empresa para o PE Moega (Figura 15h). Neste ano, a empresa optou em também simular técnicas de resgate para atendimento de uma vítima, sendo acionada uma sirene específica para acidentes de trabalho (Figura 15i).

Também foi percebida a adequada medida de cerrar as cancelas de acesso à empresa (Figura 16), assim como a balança de pesagem de caminhões, evitando que houvesse trânsito no interior da ZAS. Os caminhões que estavam circulando na ZAS saíram da mesma ao toque da sirene, não se direcionando ao ponto de encontro.

Figura 16 - Fechamento da cancela de acesso a caminhões durante o toque da sirene.



Menciona-se que o coordenador do PAEBM, seu substituto e algumas pessoas da equipe da barragem acompanharam toda a simulação.

Em relação ao tempo de chegada, os funcionários do britador chegaram rapidamente ao PE Moega, dada existência de passarela elevada. Já os colaboradores do beneficiamento dispenderam de um tempo maior, entretanto, sabe-se que o tempo de resposta é considerado muito curto, conforme enfatizando nos

treinamentos, que a vida deles estaria em perigo, e por isso enfatiza-se que os controles e monitoramentos são importantes para avaliação da integridade da barragem.

O tempo de chegada no PE Lava Pneus variou em poucos segundos para a maioria dos funcionários. O público deste ponto são motoristas de caminhão, funcionários da ETE, e outros, que por ventura estejam próximo deste PE.

Ao fim do toque de 3 min da sirene, e da conferência dos presentes, os funcionários esperaram um novo acionamento da sirene, indicativo que poderiam retornar aos seus postos de trabalho. Em linhas gerais, foi percebido que os funcionários que não se apresentaram, tentaram se justificar por mensagem aos seus encarregados; alguns estavam em atividades externas à ZAS.

O simulado finalizou às 10 horas e 15 minutos.

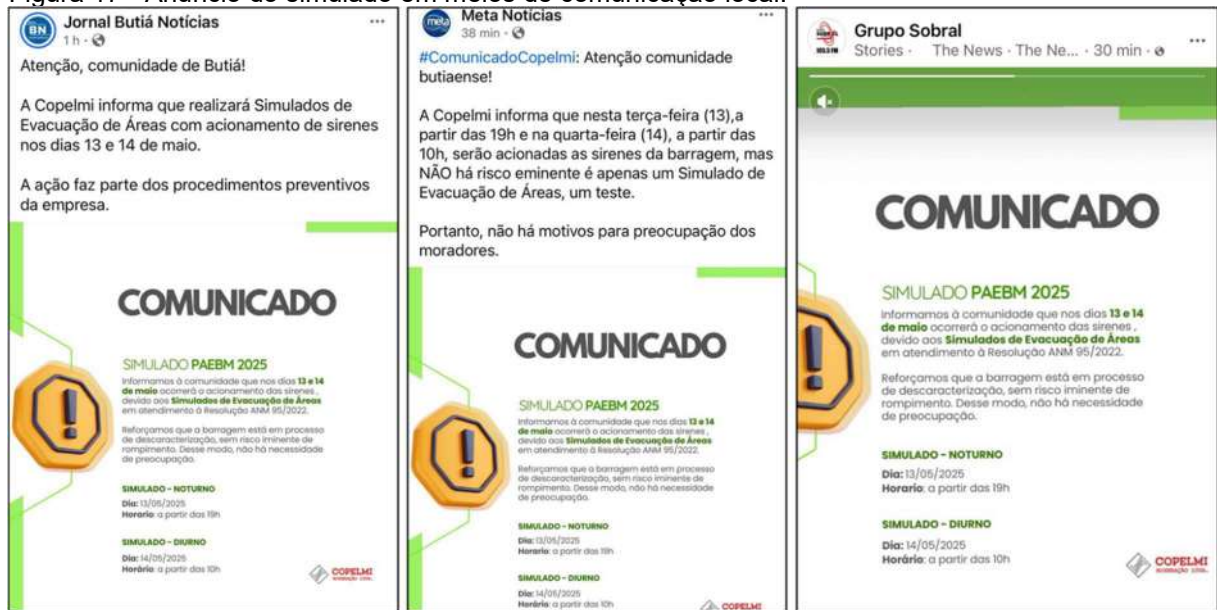
Após a realização do simulado, retornou-se para a sala de treinamento, onde foi realizada uma reunião de avaliação (fechamento), cujo objetivo principal foi discutir, consolidar e registrar as observações realizadas durante o simulado.

A avaliação foi de que o simulado atingiu seu objetivo em testar os procedimentos internos descritos no plano de emergência. Foi possível também verificar o atendimento da legislação, com a realização de treinamentos semestrais, na modalidade teórica (hipotéticos) e práticas (simulados), além da realização do Seminário Anual.

6.1.1 Acompanhamento do simulado noturno realizado em maio de 2025

No dia 13 de maio, no horário das 19 horas, ocorreu o 4º Simulado noturno interno de ruptura de barragem por liquefação. Antes do simulado, houve anúncio em meios de comunicação local: Rádio e jornal Sobral, Meta Notícias, Jornal Butiá Notícias (Figura 17).

Figura 17 - Anúncio do simulado em meios de comunicação local.



O simulado ocorreu afim de incluir os funcionários deste turno, e também, atestar a sinalização reflexiva e iluminação. O período noturno pode apresentar possíveis dificuldades de localização, mesmo o ambiente tendo boa iluminação.

Estiveram presentes no simulado, o Coordenador do PAEBM e seu substituto, a equipe de barragem, os funcionários da COPELMI Mineração Ltda., técnica de enfermagem da unidade e brigada de emergência, técnicos consultores do Centro Tecnológico SATC.

O exercício de simulação baseia-se nas mesmas atividades já descritas no simulado diurno e a situação a ser simulada compreende o pior cenário definido por legislação, sendo a ruptura por liquefação.

Por volta das 18h55min os técnicos se deslocaram ao PE na Moega e ao PE Lava-pneus (Figura 18a), de modo a avaliar o comportamento dos funcionários da COPELMI e funcionários de empresas terceirizadas. Durante as atividades do simulado os pontos PE Secador, PE Paiol e PE Reservatório barragem não foram verificados pela equipe. Buscou-se observar o tempo de chegada das pessoas, o funcionamento da sirene após o acionamento, bem como todas as movimentações de pátio. Aproximadamente, 30 pessoas participaram do simulado, se dirigindo para o PE mais próximo do seu local.

O substituto do coordenador do PAEBM ficou responsável pela comunicação interna da emergência, comunicando através do rádio o vigilante das

câmeras e autorizando o acionamento manual do alarme de evasão; da comunicação do início e término do simulado, bem como acionamento da sirene de retorno aos trabalhos.

Próximo das 19h ocorreu o acionamento manual da sirene para este simulado. Os técnicos realizaram uma verificação com o sonômetro e aplicativos de celular para verificar o nível sonoro atingido pelas sirenes (Figura 18b). A medição teve por objetivo, garantir que em toda a extensão das ZAS, os funcionários possam ouvir o som das mesmas.

Os resultados da medição de nível de pressão sonora com o acionamento da sirene no entorno do PE Moega variaram entre 74 dB e 83 dB no período noturno. Já no PE Lava-Pneus, a medição variou entre 70 dB e 75 dB.

Nos dois pontos amostrados, a medição os níveis de pressão estão nos limites estabelecidos pela Defesa Civil (SEDEC, 2016), atingindo 70 decibéis. Considerando todo o período amostrado, o resultado foi satisfatório, atingindo níveis medianos acima de 70 decibéis.

Concomitante com o acionamento da sirene, houve o acionamento de giroflex localizado na estrutura do Lavador, para se ter um sinal visual luminoso de modo a ampliar os indicadores de reconhecimento das situações de emergência, principalmente para os motoristas dos caminhões.

Após o acionamento, ocorreu o deslocamento da ambulância da empresa para o PE Moega (Figura 18c). Os funcionários do Lavador seguiram para o PE Moega (Figura 18d e Figura 18e). Concomitante a isso, os motoristas dos caminhões estacionaram os veículos e também se dirigiram ao PE mais próximo, que neste caso foi o PE Lava-Pneus (Figura 18f), bem como funcionários do enlonador e balança.

Os funcionários chegavam no PE, e se dirigiam para seu encarregado afim de indicar presença (Figura 18g e Figura 18h). Na realização da checagem no PE Moega, alguns funcionários excederam o tempo previsto para seu salvamento, em torno de 40s.

Em relação ao tempo de chegada, os funcionários do britador chegaram rapidamente ao PE Moega, dada existência de passarela elevada. Já os colaboradores do beneficiamento dispenderam de um tempo maior, em sua maioria antes dos 40s, contudo percebeu-se que o último funcionário a chegar no PE Moega obteve cerca de 1 minuto e 17 segundos. Sabe-se que o tempo de resposta é

considerado muito curto, conforme enfatizando nos treinamentos, que a vida deles estaria em perigo.

O tempo de chegada no PE Lava-pneus variou poucos segundos para a maioria dos funcionários. O público deste ponto são caminhoneiros, funcionários da ETE, e outros, que por ventura estejam próximo deste PE.

Ao fim do toque de 3 min da sirene, e da conferência dos presentes, os funcionários esperaram um novo acionamento da sirene, indicando que poderiam retornar aos seus postos de trabalho (Figura 18i).

O simulado teve o término às 19 horas e 15 minutos.

Figura 18 - Sequência de atividades do Simulado noturno realizado em maio/2025.



6.2 RESULTADOS DO SIMULADO DIURNO E NOTURNO REALIZADO EM MAIO DE 2025 E RECOMENDAÇÕES

A avaliação do simulado ocorreu durante a realização dos mesmos e nas reuniões de fechamento, sendo considerada fundamental para identificar oportunidades de melhoria dos procedimentos.

A empresa já realizou 10 edições do simulado diurno, e 4 edições noturnas, o que revela uma prática alinhada com o PAEBM. Os supervisores de turno, por serem considerados “líderes”, podem e devem facilitar a comunicação e o repasse de informações.

É entendido que algumas melhorias podem ser implementadas no protocolo das simulações recomendando o que segue:

1) Garantir que informações básicas sobre barragem sejam passadas nos treinamentos de integração, na sequência da admissão do funcionário;

2) Atestar a capacidade de suporte da estrutura do Lavador com o impacto da onda, visto que alguns funcionários utilizam as passagens do Lavador para se dirigir ao PE. E também para saber se não seria mais seguro permanecer no último andar do Lavador;

3) Avaliar acesso alternativo para os caminhões que transitam em direção a CRVR, ou retornando desta, para que não interfiram no fluxo de evacuação, ou incluí-los em um treinamento específico.

4) Instalar algumas placas para indicar a rota de fuga até o PE Paiol;

5) Realizar o exercício de fluxo de notificações, onde devem ser acionados os órgãos de emergência estabelecidos no fluxograma de notificações por meio de ligação telefônica, verificando se o número estava ativo, objetivando testar os procedimentos de comunicação presentes no PAEBM.

6) Avaliar a funcionalidade da faixa de rádio da segurança (Faixa 3), pois a mesma pode gerar atrasos na comunicação, e/ou promover treinamentos específicos para os funcionários que utilizam esta faixa, pois nem todos os funcionários acessam esta faixa.

7) Avaliar a fixação de placas orientando não obstruir a passagem de veículos ao ser acionado a sirene já que o local pode ser rota para ponto de encontro de veículos que circulam na ZAS.

Ressalta-se como pontos positivos, a organização e comprometimento da equipe, o engajamento dos supervisores e funcionários; o envolvimento dos órgãos Defesa Civil do RS e de Butiá; e o nivelamento das informações da equipe envolvida no simulado.

Na Tabela 2 segue o Checklist aplicado para avaliar o simulado diurno ocorrido em maio de 2025. Na primeira coluna consta a numeração dos itens, na segunda coluna estão os itens avaliados durante o simulado, e na terceira coluna estão as questões correspondentes aos itens avaliados. Na quarta, quinta e sexta coluna estão as respostas das questões. As colunas são marcadas com um “X” para identificar se a resposta da questão foi “sim”, “parcialmente” atendida, “não” atendida ou se é “não aplicável”. Posteriormente, uma coluna para observações.

Tabela 2 - Checklist aplicado na avaliação do Simulado diurno realizado em maio/2025

Número do Simulado: 10º							
Cenário: RUPTURA POR LIQUEFAÇÃO							
Data: 14/05/2025							
Período: Diurno							
Avaliado por:							
CHECKLIST PARA AVALIAÇÃO DOS SIMULADOS DO PAEBM							
	ITENS AVALIADOS	QUESTÕES	AVALIAÇÃO				OBSERVAÇÕES
			SIM	PARCIALMENTE	NÃO	NÃO APLICÁVEL	
1	Treinamento	Os funcionários tiveram treinamento sobre o PAEBM?		X			Alguns funcionários não participaram dos treinamentos. Alguns estavam de atestado, férias.
		Os funcionários estão aptos a participar do simulado?	X				
2	Comunicação da Emergência	A comunicação do coordenador com a equipe de emergência foi efetiva?	X				
		O coordenador facilitou em sua identificação como líder da ocorrência?	X				
		O coordenador recebeu e transmitiu as chamadas telefônicas ou via rádio relacionado com a emergência?	X				
3	Alarme de Emergência	O alarme foi acionado efetivamente conforme o padrão (manual)?	X				
		O alarme funcionou?	X				
		O alarme atingiu 70 decibéis dentro dos limites da ZAS?	X				a maior parte do período de ativação da sirene, alcançou 70 decibéis.
4	Comunicação Externa	Foi realizado contato com as entidades externas?	X				
5	Coordenador do PAEBM	O coordenador comandou os procedimentos de emergência, conforme planejado?	X				
6	Equipe de Emergência	Os integrantes da equipe de emergência se deslocaram de forma rápida e organizada até o local da ocorrência?	X				
7	Equipe de Primeiros Socorros	Foi verificado o correto posicionamento das ambulâncias?	X				
		A equipe de primeiros socorros atendeu de forma rápida e organizada à ocorrência?	X				
		A equipe de primeiros socorros utilizou técnicas e táticas de resgate adequadas?	X				
8	Equipe de Isolamento e Apoio	A equipe de isolamento e apoio providenciou o isolamento da área atingida?	X				
		A equipe de primeiros socorros providenciou os equipamentos solicitados pelo coordenador da ocorrência?	X				
9	Equipe de Evacuação	A equipe de evacuação deslocou-se de forma rápida e organizada até o ponto de encontro?		X			A maioria se deslocou com agilidade, entretanto, alguns funcionários excederam demasiadamente o tempo de evacuação da ZAS, o que já era esperado, visto o curto tempo de resposta em relação ao posto de trabalho.
		A equipe de evacuação apresentou-se ao coordenador da ocorrência para contagem?	X				
		A equipe de evacuação atendeu às solicitações do líder da ocorrência?	X				
		A equipe de evacuação atendeu ao chamado de emergência dentro de um tempo de resposta referencial para o exercício proposto (Agilidade, seriedade)?		X			Demonstraram agilidade, entretanto, alguns excederam o tempo de evacuação da ZAS.
10	Rotas de Fuga e Pontos de Encontro	A sinalização dos pontos de encontro está visível?	X				
		As rotas de fuga estão desobstruídas?	X				
		A sinalização de rota de fuga está visível?	X				
11	Pós Emergência	Os funcionários retornaram aos pontos de trabalho após o acionamento da sirene de retorno?	X				
		Foi realizada reunião de avaliação do simulado?	X				
		Foram sugeridas melhorias?	X				
		Foi gerado um plano de ação para acompanhar a implantação das melhorias?	X				
	Observações Gerais: - Organização e comprometimento da equipe, - Engajamento dos supervisores e funcionários; - Envolvimento dos órgãos Defesa Civil do RS e de Butiá.						

7 DESCRIÇÃO DOS TESTES, COM REGISTRO E COMPROVAÇÃO DE FUNCIONALIDADE DAS SIRENES INSTALADAS, DAS ROTAS DE FUGA E PONTOS DE ENCONTRO TENDO COMO BASE O ITEM 5.3, DO "CADERNO DE ORIENTAÇÕES PARA APOIO À ELABORAÇÃO DE PLANOS DE CONTINGÊNCIA MUNICIPAIS PARA BARRAGENS" INSTITUÍDO PELA PORTARIA N.º 187, DE 26 DE OUTUBRO DE 2016, DA SECRETARIA NACIONAL DE PROTEÇÃO E DEFESA CIVIL DO MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL, OU DOCUMENTO LEGAL QUE VENHA SUCEDÊ-LO OU BOAS PRÁTICAS DIVULGADAS PELAS DEFESAS CIVIS FEDERAIS, ESTADUAIS E MUNICIPAIS

Nos simulados realizados pela empresa COPELMI Mineração Ltda., conforme já detalhado no Item 6 deste relatório, ocorreram também o teste de funcionalidade da sirene, simulação de uso da rota de fuga e pontos de encontro.

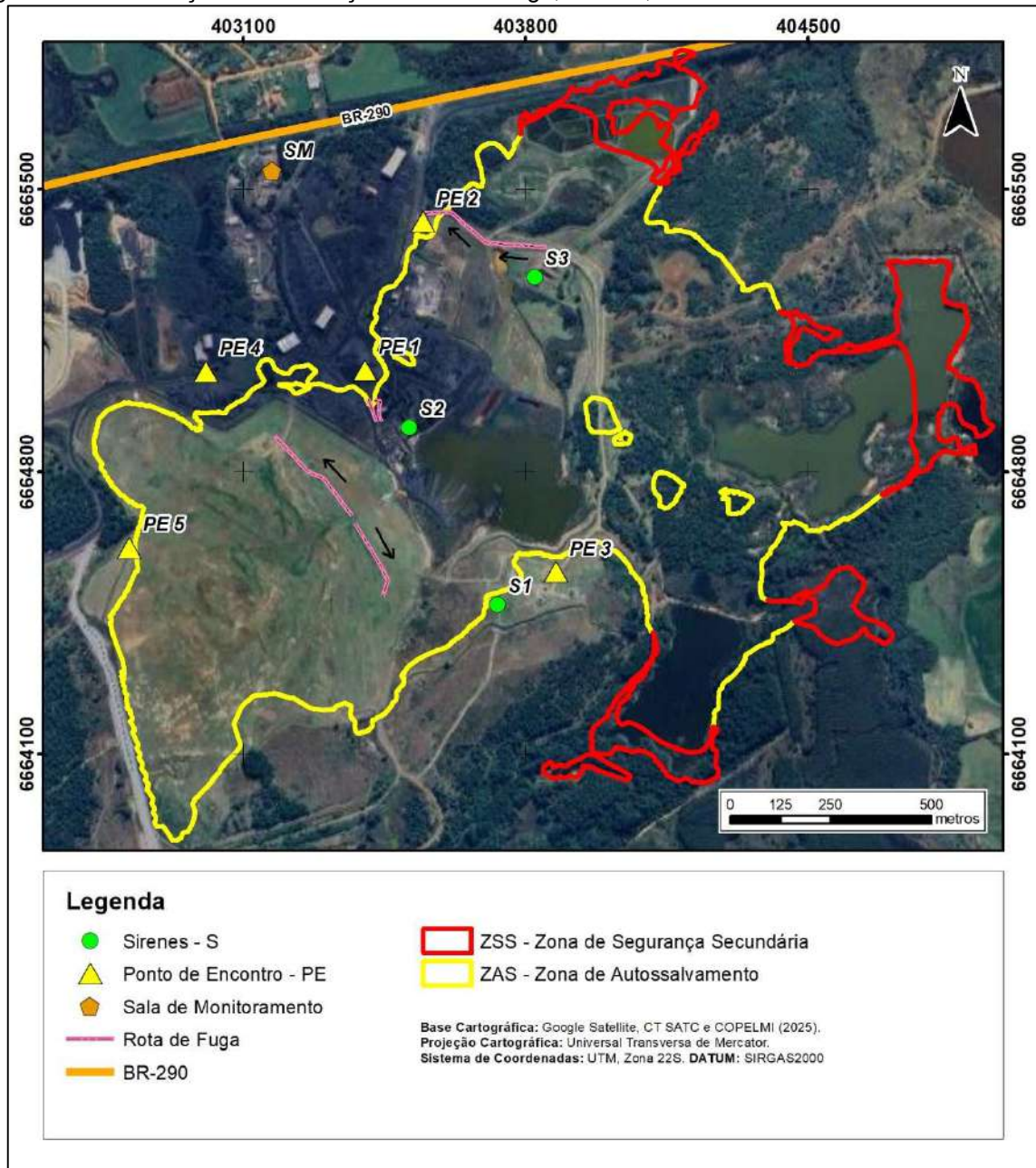
Complementarmente, foi consultado o Caderno de orientações para apoio à elaboração de planos de contingência municipais para barragens, instituído pela Portaria n.º 187, de 26 de outubro de 2016 da (SEDEC, 2016) com alguns requisitos necessários para efetividade destes elementos. Foi consultado também o PAEBM da Bacia da Mina do Recreio, onde verificou-se o Estudo de Inundação elaborado pela FLE (2023), delimitação da ZAS, PE, bem como o tempo de chegada da onda.

Com relação ao sistema de alarme, o mesmo possui a finalidade de comunicar as pessoas que estão dentro da ZAS que está ocorrendo uma situação de emergência, para se deslocarem para um local seguro, chamado de PE, seguindo as rotas de fuga.

7.1 DESCRIÇÃO REALIZADA EM MAIO DE 2025

No treinamento de maio/2025 foi informado a existência de 5 pontos, o PE Moega, PE Lava-Pneus, PE Paiol, PE Secador de finos e o PE Reservatório barragem, conforme Figura 19 e Figura 20.

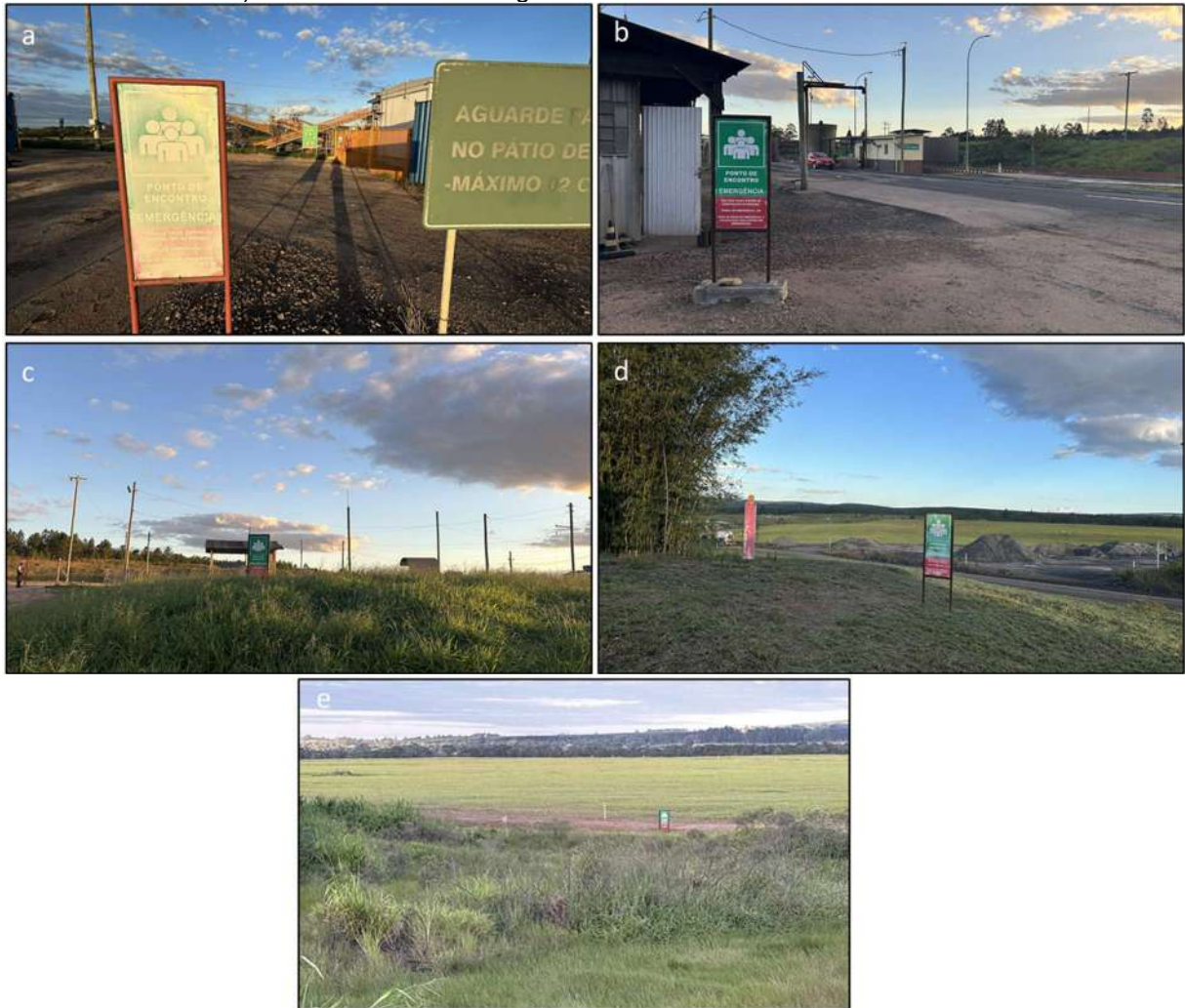
Figura 19 - Localização da sinalização da rota de fuga, dos PE, sirenes e sala de monitoramento.



Na Figura 19 também pode ser visualizada o limite das ZAS, as rotas de fuga, localizações das sirenes, e a sala de monitoramento com a estrutura para acionamento manual das sirenes.

Os PE estão fora da área do evento de um possível rompimento da Barragem, entretanto, são áreas bem próximas do limite da ZAS, uma vez que se uma hipotética ruptura ocorra, não existe tempo hábil para percorrer grandes distâncias para ficar o mais longe possível do evento.

Figura 20 - Placas sinalizando os pontos de encontro: a) Moega, b) PE Lava-Pneus, c) PE Paiol, d) PE Secador de finos e e) PE Reservatório barragem.



As rotas de fuga são definidas de modo a permitirem um caminho rápido e seguro até os PEs. Em relação às placas de rotas de fuga, foi verificado em campo, que algumas placas possuem indicações da direção a ser percorrida e o tempo de deslocamento até o PE. As mesmas estão bem posicionadas, permitindo um fácil alcance visual. Algumas placas foram confeccionadas com material refletivo, facilitando sua visualização em período noturno, e os caminhos possuem correntes disciplinadoras do trajeto. Além disso, o local conta com postes de iluminação facilitando ainda mais a visualização, conforme Figura 21. No momento do simulado e do caminhamento este caminho se encontrava “livre”.

Figura 21 - Placa de sinalização da rota de fuga visualizada no simulado noturno.



Em relação às placas de fugas, foi verificado que em alguns pontos que compreendem a área do barramento da bacia, não necessitam de placas de rotas de fuga, como o PE Secador e o PE Reservatório Barragem.

Foi verificado, também, que nos locais das rotas de fuga próximo ao PE Moega existem escadas e leves subidas, considerado normal por ser um Lavador de carvão. Essas rotas devem ser preservadas em condições de uso, evitando obstáculos nos caminhos, a fim de facilitar o fluxo de saída dos funcionários.

As placas possuem informações de: - “Não saia daqui, espere as orientações da Brigada; - Ramal de emergência: 230; - Faixa de rádio de emergência: 3. Utilizar esta faixa apenas em emergências”, conforme visualizada na Figura 22.

Conforme as informações fornecidas pela COPELMI e constatadas nas vistorias, a barragem conta com sistema de monitoramento para prevenção de eventos, bem como alarme para comunicação da eventual necessidade de evacuação de área.

O monitoramento é realizado através de uma Estação Robótica Total modelo S9 da fabricante Trimble Geospatial (Figura 23a) que monitora automática e continuamente, a posição de 24 prismas (Figura 23b) estrategicamente espalhados pela barragem com o objetivo de identificar eventuais movimentos de massa que podem prever eventos catastróficos, como por exemplo, a liquefação.

Figura 22 - Modelo da placa do PE.



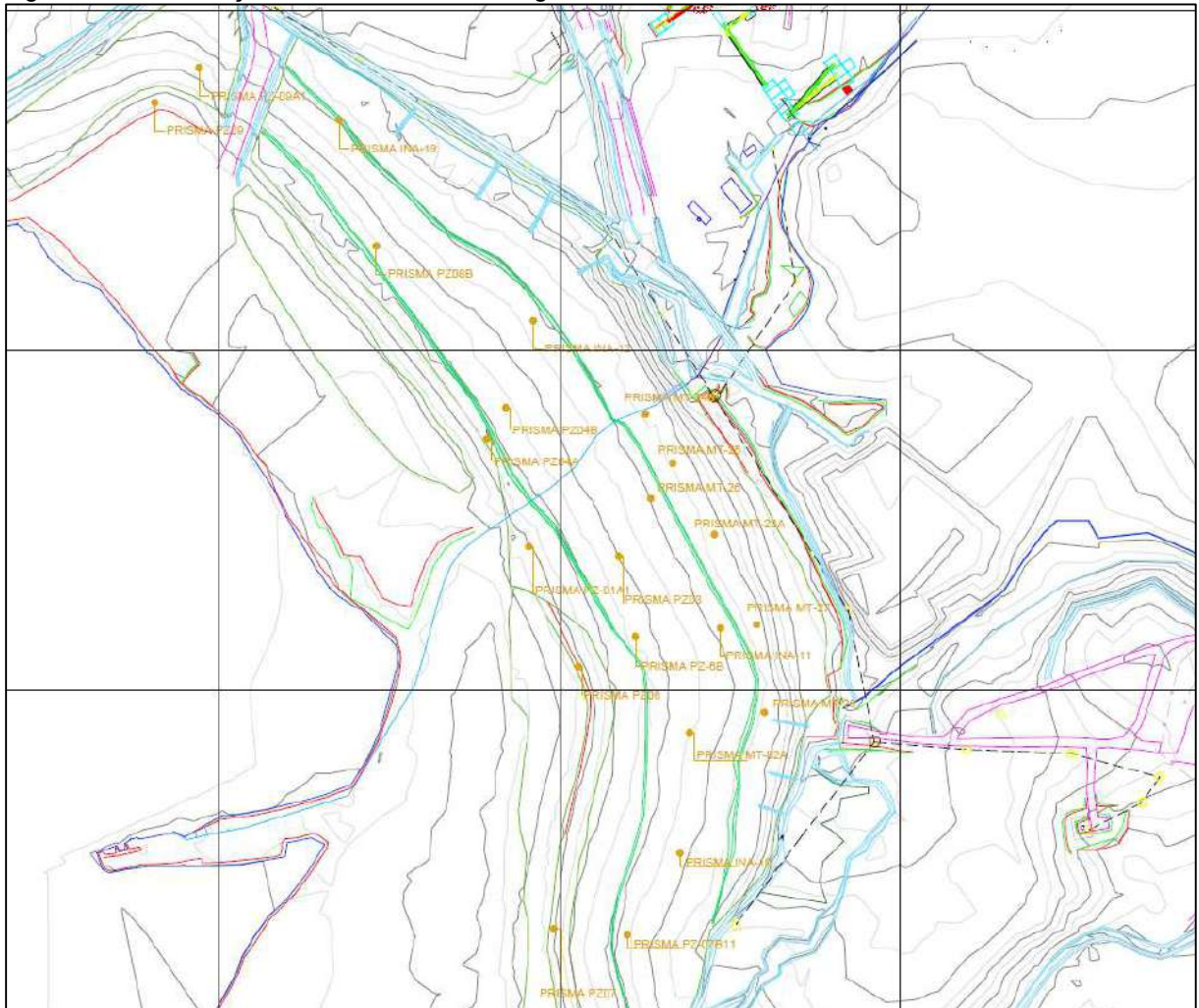
Figura 23 - a) Estação Robótica, b) Prisma.



A Figura 24 apresenta o mapa com a posição dos 24 prismas espalhados pela barragem.

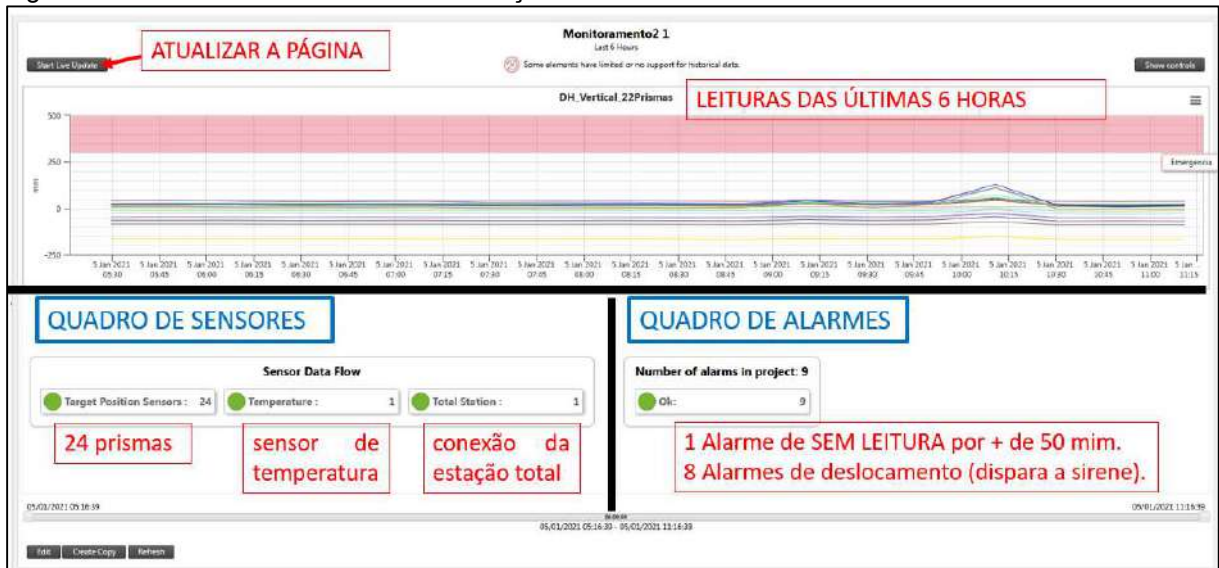
O funcionamento deste sistema consiste no disparo de um feixe de luz infravermelha pela estação robótica contra cada um destes 24 prismas (uma vez a cada 20 minutos), recebendo destes, também por reflexão, uma resposta de luz polarizada certificando assim sua posição. Caso, qualquer um dos prismas passe por mais de 50 minutos (mais de dois disparos) sem ser localizado, ocorre na estação 1 (um) alarme interno que é apresentado graficamente (Figura 25) na sala de monitoramento. E na ocorrência de 8 (oito) alarmes, a estação faz com que as sirenes de evacuação da barragem sejam disparadas.

Figura 24 - Localização dos Prismas na Barragem



Fonte: (2021).

Figura 25 - Tela de Monitoramento da Estação Robótica



Fonte: (2021).

Além do acionamento automático pela estação robótica, as sirenes de evacuação da barragem podem ser acionadas manualmente através da sala de videomonitoramento através do pressionamento do botão de emergência que envia o comando para disparo através de sinal de rádio frequência. A sala de videomonitoramento tem acompanhamento humano durante as 24 horas diárias onde o operador acompanha remotamente, além do monitoramento da estação robótica, também, eventuais movimentações ao longo de toda a barragem utilizando-se para isto das imagens em tempo real das câmeras de vídeo monitoramento localizadas ao longo de toda a barragem. É função do operador da sala de videomonitoramento comunicar as equipes de campo a necessidade de checagem *in loco* caso identifique alguma anormalidade em quaisquer um dos sistemas remotos de monitoramento aos quais tem acesso.

Consta do procedimento de segurança da COPELMI, internamente conhecido como Inspeção de Equipamentos de Emergência, registrado sob o código IT-GE-085 que a estação robótica possui uma rotina de inspeção quinzenal de modo a garantir a disponibilidade e o perfeito funcionamento do equipamento.

Seja por disparo automático ou disparo manual, o alerta de evacuação é realizado por meio sonoro que toca de forma intermitente (quinze segundos acionado seguido por uma pausa de cinco segundos) para informar necessidade de evacuação da área, e de forma contínua para informar o retorno das atividades.

Três dispositivos de alerta sonoro fazem parte do sistema de segurança da barragem, sendo o principal deles instalado na casa de comando da estação total, conforme pode ser visto na Figura 26 a uma altura de aproximadamente 6 (seis) metros. Conforme informações do *datasheet*, este dispositivo cuja especificação é RTUCTT trata-se de uma “sirene eletromecânica de alto rendimento composto por 8 trombetas e som multidirecional, sendo indicada para aplicação em sistemas de alarme contra roubo, sistemas de alarme de incêndio e sistemas de aviso de abandono/emergência”. Ainda no *datasheet*, encontram-se as informações do alcance da sirene (aproximadamente 5000 metros), pressão sonora (138dB a 0,3m e 127dB a 1m) e grau de proteção IP55 garantindo que o dispositivo é protegido contra poeira e contra jatos de água, indicando, portanto, que o dispositivo pode ficar em local aberto, exposto as condições climáticas.

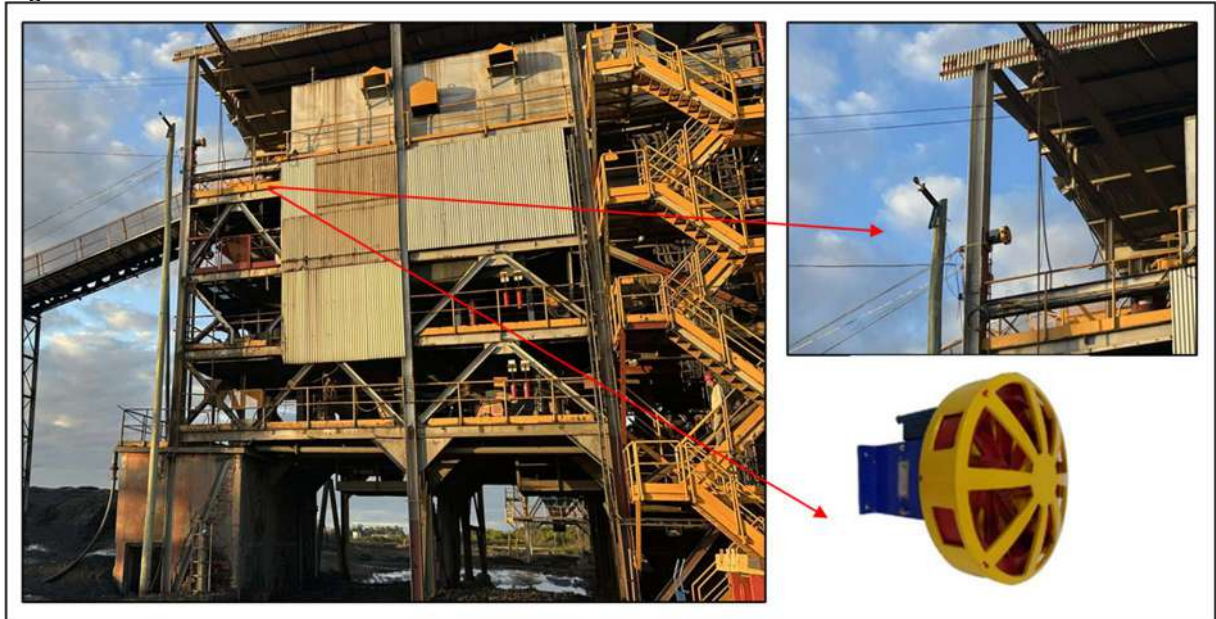
Figura 26 - Sirene principal instalada próximo da casa de comando.



Outro dispositivo sonoro que compõe o sistema de segurança da barragem está instalado a cerca de 16,5 metros de altura junto ao Lavador de carvão conforme Figura 27. Este dispositivo cuja especificação é RTUC2000-AC, conforme o *datasheet* do fabricante, trata-se de uma “sirene industrial fabricada em liga de alumínio fundido, de alta robustez indicadas para uso externo e interno”. São características nominais

desta sirene, alcance de aproximadamente 2000 metros, pressão sonora de 128 dB a 0,3 m e grau de proteção IP55, também indicando a possibilidade de instalação da mesma em local aberto.

Figura 27 - Sirene instalada na estrutura do Lavador de carvão.



Por fim, o dispositivo sonoro do sistema de segurança da barragem está localizado na Estação de Tratamento de Esgoto – ETE (Figura 28) a uma altura de aproximadamente 2 (dois) metros. O referido dispositivo cuja especificação técnica é BEATEK 250, trata-se de uma “Sirene eletromecânica rotativo tipo ambulância, contínua”. São características técnicas encontradas no *datasheet* deste dispositivo, alcance de 250 m, pressão sonora de 104 dB e potência de potência máxima de 50W.

Figura 28 - Sirene instalada na ETE.



A COPELMI adota o procedimento de realizar testes semanais, todas as terças feiras às 09h, objetivando testar o funcionamento das sirenes. Este procedimento acaba contribuindo para familiarização do toque por parte dos funcionários.

Compõe também o sistema de segurança da barragem, a iluminação que está localizada no entorno da mesma e que tem por objetivo contribuir para o monitoramento da mesma durante o período noturno, bem como permitir o deslocamento das pessoas no caso da necessidade de um abandono de área.

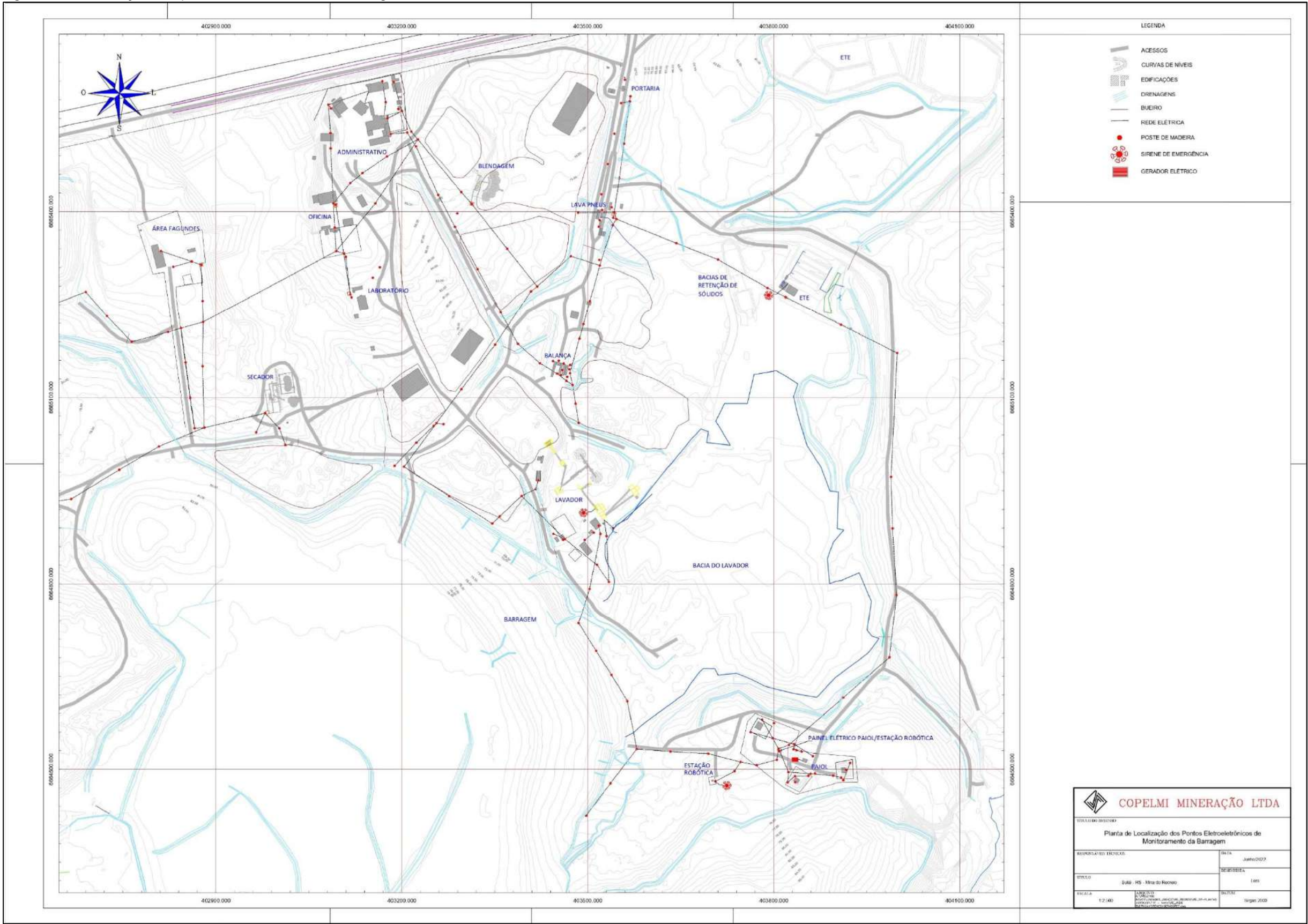
Foram instalados dois Giroflex no prédio do Lavador em paralelo com a sirene, afim de complementar o sistema de alerta sonoro, e ter um sinal visual luminoso para ampliar os indicadores de reconhecimento das situações de emergência.

Todos os sistemas de segurança da barragem incluindo estação robótica, sirenes, iluminação, câmeras e sistemas de comunicação por rádio frequência, que permitem o monitoramento, alarme e comunicação, são supridos eletricamente por um ramal de energia elétrica que sai da subestação principal da COPELMI e vai até a os locais onde os dispositivos de segurança estão instalados.

Cabe ressaltar que na hipótese de liquefação da barragem, alguns postes poderão ser atingidos e levados pela onda. Na Figura 29 verifica-se a localização dos postes, rede elétrica, sirenes e gerador. Entretanto, para garantir a disponibilidade do sistema de segurança da barragem há um gerador a diesel de energia elétrica que, segundo informações da equipe da COPELMI é acionado automaticamente 17 (dezessete) segundos após a interrupção do fornecimento de energia elétrica da distribuidora garantindo assim o suprimento necessário para que o monitoramento da barragem seja contínuo. O referido gerador de modelo GPDG 22 da fabricante AIR POWER tem potência nominal de geração de 21 kVA e tensões de saída 380/220V, condições elétricas suficientes para atendimento dos equipamentos eletroeletrônicos de segurança da barragem.

São realizados checklist de manutenção preventiva no gerador afim de detectar um possível mau funcionamento. No Anexo XIII, encontra-se a ficha deste checklist.

Figura 29 - Localização dos postes, rede elétrica, sirenes e gerador.



Fonte: COPELMI (2020).

Conforme repassado pela empresa, a sirene de evacuação soará por 3 minutos, entretanto, este tempo deverá ser aumentado para até 4 minutos, visto que próximo a este tempo a onda chegará na ETE.

A empresa utiliza para facilitar a comunicação, os sistemas de alerta, rádio comunicadores, telefones fixos, celulares e e-mails.

No momento do simulado, o acionamento manual da sirene foi efetivo. Com isso, foram realizadas medições da pressão sonora por sonômetro e testes por aplicativos de celulares afim de verificar o nível sonoro atingido pelas sirenes. A medição teve por objetivo garantir que em toda a extensão das ZAS os funcionários pudessem ouvir o som das mesmas.

Conforme o caderno da Defesa Civil (SEDEC, 2016), o sistema deve garantir que em qualquer ponto da área de cobertura um nível mínimo de 70 decibéis. Cita-se, também, que a cobertura da área pode ser obtida pela instalação de uma ou mais sirenes combinadas.

A empresa informou que não existem deficientes auditivos, físicos, nem visuais trabalhando nestes locais, entretanto, a área possui um elevado fluxo de caminhões e máquinas pesadas, ambiente ruidoso, além da incidência de ventos que, eventualmente, incidem na área da ZAS com elevada intensidade, o que pode interferir na percepção do sinal sonoro de evacuação, notadamente dos colaboradores que tem atividades na condução de caminhões e operadores de máquinas.

O tempo de medição do nível de pressão sonora ambiente foi de 3 minutos para cada ponto amostrado. Durante as medições foi usado protetor de vento do microfone e considerou-se instruções da Norma NBR 10.151/2020.

Os resultados das medições são apresentados na Tabela 3.

Tabela 3 - Resultados das medições de nível de pressão sonora com acionamento da sirene.

Ponto	Descrição do local	Período	Data	Horário	Características climáticas	Varição dos Resultados LAeq
PE Moega	Próximo ao Lavador	Diurno	14/05/2025	10:00	Sem vento e sem chuva	Entre 71 e 80 dB
		Noturno	13/05/2025	19:00	Sem vento e sem chuva	Entre 74 e 83 dB
PE Lava-Pneus	Próximo ao Enlonador / Balança	Diurno	14/05/2025	10:00	Sem vento e sem chuva	Entre 70 e 74 dB
		Noturno	13/05/2025	19:00	Sem vento e sem chuva	Entre 70 e 75 dB

Os resultados da medição de nível de pressão sonora com o acionamento da sirene no entorno do PE Moega variaram entre 71 dB e 80 dB no período diurno. Já no PE Lava Pneus, a medição variou entre 70 dB e 74 dB.

Já no período noturno, as medições no PE Moega variaram entre 74 dB e 83 dB, e no PE Lava Pneus, a medição variou entre 70 dB e 75 dB.

Após o acionamento das sirenes, as pessoas se deslocaram aos PE, através das rotas de fuga previamente definidas. Os técnicos, bem como as entidades externas presentes estiveram posicionadas nos PE e, no decorrer da rota de fuga. Foram cronometrados o tempo de chegada aos PE, e o supervisor de cada setor realizou uma conferência dos funcionários do turno.

Nos dois pontos amostrados, a medição os níveis de pressão estão nos limites estabelecidos pela Defesa Civil (SEDEC, 2016), atingindo 70 decibéis. Considerando todo o período amostrado, o resultado foi satisfatório, atingindo níveis medianos acima de 70 decibéis. Constatou-se que as sirenes atendem ao objetivo de promover o sinal de evacuação para a maioria dos colaboradores.

Na avaliação de eficácia do treinamento umas das perguntas, era: - “No seu local de trabalho você escuta a sirene para evacuação de área?”, as respostas foram compiladas e avaliadas. Como resultado, de 260 funcionários, 4 deles responderam que não ouvem a sirene de evacuação de área.

No momento dos testes, não foi realizada verificação dos decibéis dentro das cabines de caminhões e máquinas para se avaliar se atinge o nível sonoro mínimo estabelecido.

8 AVALIAÇÃO E COMPROVAÇÃO DA INSTALAÇÃO DAS SIRENES EM LOCAL ADEQUADO CONFORME ART. 8 DA RESOLUÇÃO ANM N° 95

Conforme o Art. n.º 8 da Resolução n.º 95/2022, as barragens de mineração com DPA alto ou DPA médio quando o item "existência de população a jusante" atingir 10 pontos, conforme o Anexo IV desta Resolução, devem contar com sistemas automatizados de acionamento de sirenes instaladas fora da mancha de inundação e outros mecanismos adequados ao eficiente alerta na ZAS, instalados em lugar seguro, e dotados de modo contra falhas em caso de rompimento da estrutura, complementando os sistemas de acionamento manual no empreendimento e o remoto.

Conforme Art. 38, para as barragens de mineração com DPA alto ou DPA médio, quando o item de "população a jusante" obtiver 10 (dez) pontos no quadro de Dano Potencial Associado, instalar, nas comunidades inseridas na ZAS, sistema sonoro ou outra solução tecnológica de maior eficácia, com redundância, visando alertar a ZAS, tendo como base o item 5.3, do "Caderno de Orientações para Apoio à Elaboração de Planos de Contingência Municipais para Barragens" instituído pela Portaria nº 187, de 26 de outubro de 2016 da Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil do Ministério da Integração Nacional ou documento legal que venha a sucedê-lo.

Além disso, quando o item de "população a jusante" obtiver pontuação 3 (três) ou 5 (cinco), instalar sistema sonoro ou outra solução tecnológica de maior eficácia no entorno da estrutura, preferencialmente fora da mancha de inundação de modo a alertar as pessoas possivelmente afetadas.

A Resolução ainda complementa que para os casos em que a mancha de inundação seja demasiadamente larga extensa ou em outros casos excepcionais em que não seja possível a instalação das sirenes fora da mancha de inundação, estas podem ser instaladas dentro da citada mancha desde que devidamente justificado pelo projetista no PAEBM.

Para a instalação das sirenes sugere-se previamente realizar uma análise no mapa de inundação da Barragem, a fim de garantir que a sirene esteja no melhor

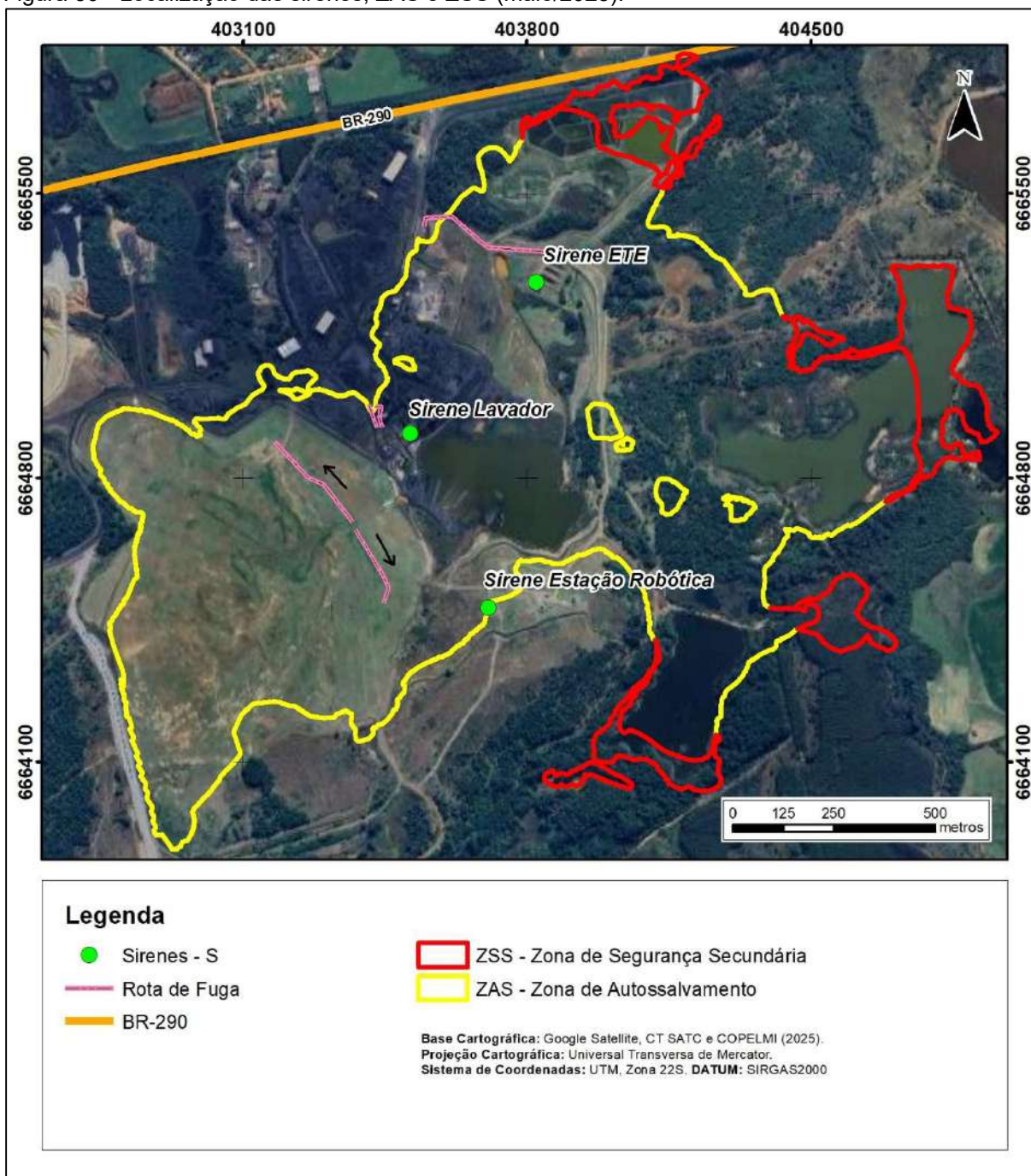
lugar, garantindo a efetividade do sistema, bem como, avaliar o tempo de chegada da onda nos principais pontos de aglomeração das pessoas.

A avaliação e comprovação da instalação das sirenes em local adequado foi realizada no Simulado do segundo semestre.

O Sistema de alarme da Bacia de Finos da Mina do Recreio é composto por três sirenes, uma localizada na ETE, uma localizada na casa de comando da estação total e uma no Lavador. Na Figura 30 encontra-se a localização das sirenes e a delimitação da ZAS definida no Estudo de inundação elaborado pela FLE (2023).

Conforme já mencionado, a ZAS está integralmente em terrenos da COPELMI, e não existem pessoas ocupando permanentemente a área, justificando a inexistência de sirenes neste local.

Figura 30 - Localização das sirenes, ZAS e ZSS (maio/2025).



As sirenes estão instaladas em um local aberto, sem presença de grandes estruturas, barreiras e até mesmo a vegetação, não havendo grandes interferências na propagação da onda sonora transmitida. De interferências, pode se citar os ruídos emitidos pelo britador, correias, e o fluxo de caminhões e máquinas.

A sirene principal da Bacia de Finos da Mina Recreio está localizada na casa de comando da estação robótica total, estando fora da ZAS, conforme exigido pela legislação. A mesma possui alcance de 5000 m e alto rendimento, com 8 trombetas e som multidirecional, afim de garantir a efetividade do sistema.

Entretanto, a Sirene localizada na ETE e no Lavador estão dentro da ZAS. Estas sirenes foram instaladas de modo a complementar o sistema de alarme, por estes locais serem considerados ambientes ruidosos e com presença de funcionários.

Analisando o Estudo de inundação elaborado pela FLE (2023) o Lavador e outras estruturas do beneficiamento são atingidos pela onda no tempo de 30 a 40 segundos, em uma altura de 4,5 a 7,5 m. A sirene está instalada na estrutura do Lavador, a uma altura de 16,5 m. Entretanto, há de se considerar que a mesma pode ser carregada pelo deslocamento da onda. Contudo, a sirene principal localizada na casa de comando já está cumprindo a função de emitir o sinal sonoro.

Já a sirene da ETE é atingida em 3 minutos e 40 segundos, em uma altura de 6,1 m. Entretanto, a sirene principal já teria sido acionada, dando tempo para o funcionário realizar a evacuação deste local. Ressalta-se que no rompimento da barragem, o deslocamento da onda até o fim do evento dura aproximadamente 120 minutos, contudo, desde os 80 min não ocorre esvaziamento do reservatório.

Conforme mencionado, os dois pontos de maior concentração de pessoas é o Lavador/Britador e a ETE.

De acordo com o conteúdo apresentado no Item 6.1 e 6.2, os resultados da medição de nível de pressão sonora com o acionamento da sirene, considerando todo o período amostrado, foi satisfatório, atingindo níveis medianos acima de 70 decibéis. Este sistema ainda pode ser aprimorado, como por exemplo, adicionar uma sirene no PE Moega, que está bem próximo da estrutura do Lavador.

As especificações das sirenes estão detalhadas no Item 7.

Nos pontos amostrados, a medição dos níveis de pressão está nos limites estabelecidos pela Defesa Civil (SEDEC, 2016), atingindo níveis medianos acima 70 decibéis. Pontualmente, recomenda-se checar alguns pontos de trabalho, como por exemplo, dentro das cabines dos caminhões para checar os níveis de ruído.

Todas as informações descritas acima corroboram para um correto posicionamento das mesmas.

9 COMPROVAÇÃO DA INTEGRAÇÃO DO PAEBM COM O PLANO DE CONTINGÊNCIA DA DEFESA CIVIL, CASO EXISTA

O Plano de Contingência (PLANCON) estabelece as ações de proteção e Defesa Civil. Ele é elaborado a partir de uma determinada hipótese de desastre e organiza as ações de preparação e resposta. Funciona como um planejamento da resposta e deve ser elaborado na normalidade, com a definição de procedimentos, ações e decisões que serão tomadas em caso de eventos extremos.

No dia 14 de maio de 2025 ocorreu o Seminário Orientativo e Simulado, que teve como convidados a Defesa Civil do Rio Grande do Sul e do Município de Butiá. Na ocasião, os mesmos foram questionados sobre o Plano de Contingência, e nos informaram que o Plano de Contingência Municipal está em elaboração.

Cabe mencionar que conforme o Art. 38 da Resolução nº 95 /2022, cabe ao empreendedor da barragem de mineração, em relação ao PAEBM: fornecer aos organismos de Defesa Civil municipais os elementos necessários para a elaboração dos Planos de Contingência em toda a extensão do mapa de inundação; e também prestar apoio técnico aos municípios potencialmente impactados nas ações de elaboração e desenvolvimento dos Planos de Contingência Municipais, realização de simulados e audiências públicas.

10 DESCRIÇÃO DO EVENTUAL APOIO E PARTICIPAÇÃO EM SIMULADOS DE SITUAÇÕES DE EMERGÊNCIA REALIZADOS DE ACORDO COM O ART. 8.º XI, DA LEI N.º 12.608, DE 19 DE ABRIL DE 2012, CASO O EMPREENDEDOR TENHA SIDO SOLICITADO FORMALMENTE PELA DEFESA CIVIL

Conforme o Art.º 8, da Lei n.º 12.608, de 19 de abril de 2012 compete aos Municípios: XI - realizar regularmente exercícios simulados, conforme Plano de Contingência de Proteção e Defesa Civil.

Entretanto, até o momento o empreendedor não foi solicitado formalmente pela Defesa Civil para apoio e participação em simulados de situações de emergência. Contudo, anualmente ocorrem simulados de emergência organizados pela COPELMI Mineração Ltda. e a Defesa Civil do município de Butiá e do Estado do Rio Grande do Sul assiduamente participam.

11 DECLARAÇÃO DE CONFORMIDADE E OPERACIONALIDADE DO PAEBM DA BARRAGEM



Declaração de Conformidade e Operacionalidade

Motivo do envio da Declaração: Campanha de entrega da DCO (junho)

Competência: 2025

Empreendedor: Copelmi Mineração Ltda

Nome da Barragem: Bacia de Finos da Mina do Recreio

Dano Potencial Associado: Alto

Categoria de Risco: Baixo

Município/UF: BUTIÁ/RS

Declaro para fins de acompanhamento e comprovação junto a ANM, que realizei a Avaliação de Conformidade e Operacionalidade do PAEBM na estrutura acima especificada conforme Relatório de Conformidade e Operacionalidade do PAEBM, elaborado em 18/06/2025, e atesto que o PAEBM da barragem em questão está em conformidade com a legislação vigente e operacional em sua aplicabilidade em situações de emergência.

Brasília, quarta-feira, 18 de junho de 2025

CAMILA DA SILVA MARTINATTO

Cargo: Não informado

CREA: RS229204

CARLOS WEINSCHENCK DE FARIA

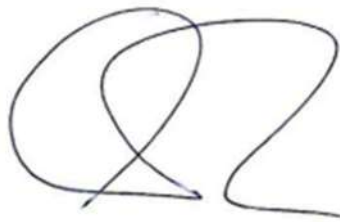
Cargo na empresa: Diretor Superintendente

Documento assinado eletronicamente por CAMILA DA SILVA MARTINATTO em 18/06/2025 às 11:59:53, e CARLOS WEINSCHENCK DE FARIA em 18/06/2025 às 15:16:34, horário oficial de Brasília, conforme descrito na Resolução ANM nº 95/2022.

12 CIENTE DO EMPREENDEDOR OU DE SEU REPRESENTANTE LEGAL

Declaro para fins de acompanhamento e comprovação junto à Agência Nacional de Mineração (ANM), que estou ciente do conteúdo deste relatório, relativo ao Relatório de Conformidade e Operacionalidade do PAEBM da Barragem Bacia de Finos da Mina do Recreio, para o ano base 2025, e das conclusões e recomendações contidas.

Butiá, 18 de junho de 2025.



Carlos Weinschenck De Faria
CPF: 244.959.487-68

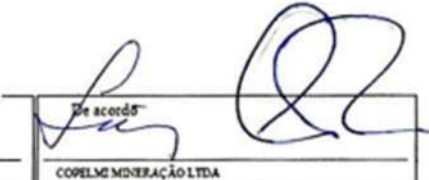
Diretor Superintendente e Representante Legal da COPELMI Mineração Ltda.

13 ASSINATURA DO ELABORADOR DO RCO COM ART ESPECÍFICA

13 ASSINATURA DO ELABORADOR DO RCO COM ART ESPECÍFICA

 Anotação de Responsabilidade Técnica - ART Lei nº 6.496, de 7 de dezembro de 1977 Conselho Regional de Engenharia e Agronomia do Rio Grande do Sul		 CREA-RS Conselho Regional de Engenharia e Agronomia do Rio Grande do Sul		ART Número 13848955	
Tipo: OBRA OU SERVIÇO Convênio: NÃO É CONVÊNIO		Participação Técnica: INDIVIDUAL/PRINCIPAL Motivo: NORMAL			
Contratado					
Carteira: RS229204 RNP: 2217231367		Profissional: CAMILA DA SILVA MARTINATTO Título: Engenheira Civil Empresa: CAMILA DA SILVA MARTINATTO		E-mail: camilamartinatto@hotmail.com Nr.Reg.: 257196	
Contratante					
Nome: COPELMI MINERAÇÃO LTDA Endereço: LARGO VISCONDE DO CAIRU 12 Cidade: PORTO ALEGRE		Telefone: Bairro: CENTRO HISTÓRICO		E-mail: copelmi@copelmi.com.br CPF/CNPJ: 33059528000195 CEP: 90030110 UF: RS	
Identificação da Obra/Serviço					
Proprietário: COPELMI MINERAÇÃO LTDA Endereço da Obra/Serviço: VISCONDE DO CAIRU 12 Cidade: PORTO ALEGRE		Bairro: CENTRO HISTÓRICO Vlr Contrato(R\$): 5.000,00		CPF/CNPJ: 33059528000195 CEP: 90030110 UF: RS Honorários(R\$): 5.000,00 Ent.Classe:	
Finalidade: OUTRAS FINALIDADES Data Início: 01/05/2025 Prev.Fim: 18/06/2025		Descrição da Obra/Serviço DCO - DECLARAÇÃO DE CONFORMIDADE E OPERACIONALIDADE DO PAEBM		Quantidade Unid.	
Atividade Técnica Elaboração de Relatório					

ART registrada (paga) no CREA-RS em 18/06/2025

Documento assinado digitalmente CAMILA DA SILVA MARTINATTO Data: 18/06/2025 11:58:48 0100 Verifique em https://validar.rli.gov.br			
Porto Alegre, 18 de junho de 2025 Local e Data		De acordo CAMILA DA SILVA MARTINATTO Profissional	
		COPELMI MINERAÇÃO LTDA Contratante	

A AUTENTICIDADE DESTA ART PODE SER CONFIRMADA NO SITE DO CREA-RS. LINK SOCIEDADE - ART CONSULTA.

14 REFERÊNCIAS

ANM - AGÊNCIA NACIONAL DE MINERAÇÃO. **Resolução n.º 95, de 7 de fevereiro de 2022.** Com alterações da Resolução ANM n.º 130/2023 e resolução ANM n.º175/2024. Consolida os atos normativos que dispõem sobre segurança de barragens de mineração.

ANM - AGÊNCIA NACIONAL DE MINERAÇÃO. **Resolução n.º 142,** de 16 de outubro de 2023. Dispõe sobre a padronização dos dados geográficos informados nos documentos técnicos apresentados à Agência Nacional de Mineração - ANM ou produzidos no âmbito dessa Autarquia. Diário Oficial da União. Brasília, DF. 2022.

COPELMI MINERAÇÃO LTDA. **Banco de Dados - Bacia de Decantação de Finos da Mina do Recreio.** Mantido pela Empresa. Butiá, RS. 2024/2025.

COPELMI MINERAÇÃO LTDA. **Plano de Ação de Emergência para Barragem de Mineração (PAEBM) - Bacia de Finos da Mina do Recreio.** Revisão 8. Elaborado para COPELMI Mineração Ltda. 03/03/2025. 216p.

FLE - FUNDAÇÃO LUIZ ENGLERT. **Estudo de Inundação e Mapa de Inundação para a Condição de Ruptura por Piping: Bacia de Finos da Mina do Recreio - COPELMI Mineração Ltda.** Porto Alegre: FLE, 2018.

FLE - FUNDAÇÃO LUIZ ENGLERT. **Estudo de Inundação e Mapa de Inundação para a Condição de Ruptura por Liquefação: Bacia de Finos da Mina do Recreio - COPELMI Mineração Ltda.** Porto Alegre: FLE, 2021.

FLE - FUNDAÇÃO LUIZ ENGLERT. **Estudo e Mapa de Inundação para a Condição de Ruptura por Liquefação: Bacia de Finos da Mina do Recreio - COPELMI Mineração Ltda.** Porto Alegre: FLE, 2023.

RIBEIRO, Cláudia S. da Silva. **Exercícios simulados como opção de treinamento na área de segurança e saúde do trabalhador.** Trabalho de conclusão de Curso de Especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, BR-RS. 2009. Disponível em:

SECRETARIA NACIONAL DE PROTEÇÃO E DEFESA CIVIL - SEDEC. **Caderno de orientações para apoio à elaboração de planos de contingência municipais para barragens.** Setembro de 2016. V1. 32p. Disponível em:< https://www.snisb.gov.br/Entenda_Mais/caderno-orientacoes-planos-contingencia-barragens-v.pdf > Acesso em: junho de 2025.

 COPELMI MINERAÇÃO LTDA.	PLANO DE AÇÃO DE EMERGÊNCIA PARA BARRAGENS DE MINERAÇÃO - Mina do Recreio -	PAEBM-BAR-RE-01
		Revisão: 09
		Data: 05/03/2026

ANEXO 8

PROTOCOLOS



COPELMI
MINERAÇÃO LTDA.

Porto Alegre, 5 de março de 2026.
DS-POA 008/2026 - Ofício

À
Defesa Civil - RS
A/c. Coronel PM Luciano Chaves Boeira
Porto Alegre - RS

Ref.: **PAEBM – MINA DO RECREIO – REVISÃO 09 – DATA: MARÇO/2026**

Prezado senhor:

COPELMI MINERAÇÃO LTDA., inscrita no CNPJ sob o nº 33.059.528/0001-95, com sede no Largo Visconde do Cairu, 12 – 3º andar, Porto Alegre/RS, titular do processo DNPM 2839/1935, vem conforme Art. 35º da Resolução nº 95 da ANM, de fevereiro/ 2022, protocolar o **Plano de Ação de Emergência para Barragens de Mineração – PAEBM – REVISÃO Nº 9** da Bacia de Finos da Mina do Recreio, localizada na área da Mina do Recreio, no município de Butiá/RS.

Atenciosamente,

Carlos Weinschenck de Faria
Diretor Superintendente

Anexos: 1

Porto Alegre, 5 de março de 2026.
DS-POA 009/2026 - Ofício

À
Comissão Municipal de Defesa Civil
A/c. Tenente Maurício Cravo Abrahão
Butiá - RS

Ref.: **PAEBM – MINA DO RECREIO – REVISÃO 09 – DATA: MARÇO/2026**

Prezado senhor:

COPELMI MINERAÇÃO LTDA., inscrita no CNPJ sob o nº 33.059.528/0001-95, com sede no Largo Visconde do Cairu, 12 – 3º andar, Porto Alegre/RS, titular do processo DNPM 2839/1935, vem conforme Art. 35º da Resolução nº 95 da ANM, de fevereiro/ 2022, protocolar o **Plano de Ação de Emergência para Barragens de Mineração – PAEBM – REVISÃO Nº 9** da Bacia de Finos da Mina do Recreio, localizada na área da Mina do Recreio, no município de Butiá/RS.

Atenciosamente,



Carlos Weinschenck de Faria
Diretor Superintendente

Anexos: 1



COPELMI
MINERAÇÃO LTDA.

Porto Alegre, 5 de março de 2026.
DS-POA 010/2026 - Ofício

À
FEPAM – Fundação Estadual de Proteção Ambiental
A/c Sra. Andrea Garcia de Oliveira - DMIN
Porto Alegre - RS

Ref.: **PAEBM – MINA DO RECREIO – REVISÃO 09 – DATA: MARÇO/2026**

Prezada senhora:

COPELMI MINERAÇÃO LTDA., inscrita no CNPJ sob o nº 33.059.528/0001-95, com sede no Largo Visconde do Cairu, 12 – 3º andar, Porto Alegre/RS, titular do processo DNPM 2839/1935, vem conforme Art. 35º da Resolução nº 95 da ANM, de fevereiro/ 2022, protocolar o **Plano de Ação de Emergência para Barragens de Mineração – PAEBM – REVISÃO Nº 9** da Bacia de Finos da Mina do Recreio, localizada na área da Mina do Recreio, no município de Butiá/RS.

Atenciosamente,

Carlos Weinschenck de Faria
Diretor Superintendente

Anexos: 1



COPELMI
MINERAÇÃO LTDA.

Porto Alegre, 5 de março de 2026.
DS-POA 006/2026 - Ofício

À
ANM – AGÊNCIA NACIONAL DE MINERAÇÃO
A/c. Gerência Geral - Sr. José Eduardo da Costa Duarte
Porto Alegre - RS

Ref.: **PAEBM – MINA DO RECREIO – REVISÃO 09 – DATA: MARÇO/2026**

Prezado senhor:

COPELMI MINERAÇÃO LTDA., inscrita no CNPJ sob o nº 33.059.528/0001-95, com sede no Largo Visconde do Cairu, 12 – 3º andar, Porto Alegre/RS, titular do processo DNPM 2839/1935, vem conforme Art. 35º da Resolução nº 95 da ANM, de fevereiro/ 2022, protocolar o **Plano de Ação de Emergência para Barragens de Mineração – PAEBM – REVISÃO Nº 9** da Bacia de Finos da Mina do Recreio, localizada na área da Mina do Recreio, no município de Butiá/RS.

Atenciosamente,

Carlos Weinschenck de Faria
Diretor Superintendente

Anexos: 1



COPELMI
MINERAÇÃO LTDA.

Porto Alegre, 5 de março de 2026.
DS-POA 007/2026 - Ofício

À
ANM – AGÊNCIA NACIONAL DE MINERAÇÃO
A/c .Sr. Eliezer Senna Gonçalves Junior
Gerência de Riscos Geotécnicos em Barragens e

a/c Sra. **Yara Barbosa Franco**
Coordenadora de Barragens em Construção e a Montante
Brasília - DF - RS

Ref.: **PAEBM – MINA DO RECREIO – REVISÃO 09 – DATA: MARÇO/2026**

Prezados senhor e senhora:

COPELMI MINERAÇÃO LTDA., inscrita no CNPJ sob o nº 33.059.528/0001-95, com sede no Largo Visconde do Cairu, 12 – 3º andar, Porto Alegre/RS, titular do processo DNPM 2839/1935, vem conforme Art. 35º da Resolução nº 95 da ANM, de fevereiro/ 2022, protocolar o **Plano de Ação de Emergência para Barragens de Mineração – PAEBM – REVISÃO Nº 9** da Bacia de Finos da Mina do Recreio, localizada na área da Mina do Recreio, no município de Butiá/RS.

Atenciosamente,

Carlos Weinschenck de Faria
Diretor Superintendente

Anexos: 1

 COPELMI MINERAÇÃO LTDA.	PLANO DE AÇÃO DE EMERGÊNCIA PARA BARRAGENS DE MINERAÇÃO - Mina do Recreio -	PAEBM-BAR-RE-01
		Revisão: 09
		Data: 05/03/2026

ANEXO 9

MODELO DE RCCA

 COPELMI MINERAÇÃO LTDA.	Relatório de Causas e Consequências do Acidente (RCCA)	RG-GE-002
		Revisão: 06
		Data: 12/09/2022

a) DADOS DA BARRAGEM	
Empreendedor:	
Nome da barragem:	
CNPJ:	
Coordenadas do centro da crista:	
Endereço:	
Telefone:	
Data da vistoria:	
Vistoria número:	
Responsável técnico pela barragem:	
CREA:	
Responsável legal:	
Cargo:	
Responsável pela elaboração:	
CREA:	
b) DESCRIÇÃO DETALHADA DO EVENTO E POSSÍVEIS CAUSAS	
c) RELATÓRIO FOTOGRÁFICO	

 COPELMI MINERAÇÃO LTDA.	Relatório de Causas e Consequências do Acidente (RCCA)	RG-GE-002
		Revisão: 06
		Data: 12/09/2022

d) DESCRIÇÃO DAS AÇÕES REALIZADAS DURANTE O ACIDENTE
e) EM CASO DE RUPTURA, A IDENTIFICAÇÃO DAS ÁREAS AFETADAS
f) CONSEQUÊNCIAS DO EVENTO, INCLUSIVE DANOS MATERIAIS, À VIDA E À PROPRIEDADE
g) PROPOSIÇÕES DE MELHORIAS PARA REVISÃO DO PAEBM

Local e data.

Nome completo do representante legal do empreendedor
CPF

 COPELMI MINERAÇÃO LTDA.	PLANO DE AÇÃO DE EMERGÊNCIA PARA BARRAGENS DE MINERAÇÃO - Mina do Recreio -	PAEBM-BAR-RE-01
		Revisão: 09
		Data: 05/03/2026

ANEXO 10

MODELO DE DEE

	Declaração de Encerramento de Emergência	RG-GE-00273
		Revisão: 06
		Data: 12/09/2022

Empreendedor:

Nome da Barragem:

Dano Potencial Associado:

Categoria de Risco:

Município/UF:

Data da última inspeção que atestou o encerramento da emergência:

Declaro para fins de acompanhamento e aprovação da ANM, que a situação de emergência iniciada em XX/XX/XXXX foi encerrada em XX/XX/XXXX, em consonância com a Resolução ANM 95, fevereiro de 2022.

Local e data.

Nome completo do representante legal do empreendedor
CPF

 COPELMI MINERAÇÃO LTDA.	PLANO DE AÇÃO DE EMERGÊNCIA PARA BARRAGENS DE MINERAÇÃO - Mina do Recreio -	PAEBM-BAR-RE-01
		Revisão: 09
		Data: 05/03/2026

ANEXO 11

ART



Tipo: OBRA OU SERVIÇO	Participação Técnica: INDIVIDUAL/PRINCIPAL
Convênio: NÃO É CONVÊNIO	Motivo: NORMAL

Contratado

Carteira: RS049975	Profissional: JOÃO FRANCISCO LINCK FEIJÓ	E-mail: jffeijo57@gmail.com
RNP: 2202524061	Título: Engenheiro de Minas, Engenheiro de Segurança do Trabalho	
Empresa: NENHUMA EMPRESA		Nr.Reg.:

Contratante

Nome: COPELMI MINERAÇÃO LTDA		E-mail: copelmi@copelmi.com.br	
Endereço: RODOVIA BR 290 KM 178 MINA DO RECREIO		Telefone: 51 36521211	CPF/CNPJ: 33059528000357
Cidade: BUTIÁ	Bairro: VILA SANTO ANTONIO	CEP: 96750000	UF: RS

Identificação da Obra/Serviço

Proprietário: COPELMI MINERAÇÃO LTDA		
Endereço da Obra/Serviço: Rodovia BR 290 KM 178 MINA DO RECREIO		CPF/CNPJ: 33059528000357
Cidade: BUTIÁ	Bairro: VILA SANTO ANTONIO	CEP: 96750000 UF: RS
Finalidade: MINERAÇÃO	Vlr Contrato(R\$): 3.000,00	Honorários(R\$):
Data Início: 03/03/2026	Prev.Fim: 31/03/2026	Ent.Clas: AGEM

Atividade Técnica	Descrição da Obra/Serviço	Quantidade	Unid.
Elaboração	REVISÃO PAEBM - PLANO AÇÃO EMERGÊNCIA BARRAGEM	1,00	UN

ART registrada (paga) no CREA-RS em 03/03/2026

Documento assinado digitalmente
gov.br CRISTIANO CORREA WEBER
Data: 04/03/2026 16:08:31-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Butiá, 04/03/2026	gov.br JOAO FRANCISCO LINCK FEIJÓ Data: 04/03/2026 15:47:25-0300 Verifique em https://validar.iti.gov.br	ima
Local e Data	JOÃO FRANCISCO LINCK FEIJÓ	De acordo
	Profissional	COPELMI MINERAÇÃO LTDA
		Contratante

A AUTENTICIDADE DESTA ART PODE SER CONFIRMADA NO SITE DO CREA-RS, LINK SOCIEDADE - ART CONSULTA.